

**Reports in Phonetics, University of the Saarland
Berichte zur Phonetik, Universität des Saarlandes**

PHONUS

Edited by: W.J. Barry

No. 13, August 2008

**Institut für Phonetik
Universität des Saarlandes
D-66041 Saarbrücken, August 2008**

ISSN 0949-1791

HERAUSGEBERVORWORT

Mit diesem dreizehnten Band der PHONUS-Reihe wird eine wichtige Erweiterung unserer Forschung hin zur quantitativen Erfassung von Stimmqualität und gottal-supraglottaler Artikulation im klinisch-phonetischen Bereich dokumentiert. Diese von Manfred Pützer durchgeführte und von der Philosophischen Fakultät II der Universität des Saarlandes als Habilitationsschrift angenommene Studie basiert auf einem über viele Jahre von unterschiedlichen Institutionen (Caritasträgergesellschaft Saarbrücken mbH; Deutsche Forschungsgemeinschaft; Saarländisches Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft; Universität des Saarlandes) geförderten Projekt. Innerhalb der Projektarbeit ist eine repräsentative Stimmdatenbank (www.stimmdatenbank.coli.uni-saarland.de) aufgebaut worden. Neben der kontrollierten Aufzeichnung von gesunden und pathologischen Stimmen hatte das Projekt aber auch das wissenschaftliche Ziel, die menschliche Stimmqualität akustisch und elektrophysiologisch zu parametrisieren und dadurch eine feine Differenzierung von Stimmqualität instrumentell zu ermöglichen. Somit wird einerseits durch den longitudinalen Vergleich eines persönlichen „Stimmprofils“ die Wirkung einer Therapie objektivierbar. Andererseits wird durch den statistischen Vergleich mit Stimmprofilklassen die Veränderung als Fort- oder eventuell als Rückschritt klassifizierbar.

Indem bei Personen mit dysarthrophonischem Krankheitsbild das Verhalten im laryngalen Bereich direkt mit supraglottalen Artikulationsmustern verglichen wird, geht die vorliegende Arbeit in der Forschungslogik einen Schritt weiter. Durch diesen Vergleich der sonst eher getrennt betrachteten und behandelten Bereiche der Phonation und Artikulation, durch die fokussierte Analyse der Individuen sowie durch deren Vergleich in der Gruppe werden zum einen wichtige Erkenntnisse über Subsysteme der Sprachproduktion gewonnen, zum anderen wird dadurch aber auch die Problematik von Gruppenbeschreibungen verdeutlicht.

Saarbrücken, im August 2008

William Barry

Manfred Pützer

**Stimmqualität und Artikulation bei Dysarthrophonien in
der individuellen, tendenziellen und referentiellen
Bewertung**

Ein instrumenteller Beitrag zu Phonations- und Artikulationsvariationen

Habilitationsschrift

**Institut für Phonetik
Universität des Saarlandes**

Saarbrücken 2005

"Alles Wissen und alle Vermehrung unseres Wissens endet nicht mit einem Schlußpunkt, sondern mit Fragezeichen.

Ein Plus an Wissen bedeutet ein Plus an Fragestellungen, und jede von ihnen wird immer wieder von neuen Fragestellungen abgelöst."

(Hermann Hesse)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Einleitung	7
1. Konzeption und Hypothesenbildung	
2. Struktur der Arbeit.....	13
Kapitel I. Methoden der Stimmqualitätserfassung	14
Präambel	
1. Akustische Analyse des Sprachschalls	
1.1. Harmonische und aperiodische Komponenten im Spektrum.....	15
1.2. Spektralanalysen (Kurz- und Langzeitspektrographie sowie Sonographie).....	18
1.3. Grundfrequenz und Grundfrequenzperturbationen	25
1.4. Shimmer	28
1.5. Das Prinzip der Multidimensionalität	29
1.6. Die Verwendung akustischer Analysemethoden in Saarbrücken	36
2. Elektrolottographische Analyse des Glottissignals	42
2.1. Die klinische Anwendung der Elektrolottographie	
2.2. Die Verwendung elektrolottographischer Analysemethoden in Saarbrücken	50
3. Auditive Bewertung von Stimmqualität	56
4. Bisherige Konzeptualisierungen und aktueller Ansatz.....	57
Kapitel II. Stimmqualität bei normalstimmlicher und pathologischer Phonation	59
1. Grundlagen der Phonation und Artikulation	
1.1. Phonation	
1.2. Artikulation	60
2. Instrumentelle Erfassung von Stimmqualität	61
Präambel	
2.1. Die Saarbrücker Stimmdatenbank	63
2.2. Material und Methode.....	64
2.3. Stimmqualität bei Normalstimmen und pathologischen Stimmen	68
2.4. Dimensionierung der Stimmprofilgruppen unter analysebezogenen Aspekten.....	88
2.5. Differenzierung der beiden Phonationsgruppen und Überprüfung der Probanden-	
ordnung	90
2.6. Kontinuität der stimmlichen Ausprägung bei Stimmprofilgruppen zur normalen und	
pathologischen Phonation	99
2.7. Zur Interpretation von Parameterwerteveränderungen	102

2.8. Referenzprofile	105
3. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.....	114
Kapitel III. Dysarthrophonien	119
1. Begriff und Klassifikation der Dysarthrophonie	
2. Dysarthrophonie als Bewegungsstörung	120
2.1. Schlaffe (hypotone) Dysarthrophonie	
2.2. Spastische (hypertone) Dysarthrophonie	
2.3. Rigid-hypokinetische Dysarthrophonie	121
2.4. Ataktische Dysarthrophonie.....	122
2.5. Hyperkinetische und dystone Störungsformen	
2.6. Gemischte Dysarthrophonie	
3. Dysarthrophonie als Kommunikationsstörung	123
4. Dysarthrophonische Krankheitsbilder in der instrumentellen und perzeptiven Evaluation	
Kapitel IV. Stimmqualität bei Dysarthrophonien.....	131
Präambel	
1. Die Patienten der Untersuchung.....	132
1.1. Stimulationspatienten	
1.2. Longitudinal betrachtete Patienten.....	136
2. Material und Methode	137
2.1. Stimmaufnahmen und Analysedaten	
2.2. Aufzeichnungsmodus und Analysemethoden	138
2.3. Analyseschwerpunkte	
2.4. Statistik	139
2.5. Präsentation der Ergebnisse	140
3. Stimulationspatienten	141
3.1. Pathologiespezifische Gruppentendenzen zu Auswirkungen der Stimulation	
3.2. Referentielle Darlegung der pathologiespezifischen Gruppentendenzen	142
3.3. Intrasubjektive Darlegung der Stimulationsauswirkungen	147
3.4. Individuell referentielle Darlegung der Stimulationsauswirkungen	158
3.5. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	210
4. Longitudinalpatienten.....	216
4.1. Individuelle Entwicklung der Stimmqualität unter longitudinaler Betrachtung	
4.2. Referentielle Darlegung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung unter longitudinaler Betrachtung.....	218
4.3. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	234

5. Diskussion zur gesamten Studie.....	236
Kapitel V. Glottal-supraglottale Artikulation und Phonation bei Dysarthrophonien.....	243
Präambel	
1. Bisherige Konzeptualisierungen in der Literatur.....	244
2. Aktuelle Konzeptualisierung.....	251
3. Material und Methode	252
3.1. Patientengruppen und Kontrollgruppe	
3.2. Untersuchungsgegenstand und Produktionsaspekte zur glottal-supraglottalen Artikulation	254
3.3. Asynchronie und Artikulationsbeeinträchtigungen bei der Plosiv-Vokal-Produktion	255
3.4. Aufzeichnungsmodus und glottal-supraglottale Analyseparameter.....	259
3.5. Untersuchungsgegenstand und Analysen zur Stimmqualität.....	261
3.6. Funktionalitätsbewertung der Artikulationssysteme	
3.7. Statistik	262
3.8. Präsentation der Ergebnisse	263
4. Stimulationspatienten	264
4.1. Pathologiespezifische Gruppentendenzen zu Auswirkungen der Stimulation	
4.2. Referentielle Darlegung der pathologiespezifischen Gruppentendenzen	270
4.3. Intrasubjektive und individuell referentielle Darlegung der Stimulationsauswirkungen.....	276
4.4. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	305
5. Longitudinalpatienten.....	312
5.1. Individuelle Entwicklung und referentielle Darlegung der individuellen Entwicklung unter longitudinaler Betrachtung	
5.2. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	321
6. Diskussion zur gesamten Studie.....	324
Kapitel VI. Zusammenfassung und Diskussion.....	335
1. Zusammenfassung der Ergebnisse	
2. Diskussion der Erkenntnisse	340
3. Schlussfolgerungen und Ausblick.....	345
Literaturverzeichnis.....	347
Anhang (auf CD-ROM)	375

Vorwort

Die Beschäftigung mit der in dieser Arbeit behandelten Thematik resultiert aus einem im Jahre 1993 initiierten und seit 1996 forcierten Forschungsschwerpunkt. Innerhalb dieses Forschungsschwerpunktes stehen pathologische Stimmen mit organisch oder funktionell bedingten Störungen unterschiedlicher Genese und Ausprägung sowie Normalstimmen im Mittelpunkt des Interesses. Von ihnen werden nunmehr im neunten Jahr akustische und elektrolottographische Signale in einer umfangreichen Stimmdatenbank (www.stimmdatenbank.coli.uni-saarland.de) gesammelt. Beide Signale stehen zur instrumentalphonetischen Bearbeitung zur Verfügung. Darüber hinaus können die akustischen Signale zur Überprüfung verschiedener Methoden der auditiven Bewertung vor Stimmqualität herangezogen werden.

In Ergänzung zu diesem Datenmaterial wird die Stimmdatenbank seit einigen Jahren durch Aufnahmen von Patienten mit erworbenen neurogenen Stimm- und Sprechstörungen erweitert. Bei dieser Patientenklientel liegen also Störungen vor, die durch eine Schädigung des zentralen oder peripheren Nervensystems verursacht werden. Sie zeigen sich u. a. in einer Beeinträchtigung der Steuerung und Ausführung von Phonations- und Sprechbewegungen. Die Produkte dieser steuerungsbezogenen Phonations- und Artikulationsstörungen stellen den primären Untersuchungsgegenstand in der vorliegenden Arbeit dar. Daneben bilden in ihr instrumentell erfasste Phonationskorrelate zu phoniatischen Kategorien mit organisch oder funktionell bedingten Stimmstörungen sowie erfasste Korrelate zu Normalstimmen einen weiteren Untersuchungsgegenstand.

Nach gutem Brauch möchte ich an dieser Stelle an folgende Personen bzw. Institutionen Worte des Dankes richten, ohne deren Hilfe die vorliegende Arbeit nicht hätte entstehen können. Die Personen bzw. Institutionen werden in alphabetischer Anordnung namentlich aufgeführt: Zunächst an Hans Joachim Backes für seine geleistete Unterstützung bei der Etablierung des Forschungsschwerpunktes innerhalb der Caritas Trägergesellschaft, Saarbrücken.

An Bill Barry für die weit über eine Dekade von Jahren reichende fruchtbare und lehrreiche Zusammenarbeit. Bill hat mich in vielen Diskussionsstunden bei der Konzeptionalisierung der Arbeit ermunternd und bei Problemstellungen sowohl ratgebend als auch durch das Aufzeigen von Lösungsmöglichkeiten weiterführend unterstützt.

An Andreas Bock für die Hilfe bei der Erstellung der Infrastruktur in der Caritasklinik St. Theresia, Saarbrücken.

An die Deutsche Forschungsgesellschaft, Bonn für die Förderung bei der Erstellung der Stimmdatenbank.

An Christian Dressler für die Unterstützung bei der automatischen Analyse des Datenkorpus.

An Grzegorz Dogil für seine punktuell über Jahre geäußerten motivierenden Worte. Dadurch hat Grzegorz dafür gesorgt, dass ich den Forschungsgegenstand „Stimmqualität“ nicht aus den Augen verloren habe.

An Gerhard Fuß für die Hilfe bei der Organisation der Aufnahmesitzungen.

An Manfred Just für seinen mit viel Geduld und Einfühlungsvermögen vermittelten Einblick in phoniatische Diagnose- und Therapieverfahren. Manfred hat mir die Möglichkeit eröffnet, den klinischen Alltag in den vielen Jahren der nutzbringenden Zusammenarbeit kennen und vor allem auch selbst bewerten zu lernen.

An Jacques Koreman für sein stets offenes Ohr in all den Jahren der engen Zusammenarbeit. Jacques hat bei zahlreichen Fragestellungen hilfsbereit und kompetent zur Verfügung gestanden.

Auch an Krzysztof Marasek für seine ideelle und praktische Unterstützung bei der elektrolottographischen Bearbeitung von Stimmqualität. Krzysztof hat das für diese Arbeit von ihm entwickelte Programm zur Analyse der elektrolottographischen Einzelkurve zur weiteren Evaluierung zur Verfügung gestellt.

An das saarländische Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft für die geleistete Unterstützung bei der Erstellung der Stimmdatenbank.

An Jean Richard Moringlane für die Diskussion neurologischer Fragestellungen, das Interesse an instrumentalphonetischen Methoden innerhalb der klinischen Evaluation von therapeutischen Ansätzen und den Einsatz bei der Rekrutierung von sog. Stimulationspatienten. Jean Richard hat mir zudem ermöglicht, stereotaktische Behandlungskonzepte intraoperativ kennenzulernen.

An Markus Pospeschill für seine Beratung in Fragen der statistischen Bearbeitung des Datenmaterials.

An meine Frau Rita und an meine beiden Söhne Stefan und Thomas für das Verständnis, das sie mir in den Jahren der Fertigstellung der Arbeit entgegengebracht haben.

An Wolfgang Wokurek für die über Jahre gehende konstruktive Zusammenarbeit. Von Wolfgang stammt der signalverarbeitende Part der in dieser Arbeit eingesetzten akustischen Stimmanalysemethode.

An Bogdan Woldert-Jokisz und Slawomir Tengowski für ihren unermüdlichen Einsatz bei Hard- und Softwareproblemen während der Erstellung der Stimmdatenbank.

Und schließlich seien Worte des Dankes an alle bekannten und unbekanntes Probanden gerichtet, ohne deren Einsatz und Geduld die Erstellung des Datenkorpus nicht möglich gewesen wäre.

Einleitung

1. Konzeption und Hypothesenbildung

In der vorliegenden Arbeit wird bei der Behandlung der Themenstellung zunächst auf normalstimmliche Referenzdaten zurückgegriffen. Zudem werden pathologische Referenzdaten herangezogen, die von funktionell oder organisch bedingten Phonationsstörungen stammen. Die instrumentelle Bearbeitung beider Datensätze dient als Basis für die Betrachtung von Stimmqualität bei dysarthrophonisch bedingten Kommunikationsstörungen.¹ Die normalstimmlichen und pathologischen Referenzdaten sind in einer umfangreichen Stimmdatenbank vorhanden (Pützer & Koreman, 1997). Sie bestehen einmal aus akustischen und elektroglossographischen Signalen zu Produktionen einzelner gehaltener Vokale, zum andern aus Signalen zu Produktionen einiger Sätze.

Neben der zunächst alleinigen Betrachtung der Stimmqualität wird in dieser Arbeit in einer zusätzlichen Studie ein Beitrag zur Quantifizierung der bei diesen Pathologien oft gestörten glottal-supraglottalen Artikulationsabläufe geliefert. Hierbei stellen Analysen zur Stimmqualität² und Analysen zu glottal-supraglottalen artikulatorischen Gesten³ einen Untersuchungsgegenstand dar. Bei der Bearbeitung dieses Untersuchungsgegenstandes werden (a) individuelles Verhalten und (b) pathologiespezifische Gruppentendenzen im Hinblick auf phonatorische und artikulatorische Leistungen betrachtet. Dies geschieht unter verschiedenen Bedingungen: Zum einen werden die Leistungen von sechzehn Patienten unter Elektrostimulation subkortikaler Hirnstrukturen bzw. unter Nichtstimulation erfasst. Zum andern wird das Leistungsverhalten von vier Patienten über mehrere Aufnahmesitzungen longitudinal dokumentiert. Bei beiden Bedingungen wird ebenfalls auf Referenzdaten zurückgegriffen, die von Sprechern ohne erkennbare Beeinträchtigung der artikulatorischen bzw. phonatorischen Abfolgen bei den beiden Artikulationssystemen stammen.

Bei der zunächst vollzogenen Stimmqualitätsbetrachtung bilden die stimmlichen Produktionen derselben zwanzig Patienten, die unter den gleichen Bedingungen (mit und ohne Stimulation) bzw. innerhalb desselben zeitlichen Rahmens (bis zu acht Mo-

¹ Die Stimmqualitätsbetrachtung beinhaltet hier in der Hauptsache die Erfassung der glottalen Anregungsqualität. Somit interessieren also die laryngalen Merkmale, die bei der Gestaltung der Stimmqualität neben den supralaryngalen Merkmalen mitwirken (vgl. z. B. Laver, 1980).

² Für die Analyse wurde aus den der Studie zugrundegelegten Plosiv-Vokalkombinationen /pa, ta, ka/ das akustische Signal der Vokale unter Ausschluss der Formanttransitionen und das simultan dazu vorhandene elektroglossographische Signal herausgeschnitten.

³ Die glottal-supraglottalen Artikulationsgesten betreffen (a) die glottale Geste des Öffnens und Schließens der Stimmritze (Abduktions- und Adduktionsgeste) und (b) die oralen (supraglottalen) Gesten für die Konsonanten- bzw. Vokalbildung.

naten) registriert wurden, den Untersuchungsgegenstand.¹ Es wird dabei nicht die Erwartung gehegt, charakteristische Daten für die einzelnen behandelten Krankheitsbilder erarbeiten zu können, mit Hilfe derer sie beispielsweise von Analyseergebnissen zu Störungen abzugrenzen sind, die bei lokalen Veränderungen am Organ oder bei funktionellen Dysregulationen gewonnen werden. Diese Konzeption wird deshalb nicht verfolgt, weil der Verfasser im Umgang mit Daten zur gesunden und pathologischen Phonation zu der Ansicht gekommen ist, dass es aus instrumenteller Sicht zur Zeit nicht möglich erscheint, einer phoniatischen Klassifikation nur für sie typische Messdaten zuzusprechen. Begründet liegt diese Sichtweise in der Einschätzung, dass zum einen unterschiedliche (patho)physiologische Vorgänge zur gleichen phoniatischen Klassifikation gehören und in der Folge ein vergleichbares akustisches bzw. quellsignalbezogenes Output liefern können, während zum andern unterschiedliche Larynxsignale bzw. akustische Signale von den gleichen (patho)physiologischen Verhältnissen stammen können.

Ausgehend von dieser Einschätzung, das Phonationsverhalten nicht kategorienbezogen instrumentell abgrenzen zu können, werden innerhalb der Arbeit nur für einzelne Krankheitsbilder zu erkennende Tendenzen bei den phonatorischen und in einem gesonderten Kapitel glottal-supraglottalen artikulatorischen Abläufen zur Diskussion gestellt, die auf den Ergebnissen zu den individuellen Betrachtungen basieren (vgl. z. B. Pützer et al., 2003a & 2003b). Auch wird allgemeinen Prädiktionen zu stimmlicher Funktionsfähigkeit bzw. zu stimmlichen Fehlfunktionen keine weitere Beachtung geschenkt. Die klinische Erfahrung im Umgang mit solchen Prädiktionen und die daraus erfolgte Erkenntnis der Größe ihrer individuellen Variation lassen eine kritische Haltung ihnen gegenüber für gerechtfertigt erscheinen.²

Auf dem Hintergrund dieser Überlegungen steht also in der vorliegenden Arbeit die Betrachtung der dysarthrophonischen Individualstimme im Mittelpunkt, wodurch

¹ In dieser Studie wird im Gegensatz zu der Studie, in der sowohl Stimmqualität als auch glottal-supraglottale Artikulationsabläufe untersucht werden (siehe oben), auf Analysedaten zu insgesamt drei Vokalproduktionen ([i:, a:, u:]) zurückgegriffen. Die Vokale wurden isoliert gehalten in mittlerer Stimmlage produziert.

² Diese Konzeptionalisierung sei am Beispiel der Bewertung der sog. Altersstimme verdeutlicht: Es ist zwar *unbestritten*, dass die sog. Altersstimme mit geschlechtsspezifisch unterschiedlichen instrumentell nachweisbaren Veränderungen einhergehen *kann* (z. B. Klingholz, 1991; Linville, 2000; Ramig et al., 2001). Dennoch scheint es *problematisch*, auf der Chronologie basierende Alterseinteilungen mit zwingenden Pauschalisierungen bezüglich stimmlicher Fehlfunktionen, die sich z. B. in Frequenz- oder Amplitudenperturbationen zeigen, zu verbinden, ohne dabei das biologisch unterschiedliche Altern der *Individualstimme* in Betracht zu ziehen (vgl. zu dieser Argumentation z. B. auch Sataloff, 1997). Bei solchen Pauschalisierungen wird bei der Bewertung der stimmlichen Funktionsfähigkeit dieser eine Faktor "Alter" als richtungweisend betrachtet, während andere Faktoren (wie z. B. der gesamte psychogene Formenkreis), die schwer zu operationalisieren sind und bei jedem Lebensalter von Wichtigkeit sein können, oft völlig außer Acht gelassen werden.

der individuelle dispositionsbedingte Rahmen des Einzelnen beachtet wird. Bei dieser Aufgabenstellung wird auf instrumentelle Methoden zur Bewertung der laryngalen Stimmproduktion zurückgegriffen. Die für das Individuum so erhaltenen Messwerte werden dann nach einer zunächst vollzogenen patientenspezifischen Betrachtung in Beziehung zu mittleren Parameterwerten sogenannter Referenzprofile gebracht. Die Referenzprofile werden unter Verwendung zuvor elektrolottographisch und akustisch definierter Stimmprofilgruppen zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation erstellt. Sie setzen sich aus Kombinationen der bei der Stimmprofilgruppenbildung jeweils relevanten Parameter der beiden Analysemethoden zusammen. Als sinnvolle Methode zur Einschätzung des Status der jeweiligen individuellen Stimmqualität unter verschiedenen Phonationsbedingungen bzw. während und nach Abschluss von Therapieprozessen erscheint dabei eine Bestimmung der signifikant abweichenden Parameterwerte von den Parameterwerten der Referenzprofile. Auf der Grundlage dieser Bestimmung erfolgt schließlich eine Bewertung der individuellen phonatorischen Entwicklung mit physiologischem bzw. pathophysiologischem Bezug.

Neben dieser individuellen Betrachtung von Stimmqualität werden wie bereits erwähnt für Individuen mit gleichen Pathologien tendenzielle Aussagen bezüglich der instrumentellen Dimensionierung des jeweiligen Krankheitsbildes gemacht. Diese Aussagen werden ebenfalls in Beziehung zu Referenzdaten der normalstimmlichen Phonation gebracht.

Die dargelegte Vorgehensweise steht für die im Titel der Arbeit ausgewiesene individuelle, tendenzielle und referentielle Bewertung von Stimmqualität. Sie ist auch auf die Studie zu übertragen, in der Analysen zur Stimmqualität und zu glottal-supraglottalen artikulatorischen Gesten behandelt werden.

Mit dieser Konzeption geht die vorliegende Arbeit im Vergleich zu den oft vollzogenen Bemühungen, charakteristische Messdaten zu einzelnen pathophysiologischen Phonationsvorgängen an bestimmten Krankheitsbildern festzumachen (z. B. Michaelis, 1999), andere Wege. Ihr Ansatz geht also davon aus, dass ein Stimmprofil¹ für eine phoniatische Klassifikation nur relativ zu gesunden Stimmprofilgruppen bzw. zu Stimmprofilgruppen mit pathologischem Hintergrund bewertet werden kann (vgl. z. B. Pützer 2001; Pützer et al., 2001).

Zur Erarbeitung der normalstimmlichen und pathologischen Stimmprofilgruppen wird einmal auf das glottographische Analyseverfahren der Elektrolottographie (EGG) zurückgegriffen. Hierbei kommt eine neuere Parametrisierung der elektrolottographischen Einzelkurve zur Anwendung, die sich bereits in zurückliegenden Stu-

¹ Ein Stimmprofil wird durch eine Reihe von Messparametern repräsentiert, die zusammen die Individualstimme charakterisieren.

dien (Marasek, 1997, Marasek & Pützer, 1997; Pützer & Marasek, 2000; Pützer et al., 2001; Pützer et al., 2003b; Moringlane et al., 2004a & 2004b) bestens bewährt hat. Sie wurde anderenorts anhand einer großen Datenmenge normalstimmlicher und pathologischer Signale in Bezug auf die Erarbeitung ihrer differenzierungskräftigsten geschlechtsbezogenen und geschlechtsübergreifenden Parameter für die Erstellung von Stimmprofilgruppen evaluiert (vgl. Kap. I, Sektion 2.2.2.). Die daraus hervorgegangenen Parameter werden für die weiteren Analysen innerhalb dieser Arbeit eingesetzt. Sie stellen den elektrophysiologischen Parametersatz dar, auf den bei der geschlechtsbezogenen Dimensionierung von Normalstimmen und pathologischen Stimmen, bei der Definition der Stimmprofilgruppen sowie bei den Analysen zu einzelnen Pathologien bzw. zur dysarthrophonischen Individualstimme zurückgegriffen wird.

Zum ändern werden elektroakustische Verfahren, die am akustischen Zeitsignal und seinen analytischen Derivaten orientiert sind, berücksichtigt. Dabei wird primär auf Parameter zurückgegriffen, die von Stevens und Hanson (1994) besprochen werden. Die Autoren haben dabei frühere Vorschläge, insbesondere diejenigen von Klatt und Klatt (1990) berücksichtigt. Auf ihrer Grundlage wurde von Wokurek und Pützer (Wokurek & Pützer, 2003; Pützer & Wokurek, 2005) mit der Erarbeitung einer Analysemethode begonnen, die diese Parameter in modifizierter, weiterentwickelter Form beinhaltet. Dabei wurden zum einen die Berechnungen für die Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses und die Stärke des glottalen Impulses (Sluijter, 1995) wegen ihrer Abhängigkeit von der Vokalqualität modifiziert. Des Weiteren war es notwendig, eine automatische Formantschätzung einzusetzen. Die Formantmessungen werden in verbesserten Formeln für die Stimmqualitätsparameter verwendet, so dass sich theoretisch eine veränderte Formantlage bei gleicher Stimmgebung weniger auf den Parameter auswirkt. Hierbei wurde auf Signalverarbeitungsmethoden zurückgegriffen, die sich an der menschlichen Sprachwahrnehmung orientieren. Wie die in dieser Arbeit berücksichtigten EGG-Parameter sind die akustischen Parameter ebenfalls am physiologischen Ablauf der Phonation orientiert.

Anhand der zur Verfügung stehenden großen Datenmenge wurde der zurzeit aktuelle Parametersatz der sich weiter in der Entwicklung befindenden Analysemethode ebenfalls im Hinblick auf die Erarbeitung der differenzierungskräftigsten Parameter betrachtet. Dabei wurde in Parallelität zum elektroglossographischen Parametersatz ein akustischer Parametersatz bestimmt (vgl. Kap. I, Sektion 1.6.2.). Mit ihm werden ebenfalls die geschlechtsbezogene Dimensionierung von Normalstimmen und pathologischen Stimmen, die Definition der Stimmprofilgruppen sowie die Analysen zu einzelnen Pathologien bzw. zu Individualstimmen vollzogen.

Beide Parametersätze stellen ein Instrumentarium dar, mit Hilfe dessen ein Beitrag zur Definition des phonetischen Stimmbildes in seiner Variation innerhalb der sog. Normalstimme bis hin zu unterschiedlichen Ausprägungen der pathologischen Stimme geleistet werden soll. Einige ihrer Parameter dienen dabei in ihrer Kombination zur Definition der in der Arbeit vorgestellten einzelnen Referenzprofile zur normalen und pathologischen Phonation.

Der der Arbeit zugrundeliegende theoretische Ansatz beinhaltet folglich die Erarbeitung von Eigenschaften des Quellensignals (EGG-Signal) und des auf ihm aufbauenden akustischen Signals bei geschlechtsspezifischen Phonationsgruppen (Normalstimmen und pathologische Stimmen) sowie bei Individuen mit den berücksichtigten Krankheitsbildern. Bei den Individuen interessiert einmal, ob sich diese Eigenschaften bereits bei der Befunderhebung durch einen Vergleich mit einer großen Stichprobe nachweisen lassen. Zum andern ist von Interesse, ob unter verschiedenen Bedingungen bzw. während und nach Beendigung therapeutischer Ansätze eine Verbesserung der Stimmqualität einzelner Patienten durch den angesprochenen Vergleich mit normalstimmlichen und pathologischen Referenzdaten nachgewiesen werden kann. Der theoretische Ansatz beinhaltet aber auch die Betrachtung der Zusammenhänge und der Koordination zwischen laryngalen und oralen Artikulatoren (z. B. Löfqvist & Yoshioka, 1981). Dazu werden glottale, den Sprechvorgang ermöglichende Mechanismen und in der Kombination glottal-supraglottale, den Sprechvorgang ausführende Mechanismen untersucht. Bei dieser Aufgabenstellung wird ebenfalls auf instrumentalphonetische Methoden zur Bewertung der glottal-supraglottalen Artikulation zurückgegriffen (Pützer et al., 2003b). Aus der Theorie zu artikulatorischen Subsystemen ist bekannt, dass eine gestörte laryngale Kontrolle die Koordination zwischen laryngalen und oralen Artikulatoren beeinträchtigen und dadurch eventuell für verkürzte (Lieberman et al., 1993) oder verlängerte Stimmansatzzeiten (Forrest et al., 1989) mitverantwortlich sein kann. Andererseits ist beobachtet worden, dass unvollständige artikulatorische Verschlüsse (Ackermann & Ziegler, 1991) zusammen mit einem erhöhten vokalischen Anteil in den Äußerungen bei Patienten mit M. Parkinson einhergehen (Weismer, 1984). Hier drängt sich also die Frage auf, ob bei der individuellen Betrachtung und bei der Betrachtung pathologiespezifischer Gruppentendenzen parallele oder konträre Entwicklungen bezüglich dieser beiden Artikulationssysteme nachzuweisen sind. Aus den Ergebnissen zu dieser Fragestellung soll ein theoretischer Beitrag zu den Zusammenhängen zwischen laryngalem Schwingungsverhalten und artikulatorischen Abläufen bei den behandelten Krankheitsbildern hergeleitet werden, der dem Komplex der neuronalen Steuerung von Phonations- und Artikulationsverhalten unter den vorhandenen Bedingungen zuzurechnen ist. Methodisch wird dieser Aufgabenstellung eben-

falls unter den Gesichtspunkten der (a) individuellen Betrachtung, (b) pathologiespezifisch tendenziellen Betrachtung und (c) referentiellen Betrachtung nachgegangen. Unter Verwendung eines anderen methodischen Ansatzes weist beispielsweise eine neuere Studie in ihren Ergebnissen ebenfalls auf diese Zusammenhänge hin. In ihr wird von einer Beeinflussung der Kehlkopffunktion durch den Atem- und Vokaltrakt bei Patienten mit M. Parkinson berichtet (Stelzig et al., 2002).

Der Arbeit liegt die Hypothese zugrunde, dass es Eigenschaften des Quellensignals und des akustischen Sprachsignals gibt, die auf eine Veränderung, d. h. auf eine Verbesserung oder Verschlechterung der phonatorischen Leistungen bei Patienten mit dysarthrophonischem Syndrom hinweisen. Zudem wird hypothetisiert, dass anhand von Charakteristika des akustischen Sprachsignals eine Verbesserung oder eine Beeinträchtigung der glottal-supraglottalen Artikulationsabläufe bei diesen Patienten nachgewiesen werden kann. Folglich konkretisieren beide Hypothesen die Annahme, dass unter Verwendung der angegebenen Analyseverfahren die Steuerung und Ausführung glottaler Anregungs- und glottal-supraglottaler Sprechbewegungen und somit die Fähigkeit zur (mündlichen) Kommunikation bei dysarthrophonischen Patienten beurteilt werden kann.

Durch die vorgestellte Konzeption soll der der phonetischen Wissenschaft eigene sog. "Brückenfachcharakter" einmal mehr verdeutlicht werden. In Anbetracht dessen werden in dieser Arbeit "phonetisch-linguistische" und "phonetisch-medizinische" Fragestellungen mit der Absicht diskutiert, verwertbare Ergebnisse für beide Wissenschaftsdisziplinen zu liefern.

Die in der vorliegenden Arbeit behandelten Schwerpunktsetzungen bestehen also zunächst in der instrumentellen Erfassung von Stimmqualität, die eine Präsentation normalstimmlicher und pathologischer Referenzprofile beinhaltet. Dann erfolgt eine am Individuum orientierte Stimmqualitätsbetrachtung, bei der unterschiedliche Phona-tionsbedingungen bzw. ein zeitlicher Entwicklungsrahmen berücksichtigt werden. Innerhalb dieser Betrachtung werden zudem tendenzielle Aussagen zu Krankheitsbildern gemacht, denen einzelne Individuen zuzurechnen sind. Darüber hinaus werden Phona-tionskorrelate der Individuen und betrachteten Krankheitsbilder mit glottal-supra-glottalen artikulatorischen Gesten in Verbindung gebracht. Hierbei können auf syn-chronen Messungen basierende Aussagen über Koordinationen bzw. über Diskoordina-tionen bei den beiden artikulatorischen Systemen für dysarthrophonische Patienten und zwei Pathologien gemacht werden.

2. Struktur der Arbeit

Die Arbeit ist in sechs Kapitel untergliedert. Im ersten Kapitel werden die in dieser Untersuchung relevanten instrumentellen Methoden zur Stimmqualitätserfassung behandelt. Dazu werden nach einem zusammenfassenden Überblick über Forschungsansätze zur akustischen Analyse des Sprachschalls und elektrolottographischen Analyse des Glottissignals bei Stimmstörungen allgemein die relevanten Verfahren vorgestellt. Eine Präzisierung des in Anbetracht bisheriger Konzeptionalisierungen für die Arbeit relevanten Ansatzes schließt den Gliederungspunkt.

Im Kapitel II wird zunächst einführend auf die physiologischen Grundlagen der Phonation und Artikulation eingegangen. Dieser Beschreibung folgt eine instrumentelle (elektrolottographische und akustische) geschlechtsspezifische Stimmqualitätserfassung zur normalen und pathologischen Phonation auf der Grundlage einer großen Stichprobe. Diese fungiert als Referenzbasis für dysarthrophonische Individualstimmen und pathologiespezifische tendenzbezogene Betrachtungen.

Im dritten Kapitel wird auf die verschiedenen Formen dysarthrophonischer Krankheitsbilder knapp eingegangen. Zudem wird der Aspekt der bei ihnen oft vorhandenen Kommunikationsstörung kurz beleuchtet. Abschließend werden die bisher in der Forschung zu findenden instrumentellen Ansätze im Zusammenhang mit der Charakterisierung von Stimm- und Artikulationsstörungen bei Dysarthrophonien anhand von Beispielpublikationen der letzten Jahre skizziert.

Im Kapitel IV werden stimmqualitätsbezogene instrumentelle Untersuchungen zu ausgewählten dysarthrophonischen Krankheitsbildern dargelegt. Dies geschieht in Form von Individualstudien und in Form von Charakterisierungen spezifischer Gruppentendenzen bei zwei Pathologien. Die instrumentelle Dimensionierung der Stimmqualität steht dabei im Mittelpunkt.

Kapitel V beschäftigt sich mit glottal-supraglottalen Artikulationsgesten und ihrer Koordination sowie mit Stimmqualität bei den individuell betrachteten Patienten bzw. tendenziell betrachteten Patientengruppen. In ihm wird ebenfalls auf Referenzdaten bei der Bewertung individueller Stimmqualität und individuellem glottal-supraglottalem Artikulationsverhalten bzw. tendenziellem Gruppenverhalten zurückgegriffen.

Das letzte Kapitel (Kapitel VI) ist der Zusammenfassung der aus der Arbeit hervorgegangenen Ergebnisse und der Diskussion der auf ihrer Grundlage gewonnenen Erkenntnisse gewidmet. Schlussfolgerungen und ein Ausblick schließen dieses Kapitel.

Kapitel I. Methoden der Stimmqualitätsersfassung

Präambel

Bei den in diesem Kapitel besprochenen Methoden zur Stimmqualitätsersfassung handelt es sich einerseits um Verfahren, die am akustischen Zeitsignal und seinen analytischen Derivaten orientiert sind. Zum andern werden elektrolottographische Untersuchungen zu Stimmlippenschwingungen (EGG) aufgegriffen. Neben der elektrolottographischen Methode repräsentiert v. a. die akustische Methode eine oft herangezogene nichtinvasive Analysemöglichkeit innerhalb des Katalogs der objektiven und semiobjektiven Untersuchungsmethoden der Stimme (Schultz-Coulon & Klingholz, 1988). Durch die für diese Arbeit vollzogene Auswahl der beiden Analysemethoden soll keineswegs eine hierarchische Abstufung gegenüber anderen Methoden bezüglich der Tauglichkeit bei der Dimensionierung normalstimmlicher und pathologischer Phonation zum Ausdruck gebracht werden. Die beiden hier besprochenen Analyseverfahren liefern reproduzierbare Messdaten, die einerseits nur aus einem, zum andern sowohl aus dem einen als auch aus dem anderen Verfahren zu gewinnen sind. In ihrer Funktion können sie dahingehend als etabliert gelten, als sie die traditionellen visuellen Untersuchungsmethoden der Phoniatrie (Stoboskopie, Laryngoskopie) unterstützen. In ihrem Beitrag zur Bewertung und Objektivierung von normalstimmlicher Phonation und von Stimmstörungen werden sie aber mancherorts als problematisch angesehen. Diese Einschätzung findet man mehr in Deutschland als anderenorts in Europa bzw. als in den USA und Japan.

1. Akustische Analyse des Sprachschalls

Die in der Forschung vorhandenen Ansätze zur akustischen Analyse des Sprachschalls lassen sich durch Arbeiten zu verschiedenen wichtigen Bereichen der Signalrepräsentation verdeutlichen.¹ Diese Bereiche betreffen (a) die Grundfrequenz mit Grundfrequenzperturbationen (Jitter), (b) die Amplitudenperturbationen (Shimmer) und schließlich (c) die spektralen Gegebenheiten. Letztere geben Auskunft über das Verhältnis der

¹ Einen erschöpfenden Überblick zur akustischen Analyse der Stimmqualität von 1902 bis 1990 unter Berücksichtigung der zur Stimmanalyse verwandten Algorithmen gibt Buder (2000), wobei er auch auf wichtige Aufsätze ab 1990 verweist. Es finden dabei mehr als 500 Untersuchungen Erwähnung. Mit der in dem vorliegenden Kapitel angeführten Literaturbesprechung wird der Zweck verfolgt, Schwerpunkte und Stationen der Signalbearbeitung anhand von Beispielpublikationen aufzuzeigen. Dabei werden Publikationen erwähnt, die sowohl die Normalstimme als auch die pathologische Stimme oder die beide zum Untersuchungsgegenstand haben.

harmonischen Anteile gegenüber den nichtharmonischen Komponenten bzw. über das Vorhandensein harmonischer und nichtharmonischer Energie. Die Berücksichtigung der spektralen Gegebenheiten ist sowohl unter dem Aspekt der Verwendung einzelner Analyseparameter bzw. Analyseschwerpunkte als auch im Zusammenhang mit der Anwendung verschiedener Verfahren (Kurz- und Langzeitspektrographie; Sonagramm) darzustellen. Das in den letzten Jahren viel diskutierte Prinzip der multidimensionalen Betrachtung stimmlicher Erscheinungen, das durch eine Verfahrens- und Parametervielfalt charakterisiert ist, umfasst Parameterextraktionen zu all diesen angeführten Bereichen.

1.1. Harmonische und aperiodische Komponenten im Spektrum

Die Verteilung der harmonischen Anteile und diejenige von Geräuschkomponenten im Spektrum stehen seit über 40 Jahren im Mittelpunkt des Interesses. Ziel der Schallspektrographie ist es deshalb, die Geräuschkomponenten und die harmonischen Schwingungsanteile zu quantifizieren, miteinander in Verbindung zu setzen und mit psychoakustischen Wahrnehmungsgrößen von Dysphonien zu korrelieren:

"The search for spectrographic methods of analyzing vocal quality has concentrated on characterizing or quantifying the acoustic energy that lies between the harmonic frequencies" (Baken, 1987: 380).

Der erste Ansatz einer quantitativen Extraktion der Geräuschanteile aus einem Spektrum stammt von Takakura und Nakatsuka (1960), die die "Harmonic-to-Noise-Ratio", das Harmonischen-Rausch-Verhältnis (HNR) für die gesunde Stimme berechnen. Zu diesem Zweck werden im Signal die harmonischen Anteile und die Rauschanteile getrennt bestimmt und miteinander in Beziehung gesetzt.

Einen Schritt weiter geht im gleichen Jahr Nessel (1960). Er stellt die Kriterien für eine gesunde Stimme heraus, indem er die Obertonstruktur sowie Energieanteile von Formanten und Geräuschen gegenüber dem pathologischen Bild abgrenzt. Nach Nessel machen sich eine hauchige Klangfarbe durch eine Armut an Obertönen (maximal sechs) und einen schmalbandigen Geräuschanteil bei 10 bis 12 kHz bei normaler Dynamik bemerkbar. Die Obertonstrukturen gehen bei der rauen Stimme bereits ab 1,5 kHz verloren. Zwischen 6 und 10 kHz zeigt sich bei insgesamt eingeschränkter Dynamik ein Geräuschband mit beträchtlichem Pegel. Sansone (1970) bestätigt in seiner Untersuchung die von Nessel berichteten spektralen Beobachtungen zur rauen Stimme.

Von Ende der 60er Jahre an entwickeln vor allem Emanuel und seine Mitarbeiter (Emanuel & Sansone, 1969) den "Spectral Noise Level", worunter der Quotient aus der gesamten spektralen Energie zur nichtharmonischen Energie verstanden wird. Da-

zu wird das Spektrum von 100 bis 8000 Hz in 100 Hz-Segmente eingeteilt und von jedem der Geräuschanteil in dB ermittelt. Beim Vergleich der Messwerte mit subjektiver Heiserkeitsgraduierung finden Lively und Emanuel (1970) signifikante Verbindungen.

1972 gelangen Gerull und seine Mitarbeiter aufgrund spektrographischer Indizien zu der Auffassung, drei Gruppen von Dysphonien mit ähnlichen Spektren voneinander differenzieren zu können. Fünf Jahre später sieht Gerull mit anderen Autoren (Gerull et al., 1977) die Möglichkeit, sechs verschiedene Krankheitsbilder vom Normalbefund zu unterscheiden.

Das erste rechnergestützte Verfahren zur Bestimmung des HNR stammt von Kojima und seinen Mitarbeitern (1980). Sie vervielfachen ein Signalstück aus jeweils drei Schwingungsperioden, um daraus ein Linienspektrum zu berechnen. Mit Hilfe ihrer weiteren Berechnungs- und Auswertungsmethode können sie bei 28 stimmgesunden Personen und 30 Patienten mit unterschiedlichen Kehlkopfkrankheiten von einer signifikanten Korrelation mit subjektiven Bewertungsergebnissen berichten. Allgemein als nachteilig wird bei diesem Verfahren gewertet, dass Störungen, die über die drei Schwingungsperioden hinausgehen, nicht berücksichtigt werden.

Kitajima (1981) wendet bei 20 Patienten mit unterschiedlichen Kehlkopfkrankheiten ein anderes Verfahren an, bei dem das durch Filterung geräuschreduzierte Stimmsignal mit der Differenz aus ungefiltertem und gefiltertem Signal verglichen wird. Das ermittelte HNR hängt jedoch stark von der Charakteristik des geräuschreduzierenden Filters ab.

Obwohl man keine laryngalen Abnormalitäten zu diagnostizieren vermag, betont die Arbeitsgruppe um Yumoto (1982 & 1983), dass mit dem Verhältnis der Harmonischen zum Geräuschanteil ein hilfreicher Faktor bei der Evaluierung von Heiserkeitsbehandlungen vorhanden sei. Zu diesem Ergebnis gelangen sie, als sie bei verschiedenen Stimmstörungen die prä- und postoperativ erlangten Daten mit denjenigen von gesunden Sprechern vergleichen.

Hiraoka et al. (1984) schlagen in ihrer Studie einen neuen Index, die "Relative Harmonic Intensity", vor. Sie setzen mit einer hohen Auflösung die Intensität der zweiten bis n-ten Harmonischen in Relation zur gesamten Stimmenergie. Dies ermöglicht zwar eine wesentlich verbesserte Erkennung von normalen und heiseren Stimmen, jedoch noch keine Differenzierung von Krankheitsbildern.

Diesen Anspruch erheben dagegen Kasuya et al. (1986c). Sie stellen mit einem neu entwickelten Berechnungsalgorithmus die Messeinheit "Normalized Noise Energy" (NEE) vor. Hier werden die Werte nur im Frequenzband zwischen 1 und 5 kHz

gemessen. Mit Hilfe des NEE-Index gelingt es den Autoren, vier verschiedene Stimmpathologien mit einer Fehlerrate unter 20 % zu detektieren.

Ebenfalls die Möglichkeit, zwischen Krankheitsgruppen zu klassifizieren, eröffnet Dejonckere in seiner Studie mit Villarosa (1986). Nachdem er drei Jahre früher zusammen mit Cuvelier (1983) anhand von Langzeitspektrogrammen gesunder und erkrankter Stimmen von signifikanten Unterschieden zwischen beiden spricht, beinhaltet diese Untersuchung differenziertere Ergebnisse. Durch einen statistischen Vergleich der Amplitudenwerte aus dem Spektralbereich bis 4 KHz mit denen des Spektralbereiches 4 bis 10 kHz gelingt es den Autoren, die vier der Untersuchung angehörenden Gruppen (Gruppe I: 30 Normalpersonen; Gruppe II: 24 Patienten mit Stimmlippenknötchen; Gruppe III: 18 Patienten mit Stimmlippenpolypen; Gruppe IV: 18 Patienten mit Stimmlippenkarzinomen) signifikant voneinander zu unterscheiden. Dies bedeutet, dass nicht nur die gesunden von den pathologischen Gruppen, sondern sogar die pathologischen Gruppen voneinander unterschieden werden können. Dejonckere und Villarosa rechnen den organischen Stimmlippenveränderungen einen relativ hohen Geräuschanteil im Frequenzbereich 6 bis 10 kHz zu. Für die kleinen Malignome sei eine hochfrequente Geräuschkomponente in der Region 4 bis 6 kHz charakteristisch.

Mit Hilfe seiner spektralen Rekonstruktionsmethode, bei der nicht das Geräuschspektrum, sondern das Harmonischenspektrum approximiert wird, will Klingholz (1987) auch eine Möglichkeit bieten, Heiserkeitstypen voneinander abzugrenzen. Er ermittelt mit der spektralen Gesamtenergie das Signal-Rausch-Verhältnis, für das er Normalwerte zwischen 15,7 und 20,0 dB angibt. Eine Zuordnung seiner Messergebnisse zu bestimmten Krankheitsgruppen ist jedoch nicht möglich.

Die Bedeutung des Signal-Rausch-Verhältnisses als objektive Unterstützungskomponente zu subjektiven Bewertungskriterien bei der Bestimmung der Qualität der Sprechstimme nach Stimmlippenmalignomen der Klassifikation T₁ und T₂ wird auch von Ott et al. (1992) unterstrichen. Es soll nach Aussage der Autoren zukünftig auch bei Verlaufsbeobachtungen herangezogen werden, um eine Verbesserung der Sprechstimme durch eine logopädische Therapie oder durch chirurgische Eingriffe zu bestätigen und zu dokumentieren.

Wolfe et al. (1991) gelingt eine Klassifikation von gesunden gegenüber pathologischen Stimmen. Mit Hilfe des hier propagierten "Harmonic/Noise Difference Factor" (HNDF) lassen sich einzelne Dysphonien zwar nicht erkennen, jedoch kann mehr damit geleistet werden als eine einfache Differenzierung zwischen gesunden und gestörten Stimmen. Bei der Errechnung des HNDF wird zunächst das Spektrum auf der Frequenzebene in vier verschiedene Sektionen unterteilt, innerhalb derer die jeweiligen Harmonischen und die Geräuschanteile bestimmt werden. Zur Faktorgewinnung wer-

den die erhaltenen Parameter dann untereinander in Beziehung gesetzt. Zudem erweist sich nach Wolfe et al. das Frequenzband von 1 bis 3,5 kHz als besonders signifikant für den Stimmtyp.

Dem widersprechen allerdings Shoji et al. (1992), die in ihrer Untersuchung eine "High-Frequency-Power-Ratio" vorstellen. Nach ihrer Meinung ähnelten sich die Spektren normaler und behauchter Stimmen bis 5 kHz stark. Erst ab 6 kHz würden beide Stimmqualitäten signifikante Unterschiede aufweisen. Damit ließe sich ein Quotient aus hochfrequenter Energie und Gesamtenergie im Signal (HFPR) rechtfertigen. Einen anderen Weg des Versuchs der objektiven Quantifizierung einer Heiserkeit schlagen Gerull et al. (1992) ein, wenn sie mit Hilfe der Cepstrum-Analyse eine Trennung des glottischen Anregungsspektrums von der Filtercharakteristik des Vokaltraktes zu erreichen versuchen. Ihrer Meinung nach sei diese Art von Analyse geeignet, Störungen in der glottischen Ebene zu lokalisieren und in ihrem Ausmaß zu quantifizieren. Den Anspruch einer diagnostischen Einordnungsmöglichkeit verschiedener Erkrankungen erheben sie dabei allerdings nicht.

1.2. Spektralanaysen (Kurz- und Langzeitspektrographie sowie Sonographie)

Bei der Spektralanalyse wird das Schallereignis in seine Teilton- bzw. Geräuschstrukturen aufgelöst. Seit Anfang der 60er Jahre haben sich verschiedene spektralanalytische Methoden herauskristallisiert. Sie finden im Zusammenhang mit der Suche nach physikalisch-akustischen Kriterien und ihren Korrelationen mit organisch bedingten und funktionellen pathologischen Stimmqualitäten immer mehr Berücksichtigung. Der unterschiedliche Einsatz dieser spektralanalytischen Verfahren bei Stimmstörungen wird allgemein mit der Absicht vollzogen, weitgehend objektive akustische Daten für die quantitative Beurteilung von Stimmeigenschaften und Stimmleistungen zu bekommen. Mit Hilfe der Daten soll ein Beitrag zur Differenzialdiagnose von organisch bedingten und funktionellen Stimmstörungen geleistet werden.

Die Grundlage für die rechnergestützte Kurzzeitspektrographie bildet der 1965 von Cooley und Tukey als schnelle Fast-Fourier-Transformation entwickelte Algorithmus. Hierbei wird das Schallsignal in zeitgleiche Abschnitte aufgeteilt und mit Hilfe der Fourier-Analyse in seine einzelnen Schwingungskomponenten zerlegt. Bei dieser Auflösung des zu untersuchenden Schallproduktes in seine Amplituden- und Frequenzverhältnisse wird stichprobenartig ein kleiner Abschnitt des Signals in der Größenordnung bis zu einer Sekunde berücksichtigt. Das Kurzzeitspektrogramm wird einmal in Form einer sog. Hüllkurve dargestellt. Dabei fallen die vertikalen Linien, die die einzelnen Harmonischen repräsentieren, weg. Die Koordinatenpunkte werden bei

dieser Darstellungsart sukzessive jeweils mit Querverbindungen versehen. Zum andern erscheint das Kurzzeitspektrogramm als Linienspektrum ohne Verbindung zwischen den einzelnen harmonischen Anteilen.

Im klinischen Bereich wird der Dokumentationswert von Kurzzeitspektren von Depner (1986) untermauert. Depner hat Kurzzeitspektren prä- und postoperativ bei Patienten mit organischen und funktionellen Stimmstörungen gemacht. Er vergleicht eine Laienbeurteilung mit dem auditiven Urteil von sechs Fachleuten. Die phoniatisch ungeschulten Beurteiler hatten dabei die Aufgabe, mit Hilfe eines Vergleichs der prä- und postoperativen Spektren zu werten, ob eine Verbesserung oder eine Verschlechterung der Stimmqualität eingetreten ist. Der Vergleich zeigt eine 90%ige Übereinstimmung der Urteile der beiden unterschiedlichen Gruppen. Durch diese Ergebnisse wird die Bedeutung einer spektralanalytischen Stimmklangdokumentation im klinischen Bereich unterstrichen, vor allem, wenn es um gutachterliche Stellungnahmen bei Behörden geht.

Neben der Kurzzeitspektrographie werden bei der Langzeitspektralanalyse ebenfalls mit Hilfe der FFT statistische Analysen eines Samples von etwa 45 Sekunden gemacht (Froekjaer-Jensen & Prytz, 1974). Die Langzeitspektralanalyse wird von Seidner et al. 1981 in Anlehnung an die englische Bezeichnung "Long-Time Average Spectrum" (LTAS) mit dem exakten Begriff "Langzeit-Mittelwert-Spektralanalyse" angegeben. Wenn ein Sprachmuster etwa alle 80 Millisekunden abgetastet wird, so ergeben sich bei einer Signallänge von etwa 45 Sekunden 500 bis 600 Einzelspektren. Ihre Durchschnittswerte werden errechnet und in einem Amplituden-Frequenzdiagramm dargestellt. Die Langzeitspektralanalyse wurde ursprünglich zur Detektion sprechertypischer Merkmale bei stimmungsgesunden Personen eingesetzt. Sie wird nach einigen Pilotstudien Ende der 60er Jahre von verschiedenen Autoren in den 70er Jahren und vor allem ab den 80er Jahren zur Applikation in der Phoniatrie empfohlen.

So sprechen Froekjaer-Jensen und Prytz (1974) in ihrer Studie nur im Zusammenhang mit der Kontrolle von therapeutischen Maßnahmen von einer sinnvollen Anwendung dieser Methode im Sinne der objektiven Stimmevaluierung. Sie können nämlich keine typischen LTAS-Verläufe einzelner Stimmpathologien abgrenzen. Bei einer therapierten Stimme zeigen sich aber markante Unterschiede im Kurvenverlauf.

Drei Jahre später versuchen Gauffin und Sundberg (Gauffin & Sundberg, 1977) Korrelate zwischen fünf perzeptiven Faktoren und dem Kurvenverlauf der Langzeitspektrogramme festzustellen. Dabei erwähnen sie drei (teils unsichere) Verbindungen: Erstens zwischen einer Verhauchung und dem Amplitudenabfall in der LTAS-Kurve (je behauchter, desto steiler); zweitens zwischen den Parametern "hyper-

hypokinetisch" und der Intensität im Frequenzbereich 0 bis 2 kHz sowie drittens zwischen den Parametern "Brust-Kopffregister" und dem Energiegehalt zwischen 5 und 8 kHz des Frequenzbandes.

Die klinische Relevanz dieser Methode für die Diagnose von Stimmstörungen wird 1977 wiederum von Prytz kritisch hinterfragt. Er kommt aufgrund einer fast unüberschaubaren individuellen Variation von LTAS-Verläufen bei seinen Patienten zu der Überzeugung, dass es weder möglich sei, einzelne Pathologien zu detektieren, noch gelänge es, allgemeine Kurvenverläufe für prä- und posttherapeutische Stimmen zu bestimmen. Zudem kritisiert der Autor, dass in der Darstellung der Langzeitspektrographie wichtige Informationen über Kleinstschwankungen des Signals (Jitter/Shimmer) verloren gingen. Seiner Meinung nach könne das Verfahren lediglich individuell zur Verlaufsbeobachtung eingesetzt werden.

Wendler et al. (1980) lassen hingegen zunächst noch eine optimistische Einschätzung gegenüber der Langzeitspektrographie erkennen, wenn sie von gewissen Korrelaten zwischen verschiedenen Heiserkeitsstufen und dem LTAS-Kurvenverlauf bzw. von der Möglichkeit einer groben Klassifikation von Dysphonien aus einem Datenpool sprechen. Sechs Jahre später sehen Wendler et al. (1986) jedoch keine klinische Verwendungsmöglichkeit für die LTAS, da keine eindeutige Korrelation zwischen dem spektralen Bild und der perzeptiven Bewertung von Stimmen existiere.

Dejonckere und Cuvelier (1983) finden die Langzeitspektrogramme gesunder und pathologischer Stimmen hochsignifikant unterschiedlich. Deshalb kommen sie zu einer optimistischen Einschätzung bezüglich der LTAS in ihrer Arbeit. Sie untersuchten 256 Spektren und finden heraus, dass das Verhältnis der durchschnittlichen Spektralenergie von 6 bis 10 kHz nicht nur spezielle Werte für die dysphonische Stimme ergibt, sondern diese auch mit den Heiserkeitsklassen nach Yanagihara (1967) korreliert. Dies bedeutet, dass der Heiserkeitsanteil der Stimme mit dem Energieanteil über 6 kHz korreliert. Aufgrund dieser Ergebnisse halten die Autoren eine automatische Heiserkeitserkennung mit Hilfe der LTAS für möglich.

Auf die Bedeutung des subjektiven Klangeindrucks bei der Wertung von Amplitudenveränderungen im Spektralbereich weist Höfler (1984) hin. Der Autor ist der Meinung, dass sich ohne den Klangeindruck nicht erkennen ließe, ob sich diese Veränderungen durch eine Änderung von Harmonischen- oder von Geräuschenergie eingestellt hätten. Höfler weist dies anhand von ähnlichen Langzeitspektren einer Taschenbandstimme und einer gesunden Stimme nach, bei denen es keinen Unterschied zwischen den Spektren gibt.

Wenn auch Klingholz (1986) betont, dass keine typischen Strukturen für Krankheitsbilder mit Hilfe dieser Methode gefunden würden, kommt Kitzing (1986) zu

einer positiveren Bewertung. Er spricht von zumindest ansatzweise vorhandenen typischen Spektralstrukturen bei funktionellen Dysphonien. Der Autor baut in seiner Untersuchung die Methoden von Hammarberg et al. (1986) aus und betrachtet das Summationsspektrum lediglich im Bereich von 0 bis 2 kHz. Er berechnet den Quotienten der Energiemenge von 0 bis 1 kHz und bildet das arithmetische Mittel und den Median der Energieanteile aller Frequenzen (zentrale Tendenz der Frequenzen). Zudem werden der Energieabfall allgemein (in dB pro Oktave), der Energieabfall nach dem ersten Formanten sowie das Amplitudenverhältnis zwischen F0 und F1 bewertet. So werden zusätzliche Parameter zur Auswertung der LTAS-Kurve entworfen.

Ebenfalls 1986 stellen Hammarberg et al. eine Reihe weiterer Korrelationen von Langzeitspektren zu bestimmten Stimmqualitäten fest. Die Verfasser beschreiben die Form der umhüllenden Kurve für eine behauchte Heiserkeit im Detail. Während sich zwischen 0 und 2 kHz ein normaler Energiegehalt zeigt, gibt es einen sehr steilen Abfall im Frequenzbereich zwischen 2 und 5 kHz (Amplitudenschwächung höherer Formanten). Ab 5 kHz ist dann aufgrund der Geräuschanteile eine relativ hohe spektrale Intensität auszumachen. Die Autoren schlagen jedoch trotz einer Angabe von Korrelationen zu bestimmten pathologischen Stimmklängen die Anwendung des Verfahrens nur zur Verlaufskontrolle und nicht als Diagnoseinstrumentarium vor.

Schwierigkeiten bei der Normfindung für die LTAS-Kurve bei gesunden Stimmen sowie konkrete Messprobleme thematisieren Hurme und Sonninen (1986). Sie erachten die einfache Korrelation von Langzeitspektrogrammen und Perzeptionseindrücken für fahrlässig: Erstens sei die Bewertung einer Stimme kultur- und sprachabhängig und zweitens müsse die normale Stimme nicht gut oder natürlich klingen. Die Dauer und die Intensität des zu analysierenden Signals werden von den Autoren für ergebnisbeeinflussend gehalten. Bei geringem Schalldruck stellen sie eine deutlich dominante F0 fest. Bei großem Schalldruck weisen dagegen die ersten Partialtöne und die Grundfrequenz ein etwa gleiches Intensitätsniveau auf.

Als Befürworter der Langzeit-Spektrographie für den Einsatz in der Phoniatrie zählen Löfqvist und Manderson (1987) in ihren Ausführungen etliche Vorteile des Verfahrens auf. Sie versäumen es jedoch, durch konkrete und erfolgreiche Experimente die Notwendigkeit der LTAS im klinischen Einsatz zu unterstreichen.

Kitzing und Akerlund (1993) vergleichen einige Jahre später 174 Langzeitspektrogramme von funktionellen Dysphonien vor und nach erfolgreich abgeschlossener Stimmtherapie. Als statistisch relevant kristallisiert sich dabei der Anstieg der Intensität im Bereich des 1. Formanten bei beiden Geschlechtern sowie ein Anstieg im Grundtonbereich bei den weiblichen Stimmen heraus. Zudem bringt eine globale

Bewertung der Stimmqualitätsveränderung vor und nach der Therapie durch eine Expertengruppe nur eine schwach positive Korrelation zu spektralen Parametern.

Neben den Kurzzeit- und Langzeitspektrogrammen ergibt die Sonographie als Spektrum-Zeit-Intensität-Ansatz ein quasi-dreidimensionales Diagramm, welches als Spektrogramm oder "Sonagramm" bekannt ist. Letzterer Begriff geht auf die Terminologie der Firma Kay Elemetrics zurück, die ihre Schallanalysatoren "Sonographen" nannte. Diese Form der Schallspektrographie ist bis heute die populärste aller Analyseverfahren des Schallspektrums, weil sie die umfassendste Darstellung über die Strukturen des produzierten Sprachsignals gibt. In den letzten 25 Jahren verdrängten digitale Sonographen die analogen Modelle, die alle auf den von Koenig, Dunn und Lacy (1946) entwickelten "sound spectrograph" zurückgehen. Vorteile der digitalen Sonographie sind die schnelle Berechnung der Daten, größere Analysekapazitäten und eine breite Auswahl an flexiblen Parametern und Einzelanalysen. Zudem kann eine farbige Darstellung mit hoher Dynamikauflösung erreicht werden.

Die in den modernen digitalen Sonographen vollzogene Analyse wird von dem implementierten Rechenansatz der sogenannten FFT (Fast-Fourier-Transformation nach Cooley & Tukey, 1965) geleistet. Diese Spektrographen arbeiten entweder in Schwarz-Weiß-Technik oder mit Farbabstufungen.

In einer wichtigen Arbeit befasst sich 1963 Schönhärl mit dem Verfahren. Er beobachtet 300 stroboskopische Befunde intensiv und korreliert diese mit ihren sonographischen Bildern. Dabei lassen sich Diplophonien, Stimmleinbrüche bei funktionellen Dysphonien, Paresen, die Aryknorpelstimme und die Aphonie sonographisch nachweisen. Zudem stellt er fest, dass die höheren Obertöne von der Randkantenverschiebung beeinflusst werden.

Besondere Beachtung verdient die theoretisch und experimentell gut untermauerte Heiserkeitsgraduierung nach Yanagihara, die er anhand von Schmalbandsonagrammen bereits 1967 erstellt hat. Sie lässt sich, wie Depner (1986) gezeigt hat, ohne Probleme in abgewandelter Form auf die Kurzzeitspektrographie übertragen. Yanagihara erklärt den Perzeptionseindruck "Heiserkeit" mit der gängigen Theorie, die besagt, dass aperiodische Schwingungen bzw. Verschlussinsuffizienzen der Glottis den Abbau spektraler harmonischer Anteile zugunsten von Geräuschanteilen verursachen. Er stellt fest, dass Störgeräuschanteile zuerst in Bereichen hoher harmonischer Energie und allgemein in höheren Frequenzregionen auftreten. In seinem Experiment lässt der Autor 167 Patienten fünf verschiedene Vokale einige Sekunden lang phonieren. Die davon erstellten Sonagramme werden mit vorher perzeptiv erstellten Heiserkeitsbewertungen verglichen. Es zeigt sich eine positive Korrelation zwischen den perzeptiven Heiserkeitsbewertungen und den auf der Grundlage der Sonagramme erstellten Heiser-

keitstypen. Diese werden schematisch in vier verschiedenen Klassen dargestellt: Bei Typ I zeigt sich eine leichte Form der Heiserkeit mit geringen Geräuschanteilen, die den Formantregionen beigemischt sind. Typ II als mittlerer Heiserkeitstyp zeigt schwache Geräuschbänder im Bereich von 3 bis 5 kHz sowie stärkere Geräuschüberlagerungen der zweiten Formanten von /i/ und /e/. Bei dem Typ III (starke Heiserkeit) sind die zweiten Formanten der Vokale /i/ und /e/ bereits vollständig durch Geräuschenergie ersetzt. Zudem weiten sich die Rauschanteile oberhalb von 3 kHz aus und werden energiereicher. Bei dem letzten Typ IV, der für extreme Heiserkeit steht, sind Harmonische selbst im Tieftonbereich nicht mehr zu erkennen. Die Verstärkung der hohen Rauschanteile ist weiter fortgeschritten.

Die sonographische Klassifikation von Heiserkeitsgraden nach Yanagihara hat sich als nützlich bei der Angabe des Schweregrades einer Dysphonie erwiesen, ohne jedoch die Möglichkeit des Nachweises konkreter Stimmerkrankungen zu eröffnen. In der Sprech- und Stimmheilkunde besitzt die Sonographie bei einer Reihe von Fragestellungen weiterhin Bedeutung, obwohl sie in diesem Zusammenhang in der Literatur nicht immer nur positive Einschätzungen erfährt.

So meint Cornut (1971), die Sonographie gebe lediglich Interpretationshilfen zum Verständnis der Larynxvibration.

Ebenfalls gegen die Sonographie spricht sich beispielsweise Böhme (1972) aus, wenn er aufgrund seiner Untersuchung zu dem Ergebnis kommt, dass eine Differenzialdiagnose von Dysarthrien sonographisch nicht zu leisten sei und somit die Detektion von Quellsignalcharakteristika erst recht ungleich schwerer sei.

Zu der Überzeugung, dass die Sonographie in der phoniatischen Diagnostik von Vorteil sei, kommen Iwata und Leden (1970a & 1970b). Sie stellen heraus, dass Geräuschkomponenten mit Hilfe des Verfahrens sichtbar gemacht werden könnten, obwohl sie nicht perzipierbar seien. Die Sonographie sei also nominell sensitiver als das menschliche Ohr und so könnten Heiserkeiten schwacher Ausprägung bereits im Frühstadium einer Erkrankung detektiert werden. Konkret setzen sich die Autoren mit der relativen Energieverteilung im Spektrum der heiseren Stimme auseinander. Für leichte Heiserkeit geben sie Energie hauptsächlich über 4 kHz an. Bei mittlerer Heiserkeit sei die Hauptenergie vornehmlich in den mittleren Frequenzregionen zu finden, wobei die Struktur der unteren Frequenzen stabil und regulär bleibe. Bei starker Heiserkeit sei die Energie über das gesamte Spektrum verteilt.

Weitere Unterstützung erfährt die Sonographie als phoniatische Diagnosehilfe von Frank (1971). Er ist in der Lage, typische spektrale Merkmale der Oesophagusstimme zu bestimmen und sonographisch von der Normalphonation zu differenzieren.

Gerade diesen Begriff des normativen Bezugswertes, der sog. Normalphonation, diskutiert Wendler (1971) als Negativaspekt beim Sonagramm. Er stellt die Frage, wie es denn bei der gesunden Phonation aussehen soll. Wegen der Vielfalt an Stimmen, der großen intra- und interindividuellen Unterschiede sieht er keine Möglichkeit einer sicheren und sinnvollen automatischen sonographischen Diagnose.

Eine Lanze für die Sonographie brechen Rontal et al. (1975a & 1975b) Mitte der 70er Jahre in zwei Studien. Einerseits sind sie sich darüber im Klaren, dass die Sonographie kein alleiniges diagnostisches Instrument sein kann. Zum andern sehen sie jedoch die wichtige Möglichkeit einer Befundobjektivierung bei ihrer Verwendung, wenn etwa prä- und postoperative Sonagramme im Vergleich betrachtet werden oder laryngoplastische Maßnahmen entschieden werden müssen. In Anbetracht dieser Möglichkeit wird für eine konkrete klinische Applikation der Spektrographie plädiert.

Wolfe und Bacon (1976) stellen bei einem Vergleich zweier Dysphoniearten mit Hilfe der sonographischen Dokumentation dort prinzipiell den Zusammenbruch der Formantstruktur sowie frikativische Füllungen (stochastisches Schwarz-Weiß-Gemisch) fest. Bei schwankender Intensität sprechen sie von plötzlichen Veränderungen der Formantschattierung.

Eine weitere wichtige Begründung für den Einsatz der Sonographie in der Phoniatrie liefert Kent (1979). Er unterstreicht in seinem Aufsatz die Möglichkeit, mit Hilfe von Sonagrammen den Patienten ein wichtiges visuelles Feedback während therapeutischer Bemühungen geben zu können.

Der Einsatz der Sonographie in der Phoniatrie wird zu Beginn der 80er Jahre auch von Künzel und Borys (1982) propagiert. Hier werden etliche Vorteile dieser Dokumentationsmethode aufgezählt und verschiedene phoniatische Anwendungsbeispiele erläutert, die sich auf Artikulations- und Resonanzphänomene beziehen. Eine Phonationsanalyse im Sinne der Detektion von Dysphoniekorrelaten wird jedoch nicht in Erwägung gezogen.

Klar gegen eine sonographisch orientierte Diagnostik sprechen sich Yumoto et al. (1984) aus. Sie bemängeln, dass die Einteilung der sonographischen Heiserkeitstypen nach Yanagihara (1967) zu grob sei und der tatsächlichen Vielfalt dysphonischer Phänomene nicht gerecht werden könne. Zudem kritisieren sie einmal die Subjektivität bei der Auswertung der Diagramme. Zum andern weisen sie auf das Problem der "dynamic range"-Einstellung hin. Bei ihr könne es eventuell zur Wegfilterung von Geräuschkomponenten kommen, die essentielle Korrelate von Dysphonien sein könnten. Frank (1984) geht in der positiven Bewertung der Sonographie sogar so weit, dass er ihren Beitrag zur objektiven Stimmdiagnose für unbestritten hält.

Auf dieses Verfahren greifen auch Swoboda et al. (1987) zurück und heben seine Nützlichkeit hervor, wenn es darum geht, prä- und postoperative Unterschiede der stimmlichen Leistungen bei mikrochirurgischen Eingriffen am Kehlkopf deutlich zu machen.

Ptok (1993) erwähnt bei der Bewertung der ungewöhnlichen Pseudoglottisbildung neben der EGG ebenfalls die Sonographie als nützliches Verfahren, wenn es darum geht, die F0 und die harmonischen Obertöne zu bestimmen.

Positives Echo findet die Methode ebenfalls in dem von Biesalski und Frank (1994) herausgegebenen Lehrbuch für Phoniatrie. Hier erkennt Arndt dieser Methode neben wissenschaftlicher Bedeutung und Dokumentationsbedeutung im Sinne einer Ergänzung der klinischen Untersuchung auch einen diagnostischen Wert zu. Die Klanganalysen, so betont er, seien deshalb für die Arbeit des Phoniaters wünschenswert.

Bei Wirth (1995) wird die Sonographie vor allem im Zusammenhang mit der therapeutischen Verlaufskontrolle bei der Behandlung von Stimmstörungen positiv bewertet.

Wendler et al. (1996) sehen einen sinnvollen Einsatz der Sonographie bei Heiserkeitsanalysen und bei der Objektivierung und Klassifizierung des Näsels. Sataloff (1997) stellt in seinem umfangreichen Lehrbuch die Wertigkeit der Sonographie bei der Überprüfung von Stimmtherapieansätzen heraus.

1.3. Grundfrequenz und Grundfrequenzperturbationen

1.3.1. Grundfrequenz

Die Grundfrequenz stellt das akustische Äquivalent zur Periodenfrequenz des Bewegungszyklus der Stimmlippen dar. Wenn auch das Verfahren der Grundfrequenzanalyse in der Phoniatrie nicht den Stellenwert der Spektrographie besitzt, so wird dennoch darauf zurückgegriffen. Es gibt sehr verschiedene Messmethoden bei der Grundfrequenzdetektion (z. B. Cepstrum-Berechnung, Noll, 1964; inverse Filterung, Miller, 1959), über die Hess (1983) in einer sehr umfangreichen Arbeit einen erschöpfenden Überblick gibt. Die Grundfrequenzanalyse kann keinesfalls als allgemeines Diagnosekriterium gelten. In Einzelfällen kann sie jedoch Hinweise auf bestimmte Pathologien (z. B. bei Mutationsstörungen) oder Krankheitsverläufe geben. Parameter zur Grundfrequenzanalyse bringen teilweise unterschiedliche und widersprüchliche Versuchsergebnisse zutage, was auch zwei schon länger zurückliegende Studien verdeutlichen. Während Klingholz (1986) betont, dass bei einer hyperfunktionellen Dysphonie mit

erhöhtem Muskeltonus, bei der männlichen Altersstimme und zudem bei malignen und benignen Neoplasmen (Knötchen, Polypen und Karzinome) die mittlere Sprechstimmlage erhöht sei, sprechen Murry und Doherty (1980) bereits Jahre vorher von anderen Gegebenheiten bei Neubildungen auf den Stimmlippen. Sie finden vielmehr heraus, dass bei einer Massenzunahme der Stimmlippen durch Neoplasmen eine tiefere mittlere Sprechstimmlage hervorgerufen wird. Baken (1987) misst hingegen der Grundfrequenzlage im Zusammenhang mit dem Hinweis auf Stimmstörungen keine Bedeutung bei. Insgesamt sind jedenfalls Zweifel an der Aussagekraft der Sprechstimmlage für die Phoniatrie angebracht.

1.3.2. Jitter

Der Jitter gibt den Unterschied zwischen einer Grundfrequenzperiode und der ihr unmittelbar folgenden an. Er stellt somit einen Index der Stabilität des phonatorischen Systems dar. Heute wird er mit Hilfe von rechnergestützten Verfahren aus dem akustischen Signal oder dem EGG-Signal extrahiert.

Bei auf die Distribution von Periodendifferenzen ausgerichteten Untersuchungen versuchen z. B. Koike und Takahashi (1972) vier Stimmpathologien zu differenzieren. Sie sind dabei aber nur mäßig erfolgreich. In dieser Untersuchung unterscheiden sich zwar Polypen und Karzinome in ihren Werten recht deutlich. Sie haben aber fast identische Ergebnisse mit Paresen und Tumoren. Folglich ist keine eindeutige Differenzierung für sie anhand des Jitters möglich. Ebenfalls kritisch über dieses Verfahren äußern sich Moser und Kittel (1977) bzw. Deal und Emanuel (1978) in ihren Arbeiten. Moser und Kittel können mit Hilfe des verwendeten Jitter-Verteilungs-Index keine signifikanten Unterschiede zwischen Normalstimmen und pathologischen Stimmen festmachen. Für Deal und Emanuel sind feinere Differenzierungen krankhafter Stimmgebung ebenfalls damit nicht möglich.

Neben der Häufigkeitsverteilung von Periodendifferenzen wird bei der Jittermessung auf die Analyse von Periode zu Periode zurückgegriffen. Hierbei finden entweder die

Aufsummierung aller absoluten Periodendifferenzwerte oder die Relativwerte zur jeweiligen Grundfrequenz bei der Messung Berücksichtigung. Bei den absoluten Messungen sind z. B. die Arbeiten von Lieberman (1961 & 1963) zu nennen. Lieberman (1963) berechnet mit Hilfe eines Lineals die einzelnen Periodenlängen, die von Amplitudenmaximum zu Amplitudenmaximum bestimmt werden. Als Maß für die Stimmgüte benutzt er die Zahl der Periodenlängenunterschiede, die größer als 0,5 ms

sind. Mit Hilfe seines "perturbation factors" lassen sich eingeschränkte diagnostische Aussagen über Neoplasmen der Stimmlippen treffen.

Das grundfrequenzabhängige Schwankungsverhalten bei der Phonation wird in besonderer Weise von Horii (1979) demonstriert, wenn er bei einer Steigerung der Grundfrequenz von gradueller Verringerung des Jitters berichtet. Eine weitere, die Grundfrequenz mit einbeziehende Jittermessung wird von Koike (1973) vorgestellt. Mit seinem Index ("Relative Average Perturbation") bemüht er sich, Langzeitänderungen der Grundfrequenz von den Kurzzeitschwankungen zu trennen. Als Konsequenz aus der Abhängigkeit von Jitter und Tonhöheniveau folgert Klingholz (1986), dass die relativen Werte bei der Jitterberechnung relevanter als die absoluten sind und der Jitter folglich in Abhängigkeit von der Grundfrequenz angegeben werden sollte.

Neben diesen Arbeiten sind in den 80er Jahren weitere zahlreiche klinische Studien entstanden, die den Jitter als Stimmgüteparameter einsetzen (z. B. Berke et al., 1983; Askenfelt & Hammarberg 1986; Kasuya et al., 1986a & 1986b; Banci et al., 1986; Laver et al., 1986; Ludlow et al., 1987; Peppard et al., 1988).

Anfang der 90er Jahre werden in Arbeiten weitere Methoden und Modelle zur Bestimmung des Jitters entwickelt. So haben Pinto und Titze (1990) eine Arbeit vorgestellt, in der die Perturbationsmaße aus der Literatur auf mathematische Begriffe zurückgeführt werden. Schoentgen und de Guchteneere (1991) bestimmen in ihrer Arbeit durch eine neue Methode den Jitter aus dem akustischen und elektrolottographischen Signal. Ebenfalls 1991 untersucht Kröger in seiner Arbeit den Einfluss der Vokaltrakt-Glottis-Kopplung auf das Jitterverhalten. Dass der Mikrophontyp und die Platzierung des Mikrophons Einfluss auf die Jittermessungen haben, weisen Titze und Winholtz (1993) in ihrer Untersuchung nach. Über den Einfluss der Methoden bei Grundfrequenzperturbationsmessungen berichten Titze und Liang (1993).

Ebenfalls 1993 wird von Kasuya et al. ein Modell des Jitters eingesetzt, mit Hilfe dessen sie das Spektrum der Periodensequenz charakterisieren. Dabei finden sie für gesunde und pathologische Sprecher verschiedene charakteristische Modellparameter. Schoentgen und de Guchteneere (1993) stellen durch die Verwendung ihres Modells zur Berechnung des Perturbationsmaßes fest, dass das Perturbationsmaß sowohl zwischen männlichen und weiblichen als auch zwischen gesunden und pathologischen Sprechern unterschiedlich ist.

Auf diesem Hintergrund sind auch in den 90er Jahren bis heute klinische Studien mit Berücksichtigung des Jitters entstanden. (z. B. Klingholz, 1991; Verstraete et al., 1993; Carlson, 1995; Fourcin et al., 1995; Watson, 1995; Vieira et al., 1997; Vieira et al., 2002).

In mehreren Studien verweisen verschiedene Autoren aber auch auf die Problematik bei der Jittermessung und geben an, worauf man bei der Interpretation der gewonnenen Messdaten zu achten habe (z. B. Titze et al., 1987; Orlikoff & Baken, 1990).

1.4. Shimmer

Mit dem Terminus „Shimmer“ werden Kurzzeitschwankungen der zyklischen Amplitude bezeichnet. Die Quantifizierungsmethoden des Shimmers sind analog denen des Jitters. Entweder wird der Shimmer in Dezibel oder in relativen Einheiten angegeben. Trotz der theoretischen Äquivalenz im Bereich der Stimm diagnostik hat sich die phoniatische Forschung bedeutend weniger mit der Shimmermessung als mit der Jittermessung beschäftigt.

Bei der Quantifizierung in Dezibel wird der Differenzwert zweier aufeinanderfolgender Perioden aufsummiert und durch die Anzahl der gemessenen Zyklen dividiert. Die positive Einschätzung dieser Messmethode für die Differenzierung von Sprechern mit Polypen gegenüber gesunden Sprechern bei Katajima et al. (1975) kann z. B. in einer Studie von Klingholz und Martin (1983) nicht für alle Dysphonien geltend gemacht werden. Die Autoren können mit der Shimmermessung hyper- und hypofunktionelle Dysphonien nicht diskriminieren.

Bei den Messungen der Langzeitvariationen der Amplitude werden die Mittelwerte einiger umliegender Perioden als Trend zum Vergleich mit dem tatsächlichen Amplitudenwert des zu analysierenden Zyklus herangezogen. Diese Messungen gehen auf einen Vorschlag von Takahashi und Koike (1975) zurück. Ihnen gelingt es, Stimmen, die durch Tremor oder Lähmung geschädigt sind, von der Normalphonation zu differenzieren. Davis (1978) macht ähnliche Beobachtungen. Er findet signifikant höhere Shimmerwerte bei unilateraler Parese, partieller Laryngektomie und Tumorerkrankungen, während er bei einer chronischen Laryngitis und bei Knötchenbildungen kaum auffällige Ergebnisse vorweisen kann. Klingholz und Martin (1983) analysieren mehr Stimmproben als Davis, können aber keine deutlichen Resultate vorweisen.

Die Shimmermessungen finden in den folgenden Jahren v. a. innerhalb multiparametrisch angelegter Analyseprogramme Berücksichtigung. So beschreiben z. B. Nikolov et al. (1989) die Implementierung eines relativen Shimmerparameters (APQ) im Vorläuferprogramm zum MDVP (Multi-Dimensional Voice program) von Kay Electronics Corp. (1993). Für diesen Parameter finden sie v. a. bei Larynxkarzinomen hohe Werte.

1.5. Das Prinzip der Multidimensionalität

Dieses heute in der Wissenschaft viel diskutierte Prinzip ist dem Grundgedanken verpflichtet, dass das "Phänomen Stimme" ein sehr komplexes Gebilde ist und sich folglich aus verschiedenen Dimensionen zusammensetzt, deren einzelne Existenz, besonders aber deren Interaktion, die pathologische und nichtpathologische Stimmqualität ausmachen.

"Vocal quality can be considered multidimensional; that is voices are known to vary simultaneously along several dimensions such as pitch, loudness and roughness. However, little is known about the way these various parameters interrelate to result in the unique and distinctive vocal quality of an individual" (Kempster et al., 1991: 534).

Für die Phoniatrie und für die "klinische Phonetik" ergibt sich daraus die logische Forderung nach einer methodisch breit angelegten Berücksichtigung der einzelnen die Stimme bestimmenden Parameter. Damit verbunden ist die Suche nach weiteren Parametern, die das "Gesamtbild" Stimme ausmachen. Dies bedeutet, dass man bei der Stimmanalyse nicht nur einzelne, sondern eine Reihe von Untersuchungsverfahren anwendet. Daraus sich ergebende relevanten Parameter werden für die Diagnose und die Überprüfung therapeutischer Ansätze genutzt.

Solche Ansätze, die diesem Prinzip der Multidimensionalität bei der Betrachtung der gestörten Stimme verpflichtet sind, sind nicht vor Mitte der siebziger, besonders aber erst seit Ende der achtziger Jahre entwickelt worden. Sie beinhalten also multidimensionale Schemata zu untersuchender und in eine gemeinsame Beziehung zu setzender Stimmparameter.

So testen 1976 Hiki et al. eine Reihe von insgesamt 15 diagnostisch relevanten Parametern, aus denen dann acht besonders aussagekräftige selektiert werden. Es wird u. a. das Spektrum (Geräuschanteil, Obertonreichtum), der Jitter und der Shimmer analysiert. Mit Hilfe der kombinierten Parameter sei es nach Angaben der Autoren möglich, Dysphonien aufgrund von Rekurrensparesen, Polypen bzw. Knötchen und Larynxkarzinome sowie gesunde Stimmen signifikant voneinander zu unterscheiden.

Davis äußert sich 1978 zu seinem multidimensionalen Ansatz zuversichtlich, was die Relevanz für die Phoniatrie vor allem bei der Therapiekontrolle angeht. Diagnostische Ergebnisse werden allerdings mit Hilfe seiner Methode nicht erwartet.

1979 stellen Troughear und Davis ein Mikro-Computer-System vor (Troughear & Davis, 1979). Es ist in der Lage, einige Parameter wie den F₀-Verlauf, dessen Standardabweichung (pitch perturbation quotient), einen Variationskoeffizienten der F₀ und die Intensität des Signals in quasi Echtzeit zu analysieren. Mit zunehmender

Rechnerkapazität sprechen die Autoren diesem System eine gute Applikation in der phoniatischen Routineuntersuchung zu.

Obwohl Cox und Morrison (1983) zunächst in ihrer Studie eine eher pessimistische Aussage bezüglich der Einschätzung solcher rechnergestützten Untersuchungen zu Stimmpathologien bekunden, fordern sie die Suche nach neuen Parametern für die Stimmdiagnostik. Sie schlagen neben Jitter- und Shimmeranalysen die Betrachtung aller akustischen Kurzzeitmerkmale sowie eine verstärkte Berücksichtigung der Frequenzen oberhalb 3 kHz vor.

In zwei Studien richteten Hirano et al. (1986 & 1988) neben der Berücksichtigung akustischer Korrelate der Heiserkeit ("Normalized Noise Energy") ihr Augenmerk auch auf weitere zeitdimensionale Parameter ("Pitch Perturbation Quotient" & "Amplitude Perturbation Quotient"). Sie versäumen es jedoch, die drei Messungen zu Vektoren zusammenzufassen. Als Ergebnis halten sie fest, dass mit keinem der genannten Parameter bestimmte Stimmpathologien zu differenzieren seien. Es bestehe nur die Möglichkeit, Heiserkeitsgrade zu bestimmen. Allerdings korrelierten alle drei Parameter positiv untereinander.

Wie Hirano et al. (1988) analysieren bis heute immer noch viele Autoren unterschiedliche Dimensionen der Stimme. Dadurch kommen sie zu verschiedenen Parameterextraktionen. Zu Beginn der 90er Jahre sind ebenfalls einige Studien veröffentlicht worden, die diesem Prinzip verpflichtet sind. Ihnen haftet aber trotz ihrer zumeist positiven Resultate das Manko an, dass sehr oft auf der Grundlage einer unzureichenden Datenmenge argumentiert wird. Dies ist bei vielen phoniatischen Versuchsreihen der Fall.

In der von Eskénazi et al. (1990) vorgelegten Studie werden aus pathologischen Stimmen sechs verschiedene Parameter extrahiert, um die Ergebnisse der jeweiligen Messungen mit den vier Stimmtypen "heiser", "behaucht", "rau" und "vocal fry" zu korrelieren. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass sich zwar einige Merkmale den verschiedenen Timbres zuweisen lassen, eine klare Differenzierung scheint jedoch nicht möglich zu sein.

Feijoo und Hernández stellen im gleichen Jahr Versuche zur automatischen Erkennung von Dysphonien an (Feijoo & Hernández, 1990). Sie führen neben anderen bereits bekannten Parametern die Maßeinheit "Spectral Distortion" ein, die die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kurzzeitspektren beschreibt. Mit Hilfe der frequenzorientierten Parameter gelingt ihnen eine Klassifikation der Stimmen von nahezu 90%, wobei die gesunden Stimmen deutlich besser abschneiden als die pathologischen.

Pruszewicz et al. (1991) geben in ihrer Studie an, dass sie mit Hilfe ihres Systems organische von funktionellen Stimmpathologien auch in Reihenuntersuchungen trennen können. Als Parameter setzen sie die Struktur der Harmonischen, die Geräuschverteilung, die mittlere F0 und deren Verteilung sowie den Jitter und den Intona-tionsverlauf ein. Sie geben an, mit jedem der genannten Parameter außer der F0 die Dysphoniearten signifikant voneinander unterscheiden zu können. Ein wesentliches Manko dieser Untersuchung stellt jedoch die kleine Versuchsgruppe dar, die zu einer kritischen Betrachtung der Studie und ihrer Ergebnisse Anlass gibt.

Im gleichen Jahr legen Boyanov et al. (1991) eine Untersuchung vor, in der sie die Stimmen von Patienten mit laryngalen Erkrankungen mit denjenigen von gesunden Sprechern vergleichen. Sie analysieren dazu folgende Merkmale: Harmonic-to-Noise-Ratio; Jitter; Shimmer; Anzahl der Segmente mit Teiltöne; Anzahl großer Periodenvaria-tionen. Nach ihren Angaben sei es schon möglich, durch jeden Parameter die gesun-den von den pathologischen Stimmen zu trennen, ohne eine Verknüpfung der Merkma-le eingehen zu müssen.

Eine detaillierte Studie zur Stimmqualität legen Childers und Lee (1991) vor, um so Merkmale für die Synthese der dysphonen Stimme zu erhalten. Sie gelangen trotz der Vielzahl der wiederum isoliert getesteten Merkmale zu der Erkenntnis, dass auch extralinguistische Faktoren die Stimmqualität unkontrolliert beeinflussen.

Ptok (1990) betont in seiner Studie die Wichtigkeit der Suche nach einem ein-heitlichen und objektiven Bewertungsschema für die postoperative Stimmqualität nach operativen Eingriffen bei Patienten mit Kehlkopfmalignomen. Anhand von prä- und postoperativen Daten laryngektomierter (68) bzw. kehlkopfteilresektierter (65) Patien-ten gelingt es ihm, Parameter zur postoperativen Stimmbewertung zu quantifizieren. Als wünschenswert hebt er dabei die Einrichtung einer entsprechend großen Daten-bank heraus.

Für das Prinzip der Methodenvielfalt plädiert auch Klingholz (1990). Er stellt dabei die Notwendigkeit der Ergänzung des stroboskopischen Untersuchungsverfah-rens durch ein akustisches Verfahren bei der quantitativen Heiserkeitsbewertung her-aus. So könnten z. B. Jitter und Shimmer als Schwingungsunregelmäßigkeiten im stro-boskopischen Bild nicht zutage treten. Eine akustische Analyse der Stimme sei deshalb wichtig bei der Qualitätsbewertung.

Im Zusammenhang mit onkologischen Fragestellungen weiß Zalesska-Krecicka (1990) auf das Desiderat bezüglich der Früherkennung maligner Erkrankungen des Larynx mit Hilfe von akustischen Merkmalen hin. Sie erwähnt dabei die allerseits er-wünschte Vorstellung, eine durch ein Karzinom bedingte Heiserkeit von der Heiserkeit

anderer Ätiologien unterscheiden zu können. Dadurch soll eine Frühdiagnose ermöglicht werden.

Kempster et al. (1991) legen eine Abhandlung vor, in der sie die perzeptiven Dimensionen, die mit den akustischen Qualitäten der gestörten Stimme korrelieren, zu extrahieren versuchen. Sie greifen dabei auf Erkenntnisse von Murry et al. (1977) zurück, die fünf Dimensionen als besonders effektiv bei der Beschreibung des pathologischen Stimmklangs herausstellen. Bei Kempster et al. werden aufgrund von Perzeptionsexperimenten nur drei Dimensionen als relevant betrachtet: Grundfrequenz, Intensität und Perturbation (Jitter und Shimmer). Sie fassen alle Parameter teilweise zu Paaren auf einer Achse zusammen. Die so zustande kommenden Ergebnisse zeigen dann für bestimmte Dysphonien typische Häufungen bzw. Streuungen von Punkten auf. Zusammenfassend betonen die Autoren, dass der dysphonische Stimmklang entsprechend der Parameter Intensität, Grundfrequenz und Störung beider Komponenten zu bewerten sei.

Erwähnenswert ist auch der Aufsatz von Klingholz (1991) zum Jitter, in dem er unter anderem die Größe des Jitters bei pathologischen Stimmen diskutiert und ihn als wesentliches akustisches Korrelat der Heiserkeit herausstellt. Er kommt schließlich zu der Auffassung, dass der Jitter in multivarianten akustischen Diagnosesystemen eine relevante Komponente darstelle. Bei seiner Argumentation bezieht er sich auf eine Untersuchung von Ludlow et al. (1987).

Ein Jahr später weist derselbe Autor (Klingholz, 1992) auf die Notwendigkeit computerunterstützter Evaluierung von Phonetogrammen bei der Diagnose des Stimmstatus hin, da bisher noch keine quantitative Evaluierung von Phonetogrammen in der medizinischen Praxis zu beobachten sei.

Erstaunliche Ergebnisse legen Giovanni et al. (1992) in ihrer Studie vor. Sie sehen sich in der Lage, mit ihren Faktoren sechs verschiedene Dysphonien von der Normphonation zu unterscheiden. Anhand der jeweils zweidimensionalen Koordinatensysteme lasse sich durch eine lokale Häufung von Messwerteintragungen die Ätiologie der dysphonischen Stimme feststellen. Mit dem Verfahren sollen unterschiedliche Stimmlippenveränderungen (Knötchen, Entzündungen, Reinke-Ödem) bzw. drei Zustände nach chirurgischen Eingriffen (Chordektomie, partielle Laryngektomie, totale Laryngektomie) zu ermitteln sein.

Leinonen et al. (1992) verfolgen in ihrer Arbeit einen Ansatz der automatischen Mustererkennung. Dabei klassifiziert der Rechner die bei Giovanni et al. (1992) visuell eingestufteten Stimmtypen automatisch. Mit Hilfe von prototypischen Mustern für einzelne Dysphonien wird ein neuronales Netz trainiert, um später die Möglichkeit zu haben, unbekannte Stimmproben mit diesen zu vergleichen. Mit dieser Methode konnte

bisher eine automatische Klassifizierung von Pathologien nicht erzielt werden. Die Autoren berichten aber von der Möglichkeit, zwischen gesunder und kranker Phonation sowie zwischen behauchten und rauhen Stimmen unterscheiden zu können.

Auf die Problematik der inter- und intrasubjektiven Variabilität bei akustischen Analysen zu Stimmqualitäten von fast totallaryngektomierten Patienten weisen Hoasjoe et al. (1992) in ihrer Studie hin. Generell könne man festhalten, dass bei den Patienten im Vergleich zu stimmgesunden Personen reduzierte Möglichkeiten bezüglich der Intensitätskomponente und Phonationsdauerbegrenzungen vorhanden seien.

Bei Mignano et al. (1993) wird die Bedeutung des Rechneinsatzes bei der Rehabilitation Laryngektomierter herausgestrichen, um so den Patienten auf der Grundlage einer multiparametrischen Darstellung ein akustisches Feedback zu ermöglichen. Crevier-Buchman et al. (1994) machen Stimm- und Sprachanalysen bei 19 teillaryngektomierten Personen und vergleichen die Ergebnisse mit Analysen bei einer Kontrollgruppe von ebenfalls 19 männlichen stimmgesunden Personen. Bei den stimmlichen Parametern handelt es sich u. a. um Jitter- und Shimmermessungen, durchschnittliche F0-Bestimmung bzw. deren Standardabweichung und Bestimmung des HNR-Verhältnisses. Die statistische Aufarbeitung der Daten bringt signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe der stimmgesunden Personen und derjenigen der teillaryngektomierten. Innerhalb dieser Gruppe zeigen sich jedoch keine statistischen Auswirkungen bezüglich des unterschiedlichen Ausmaßes der Erkrankung und der akustischen Ergebnissen.

Über akustische Stimmanalysen nach minimal invasiver laserchirurgischer Larynxkarzinomresektion und Stimmrehabilitation berichten Zwirner et al. 1995. Die Autoren analysieren Stimmen von 9 Patienten prä- und postrehabilitativ mit drei verschiedenen akustischen Messsystemen und vergleichen sie mit den Analysen zweier Personen einer Kontrollgruppe. Sie kommen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass akustische Stimmparameter die Stimmverbesserung nach Stimmrehabilitation dokumentieren. Die Werte der Patienten verbessern sich überwiegend. Zudem unterscheiden sie sich signifikant von denen der altersentsprechenden Kontrollgruppe.

Hall (1995) geht in seiner Untersuchung unter Verwendung akustischer und elektroglottographischer Analysemethoden der Frage nach, ob sich Messungen bezüglich der Tageszeiten (morgens, mittags und abends) und bezüglich drei aufeinanderfolgender Tage bei Frauen mit Stimmlippenknötchen und bei einer Kontrollgruppe gesunder Frauen unterscheiden. Die Ergebnisse beinhalten keine signifikanten Unterschiede in den Messungen bezüglich dieser Bedingungen bei beiden Gruppen.

Der Frage der Wertigkeit akustischer Stimmanalyse gehen Zwirner und Kruse (1996) in einer anderen Untersuchung nach. In ihr verwenden sie das MDVP von Kay

Elemetrics (1993). Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die akustische Stimmanalyse zwar nicht zur Differentialdiagnostik zu verwenden sei, aber sehr wohl einen Beitrag zur Objektivierung des Therapieverlaufs leisten könne.

In einer weiteren Untersuchung analysieren Zwirner et al. (1996) ebenfalls mit verschiedenen Messsystemen prä- und postoperativ laserchirurgisch behandelte Patienten mit Larynxkarzinom. Als Ergebnisse fassen sie zusammen, dass die glottische Ersatzphonation in der Regel bessere Analyseergebnisse zeigt als die supraglottische Kompensation.

Neben diesen Arbeiten sind in den letzten Jahren auch Untersuchungen erschienen, in denen die Zusammenhänge zwischen auditiven Wahrnehmungen und akustischen Analyseergebnissen erarbeitet werden. So greifen Dejonckere et al. (1996) in einer Studie einerseits auf die GRBAS-Skala zur auditiven Differenzierung von Stimmqualität zurück. Zum andern interessieren sie Korrelationen zwischen akustischen Parametern und auditiven Beurteilungen. Die Ergebnisse zeigen für die auditive Differenzierung der Stimmen bessere Übereinstimmungen bei zeitlich aufeinanderfolgenden Bewertungen einzelner Hörer (intraindividuell) als bei Bewertungen der Hörer untereinander (interindividuell). Die Korrelationen der akustischen Parameter mit den auditiven Dimensionen belegen die auch anderenorts berichteten Zusammenhänge zwischen Frequenzperturbationen und Rauigkeit bzw. Amplitudenperturbationen und Behauchtheit.

Wolfe et al. (1997) gehen in einer Arbeit der Fragestellung nach, inwiefern sich der auditiv wahrnehmbare Schweregrad eines pathologischen Stimmtypus mit Hilfe akustischer Parameter vorhersagen lässt. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass das Verhältnis der Geräuschanteile zur harmonischen Energie dafür die relevanteste Messgröße ist. Frequenz- und Amplitudenstörungen ergeben hingegen unterschiedliche Resultate bezüglich der einzelnen Stimmtypen.

Ebenfalls um Korrelationen zwischen perzeptueller Beurteilung von Stimmen und akustischen Parametern geht es in einer weiteren Studie von Zwirner et al. 1998. Die Autoren versuchen darin herauszustellen, welche Parameter am besten zur quantitativen Beschreibung der perzeptuellen Dimensionen Rauigkeit und Behauchtheit geeignet sind. Ein neu berücksichtigter Parameter zur Bestimmung des Rauschanteils bei der Stimmanregung ermöglicht eine Quantifizierung und Abgrenzung der perzeptiven Behauchung von der Rauigkeit.

Dieser Parameter ist auch in der Untersuchung von Fröhlich et al. 1998 neben drei weiteren Parametern zur Stimmgütebeschreibung relevant, die zum Göttinger Heiserkeits-Diagramm gehören. Mit Hilfe dieser Parameter zeigen die Autoren, dass die verschiedenen pathologischen Gruppen oft in signifikant voneinander getrennten Be-

reichen liegen und dass erwartungsgemäß ähnliche Pathomechanismen bei verschiedenen Diagnosen sich nicht signifikant voneinander trennen lassen. Dieses Ergebnis beinhaltet für die Autoren die Möglichkeit, mit Hilfe des Heiserkeits-Diagramms tendenzielle Aussagen über die der Stimmgebung zugrundeliegenden laryngalen Pathomechanismen zu machen.

Ausführlich berichtet Michaelis 1999 in seiner Dissertation über das Göttinger Heiserkeits-Diagramm. Er hält u. a. als wichtiges Ergebnis fest, dass mit Hilfe des Diagramms Gruppen mit verschiedenen Pathomechanismen bei der Phonation voneinander und von Normalstimmen bzw. aphonen Stimmen signifikant zu unterscheiden seien. Die Anordnung der Gruppen entspricht den Erwartungen, die im Zusammenhang mit den vorhandenen Schwingungseigenschaften bei der Phonation gehegt werden. Die akustischen Parameter des Diagramms korrelieren ebenfalls wie vom Verfasser erwartet mit den Dimensionen Behauchtheit (GNE-Parameter als Maß des Rauschanteils) und Rauigkeit (Jitter- und Shimmerparameter). Diese Ergebnisse widersprechen teilweise den Ergebnissen in ebenfalls jüngeren Untersuchungen. In ihnen werden auch Perturbationsparameter mit dem auditiven Eindruck der Behauchtheit in Verbindung gebracht (z. B. Dejonkere et al., 1996; Koreman et al., 2004).

Blomgren et al. (1998) untersuchen in ihrer Arbeit akustische, aerodynamische, physiologische und perzeptuelle Charakteristika bei normalen und flatternden (vocal fry registers) Stimmlippenschwingungen. An der Untersuchung nehmen 20 Personen (10 Männer und 10 Frauen) teil. Die Personen produzieren gehaltene Vokale und Silbenwiederholungen (CV-Silben) in dem jeweiligen Produktionsmodus. Anhand der gewonnenen Ergebnisse können die Autoren nachweisen, dass die aerodynamischen Mechanismen der Stimmlippenproduktion bei beiden Produktionsmodi signifikant unterschiedlich sind. Auf der Grundlage dieses Ergebnisses stellen die Autoren ein Modell für den flatternden Produktionsmodus vor.

Rosen et al. (2000) greifen in ihrer Studie auf akustische, aerodynamische und videostroboskopische Merkmale zur diagnostischen Unterscheidung von Stimmlippenknötchen und Stimmlippenläsionen zurück. Als Ergebnisse halten sie fest, dass sich das diagnostische Profil der beiden Patientengruppen signifikant unterscheidet. Deshalb sei die angewendete diagnostische Vorgehensweise zur Unterscheidung beider Pathologien wichtig.

Unter Verwendung des MDVP von Key Elemetrics untersuchen Gonzalez et. al. (2002) 148 gesunde Personen getrennt nach Geschlechtern. Sie greifen dabei auf zwei gehaltenen Vokalproduktionen (/a:/) pro Person zurück. Ihre Ergebnisse weisen im Vergleich der beiden Produktionen auf eine hohe intrasubjektive Stabilität bei den Grundfrequenzparametern hin. Bei den Frequenz- und Amplitudenperturbationspara-

metern, bei den Parametern zu den harmonischen bzw. Geräuschkomponenten, bei den Parametern zu den subharmonischen Komponenten und bei den Irregularitätsparametern ist die Stabilität akzeptabel. Anhand der Shimmerparameter kann hingegen weniger Stabilität bei den Produktionen nachgewiesen werden.

In einer neueren Studie von Munoz et al. (2003) werden die Ergebnisse akustischer Analysen geschlechtsspezifisch mit auditiven Bewertungen korreliert. Die männlichen Stimmen werden als normal, rau und heiser eingestuft; die weiblichen Stimmen hingegen als normal, behaucht und heiser. Es zeigen sich für die Männer Zusammenhänge zwischen heiseren Stimmen und Frequenzperturbationen. Raue Stimmen werden zusätzlich mit Amplitudenperturbationen und Tremorkomponenten in Verbindung gebracht. Bei den Frauen sind die Zusammenhänge zwischen akustischen und auditiven Stimmqualitätsmerkmalen nicht so eindeutig zu bestimmen.

In einer Untersuchung zur akustischen Analyse pathologischer Stimmen in fortlaufender Sprache (Strube et al., 2003) gelingt es den Autoren in jüngster Zeit ebenfalls unter Verwendung des Göttinger Heiserkeits-Diagramms bzw. stroboskopischer Videoaufnahmen und Hochgeschwindigkeits-Videoaufnahmen stimmhafte Anteile in fortlaufender Sprache zu untersuchen. Als eine aus der Studie hervorgehende zukünftige Zielsetzung formulieren sie u. a. die Absicht, auf der Basis akustischer Größen verschiedene Phonationsmechanismen und Krebsgruppen signifikant voneinander trennen zu wollen.

Lißmann et al. (2003) formulieren dieses Ziel, anhand akustischer Messungen bestimmten stimmlichen Pathologien typische Messwerte zuzuordnen zu wollen, ebenfalls in ihrer aktuellen Studie.

In einer neueren Studie bestimmen Bhuta et al. (2004) ebenfalls Zusammenhänge zwischen auditiven Stimmqualitätsmerkmalen (GRBAS-Skala) und akustischen Messungen unter Verwendung des MDVP von Kay Elemetrics. Die Autoren finden nur signifikante Korrelationen zwischen akustischen Parametern zu harmonischen Komponenten bzw. Geräuschkomponenten (NHR, VTI, SPI) und auditiven Stimmqualitätsmerkmalen der GRBAS-Skala (Gesamtgrad der Störung; Rauigkeit; Behauchtheit; Schwächung). Daraus schließen sie, dass Geräuschkomponenten bei der akustischen Beschreibung dysphonischer Stimmen wichtig sind.

1.6. Die Verwendung akustischer Analysemethoden in Saarbrücken

In zurückliegenden Studien wurde bisher innerhalb des Forschungsschwerpunktes bei akustischen Analysen zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation das MDVP Programm von Kay Elemetrics berücksichtigt (Koreman & Pützer, 1997; Püt-

zer & Just, 1999; Pützer, 2001; Pützer et al., 2001; Pützer et al., 2003a; Koreman et al., 2004; Moringlane et al., 2004a & 2004b). In der vorliegenden Arbeit wird auf eine andere akustische Analysemethode zurückgegriffen. Die Methode verwendet Parameter von Stevens und Hanson (1994) zur Messung von Stimmeigenschaften aus dem akustischen Signal. Die darin enthaltenen Parameter ermöglichen es, grundlegende physiologische bzw. pathophysiologische Vorgänge bei der Produktion von Vokalen anhand ihrer Werteveränderungen zu interpretieren. Diese Methode ist am Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung der Universität Stuttgart von Wolfgang Wokurek implementiert worden.¹ Bisher sind zwei Publikationen unter Verwendung der Analysemethode entstanden (Wokurek & Pützer, 2003 und Pützer & Wokurek, 2005). In der vorliegenden Arbeit erfolgt auf der Grundlage einer großen Datenmenge eine weitere Evaluierung der aktuellen Version der Methode. Dabei werden normalstimmliche und pathologische Signale analysiert. Die pathologischen Signale stammen zum einen von Sprechern mit unterschiedlichen Stimmpathologien (organische und funktionelle Stimmstörungen). Zum andern stammen sie von einer Patientengruppe mit M. Parkinson, einer Gruppe mit multipler Sklerose sowie von longitudinal betrachteten Patienten mit unterschiedlichen Pathologien.

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung des Analyseansatzes gegeben, wie er auch in einer aktuellen Publikation bei Pützer & Wokurek (2005) dargelegt wird.

1.6.1. Spektrale Schätzung der Stimmqualitätsparameter

Die Berechnung der Stimmqualitätsparameter verwendet die Beobachtung von Stevens und Hanson (1994), dass die Stimmeigenschaften Öffnungsquotient, Grad der glottalen Öffnung, Schiefe des Anregungsimpulses und Verschlussrate das Anregungsspektrum jeweils in einem bestimmten Frequenzbereich dominant beeinflussen. Deshalb werden die Stimmqualitätsparameter durch den geeigneten Vergleich verschiedener höherer harmonischer Schwingungen mit der Grundschwingung berechnet (geschätzt). Dies erfolgt in drei Schritten: (a) Automatische Messung, (b) Formantkorrektur und (c) Parameterschätzung.

¹ Bei der Erarbeitung der Analysemethode oblag Wolfgang Wokurek die Implementierung. Die statistische Bearbeitung der Daten und die physiologische Interpretation der Ergebnisse lag im Aufgabenbereich von Manfred Pützer. Auf ihrer Grundlage ist von Wolfgang Wokurek eine Auswahl weiterer Parametervarianten vollzogen worden bzw. sind weitere Verbesserungsvorschläge zur Analysemethode unterbreitet worden. Die Auswahl der aktuell verwendeten Formeln wurde schließlich auf der Basis der physiologischen Interpretationen gemeinsam getroffen.

(a) Automatische Messung

Die Sprachgrundfrequenz, die Frequenzen und Bandbreiten der ersten vier Formanten sowie Schmalbandspektren werden mit den ESPS-Programmen (ESPS, 1999) aus dem Sprachsignal berechnet. Die Analysen werden alle 10ms berechnet und ein Analyseprogramm vermisst und protokolliert die stärksten spektralen Spitzen bei den ersten beiden Harmonischen und bei den vier Formanten. Die wichtigsten protokollierten Daten sind:

F0	Sprachgrundfrequenz
F1, F2, F3, F4	Formantfrequenzen
B1, B2, B3, B4	Bandbreiten der Formanten
F0P, 2F0P	Frequenzen der spektralen Spitzen bei den ersten beiden Harmonischen
H1, H2	Amplituden der ersten beiden Harmonischen
F1P, ... F4P	Frequenzen der spektralen Spitzen bei den Formanten
A1P, ... A4P	Amplituden der spektralen Spitzen bei den Formanten

Abbildung I.1 zeigt, wo sich die protokollierten Messwerte in einem schematischen Linienspektrum befinden.

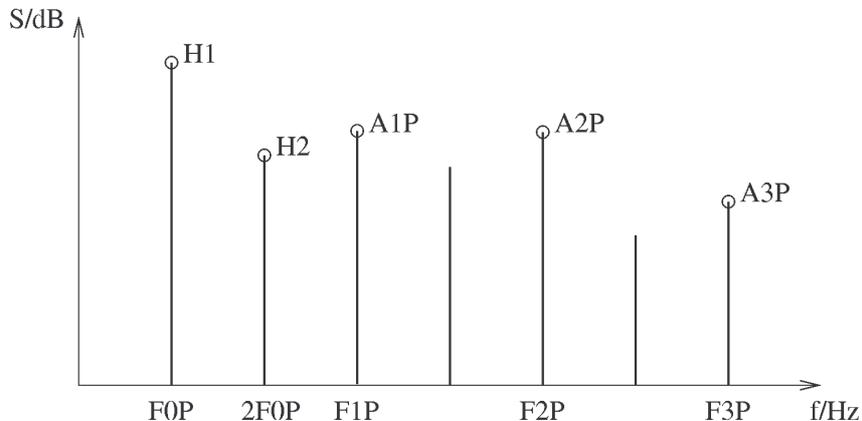


Abbildung I.1: Linienspektrum mit den Werten des Messprotokolls.

Die Sprachgrundfrequenz wird mit einem Algorithmus Secrest83 (Secrest & Doddington, 1983) geschätzt, der auf der Autokorrelationsfunktion beruht. Die Schätzung der ersten vier Formanten erfolgt mit einer linearen Prädiktion zwölfter Ordnung mit einem Präemphasekoeffizienten von 0,7. Das Schmalbandspektrum wird mit einer Fensterdauer von 25,6ms, d. h. einer Bandbreite von etwa 50Hz berechnet. Dadurch werden die Spektrallinien der harmonischen Struktur der stimmhaften Signale sichtbar.

(b) Formantkorrektur

Im nächsten Schritt der Auswertung werden die Formanteinflüsse auf die Spektrallinien berechnet und subtrahiert. Dabei wird die Gleichung 1.3-5b aus Fant (1970)

$$V(f; F, B) = \frac{F^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}{\sqrt{\left((f-F)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2\right)\left((f+F)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2\right)}}, \quad V_{dB} = 20 \log_{10} V$$

verwendet, wobei F und B die Parameter des Formanten sind. Die Resonanzüberhöhung dieses Formanten hat bei der Frequenz f den Verstärkungsfaktor V . Die spektralen Amplituden werden in Dezibel protokolliert, weshalb auch V nach V_{dB} umgerechnet wird.

Abbildung I.2 zeigt sowohl das spektrale Amplitudenmodell des ersten Formanten als auch das kombinierte Modell aller vier Formanten eines /a/-Vokals.

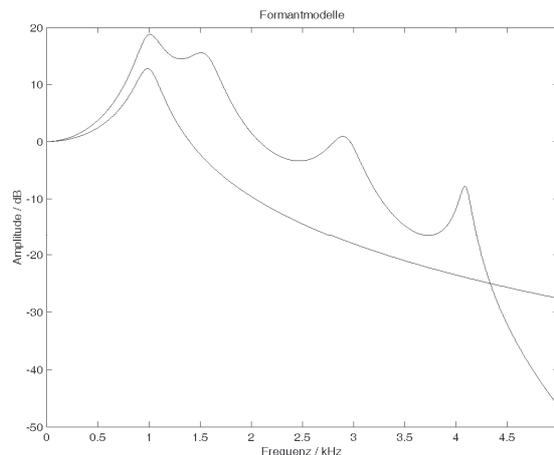


Abbildung I.2: Modell für den Amplitudeneinfluss von Formanten sowie das Spektrum abzüglich des modellierten Formanteinflusses.

Grundsätzlich werden die Einflüsse aller 4 Formanten korrigiert. Das geschieht z. B. bei der Grundschwingung H1 durch Subtraktion von V_{dB} jedes Formanten. Das Resultat wird mit H1~ bezeichnet. Dasselbe Schema führt von H2 zu H2~. Nach Stevens und Hanson (1994), Sluijter (1995) und Claßen et al. (1998) wird bei den Spektrallinien bei den Formanten der jeweils nächstliegende Formant nicht korrigiert. Von A1 aus dem Messprotokoll werden also nur die Einflüsse des 2., 3. und 4. Formanten

subtrahiert und ergeben $A1\sim$. Entsprechend wird von $A2$ nach $A2\sim$ nur der 1., 3. und 4. Formant korrigiert und von $A3$ nach $A3\sim$ nur der 1., 2. und 4.

Das Resultat der Formantkorrektur sind die korrigierten spektralen Amplituden der ersten und der zweiten Harmonischen $H1\sim$, $H2\sim$ sowie der Harmonischen bei den 3 Formanten $A1\sim$, $A2\sim$ und $A3\sim$.

(c) Stimmqualitätsparameter

Ursprünglich wurden die Stimmqualitätsparameter durch die Dezibel-Abstände zwischen der korrigierten Grundwelle $H1\sim$ und den korrigierten spektralen Amplituden der zweiten Harmonischen $H2\sim$ und der Harmonischen bei den 3 Formanten $A1\sim$, $A2\sim$ und $A3\sim$ definiert und berechnet. Diese Vorgehensweise ist angemessen, wenn immer derselbe Vokal /a:/ untersucht wird. Jede abweichende Artikulation verschiebt aber die Formanten und führt selbst bei unveränderter Stimme zu veränderten Stimmqualitätsparametern. Eine Vergrößerung der Formantfrequenz bringt höherfrequente, also tendenziell schwächere Teile des Anregungsspektrums zur Äußerung und vergrößert so den entsprechenden "Stimmqualitätsparameter". Um diese Form der Vokalabhängigkeit aus den Stimmqualitätsparametern zu eliminieren, werden in dieser Arbeit spektrale Abstiegsgradienten anstelle der Amplitudendifferenzen verwendet. Dazu wird der Amplitudenabstieg durch den Frequenzabstand geteilt. Beim Vergleich von linearem-, logarithmischem- und Bark-Frequenzabstand zeigte der in Bark gemessene Frequenzabstand die besten statistischen Resultate.

Die spektralen Gradienten entsprechen der abfallenden Steigung der in Abbildung I.3 gezeigten Dreiecke und haben die Einheit Dezibel/Bark.

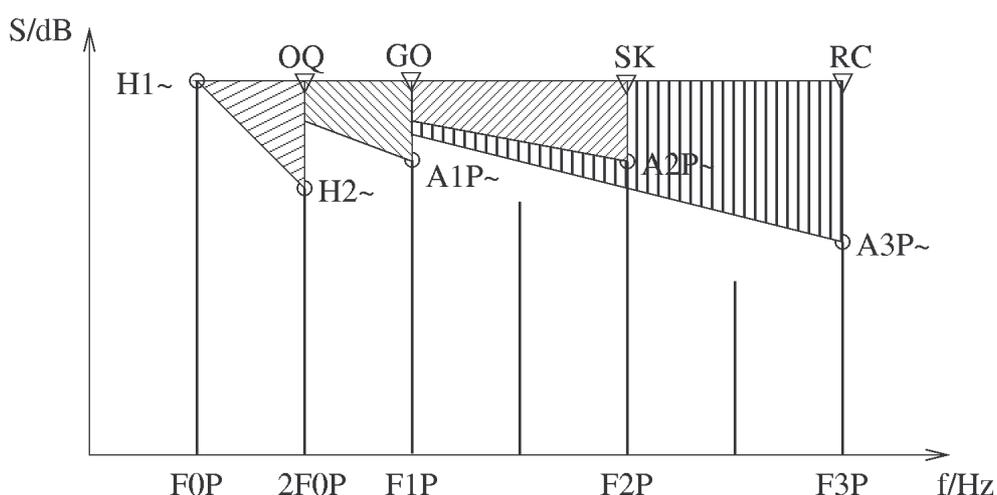


Abbildung I.3: Definition der Stimmqualitätsparameter als spektrale Abstiegsgradienten (Hypotenuse der Dreiecke zum Teil verdeckt: $H1\sim$ = Bezugspunkt für verdeckten Teil der Hypotenuse).

Das erste Dreieck wird über dem Frequenzintervall zwischen der Sprachgrundfrequenz (erste Harmonische) und der doppelten Sprachgrundfrequenz (zweite Harmonische) errichtet. Sein Abstiegsgradient wird nach Stevens und Hanson (1994), Sluijter (1995) und Claßen et al. (1998) mit dem Öffnungsquotienten in Verbindung gebracht und als Parameter OQG (open quotient gradient) bezeichnet. Das zweite Dreieck wird über dem Frequenzintervall zwischen der Sprachgrundfrequenz und der Harmonischen mit der höchsten Amplitude nächst dem ersten Formanten errichtet. Sein Abstiegsgradient wird nach Stevens und Hanson (1994), Sluijter (1995) und Claßen et al. (1998) mit der glottalen Öffnung in Verbindung gebracht und als Parameter GOG (glottal opening gradient) bezeichnet. Das dritte Dreieck wird über dem Frequenzintervall zwischen der Sprachgrundfrequenz und der Harmonischen mit der höchsten Amplitude nächst dem zweiten Formanten errichtet. Sein Abstiegsgradient wird nach Claßen et al. (1998) als Parameter der Schiefe des glottalen Anregungsimpulses SKG (skewness gradient) bezeichnet. Das vierte Dreieck wird schließlich über dem Frequenzintervall zwischen der Sprachgrundfrequenz und der Harmonischen mit der höchsten Amplitude nächst dem dritten Formanten errichtet. Sein Abstiegsgradient wird nach Claßen et al. (1998) als Parameter der Verschlussrate RCG (rate of closure gradient) bezeichnet. Bei diesen Parameternamen deutet die Endung G (gradient) immer nur auf die Art der Definition des Parameters im Spektrum hin und darf nicht fälschlich als Gradient des Parameters selbst gelesen werden.

Je unvollständiger der Glottalverschluss stattfindet, umso größer ist der Energieverlust der Schwingung des ersten Formanten und umso größer ist daher auch dessen Bandbreite. Um den Einfluss der Vokalqualität zu verkleinern, wird hier die auf die Frequenz des ersten Formanten bezogene Bandbreite als Maß für die Unvollständigkeit des Glottalverschlusses $IC=B1/F1$ verwendet.

1.6.2. Akustischer Parametersatz

Die fünf in der Sektion 1.6.1. oben angeführten Analyseparameter OQG (Öffnungquotient), GOG (Grad der Glottisöffnung), SKG (Steilheit der Glottiswelle), RCG (Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses) und IC (Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses) bilden den akustischen Teil des geschlechtsübergreifenden Gesamtparametersatzes (vgl. Kap. II, Sektion 2.2.2. & Sektion 2.7. unten). Auf ihn wird bei der instrumentellen Bearbeitung der akustischen Signale in dieser Arbeit zurückgegriffen.

2. Elektrolottographische Analyse des Glottissignals

2.1. Die klinische Anwendung der Elektrolottographie

Die grundlegende Zielrichtung dieser nichtinvasiven Methode ist es, den Zeitablauf der glottalen Öffnungs- und Schließungsfunktionen unmittelbar zu registrieren. Er ist sonst nur mühsam aus stroboskopischen oder hochgeschwindigkeitskinematographischen Aufnahmen zu extrahieren. Die Elektrolottographie (EGG) stellt neben der Photoelektrolottographie oder Photolottographie (PEGG oder PGG), der Ultraschalllottographie (UGG) und der inversen Filterung (auch akustische Glottographie genannt) eine der für die Erfassung einzelperiodischer Gegebenheiten entwickelten vier technischen Möglichkeiten dar (Schultz-Coulon & Klingholz, 1988).

Auf die EGG wird bei der Suche nach instrumentellen Charakteristika zur gesunden und gestörten Phonation in den letzten 30 bis 35 Jahren in zahlreichen Studien zurückgegriffen. Dabei ist im Vergleich der nationalen mit der internationalen Berücksichtigung dieses Verfahrens in Deutschland die Entwicklung zu erkennen, dass allgemein der Beitrag der EGG zu Fragen der Stimmfunktionsdiagnostik und zur Evaluation der Therapie bei Stimmstörungen nicht allzu groß bewertet wird (z. B. Wendler et al., 1996). Die Interpretationsproblematik bei dieser Methode mag dafür verantwortlich sein. Gegensätzlich dazu weisen jedoch klinische Forscher bzw. Forschergruppen in den Niederlanden, in Frankreich, in Italien und in den USA auf das Potential von EGG-Analysen für den klinischen Einsatz hin (z. B. Sataloff, 1997). Des Weiteren geht die Tendenz im Umgang mit dieser Methode dahin, dass bei den Pathologien v. a. Krankheitsbilder berücksichtigt werden, die durch eine Schädigung des peripheren Nervensystems (z. B. Rekurrensparese), durch psychogene Faktoren (z. B. psychogene Dysphonie) bzw. durch lokal laryngale Prozesse (z. B. Stimmlippenknötchen) bedingt sind (z. B. Childers et al., 1986; Childers et al., 1987; Motta et al., 1990; Orlikoff, 1991; Ptok et al., 1993; Chernobelsky, 1995; Koreman & Pützer, 1997; Marasek, 1997; Pützer & Just, 1999; Pützer & Marasek, 2000). Die Berücksichtigung der Methode bei zentral bedingten Stimm- und Sprechstörungen ist hingegen relativ gering (Ziegler & Hoole, 2000).

Das nichtinvasive Verfahren der EGG wurde von Fabre 1957 entwickelt. Es misst die Impedanzveränderung des Kehlkopfes während der Phonation. Dazu werden zwei Elektroden auf die Haut über den Schildknorpelplatten angebracht, zwischen denen ein hochfrequenter Wechselstrom geleitet wird. Die durch Respiration oder Phonation hervorgerufenen Impedanzveränderungen werden amplitudenmoduliert, wobei die Amplitude des Signals etwa linear abhängig ist von der Kontaktfläche der Stimmlip-

pen. Die EGG trennt also die Anregungscharakteristik von den Resonanzeigenschaften, die zusammen die perzipierte "Stimmqualität" ausmachen. Bezüglich der Frage nach der klinischen Relevanz dieser Untersuchungsmethode lassen sich grundsätzlich zwei Gesichtspunkte erwähnen, unter denen sich die EGG verwenden lässt (Schultz-Coulon & Klingholz, 1988):

Zum einen ist die Analyse der Form und Zeitverhältnisse des elektroglossographischen Einzelsegments von Interesse. Dieser Schwerpunkt korreliert mit der Vorstellung, dass ein pathologischer Schwingungsmechanismus auch ein pathologisches Elektroglossogramm hervorbringen müsse. Bereits in den 70er Jahren haben z. B. Neil et al. (1977) und Wechsler (1977) anhand postoperativer EGG-Kontrollen zeigen können, dass sich eine Änderung der sog. "Lx-Form" (Lx = elektroglossographisches Einzelsegment) im Sinne einer Funktionsverbesserung nachweisen lässt. Dies gelang trotz der großen intra- und interindividuellen Variabilität der EGG-Form und ihrer Abhängigkeit vom artikulierten Vokal, der Lautstärke und dem Stimmgebungsmodus. Aus diesen Ergebnissen ziehen die Autoren den Schluss, dass das Ausbleiben einer Lx-Verbesserung als Indikation für eine Fortsetzung der logopädischen Therapie betrachtet werden muss.

Zum andern interessiert die Grundtonanalyse bzw. die Analyse der Periodizität, die ebenfalls bereits in den 70er Jahren vor allem im sprachtherapeutischen Bereich als wichtige Anwendungsformen der EGG propagiert wird (Fourcin & Abberton; 1971, 1974 & 1977). Die Elektroglossographie stellt also neben den rechnergestützten Algorithmen zur Grundtonanalyse eine geeignete Grundlage für die Grundfrequenzextraktion dar. Sie gestattet infolge des abrupten Spannungsabfalls bei Stimmlippenverschluss eine sehr genaue Messung der Periodendauer.

In der Literatur betont Froekjaer-Jensen (1969) schon Ende der 60er Jahre, dass die Elektroglossographie im Vergleich zu anderen glossographischen Verfahren eine bessere Darstellung der relativen Kontaktfläche der Stimmlippen und der Schließungsphase der Stimmlippenbewegungen liefere. Die Relevanz der Methode für den klinischen Einsatz unterstreicht Schultz-Coulon 1980, wenn er betont, dass die EGG dem ausreichend Erfahrenen wertvolle Hilfe bei der Diagnostik von funktionellen Stimmstörungen leisten könne. Dieser Gedanke wird auch von Unger et al. (1981) aus Erfurt aufgegriffen. Sie haben in ihrer Untersuchung EGG-Signale von stimmgesunden Personen mit denjenigen von Personen mit hyper- und hypofunktionellen Dysphonien bzw. mit denjenigen von Personen mit einseitigen Stimmlippenlähmungen nach Strumektomie rechnergestützt ausgewertet. Ziel dieser Auswertung war, quantitative Parameter zu finden. Sie kommen zunächst zu dem Ergebnis, dass es keine krankheitsspezifische elektroglossographische Einzelkurve gebe. Man könne aber von gewissen

qualitativen Unterscheidungsmerkmalen zwischen Kurven von Stimmgesunden und Stimmgestörten Personen ausgehen. Somit sei die Berechtigung zur weiteren Beschäftigung mit dem Untersuchungsverfahren gegeben.

Bis in der ersten Hälfte der 80er Jahre ein allgemein akzeptiertes Interpretationskonzept für die EGG vorgelegt werden konnte, waren zahlreiche Synchronstudien nötig. Sie hatten die Registrierung der EGG während der Hochgeschwindigkeitskinematographie der Glottisbewegung zum Gegenstand (Childers et al., 1882 & 1983). Mitte der 80er Jahre verbreiten Childers und Krishnamurthy (1985) durch ihre kritische Studie zur EGG Optimismus im Umgang mit diesem Verfahren. Darin prophezeien sie, dass in etwa 5 bis 10 Jahren ein EGG-Atlas vorliege. Dieser Atlas sei vergleichbar mit demjenigen für das EKG und könne zur Diagnose von Kehlkopfkrankheiten beitragen. Diese Prophezeiung wurde bisher noch nicht in die Realität umgesetzt. Grund dafür ist aber mit Sicherheit nicht, dass man sich in den letzten 30 Jahren in der Speech-Science-Forschung weniger um die Elektrolottographie und ihre diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten bei Stimmstörungen gekümmert hat. Vielmehr zeigen Publikationen ab dieser Zeit, dass dieses Verfahren nach wie vor aktuell ist: Einerseits werden nämlich national und international mit Hilfe neuer Softwareentwicklungen an weiteren Parameterextraktionen gearbeitet. Zum andern kann diese Methode im Zuge einer multidimensionalen Betrachtung stimmlicher Erscheinungen einen festen Platz innerhalb der Verfahrensvariationen für sich beanspruchen. Trotzdem bleiben noch einige Fragen offen. Sie geben wie auch in mancher Studie der letzten 20 Jahre zum Ausdruck gebracht prinzipiell zu einer kritischen Behandlung und Interpretation der EGG Anlass.

Die Nützlichkeit von abgeleiteten EGG-Parametern zur Quantifizierung von Stimmeigenschaften wird 1985 von Dejonckere und Lebracq gezeigt. Sie greifen auf den sog. S-Quotienten beim Vergleich von Normalstimmen gegenüber Stimmen mit Stimmlippenknötchen zurück. Er stellt ein Maß für die relative Dauer des Stimmlippenkontaktes in der Stimmperiode dar.

Im Zusammenhang mit pathologischen Phonationsbedingungen stellen Childers et al. (1986 & 1987) ein EGG-Modell vor, mit Hilfe dessen sie versuchen, typische Kurvenverläufe bei Stimmlippenknötchen oder -polypen vorherzusagen.

Painter (1988) zeigt in seiner Studie drei verschiedene Stimmqualitäten (normal voice, breathy voice, tense voice) anhand ihrer EGG-Kurvenverläufe auf. Sie wurden von einem professionellen Sprecher mit unterschiedlicher F₀ und unterschiedlicher Intensität produziert. Dadurch hat er für den klinischen Einsatz der EGG einen normativen Bezugspunkt bezüglich dieser Stimmqualitäten zur Verfügung. Es gelingt ihm,

unterschiedliche Tendenzen in der Ausprägung der EGG-Kurvenverläufe nachzuweisen.

In seinem Aufsatz zur Interpretation des elektroglottographischen Signals geht Titze (1990) zunächst auf technische Fragestellungen bei der Gewinnung des EGG-Signals ein. Er betont, dass die Signalgewinnung noch einige ungelöste Probleme in sich birgt. In diesem Zusammenhang fordert er eine Anpassung der Elektroden an die anatomischen Verhältnisse von Hals und Glottis. Zudem spricht er die Notwendigkeit der weiteren Parametrisierung abnormaler Kurvenbewegungen an.

Ebenfalls auf die Problematik bei der Registratur von EGG-Kurven kommen Colton und Conture (1990) in ihrem Aufsatz zu sprechen. So könnten z. B. individuell anatomisch bedingte Strukturen oder eine unterschiedliche Platzierung der Elektroden die Messergebnisse beeinflussen. Die Autoren kommen jedoch trotz der erwähnten Problematik bei der Registratur und Interpretation von EGG-Signalen zu dem Schluss, dass ihre Anwendung in der Kombination mit anderen Analyseverfahren (PEEG; Inverse filtering etc.) nutzbringend für klinische Belange sei.

Motta et al. (1990) verwenden im gleichen Jahr eine Anzahl von abgeleiteten EGG-Parametern, um prä- vs. postoperative Vergleiche bzw. Vergleiche nach logopädischer Therapie bei gutartigen Neubildungen (z. B. Knötchen, Polypen, Reinke Ödem) zu ziehen. Zudem wollen sie dadurch funktionelle Stimmstörungen (hypo- bzw. hyperfunktionell) charakterisieren. Sie fassen zusammen:

"Electroglottography is not only important in the scientific field, but also in the clinical application, contributing objective data to elucidate the pathogenesis of dysphonias, to reach a correct diagnosis in complicated cases, and to plan the most adequate logopedic treatment" (Motta et al.: 116).

Ebenfalls aus Italien kommt eine Studie von Scaramellini et al. (1991). Sie setzen die EGG neben der Sonographie prä- und postoperativ bei Patienten mit Stimmlippenkarzinomen ein. Dabei berichten sie von erkennbaren Veränderungen in der Glottiswelle.

Für den Einsatz der EGG bei physiologischen Fragestellungen und bei der Detektion und Charakterisierung pathologischer Prozesse spricht sich auch Orlikoff (1991) in seinem Artikel aus, wenn er bezüglich seiner Ergebnisse zusammenfassend betont:

"These results suggest that quantitative electroglottographie may provide powerful insights into the control and regulation of normal phonation and into the detection and characterization of pathology" (Orlikoff, 1991: 1066).

In dieser Studie legt er die Ergebnisse der EGG-Untersuchung dar, in der 10 männliche stimmgesunde Personen den Vokal /a/ mit unterschiedlicher Intensität (60-68, 70-78, 80-88 dB) produzierten. Anhand der EGG-Daten kann er eine unmittelbare Korrelation zwischen Intensität und dem "Contact quotient" feststellen.

Ebenfalls Anfang der 90er Jahre legt Klingholz (1991) seinen Aufsatz über Jitter vor. In ihm geht er auf die Relevanz dieser auch mit der EGG zu bestimmenden Komponente in multiparametrischen Diagnosesystemen ein. Zudem diskutiert er darin den Jitter auch bei pathologischen Stimmen. Alle organischen Dysphonien seien mit einer Erhöhung des Jitters verbunden, während bei hyperfunktioneller Dysphonie deutlich erniedrigte Jitterwerte auftreten würden.

Um Parameter des EGG-Signals zu bestimmen, führen Houbon et al. (1992) Messungen im Brustbereich als Funktion von Stimmintensität und Frequenz bei nicht-pathologischen und pathologischen Stimmen durch. Sie bekennen sich dabei zu Parameterklassifikationen, die auf den Glottiswellen von Motta et al. (1990) basieren. Gleichzeitig weisen sie aber auch auf das Problem fehlender Standardwerte bei EGG-Parametern hin.

R. J. Baken hat 1992 einen Aufsatz veröffentlicht, in dem er einen zusammenfassenden Überblick über die Methodik des EGG-Verfahrens und die daraus zu extrahierenden und für die Beurteilung des Phonationsvorgangs relevanten Messgrößen gibt. Er führt aus, dass die EGG zwar ein valides Mittel sei, um die relative Kontaktfläche der Stimmlippen während des Zyklus zu zeigen. Mit ihr könnten jedoch keine präzisen Aussagen zur Öffnungs- und Verschlussphase gemacht werden. Dennoch sei es mit keinem anderen Verfahren bisher besser möglich, das Stimmlippenverhalten während eines Phonationszyklus zu demonstrieren. Schließlich weist er auf die Bedeutung der EGG in der Kombination mit anderen Verfahren im klinischen Bereich hin.

Eine kritische Studie zum Einsatz der EGG in der Laryngologie legen Ormezzano und Frachet (1992) vor. Sie weisen zunächst auf die Problemstellungen im Zusammenhang mit ihrer klinischen Relevanz hin. Dann betonen sie aber auch ihre Nützlichkeit bei Verständnisfragen zur physiologischen Glottisfunktion bzw. bei der Bestimmung der Grundfrequenz und ihrer Perturbation.

In seiner Studie zur Fast-Fourier-Transformation des Elektroglottogramms betont Ptok (1992), dass die Analyse der glottischen Impedanz neue Möglichkeiten eröffne, die Schwingungseigenschaften der glottischen Ebene als Modell für den primären Kehlkopfklang nichtinvasiv zu untersuchen. Zudem könne dieser bei gleichzeitiger Registrierung mit dem Stimmschall verglichen werden. Hierdurch seien auch nichtinvasive Untersuchungen zur Filterfunktion des Vokaltraktes möglich. Dies könne auch bei Stimmstörungen von Nutzen sein.

LeBlance et al. (1992) haben 80 dysphonische Stimmen akustisch und elektroglottographisch auf Perturbationen untersucht, um die Äquivalenz der beiden Verfahren zu überprüfen. Während für sie die intrasubjektive Variabilität nicht berechenbar ist, bringen hingegen intersubjektiv statistisch ausgerichtete Analysen das Ergebnis, dass beide Verfahren eine relative Perturbationskalkulation erlaubten und in ihren Resultaten gleichwertige Messungen lieferten.

Ptok legt 1993 mit Sesterhenn und Arold eine Studie zur Bewertung der laryngealen Klanggeneration mit der FFT-Analyse der glottischen Impedanz bei Patienten mit Rekurrensparese vor (Ptok et al., 1993). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die EGG eher Hinweise auf Schwingungsvorgänge im Larynxbereich allgemein liefere als die Größe der Kontaktfläche zwischen den Stimmlippen selbst widerzuspiegeln. Obwohl bei einer Patientin mit beidseitiger Recurrensparese nach stroboskopischem Befund kein Stimmlippenkontakt nachweisbar war, konnte trotzdem mit der FFT-Analyse noch Information über laryngale Grundsicherungen mit Obertönen gegeben werden. Es seien, so vermuten die Autoren, möglicherweise auch bei Taschenfaltenphonation harmonische laryngale Impedanzveränderungen zu produzieren.

Crevier-Buchman et al. (1993) heben zunächst den Nutzen computerorientierter Evaluierungen von Stimmpathologien in der Diagnose und vor allem in der Therapie im Hinblick auf deren Effizienzüberprüfung als komplementäres Element zu klinischen Methoden hervor. Durch sie werde die Möglichkeit einer statistisch quantitativen Bewertung der Patienten sowohl intra- als auch intersubjektiv ermöglicht. Bei der EGG wird vor allem der physiopathologische Aspekt unterstrichen, ohne die aktuelle Problematik bezüglich der Interpretation der einzelnen Wellenformen zu verniedlichen.

Schließlich versuchen Peterson et al. (1994) durch EGG-Messungen und Anwendung der inversen Filterung bei trainierten Personen mit normaler Stimmqualität Parameter herauszustellen, mit Hilfe derer etwas über die Pathogenese von Stimmlippenknötchen und deren Rückbildung gesagt werden kann. Die Personen produzierten die angehaltenen Vokale normal, gepresst und behaucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Geschlossenquotient für die Vokale /a/ und /i/ (nicht für /u/) bei der EGG ein relevanter Parameter zur Unterscheidung der Stimmqualitäten darstellt.

Zorowka und Gall (1995), die in ihrer Studie den zeitlichen Zusammenhang von Stimmschallsignal und Stimmlippenschwingung innerhalb einer Schwingungsperiode bei gesunden Sprechern nachzuweisen versuchen, greifen bei dieser Fragestellung auch auf die Methode der Elektroglottographie zurück. Prinzipiell plädieren sie für die klinische Anwendung des Verfahrens und fordern für die Zukunft weitere Untersu-

chungen an größeren Probanden- und Patientengruppen. So seien für die klinische Praxis verwertbare Ansätze zur Diagnostik von Stimmstörungen zu finden.

Auch Roch et al. (1995) betonen den Stellenwert der EGG als nützliche Zusatzmethode bei der Evaluierung therapeutischer Maßnahmen bei funktionellen Dysphonien. Sie unterstreichen dabei unter anderem ihre Vorteile gegenüber der etablierten Stroboskopie. Einige Jahre früher haben Roch et al. (1990) auf die Möglichkeit der Synchronisation der EGG mit der Stroboskopie aufmerksam gemacht. Dabei haben sie herausgestellt, dass diese Methodenkombination auf dem Gebiet der Physiopathologie von großem Interesse sei. In diesem Zusammenhang verweisen sie auch auf mögliche Fortschritte in der Beschreibung des funktionellen Ablaufs pathologischer Läsionen.

Chernobelsky (1995) berichtet von der nutzbringenden Berücksichtigung der EGG als nichtinvasive Maßnahme bei der Diagnose von organischen Stimmstörungen wie z. B. einseitiger Stimmlippenlähmung. Der Autor hebt hervor, dass bei der Verwendung zweier EGG-Parameter (Quasi-Open-Quotient, Speed Quotient) bezüglich ihrer Ausprägung beachtliche Unterschiede zwischen normalen Sprechern und Patienten zutage treten.

In dem deutschsprachigen Lehrbuch für Phoniatrie (Band 1, hrsg. von Biesalski & Frank 1994) beurteilt Arndt im sechsten Kapitel die Relevanz dieser Untersuchungsmethode als problematisch. Die Interpretation der Kurvenform sei bisher nicht standardisiert. Dem sogenannten Quasi-Offen-Quotienten erkennt er jedoch eine gewisse Wahrscheinlichkeit bezüglich diagnostischer Rückschlüsse zu. Die genaue Offenzeit selbst sei elektrolottographisch nicht zu bestimmen.

Im Lehrbuch von Wirth (1995) wird zwar eingeräumt, dass mit Hilfe der EGG Irregularitäten der Stimmlippenschwingungen besser zur Darstellung kämen als bei der Stroboskopie. Eine Zuordnung bestimmter Glottogrammkurven zu bestimmten Stimmstörungen sei jedoch nicht möglich.

Diese eher negative Haltung gegenüber der klinischen Bedeutung des Verfahrens findet man auch im Lehrbuch für Phoniatrie und Pädaudiologie von Wendler et al. (1996). Die Autoren erkennen der EGG gegenwärtig keinen diagnostischen Wert zu.

Dass diese eher skeptische Haltung gegenüber der Untersuchungsmethode in diesen drei deutschsprachigen Lehrbüchern nicht der gesamtationalen Einschätzung und vor allem nicht der internationalen Einschätzung entspricht, wird z. B. in dem wichtigen englischsprachigen Handbuch von Sataloff (1997) verdeutlicht. Er kommt zu einer positiveren Einschätzung der EGG. Dabei verweist er bei ihrer Verwendung auf die Möglichkeit quantitativer Interpretationen bezüglich der glottalen Vorgänge und unterstreicht den Wert ihres routinemäßigen klinischen Einsatzes.

Eine umfassende Darstellung zur elektroglottographischen Beschreibung von Stimmqualität legt Marasek (1997) in seiner Habilitationsschrift vor. In ihr findet eine neue Methode zur Quantifizierung des EGG-Signals (Marasek, 1995) unter unterschiedlichen Aspekten Berücksichtigung. Zunächst wird die entwickelte Methode an sog. Normalstimmen getestet. Dadurch wird der Einfluss linguistischer Phänomene (Wortbetonung, Intonation) auf den Modus der glottalen Schwingungen untersucht. Hier zeigt sich, dass der Anstieg und der Abfall der EGG-Flanken vom subglottalen Druck und der Öffnungsquotient von der höheren Anspannung der Stimmlippen abhängig sind. Marasek schließt daraus, dass der Wortbetonung und der Satzintonation zwei getrennte physiologische Mechanismen zugrunde liegen. Neben der Anwendung bei Normalstimmen wird die Methode in der Arbeit auch auf pathologische Stimmen angewandt. Es zeigt sich, dass die Flankensteilheit des EGG-Impulses, der Öffnungsquotient sowie die relative Dauer des Öffnens und Schließens der Stimmlippen wichtige Parameter zur Klassifikation von Stimmen sind.

Als Herausgeber widmen Kent und Ball (2000) in ihrem Buch über aktuelle Messverfahren zur Stimmqualität der EGG ein eigenes Kapitel. In ihm skizziert Fourcin (2000) in einem Kapitel kurz Wichtiges zum Gebrauch des Laryngographen. Zudem werden wichtige Stimmqualitätsmerkmale beschrieben, die mit Hilfe der EGG quantifizierbar sind. Es gelingt ihm, die Vorteile dieser Methode und neuere Erkenntnisse ihrer Anwendung im Zusammenhang mit pathologischen Stimmgebungen und auditiven Einschätzungen des Stimmklangs darzulegen.

In der Studie von Clemens et al. (2002) finden elektroglottographische Perturbationsparameter Berücksichtigung. Die Autoren können mit ihnen stimmkranke Patientinnen von stimmgesunden Probandinnen unterscheiden. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Verwendung der Elektroglottographie in der Stimmpathologie auch aktuell noch Relevanz hat.

Schließlich beschäftigen sich Henrich et al. (2004) in einer neueren Studie mit Derivaten des elektroglottographischen Signals. Auf der Basis der Analyse von Signalen, die von 18 trainierten Sängern stammen, werden der Moment der glottalen Öffnung und derjenige des Verschlusses mit den Signalspitzen in Verbindung gebracht. Dadurch können die Grundfrequenz und der Öffnungsquotient bestimmt werden. Die automatische Berechnung dieser Derivate wird von den Autoren vorgestellt und mit drei anderen elektroglottographischen Berechnungsmethoden verglichen. Zudem werden die Messergebnisse zum Öffnungsquotienten mit den Ergebnissen zu diesem Quotienten unter Verwendung inverser Filterung verglichen. Die Autoren berichten von guten Übereinstimmungen bei den Berechnungen.

2.2. Die Verwendung elektroglottographischer Analysemethoden in Saarbrücken

Seit Mitte der 90er Jahre wird auf die Elektroglottographie als fest etablierte Methode im Zuge einer multidimensionalen Betrachtung stimmlicher Erscheinungen bei der interdisziplinären Saarbrücker Arbeitsgruppe zurückgegriffen. Die Arbeitsgruppe hat sich die Entwicklung eines multiparametrischen Analyseverfahrens auf der Grundlage akustischer und elektrophysiologischer Daten zur Erstellung gesunder und pathologischer Stimmprofile zum Ziel gesetzt. Zurzeit kann dabei auf eine Stimmdatenbank zurückgegriffen werden, die etwa 1200 Signale zu normalstimmlichen Produktionen und etwa 1400 Signale zu Produktionen unterschiedlicher Stimmpathologien enthält (Pützer & Koreman, 1997). Im Zusammenhang mit dieser Zielsetzung konnte bereits in einigen Arbeiten gezeigt werden, dass die elektroglottographische Methode zur Differenzierung männlicher und weiblicher pathologischer Stimmen und zur Differenzierung von sog. Normalstimmen neben akustisch orientierten Verfahren valide ist (Koreman & Pützer, 1997; Pützer & Marasek, 2000; Pützer, 2001; Pützer et al., 2001; Pützer et al., 2003a; Moringlane et al., 2004a & 2004b). Zudem konnte nachgewiesen werden, dass die Methode sich zur longitudinalen Betrachtung therapeutischer Maßnahmen im Sinne des instrumentellen Nachweises stimmlicher Rehabilitation eignet (Pützer & Just, 1999).

Neben der Berücksichtigung eines kommerziell erhältlichen EGG-Analysesystem von Kay Elemetrics (Instruction Manual, 1995) greift die Arbeitsgruppe seit einigen Jahren auf eine neue, am Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung der Universität Stuttgart von Marasek (1995 & 1997) entwickelte Methode zur Quantifizierung des EGG-Signals zurück. Dies liegt darin begründet, dass sich die Lx-Parameter von Marasek besser für Analysen zur gesunden und pathologischen Stimme eignen als die EGG-Parameter von Kay (Pützer & Marasek, 2000; Pützer, 2001; Pützer et al., 2001; Pützer et al. 2003a; Moringlane et al., 2004a & 2004b). Diese neue Methode zur Quantifizierung des EGG Signals findet auch in der vorliegenden Arbeit Berücksichtigung. Sie wird in der folgenden Sektion vorgestellt.

2.2.1. Elektroglottographische Quantifizierung

Bei der angewandten Methode zur Quantifizierung des EGG-Signals geht man davon aus, dass wichtige Informationen über den Phonationsprozess nicht nur in der relativen Dauer der verschiedenen Phasen der glottalen Periode enthalten sind, sondern auch in der Gestalt der gesamten EGG-Schwingung. Als Hauptmerkmal für den Beginn der EGG-Periode (siehe Punkt t_0 in Abbildung I.4) gilt das Maximum der ersten Signalab-

leitung. Das gewonnene Signal erreicht seinen höchsten Wert beim maximalen Kontakt der Stimmlippen. Die Beschreibung der einzelnen Schwingungsperioden, die die Vorschläge von Rothenberg (1981), Childers und Krishnamurthy (1985) und Baken (1992) aufgreift, ist am Zweiphasenmodell der Stimmlippenschwingungen und an dem von Rothenberg 1981 entwickelten Modell des Flächenkontaktes der Stimmlippen orientiert. Dieses Modell beinhaltet eine Aufteilung der Einzelperiode des EGG-Signals in sechs Phasen vom Zeitpunkt des Schließens bis zum Ende der offenen Phase. In der Abbildung I.4 werden diese Phasen durch die Segmente a bis f verdeutlicht.

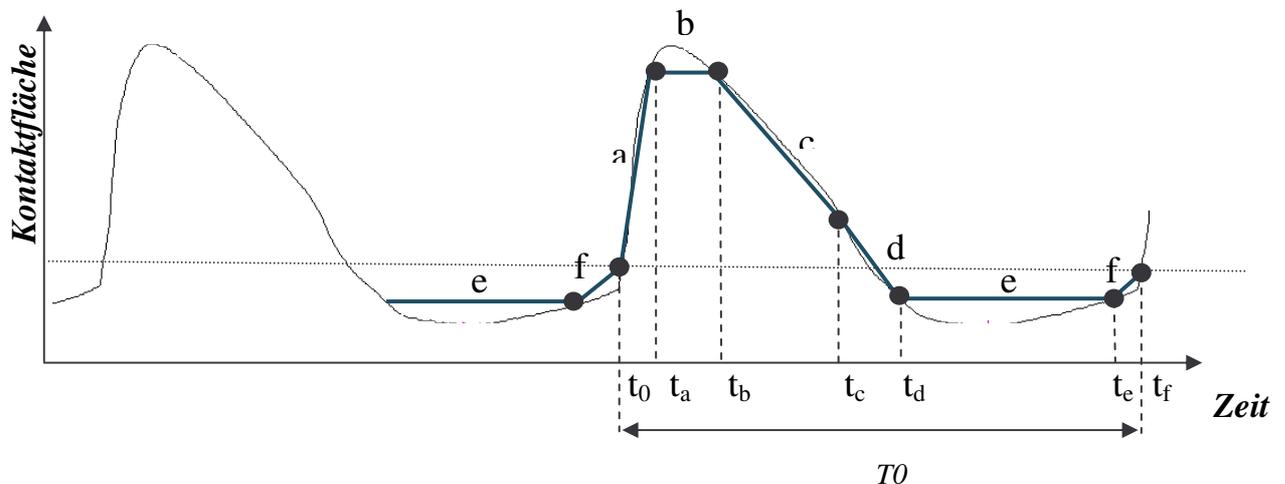


Abbildung I.4: Phasen und Signalabschnitte der EGG-Einzelkurve.

Zudem gibt die Abbildung Auskunft über die zur Parametrisierung wichtigen Signalabschnitte:

1. Segment a: Verlauf der Schließungsphase (t_0 bis t_a): Die untere Kante der Stimmlippen ist bereits geschlossen, und die obere Kante schließt rasch.
2. Segment b: Kontaktphase (t_a bis t_b): Das Ende der Schließung ist erreicht. Die relative Kontaktfläche der Stimmlippen ist am größten. Wenn das Signal über 90% der Peak-to-Peak Amplitude steigt, wird dies als Vollkontakt bezeichnet.
3. Segment c: Beginn der Öffnungsphase (t_b bis t_c): Die Stimmlippen öffnen sich entlang ihrer unteren Kanten.
4. Segment d: Ende der Öffnungsphase (t_c bis t_d): Die Öffnung entsteht auch entlang der oberen Kanten der Stimmlippen; der Luftdurchfluss beginnt.
5. Segment e: Offenphase (t_d bis t_e): Die Glottis bleibt geöffnet. Ein Wert unterhalb 10% des Peak-to-Peak-Wertes wird als volle Öffnung bezeichnet.
6. Segment f: Beginn der Schließungsphase (t_e bis t_f ; t_f entspricht t_0 der vorhergehenden Periode): Dieses Segment verbindet die Öffnungsphase mit der

Schließungsphase, die durch einen steilen Anstieg der Amplitude gekennzeichnet ist. Der Verschluss beginnt an der unteren Kante der Stimmlippen, wobei die obere Kante noch voll geöffnet ist.

Für die oben genannten Segmente werden pro Periode 22 Parameterwerte gespeichert.

Die aus der EGG-Schwingung abgeleiteten Parameter sind aus den Abbildungen I.4, 5 und 6 zu erschließen bzw. werden in ihnen verdeutlicht. Hierbei dient die Abbildung I.4 der Darlegung der Parameter zur relativen Dauer der verschiedenen Phasen der glottalen Periode. Die Abbildung I.5 betrifft den Parameter zur Amplitude des Signals (CREST-Faktor). Schließlich werden in der Abbildung I.6 die Parameter zur Variabilität in den einzelnen Phasen der EGG-Schwingung verdeutlicht.

Folgende Parameter werden berücksichtigt:

1. Quotienten, die zur Beschreibung des glottalen Luftdurchflusses benutzt werden. Es sind dies zwei Öffnungsquotienten (OQI und OQII; %) und ein Speed Quotient (SQ; %):

$$\text{OQI} = 100 \frac{t_f - t_c}{T_0} \quad \text{OQII} = 100 \frac{t_e - t_d}{T_0} \quad \text{SQ} = 100 \frac{t_a - t_0}{t_c - t_b}$$

2. Ein Parameter (DF0; %), der die Stabilität der Grundfrequenz bezogen auf die Nachbarperiode betrifft (= prozentuale Veränderung der Grundfrequenz von einer Periode zur nächsten).

3. Ein Parameter (CREST), der das Verhältnis des maximalen Amplitudenwertes zu seinem effektiven Wert (RMS) ausdrückt. Abbildung I.5 dient zu seiner Verdeutlichung:

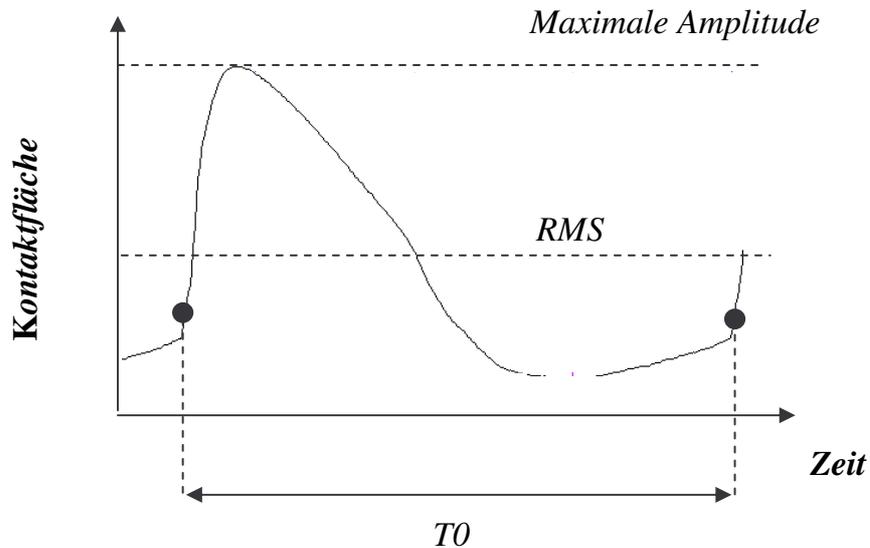


Abbildung I.5: CREST-Faktor.

4. Parameter zu den einzelnen Phasen des Verschlusses

SCV = Variabilität in der Startphase der Schließungsbewegung (t_e bis t_f'); SCA = Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung (t_e bis t_f'); ECV = Variabilität in der Endphase der Schließungsbewegung (t_0 bis t_a); ECA = Steilheit der Endphase der Schließungsbewegung (t_0 bis t_a); CV = Variabilität in der Verschlussphase (Kontaktphase; t_a bis t_b); CLA = Steilheit der Schließungsbewegung (Startphase und Endphase zusammen, t_e bis t_a); SCT (%) = Relative Dauer der Startphase der Schließungsbewegung (t_e bis t_f'); ECT = Relative Dauer der Endphase der Schließungsbewegung (t_0 bis t_a); CT (%) = Relative Dauer der Phase des Verschlusses (Kontaktphase, t_a bis t_b).

5. Parameter zu den einzelnen Phasen der Öffnung

SOV = Variabilität in der Startphase der Öffnungsbewegung (t_b bis t_c); SOA = Steilheit der Startphase der Öffnungsbewegung (t_b bis t_c); EOv = Variabilität in der Endphase der Öffnungsbewegung (t_c bis t_d); EOA = Steilheit der Endphase der Öffnungsbewegung (t_c bis t_d); OV = Variabilität in der Offenphase (t_d bis t_e); OPA = Steilheit der Öffnungsbewegung (Startphase und Endphase zusammen, t_b bis t_d); SOT (%) = Relative Dauer der Startphase der Öffnungsbewegung (t_b bis t_c); EOT (%) = Relative Dauer der Endphase der Öffnungsbewegung (t_c bis t_d).

Zur Verdeutlichung der bei der Parametrisierung berücksichtigten Variabilität in den Phasen des Verschlusses, ausgedrückt durch die Parameter SCV, ECV und CV bzw. in den Phasen der Öffnung, ausgedrückt durch die Parameter SOV, EOv und OV dient die Abbildung I.6:

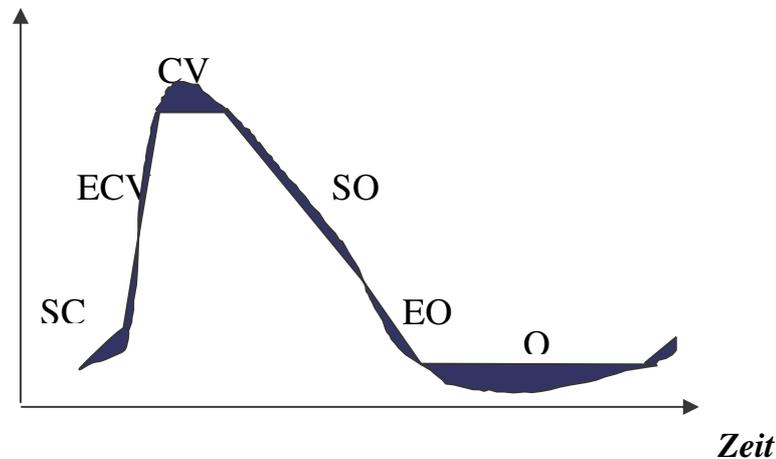


Abbildung I.6: Variabilitätsparameter zu den Phasen des Verschlusses und der Öffnung.

In ihr werden die den Variabilitätsberechnungen zugrundeliegenden Flächen (schwarze Flächen) dargelegt. Diese ergeben sich aus der Distanz zwischen dem Signalverlauf und der geraden Linie (schwarze Linie) in Abbildung I.4. Die Berechnung der Parameterwerte besteht in der Division der jeweils unterschiedlichen Flächeninhalte durch die Dauer der entsprechenden Phasen.

2.2.2. EGG-Parametersatz

Aus der oben vorgestellten EGG-Parametrisierung wurden unter Verwendung einer großen Datenmenge normalstimmlicher und pathologischer Signale die differenzierungskräftigsten Parameter für die Stimmqualitätsbetrachtung bestimmt. Der dabei ermittelte Parametersatz enthält 7 Analyseparameter mit geringster Redundanz. Die Erarbeitung des Parametersatzes ist in mehreren Schritten erfolgt:

(1) Zunächst ist eine Parameterreduktion durch Korrelationsberechnungen bzw. durch eine Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse; Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung) erreicht worden.

(2) In einem zweiten Schritt sind die nach der Reduktion vorhandenen Parameter (unter Verwendung geschlechtsspezifischer T-Tests für gepaarte Stichproben) bestimmt worden, mit Hilfe derer die normalstimmlichen Daten von den pathologischen Daten signifikant zu unterscheiden waren. Die für diese Unterscheidung relevanten Parameter wurden für einen dritten Schritt innerhalb des Selektionsprozesses verwendet.

(3) Im dritten (letzten) Schritt sind geschlechtsbezogen die Parameter bestimmt worden, mit Hilfe derer Subgruppen (Clusterzentrenanalysen zur Definition von Subgruppen) zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation signifikant zu unterscheiden waren.

Bei den Männern haben 9 und bei den Frauen haben 7 von 22 Parametern des Programms diese Bedingung erfüllt. Ein Vergleich dieser Parameter ergab, dass 7 Parameter sowohl für die Männer als auch für die Frauen bei der Subgruppendefinition relevant waren. Diese Parameter werden somit zur Bestimmung des geschlechtsübergreifenden Parametersatzes zur Bearbeitung von Normalstimmen und pathologischen Stimmen in der Arbeit eingesetzt. Sie sind aus der Tabelle I.1 zu entnehmen.

Analyseansätze	Parameter-satz
Öffnungsquotient	OQ1
Phasen des Verschlusses	SCV
	SCA
	ECV
	CV
	CLA
Phase der Öffnung	OPA

Tabelle I.1: Geschlechtsübergreifender EGG-Parametersatzes für Normalstimmen und pathologische Stimmen.

Bei den Parametern¹ handelt es sich:

- (a) um 1 Parameter zum Öffnungsquotienten (OQ1)
- (b) um 5 Parameter zu den einzelnen Phasen des Verschlusses, wobei die Startphase der Schließungsbewegung (SCV), die Steilheit der Startphase (SCA), die Endphase der Schließungsbewegung (ECV), die Verschlussphase (CV) und die Steilheit der gesamten Schließungsbewegung (CLA = Startphase und Endphase zusammen) relevant sind.

Vier dieser Parameter betreffen die Steilheit des EGG-Impulses. Sie geben Auskunft über die Stärke des subglottalen Drucks bzw. über die Möglichkeit, subglottalen Druck aufzubauen (Wendler et al., 1996; Marasek, 1997). Folglich sind sie neben dem

¹ Um bei der Interpretation von Parameterwerteveränderungen bei den Variabilitätsparametern Missverständnisse zu vermeiden, werden die drei Parameter in der Arbeit folgendermaßen benannt: SCV = Parameter zur Startphase der Schließungsbewegung; ECV = Parameter zur Endphase der Schließungsbewegung; CV = Parameter zur Verschlussphase (vgl. auch: Kap. II, Sektion 2.7.).

Parameter zum Öffnungsquotienten sensible Parameter für die Einschätzung des gesamten Adduktionsverhaltens (Pützer & Marasek, 2000).

(c) um 1 Parameter zu den Phasen der Öffnung, der die Steilheit der gesamten Öffnungsbewegung betrifft (OPA). Dieser Parameter hängt ebenfalls mit dem subglottischen Druck bei den Phonation zusammen (Marasek, 1997).

Insgesamt bilden also wie angeführt 7 Parameter den elektrolottographischen Teil des Gesamtparametersatzes. Sie können auf Grund des vollzogenen Selektionsvorgangs das größte Differenzierungspotential für sich beanspruchen und sind wie in der Literatur berichtet zur Klassifikation normalstimmlicher und pathologischer Phonation geeignet (Marasek, 1997).

3. Auditive Beurteilung von Stimmqualität

Die auditive Beurteilung von Stimmqualität stellt keinen Untersuchungsgegenstand in der vorliegenden Arbeit dar. Eine Verfolgung dieses durchaus interessanten Aspektes ist hier aus Konzeptionsgründen nicht vollzogen worden. Die auditive Beurteilung von Stimmqualität war aber Gegenstand einiger unterschiedlich angelegter und mit verschiedenen Schwerpunkten versehener Untersuchungen, die am Institut für Phonetik der Universität des Saarlandes in den letzten Jahren durchgeführt wurden (Pützer & Marasek; 2000; Koreman & Pützer; 2003; Koreman et al.; 2004; Pützer & Barry, 2004). In der zuletzt genannten Untersuchung von Pützer & Barry (2004) werden methodische Aspekte der auditiven Beurteilung von Stimmqualität diskutiert. Dabei wird von zwei Perzeptionsexperimenten berichtet, in denen zwei unterschiedliche Methoden (skalierende und binäre) zur auditiven Bewertung von Stimmqualität unter Berücksichtigung des RBH-Systems zur Anwendung gekommen sind. Den Untersuchungsgegenstand bilden 300 in mittlerer Stimmlage isoliert gehaltene Vokale (/i, a, u/), die von 50 männlichen und 50 weiblichen Sprechern (pro Geschlecht jeweils 25 Normalpersonen und 25 Patienten mit Stimmpathologien unterschiedlicher Genese und Schweregrades) produziert wurden. Die an den beiden Experimenten teilnehmenden Beurteiler (20) sind in 4 Gruppen mit jeweils 5 Hörern mit unterschiedlichen Erfahrungen (von naiv bis professionell) in der Bewertung von Stimmqualität eingeteilt worden. Die Methoden werden unter Berücksichtigung verschiedener Fragestellungen zum einen auf ihre jeweilige Relevanz hin zur Stimmqualitätsbeurteilung untersucht. Zum andern werden diesbezüglich beide Methoden im Vergleich zueinander bewertet. Ein erstes Ergebnis der Untersuchung besteht darin, dass bei der Verwendung der skalierenden Methode eine höhere gruppenübergreifende Übereinstimmung der Hörerurteile bezüglich der RBH-Bewertungen erreicht werden kann. Weiter kann gezeigt werden, dass die pro-

zentual ausgedrückte intersubjektive Übereinstimmung innerhalb der Gruppen erwartungsgemäß am Professionalitätsgrad der Hörer orientiert ist. Schließlich kann eine größere Sensitivität der skalierenden gegenüber der binären Methode bei der Einstufung der drei Dimensionen nachgewiesen werden. Dadurch wird Evidenz für die Relevanz ihrer klinischen Anwendung unter Berücksichtigung des RBH-Systems gegeben. Eine abschließende Diskussion um den innerhalb des RBH-Systems geforderten Präferenzanspruch für die Heiserkeitsbewertung verweist in dieser Studie auf weiter zu verfolgende Aspekte zur Klärung seiner Notwendigkeit bei der auditiven Beurteilung von Stimmqualität mit diesem System.

Zur weiteren differenzierten Betrachtung von Aspekten der auditiven Beurteilung von Stimmqualität sei an dieser Stelle auf Arbeiten folgender Autoren verwiesen: Wolfe et al., 1991; Dejonckere et al., 1996; Kreiman et al., 1990, 1992, 1993 & 1994; Kreiman & Gerratt, 1996, 1998, 2000a & 2000b; Nawka et al., 1994; Nawka & Anders, 1996.

4. Bisherige Konzeptualisierungen und aktueller Ansatz

Resümierend zu den in diesem Kapitel punktuell dargelegten Forschungsansätzen der letzten 40 Jahre zur akustischen und elektrolottographischen Bearbeitung von Stimmqualität kann Folgendes festgehalten werden: Viele neuere, aber auch länger zurückliegende Untersuchungen zielen in ihrer Stoßrichtung darauf ab, einzelne phoniatische Kategorien bzw. Krankheitsbilder unter Verwendung instrumenteller Methoden gegeneinander und gegenüber Normalstimmen dadurch abzugrenzen, dass für sie typische Analyseergebnisse bestimmt werden. Von einem Gelingen dieser Differenzierungsabsicht wird des Öfteren in der Literatur berichtet. Parallele Ergebnisse bei der Charakterisierung der verschiedenen Pathologien werden dabei in Kauf genommen.

In der vorliegenden Arbeit wird hingegen ein anderer Ansatz verfolgt. Er beinhaltet in seinem Schwerpunkt zunächst eine Einordnung individueller Analyseergebnisse innerhalb einer größeren Stichprobe variationsbehafteter normaler und pathologischer Phonation. Bei dieser Einordnung wird vor allem der individuelle dispositionsbedingte Rahmen des einzelnen Patienten unabhängig von seiner pathologiebezogenen Zugehörigkeit betrachtet. Dadurch wird eine auf den Patienten bezogene Einschätzung seines jeweiligen phonatorischen Status vollzogen. Erst dann werden auf der Grundlage der Einschätzung mehrerer Individuen mit gleichem Krankheitsbild pathologiebezogen tendenzielle Aussagen angestrebt. Diese Aussagen erheben auf Grund einer einzukalkulierenden individuellen Variabilität stimmlicher Ausprägung bei den einzelnen Patienten nicht den Anspruch einer pauschalen Charakterisierung der Krankheitsbilder.

Vor allem wird mit ihnen nicht beabsichtigt, instrumentelle Kriterien für differential-diagnostische Abgrenzungen einzelner Pathologien zu liefern.

Kapitel II. Stimmqualität bei normalstimmlicher und pathologischer Phonation

1. Grundlagen der Phonation und Artikulation

1.1. Phonation

Die Erzeugung des für die lautsprachliche Kommunikation wichtigen Primärschalls erfolgt im Kehlkopf (Larynx). Der Kehlkopf bildet das obere Ende der Luftröhre (Trachea). Neben einer tragenden Funktion, die Luftröhre gegenüber dem Eindringen von flüssiger und fester Nahrung zu verschließen, besteht eine weitere Funktion des Kehlkopfes in der kontrollierten Stimmtonerzeugung (Phonation). Diese wird durch das Schwingen der Stimmlippen ermöglicht. Hierbei entsteht eine Folge von Stimmimpulsen, die einer Serie von harmonischen Obertönen mit gleichmäßig abnehmenden Amplituden entspricht (z. B. Schmidt & Thews, 1977; Pompino-Marschall, 1995; Wendler et al., 1996). Die Kehlkopfmuskulatur kontrolliert dabei im Zusammenspiel mit dem Druck der ausgeatmeten Luft das Auftreten, die Stärke, die Geschwindigkeit und die Form der Stimmlippenschwingungen. Hiervon hängen in der Folge dieses Kontrollmechanismus Stimmhaftigkeit, Lautstärke, Stimmtonhöhe und Stimmqualität ab.

Die heute im Prinzip immer noch gültige Theorie der Phonation liegt in dem Zusammenspiel von myoelastischen und aerodynamischen Kräften begründet (myoelastisch-aerodynamische Theorie¹). Bei ihr geht man davon aus, dass die Glottis durch einen erhöhten subglottalen Druck gesprengt wird. Dies geschieht dann, wenn der Druck den durch die adduzierten Stimmlippen hervorgerufenen Widerstand überwindet. Nun beginnt die Luft durch den Spalt zu strömen. Auf Grund der Verengung der Öffnung an der Glottis kommt es durch die damit verbundene Erhöhung der Fließgeschwindigkeit der ausströmenden Luft zu einer Sogwirkung (Benoulli-Effekt), die die elastischen Stimmlippen wiederum einen Verschluss bilden lässt. Durch diesen Verschluss beginnt der gesamte Prozess wieder von vorne.

Um in Schwingung gebracht werden zu können, müssen die Stimmlippen durch die Aryknorpel in die geschlossene Position versetzt (= adduziert) werden. Der Schwingungsablauf selbst ist dadurch gekennzeichnet, dass sich die Stimmlippen nicht allein in der Horizontalebene, sondern zugleich in vertikaler Richtung bewegen. Weitgehend unabhängig davon erfolgt als Eigenbewegung der gegenüber Muskelkörper und Stimmband verschieblichen Schleimhaut die sog. Randkantenverschiebung. Die

¹ Neuere Ergebnisse zum Ablauf des Phonationsprozesses sind nicht mit der klassischen myoelastisch-aerodynamischen Theorie in Einklang zu bringen. Deshalb scheint es nötig, dass sie ergänzt bzw. neu formuliert wird (vgl. dazu auch Wendler et al., 1996).

Schleimhaut rollt dabei ellipsenförmig ab und zeigt während dieses Vorgangs in bestimmten Schwingungsphasen auch entgegengesetzte Bewegungsabläufe.

Mit der Variation in der Tonhöhe verändert sich der Schwingungsablauf. Wenn die Tonhöhe steigt, d. h. wenn die Rate der Stimmlippenschwingungen zunimmt, nehmen die Amplituden und die Randkantenverschiebung ab. Zur Steigerung der Tonhöhe ist die Zunahme der Stimmlippenspannung nötig, zu ihrer Senkung hingegen eine Spannungsabnahme. Die Tonhöhenvariationen basieren vor allem auf den verschiedenen Einstellungen des Spannapparates, zu dem sowohl die intrinsische als auch die extrinsische Kehlkopfmuskulatur zu rechnen ist (z. B. Marasek, 1997).

Die Phasenverhältnisse und die Schlussphase innerhalb des Phonationszyklus werden hingegen weniger von der Tonhöhe, sondern vor allem von der Stimmstärke beeinflusst. Nimmt diese zu, so verkleinert sich der Offenquotient, der das Verhältnis des offenen zum geschlossenen Anteil innerhalb einer Schwingungsperiode ausdrückt. Zudem werden die Amplituden mit wachsender Stimmintensität weiter und die Randkantenverschiebung findet eine deutlichere Ausprägung. Die Stimmstärke hängt vor allem mit dem subglottischen Druck zusammen (z. B. Marasek, 1997).

Die glottale Anregungsqualität hingegen beruht auf der Form des glottalen Schwingungsverhaltens. So schließen bei einer behauchten Stimme die Stimmlippen nicht ganz bzw. zeigen auf Grund ihrer zu geringen Steife nur einen schwachen Widerstand gegenüber dem subglottischen Druck. Dadurch entsteht ein geräuschbehaftetes und intensitätsarmes Rohschallsignal. Eine raue Stimme entsteht hingegen durch Irregularitäten im Intensitäts- (Shimmer) und Grundfrequenzverlauf (Jitter). Eine heisere Stimme ist durch beide Merkmale gekennzeichnet (z. B. Kreiman & Gerratt, 2000a).

1.2. Artikulation

Mit Artikulation werden alle im Ansatzrohr bzw. in den Ansatzräumen ablaufenden Bewegungsvorgänge bezeichnet, die Laute produzieren bzw. ausformen (z. B. Pompiño-Marschall, 1995; Wendler et al., 1996). Der Begriff des Ansatzrohres stammt ursprünglich aus der Instrumentenkunde. Es handelt sich bei ihm bzw. bei den Ansatzräumen um alle lufthaltigen Räume oberhalb der Glottis, die zur Klang- und Lautbildung dienen. Die Ansatzräume bestehen einmal aus starren Anteilen (z. B. Nase), deren Veränderung nur geringfügig durch verschiedene Schwellungszustände entsteht. Zum andern bestehen sie aus stärker veränderbaren Anteilen (z. B. Mundhöhle), die durch zahlreiche Bewegungsvarianten des Kehlkopfes, der Glottis, des Kehldeckels, des Rachens, des Zäpfchens, des Gaumensegels, der Zunge, der Mundbodenmuskulatur, des Unterkiefers und der Lippen in ihrer Form vielfältig umgestaltbar sind.

Diese beweglichen Teile des Ansatzrohres werden auch als Artikulatoren bezeichnet. Durch sie werden geometrische Veränderungen des Ansatzrohres bewirkt, wodurch unterschiedliche Artikulationsmodi realisiert werden.

In diesem Zusammenhang existiert der vokalische Artikulationsmodus, bei dem globale Formveränderungen bezüglich der Länge (Anheben bzw. Senkung des Kehlkopfes; Lippenvorstülpung bzw. Lippenspreizung) und des Querschnittsverlaufs (Grad der Kieferöffnung; vertikale bzw. horizontale Lage der Zunge) des Ansatzrohres bewirkt werden. Des Weiteren gibt es lokale Enge- (Artikulationsmodus Frikativ) bzw. Verschlussbildungen (z. B. Artikulationsmodus Plosiv) mit zum Teil sehr feiner Abstimmung. Schließlich ist die Zu- (Artikulationsmodus Nasal) bzw. Abschaltung des Nasenraums (Absenken bzw. Heben des Velums) vorhanden.

Zur weiteren differenzierteren Betrachtung von Aspekten der Phonation und Artikulation sei an dieser Stelle auf einige Autoren phonetischer Einführungen bzw. Standardwerke verwiesen: Mangold, 1973; Hardcastle, 1976; Laver, 1980; Zemlin, 1988; Pompino-Marschall, 1995; Lass, 1996; Kent, 1997; Reetz, 1999; Titze, 2000.

2. Instrumentelle Erfassung von Stimmqualität

Präambel

Die in diesem Gliederungspunkt behandelte instrumentelle Erfassung von Stimmqualität ist dem Prinzip der Multidimensionalität verpflichtet (vgl. Kap. I, Sektion 1.5.). Dieses Prinzip wird auf Signale einer großen Stichprobe normalstimmlicher und pathologischer Phonation angewandt. Dabei sind (a) für die Phonationsgruppe der Normalstimmen und (b) für die Phonationsgruppe der pathologischen Stimmen Parameter aus zwei Analyseansätzen (elektrophysiologischer und akustischer Ansatz) unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte konkretisiert worden: Die Parameter der jeweiligen Analysemethoden sollen einmal die geschlechtsbezogene instrumentelle Charakterisierung der beiden Gruppen bzw. diejenige ihrer zu erarbeitenden Subgruppen (= Stimmprofilgruppen) erlauben. Zum andern sollen sie es aber auch ermöglichen, statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen; pathologische Stimmen) und zwischen ihren jeweiligen Subgruppen aufzuzeigen.

Der dafür verwandte Parametersatz des EGG-Analyseprogramms enthält 7 Analyseparameter (vgl. Kap. I, Sektion 2.2.2.). Der ebenfalls berücksichtigte Parametersatz der aktuellsten Version der Stimmanalysemethode von Wokurek und Pützer enthält 5 Analyseparameter (vgl. Kap. I, Sektion 1.6.2.). Beide Parametersätze beinhalten die Parameter, die sich in bisherigen Untersuchungen unter Verwendung statistischer Ver-

fahren (Korrelationsberechnungen, Faktorenanalysen) als die differenzierungskräftigsten Parameter der beiden Verfahren mit geringster Redundanz herausgestellt haben. Mit ihnen wird die Definition der geschlechtsspezifischen Subgruppen zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation angegangen.

Bei dieser Definition kommen beide Parametersätze getrennt zur Anwendung. Eine vorab vollzogene geschlechtsdifferenzierte Clusterbildung, bei der alle zu Beginn der statistischen Bearbeitung vorhandenen 12 Parameter der beiden Analysemethoden zusammen berücksichtigt wurden, brachte im Gegensatz zu ihrer separaten Verwendung bei der Subgruppendefinition insgesamt bewertet keine numerisch bedeutsamen Untergruppen. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem Ergebnis zu einer Studie von Pützer (2001), in der ebenfalls die gemeinsame Verwendung elektrolottographischer und akustischer Parameter zur Subgruppendefinition keine numerisch zufriedenstellende Klassifikation ergeben hat. Somit wird der Vorrang in diesem Kapitel einer für jeden der beiden Datensätze (elektrolottographischer und akustischer Datensatz) getrennten Subgruppendefinition gegeben.

Unter Verwendung ihrer elektrolottographisch und akustisch definierten Subgruppen werden für jede Phonationsgruppe sog. Referenzprofile erstellt. Sie setzen sich aus Kombinationen der bei der Subgruppenbildung jeweils relevanten Parameter der beiden Analysemethoden zusammen. Den Profilen werden im weiteren Verlauf der Arbeit im Kapitel IV individuelle Stimmprofile mit pathologischem Hintergrund zugeordnet. Die erstellten Referenzprofile sind innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen und pathologischen Phonation gegeneinander abgrenzbar. Sie definieren somit einen auf instrumentellen Analysen basierenden begrenzten Ausschnitt aus der gesamten Variationsbreite der normalstimmlichen bzw. der pathologischen Phonation. Zusätzlich zur Präsentation der Referenzprofile erfolgt eine phonationsgruppenbezogene Darlegung von Parameterwerten, die als Mittelwerte auf der Grundlage der in dieser Arbeit verwendeten großen Stichprobe gewonnen wurden und mit deren Hilfe die beiden Gruppen signifikant zu unterscheiden sind. Durch die Parameterwerte werden zudem in dem vorliegenden Kapitel weitere Orientierungspunkte für die interpretative Betrachtung von individuellen und pathologiebezogenen Parameterentwicklungen gegeben.

Vor der Darlegung der Ausführungen zur Subgruppenbildung und der darauf aufbauenden Präsentation der Referenzprofile erfolgt eine einführende Charakterisierung der Saarbrücker Stimmdatenbank, aus der die für diese Arbeit relevanten Signale entnommen sind.

2.1. Die Saarbrücker Stimmdatenbank

Seit Herbst 1997 werden im Zuge der zwölfjährigen Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Phonetik der Universität des Saarlandes und der Sektion Phoniatrie der Caritasklinik St. Theresia, Saarbrücken pathologische Stimmen systematisch in einer Stimmdatenbank gesammelt.

Im Rahmen des Ausbaus dieser Zusammenarbeit ist dort vor einigen Jahren die Arbeitsstelle „Klinische Phonetik“ der Universität des Saarlandes eingerichtet worden. Die Arbeitsstelle verfügt über einen schallbehandelten Untersuchungsraum, in dem bis zum heutigen Tag große Teile der pathologischen Daten, aber auch normalstimmliche Daten gewonnen werden.

Die Datenbankarbeit besteht in der Registrierung akustischer und elektroglogographischer Signale, die bei pathologischem Hintergrund zusammen mit den dazugehörigen phoniatischen Diagnosen gespeichert werden. Bei den Signalen handelt es sich einerseits um die isoliert produzierten Vokale [i:, a:, u:], die in normaler, hoher und tiefer Tonlage sowie mit F0-Variation vorliegen. Zum andern sind von jedem Probanden Produktionen zu einigen Sätzen vorhanden, die die für die Beurteilung phonatorischen Verhaltens relevanten Vokal-Konsonantenkombinationen und Kardinalvokale mit unterschiedlichen Quantitäten in betonter bzw. unbetonter Stellung enthalten. Unter Berücksichtigung dieses Aufnahmekatalogs wurden neben pathologischen Stimmen auch sog. Normalstimmen registriert, so dass gegenwärtig auf etwa 1200 Aufnahmen von stimmgesunden Personen und etwa 1400 Aufnahmen von stimmkranken Personen unterschiedlichen Alters und Geschlechts zurückgegriffen werden kann. Das Datenmaterial zur pathologischen Phonation beinhaltet vor allem Signale von organisch oder funktionell bedingten Stimmstörungen. Darüber hinaus wird neben der primären Rekrutierung von Patienten mit so bedingten Phonationsstörungen beim Aufbau der pathologischen Stimmdatenbank seit etwa drei Jahren auf einen erheblich erweiterten Aufnahmekatalog zurückgegriffen, der bei Patienten mit dysarthrophonischen Stimm- und Artikulationsstörungen zur Anwendung kommt. In ihm werden die für die instrumentelle und auditive Dysarthrophoniediagnostik klassischen Aufnahmeanforderungen berücksichtigt. Sie beinhalten u. a. isoliert produzierte Vokale, schnelle Silbenwiederholungen, aber auch im Satzkontext eingebettete Wörter mit diagnostisch relevanten Konsonant-Vokalkombinationen. Zudem ermöglicht der Katalog die Bewertung prosodischer Strukturen (Betonung, Intonation, Sonorität) bei den Äußerungen der Probanden, die anhand verschiedener Aufgabenstellungen vollzogen werden kann.

Unter Berücksichtigung des Datenschutzes werden persönliche Daten der Sprecher im relationalen Datenbanksystem abgespeichert. Das Datenbanksystem enthält alle Informationen zu den Aufnahmen. Mit Hilfe eines „Web-Browsers“ können auch weniger geübte Anwender mit der Datenbank arbeiten. Der Zugriff auf sie kann von mehreren Benutzern gleichzeitig vollzogen werden. Über den „Web-Browser“ können nach Angabe der gewünschten Kriterien die entsprechenden Aufnahmen heruntergeladen und/oder abgespielt werden (wav-Format; nsp-Format; egg-Format). In Einzelfällen existiert eine Textdatei, die über die Besonderheiten einer Aufnahme Auskunft gibt. Dabei kann beispielsweise in der entsprechenden Datei darauf hingewiesen werden, dass eine Vokaldatei auf Grund mangelnder Signalqualität u. ä. nicht erstellt werden konnte. Die Auswahl der Aufnahmen kann entsprechend der gewünschten Kriterien vor ihrer Weiterverarbeitung gesichtet werden. Wenn für erforderlich erachtet, kann dabei eine weitere Auswahl bezüglich der zu analysierenden Daten getroffen werden. Die Textdatei kann zusammen mit der Aufnahme über den „Web-Browser“ heruntergeladen werden. Bei der Bearbeitung der Daten zu den Pathologien schien es sinnvoll, diese zu dem vorhandenen Krankheitsbild des einzelnen Patienten zunächst über eine Hauptdiagnose bzw. über mehrere Hauptdiagnosen zugänglich zu machen. Dadurch soll die Möglichkeit des schnellen Vergleichs der Daten einzelner Patienten mit gleicher Diagnose gegeben werden. In einem zweiten Schritt wurden zu jeder Diagnose zusätzliche, vom Phoniater angeführte stichwortartige Spezifizierungen aufgenommen. Diese Maßnahme eröffnet einmal die Möglichkeit, nähere Informationen zum Krankheitsbild des einzelnen Patienten zu bekommen. Zum andern können unter Verwendung dieser Stichwörter differenziertere Betrachtungen der Hauptdiagnosen bzw. Vergleiche zwischen ihnen angestellt werden.

2.2. Material und Methode

2.2.1. Personen und Stimmaufnahmen

Aus der Saarbrücker Stimmdatenbank wurden Vokalproduktionen von 534 stimmgesunden erwachsenen Personen (267 männliche und 267 weibliche) und 534 erwachsenen Patienten (267 männliche und 267 weibliche) mit einer geschlechtsspezifisch ausgeglichenen Altersstruktur (18 bis 65 Jahre) zur Analyse ausgesucht. Bei den analysierten Produktionen der jeweiligen Probanden handelt es sich um die in mittlerer Stimmlage isoliert gehaltenen Vokale [i:, a:, u:]. Folglich standen für jedes Geschlecht und für jede der beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen: $267 \times 3 = 801$ männliche und $267 \times 3 = 801$ weibliche Signale; pathologische Stimmen: $267 \times 3 = 801$ männli-

che und $267 \times 3 = 801$ weibliche Signale) 801 Signale zur Verfügung, so dass anfänglich insgesamt 3204 Signale in die Untersuchung eingeflossen sind (vgl. Sektion 2.2.5. unten). Die akustischen und simultan aufgezeichneten elektrolottographischen Signale wurden einmal im Untersuchungsraum der Arbeitsstelle „Klinische Phonetik“ der Universität des Saarlandes gewonnen. Zum andern wurden die Daten in einem schallbehandelten Audiomobil aufgezeichnet, in dem primär die Durchführung von Hörprüfungen für die Angehörigen der Deutschen Steinkohle AG stattfindet. Bei beiden Aufzeichnungsorten wurde die Vergleichbarkeit der akustischen Bedingungen sichergestellt.

2.2.2. Aufzeichnungsmodus und Analysen

Die Aufzeichnungen wurden mit dem kommerziell erhältlichen Sprachverarbeitungssystem "Computerized Speech Lab (CSL), Modell 4300B", der Firma Kay Elemetrics Corp. unter Verwendung eines Nacken-Kondensatormikrophons (NEM 192.15, beyerdynamic) und eines EGG-Systems der Firma Laryngograph Ltd. (Portable Laryngograph) gemacht, wobei die beiden Signale mit einer Abtastrate von 50 kHz und einer Amplitudenauflösung von 16 Bit digitalisiert wurden. Durch die Verwendung des Nackenmikrophons war der für den interindividuellen Vergleich des akustischen Signals unbedingt zu beachtende Abstand des Mikrophons zum Mund der Probanden gewährleistet und gleichzuhalten (Titze & Winholtz, 1993). Bei den zur Analyse aufbereiteten akustischen und elektrolottographischen Signalen wurde darauf geachtet, dass etwa eine Sekunde aus der Mitte der Vokalproduktion vorlag (Klingholz, 1991). Die Analysen des akustischen Signals wurden mit der aktuellsten Version der Stimmanalysemethode von Wokurek und Pützer (Wokurek & Pützer, 2003; Pützer & Wokurek, 2005) vollzogen, die im Kapitel I dieser Arbeit vorgestellt wird (vgl. Kap. I, 1.6.1.). Für das elektrolottographische Signal wurde das Analyseprogramm von Marasek (Marasek, 1997) benutzt, das sich in der vorliegenden Version zur Charakterisierung der elektrolottographischen Einzelkurve bestens bewährt hat (Pützer & Marasek, 2000; Pützer et al., 2001; Pützer et al.; 2003; Moringlane et al, 2003; Moringlane et al., 2004a & 2004 b). Es wird ebenfalls im Kapitel I dieser Arbeit vorgestellt (vgl. Kap. I, Sektion 2.2.1.).

Im Einklang mit den Ergebnissen neuerer und älterer Studien, in denen im Hinblick auf Charakteristika des Quellensignals Unterschiede zwischen der männlichen und weiblichen Phonation nachgewiesen werden (z. B. Hanson & Chuang, 1999; Karlsson, 1992; Klatt & Klatt, 1990; Titze, 1989) erfolgt die Bearbeitung der Produktionsdaten für beide Geschlechter getrennt. Eine geschlechtsübergreifende Behand-

lung, wie sie in der Literatur im Zusammenhang mit Fragestellungen zur pathologischen Stimmqualität oft zu finden ist (z. B. Dejonckere et al., 1996; Dejonckere et al., 1998; Millet & Dejonckere, 1998; Wolfe et al., 1997) wird nicht als sinnvoll angesehen (Pützer, 2001).

2.2.3. Schwerpunkte innerhalb des Gliederungspunktes

Innerhalb des Gliederungspunktes sind folgende Schwerpunkte vorhanden:

(1) Präsentation der mit den Analyseparametern erfassten "Stimmqualität" zur männlichen und weiblichen Normalstimme bzw. zu männlichen und weiblichen pathologischen Stimme.

(2) Darlegung ihrer Variabilität anhand von geschlechtsspezifischen Stimmprofilgruppen (Subgruppen) zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation.

(3) Betrachtung der Relevanz der vorhandenen Analyseparameter beider Analysemethoden für normalstimmliche Subgruppendifferenzierungen, für Subgruppendifferenzierungen bei pathologischer Phonation sowie für die Unterscheidung der Gruppe der Normalstimmen von der Gruppe der pathologischen Stimmen.

(4) Überprüfung der methodenbezogenen und parameterbezogenen Unabhängigkeit bei der instrumentellen Dimensionierung von Stimmprofilgruppen zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation.

(5) Überprüfung der ursprünglichen Zuordnung der Probanden zu einer der beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen; pathologische Stimmen) unter dem Aspekt der Zuordnungsüberlappung.

(6) Überprüfung der Zuordnung der Probanden zu den normalstimmlichen und pathologischen Stimmprofilgruppen unter dem Aspekt der Zuordnungsüberlappung.

(7) Definition sog. Referenzprofile auf der Grundlage der Ergebnisse zu den Subgruppenbildungen bei der normalstimmlichen und pathologischen Phonation.

2.2.4. Statistik

Die statistische Bearbeitung der Analysedaten wurde mit SPSS Version 11.5 vollzogen. Sie beinhaltet für die Analysemethoden getrennt die folgenden Schritte, die bei den beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen und pathologische Stimmen) bei der Dimensionierung der Subgruppen Anwendung finden:

- a. Homogenitätstest der Varianzen (Levene-Test).

b. Multivariate Varianzanalysen mit den relevanten Parametern der beiden Methoden zur Unterscheidung der Geschlechter im Hinblick auf die Definition von geschlechtsspezifischen Stimmprofilen.

c. Geschlechtsspezifische Mittelwertberechnungen (mit Standardabweichungen und Variabilitätskoeffizienten) für die die Geschlechter signifikant unterscheidenden Parameter der beiden Analysemethoden.

d. Clusterzentrenanalysen zur Definition von Stimmprofilgruppen (Subgruppen) innerhalb der Geschlechter der Phonationsgruppen. Die Clusteranzahl wurde unter Berücksichtigung einer hierarchischen Clusteranalyse anhand einer reduzierten Stichprobe festgelegt.

e. Diskriminanzanalysen zur Bestimmung der Parameter, die für die Erklärung der durch die Clusteranalysen erhaltenen Modelle der Stimmprofilgruppen am besten geeignet sind (Schrittweise Methode).

f. Geschlechtsspezifische Mittelwertberechnungen (mit Standardabweichungen) für die Parameter der beiden Analysemethoden, mit Hilfe derer die Stimmprofilgruppen innerhalb des Modells am besten erklärt werden können.

g. Datensatzbezogene Korrelation (Pearson) mit den die Stimmprofilgruppen definierenden Parametern zur Überprüfung ihrer Unabhängigkeit bei der instrumentellen Charakterisierung der Gruppen.

h. Kreuztabellen zur Überprüfung der Unabhängigkeit der beiden Analyseansätze bei der instrumentellen Dimensionierung von Stimmqualität. Dies geschieht anhand eines Vergleiches der durch die beiden Analysensysteme erreichten Zuordnung der Probanden zu den Stimmprofilgruppen. Die Zuordnung findet in einem Chi-Quadrat-Test ihre statistische Überprüfung.

i. Multivariate Varianzanalysen mit den relevanten Parametern der beiden Analyseprogramme zur Unterscheidung der beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen vs. pathologische Stimmen) mit sich anschließenden Mittelwertberechnungen (mit Standardabweichungen) für die beiden Gruppen.

j. Geschlechtsspezifische datensatzbezogene Diskriminanzanalysen zur Überprüfung der ursprünglichen Zuordnung der Probanden zu der Phonationsgruppe der Normalstimmen bzw. zu der Phonationsgruppe der pathologischen Stimmen (Schrittweise Methode).

k. Geschlechtsspezifische methodenbezogene Diskriminanzanalysen zur Überprüfung von Überlappungen bei der Zuordnung der Probanden zu den normalstimmlichen und pathologischen Stimmprofilgruppen (Schrittweise Methode).

2.2.5. Präsentation der Ergebnisse und Grundlagen für ihre Erarbeitung

Die Ergebnisse zu den beiden verwendeten Analysemethoden und zu den Analyse-schwerpunkten werden getrennt angeführt.

Die Präsentation der relevanten EGG-Parameter ist der Übersichtlichkeit halber nach den einzelkurvenbezogenen Analyseabschnitten bzw. Analyseansätzen des berücksichtigten EGG-Analyseprogramms ausgerichtet (vgl. Kap. I, Sektion 2.2.1.).

Die Präsentation der akustischen Parameter ist ebenfalls an den Analyseansätzen der benutzten akustischen Analysemethode orientiert (vgl. Kap. I, Sektion 1.6.1.). Bei der mit diesen Parametern vollzogenen Stimmqualitätserfassung werden aber weniger Personen berücksichtigt als bei der Stimmqualitätserfassung mit der EGG-Parametrisierung. Dies geschieht deshalb, weil die Signale einiger Personen mit der hier verwendeten Methode nicht analysiert werden konnten und somit für die Untersuchung nicht zur Verfügung standen (vgl. Kap. I, Sektion 1.6.1.). Folglich werden bei der normalstimmlichen Phonation 153 männliche bzw. 203 weibliche Personen berücksichtigt, während bei der pathologischen Phonation 151 Männer und 199 Frauen in die Berechnungen eingehen. Statistische Verfahren in diesem Kapitel, die eine gleichzeitige Berücksichtigung der beiden Analysesysteme verlangen (Kreuztabellen; Korrelationsberechnungen), basieren ebenfalls auf der angegebenen reduzierten Anzahl von Personen.

Für die elektroglottographischen und akustischen Analysen wurde für jede Person pro Analyseparameter ein Mittelwert über die drei Vokale gebildet. Eine statistische Bearbeitung der Analyseergebnisse auf der Grundlage von Mittelwertbildungen erschien für gerechtfertigt, da vorab durchgeführte statistische Tests zur Verteilung der Vokale bei jeder Person unter Verwendung beider Methoden bei der Clusterbildung keine eindeutigen Zuordnungen von Vokalen zu einem bestimmten Cluster ergaben. Darüber hinaus waren bei multivariaten Varianzanalysen keine signifikanten Interaktionen der Vokale aufgetreten.

2.3. Stimmqualität bei Normalstimmen und pathologischen Stimmen

2.3.1. Sog. "Normalstimmen"

Bei der Erarbeitung von Normwerten für die Normalstimme von Kindern und Erwachsenen muss generell mit einer großen Streuung gerechnet werden (Pützer, 2001; Pützer et al., 2001). Folglich kann diese Streuung als Anregung zur Suche nach phonetisch

differenzierten männlichen und weiblichen normalstimmlichen Profilen genommen werden.

Eine Stimme kann durch eine Reihe von Messparametern instrumentell objektiviert werden und ist damit in ihrer Qualität als multidimensionales Profil charakterisierbar.

Durch die methodisch breiter angelegte Berücksichtigung der einzelnen die Stimme definierenden Parameter wird die Stimmprofil erfassung also nutzbringend erweitert.

Im Folgenden werden eine geschlechtsspezifische Stimmqualitätserfassung und dazu vorhandene Subgruppierungen dargelegt. Letztere repräsentieren jeweils ein begrenztes Kontinuum unterschiedlicher individualstimmlicher Ausprägungen. Es wird erwartet, dass sich eine Subgruppe innerhalb des Modells von anderen Subgruppen mit anderen individuellen Varianten statistisch abgrenzen lässt.

2.3.1.1. Multiparametrische Stimmqualitätserfassung mit Hilfe der EGG-Parametrisierung

2.3.1.1.1. Geschlechtsdifferenzierte Stimmqualitätserfassung

Bei der geschlechtsdifferenzierten Stimmqualitätserfassung mit Hilfe der EGG-Parametrisierung finden alle Parameter des EGG-Parametersatzes (7) Berücksichtigung.¹ In Tabelle II.1 werden die mittleren Werte der Parameter zu den männlichen und weiblichen Normalstimmen angegeben. Es ist aus ihr ersichtlich, dass eine Differenzierung männlicher von weiblicher Phonation möglich ist.

¹ Zur Erklärung der Parameterabkürzungen vgl. Sektion 2.7. unten.

Analyseansätze	Parameter	m (N=267)	m (sd/ \bar{x})	w (N=267)	w (sd/ \bar{x})
Öffnungsquotient	OQ1***	56,58 (3,32)	0,05	58,59 (3,47)	0,05
Phasen des Verschlusses	SCV*	946,01 (568,50)	0,60	1066,57 (657,50)	0,61
	SCA***	369,04 (387,34)	1,04	1192,20 (908,88)	0,76
	ECV***	999,87 (440,57)	0,44	1152,22 (394,69)	0,34
	CV**	1313,90 (589,85)	0,44	1452,04 (489,18)	0,33
	CLA***	453,29 (311,63)	0,68	750,15 (335,25)	0,44
Phase der Öffnung	OPA***	-98,54 (48,17)	0,48	-128,93 (34,63)	0,26

Tabelle II.1: EGG-Parameterwerte für männliche und weibliche Normalstimmen (Mittelwerte, Standardabweichungen, Variabilitätskoeffizienten und signifikante Unterscheidungen; *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Somit wird die Notwendigkeit einer geschlechtsdifferenzierenden Parametrisierung der Normalstimme auf Grund signifikanter Unterschiede in den Parameterausprägungen bei beiden Geschlechtern offenkundig.

2.3.1.1.2. Stimmprofilgruppen

In den Spalten 2 und 4 der Tabelle II.1 deuten einige hohe Werte der Variabilitätskoeffizienten (sd/\bar{x}) auf die mögliche Existenz von Subgruppen (Stimmprofilgruppen) mit jeweils geringerer Streuung hin. Diese Subgruppen zur männlichen und weiblichen Normalstimme werden im Folgenden präsentiert. Sie basieren auf signifikant unterschiedlichen Mittelwertausprägungen bei den Parametern und werden durch eine Clusterzentrenanalyse definiert.

Das durch die Clusteranalyse erhaltene Modell zur Subgruppenbildung wird darüber hinaus durch eine Diskriminanzanalyse unter Verwendung der schrittweisen Methode mit der Absicht evaluiert, die für die Differenzierung der Stimmprofilgruppen am besten geeigneten Parameter zu ermitteln.¹ Die Mittelwerte (mit Standardabwei-

¹ Die Diskriminanzanalyse ist ein multivariates Verfahren zur Analyse von Gruppen- bzw. Klassenunterschieden. Mit ihr ist es möglich, zwei oder mehrere Gruppen unter Berücksichtigung von mehreren Variablen zu untersuchen und zu ermitteln, wie sich diese Gruppen unterscheiden. Mit der Methode kann z. B. auch die Qualität der durch Clusteranalysen ermittelten Gruppierungen überprüft werden. Dazu wird sie in diesem Kapitel berücksichtigt. Bei der Verwendung der schrittweisen Methode können dabei die Einflussvariablen bestimmt werden, die für die Gruppenbildung besonders geeignet sind bzw. auf die die Gruppenunterschiede hauptsächlich zurückzuführen sind. Als gebräuchlichstes Gütemaß zur Prüfung einer Diskriminanzfunktion erscheint dabei das Wilks-Lambda (Backhaus et al., 2003). Es kennzeichnet den Anteil der Streuung innerhalb der Gruppen an der gesamten Streuung. Je kleinere Werte Wilks-Lambda annimmt, desto größer ist die Trennkraft einer Diskriminanzfunktion.

chungen) dieser Parameter sowie der jeweilige Wilks-Lambda-Wert werden in den Tabellen angeführt.

Die Ergebnisse der Gruppenbildungen werden in den Abbildungen II.1 und II.2 dargelegt. Wie daraus zu ersehen ist, werden bei beiden Geschlechtern jeweils drei Stimmprofilgruppen gebildet. Bei den Männern sind zwei Gruppen vergleichbar stark und eine dritte Gruppe schwach besetzt. Bei den Frauen erscheinen zwei Gruppen mit geringerer Differenz in der Anzahl der Personen, während die dritte Gruppe eine größere Anzahl von Personen beinhaltet.

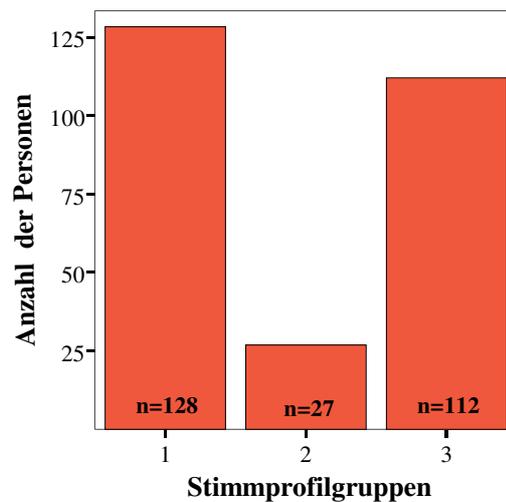


Abbildung II.1: Zahlenmäßige Aufteilung der Sprecher in Stimmprofilgruppen durch Clusteranalysen für die EGG-Daten.

Im Folgenden werden hier die Wilks-Lambda-Werte der einzelnen aufgenommenen Variablen innerhalb des Modells der Diskriminanzanalyse angegeben. Der ebenfalls angeführte Prozentwert zur erzielten Treffergenauigkeit ist die Angabe über die Korrektheit der Klassifikation der *ursprünglich* gruppierten Fälle. Er sagt somit etwas über die tatsächliche Trennkraft der Diskriminanzfunktion aus.

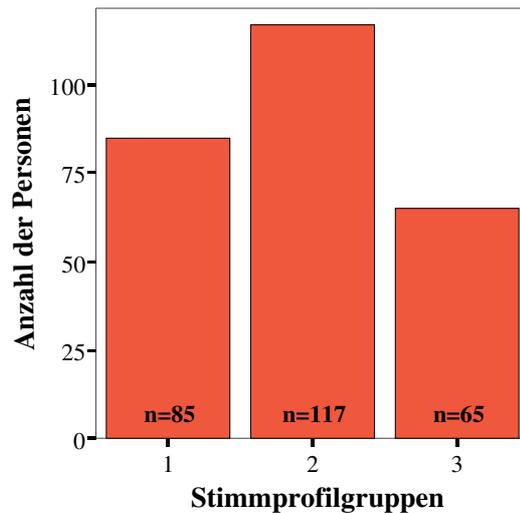


Abbildung II.2: Zahlenmäßige Aufteilung der Sprecherinnen in Stimmprofilgruppen durch Clusteranalysen für die EGG-Daten.

Die vorhandene Variabilität normalstimmlicher Ausprägungen wird durch den Vergleich der Mittelwerte zu den Stimmprofilgruppen weiter verdeutlicht, die aus der Tabelle II.2 für die Männer und der Tabelle II.3 für die Frauen zu ersehen sind.

Analyseansätze	Parameter	Wilks-Lambda	Gruppen		
			1 (n = 128)	2 (n = 27)	3 (n = 112)
Phasen des Verschlusses	SCV	0,195	1081,39 (361,08)	2103,16 (398,34)	512,37 (227,11)
	ECV	0,164	1160,69 (301,94)	1679,72 (340,99)	652,18 (225,95)
	CV	0,156	1460,16 (297,25)	2398,88 (497,29)	885,18 (218,25)
	CLA	0,143	637,43 (296,57)	529,58 (250,19)	224,45 (155,16)
Phase der Öffnung	OPA	0,141	-124,82 (39,05)	-133,60 (38,67)	-60,05 (25,92)

Tabelle II.2: Stimmprofilgruppen zur normalstimmlichen männlichen Phonation (Aufgenommene Parameter; Wilks-Lambda; Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$; korrekte Klassifikation 97,0%).

Aus der Tabelle II.2 wird ersichtlich, dass anhand der Mittelwerte von 5 Parametern des EGG-Programms, die im Modell der Diskriminanzanalyse aufgenommen worden sind, diese Gruppenunterschiede zum Vorschein gebracht werden können.¹ Die

¹ Der Parameter zum Öffnungsquotienten (OQ1) sowie der Parameter zur Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung (SCA) sind für die Gruppenbildung nicht relevant.

Parameter betreffen die für die Stimmgebung wichtigen Phasen des Verschlusses sowie eine Phase der Öffnungsbewegung. Diese erreichte Gruppierung in 3 Stimmprofilgruppen wird anhand der geringeren Streuung bei den Parameterwerten verdeutlicht. Die unterschiedlichen Mittelwerte belegen die phonatorischen Gemeinsamkeiten, durch die es zu ihrer Zusammenfassung in einem Cluster gekommen ist. Schließlich wird die Differenzierungskraft der verwandten EGG-Parametrisierung unterstrichen.

In der Abbildung II.3 wird das Modell der Diskriminanzanalyse für die erreichte Gruppenbildung zur männlichen normalstimmlichen Phonation dargestellt. Auf den beiden Achsen sind die Werte je einer Funktion abgebildet.

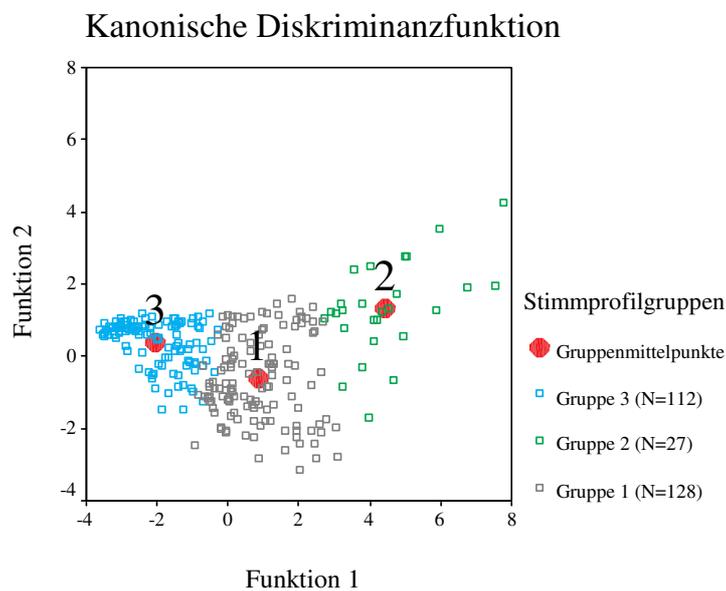


Abbildung II.3: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die männliche normalstimmliche Phonation auf der Grundlage der EGG-Parametrisierung.

Aus der Abbildung ist eine klare Trennung der 3 Stimmprofilgruppen anhand der Gruppenmittelpunkte und der sie konstituierenden Personen ersichtlich. Zudem kann daraus ersehen werden, dass die individuellen Phonationsunterschiede bei der Gruppe 2 am größten sind, wo hingegen die Gruppe 3 die geringsten individuellen Unterschiede aufweist.

In der Tabelle II.3 werden die Ergebnisse zu den weiblichen Normalstimmen angeführt. Hier dienen 4 Parameter zur Differenzierung der Stimmprofilgruppen.¹

Analyseansätze	Parameter	Wilks-Lambda	Gruppen		
			1 (n =85)	2 (n = 117)	3 (n = 65)
Phasen des Verschlusses	SCV	0,176	570,16 (370,01)	984,35 (433,52)	1863,72 (539,82)
	SCA	0,232	2292,17 (655,14)	628,01 (427,31)	769,30 (410,60)
	CV	0,159	1699,07 (379,25)	1080,20 (242,27)	1798,63 (393,33)
Phase der Öffnung	OPA	0,131	-142,51 (30,23)	-107,12 (27,36)	-150,43 (29,05)

Tabelle II.3: Stimmprofilgruppen zur normalstimmlichen weiblichen Phonation (Aufgenommene Parameter; Wilks-Lambda; Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$; korrekte Klassifikation 95,5%).

Auch hier erscheinen Parameter zu Phasen des Verschlusses sowie der Parameter zu einer Phase der Öffnungsbewegung.

Wie zu erwarten war, wird aus dieser Tabelle ebenfalls ersichtlich, dass auf Grund der gruppendifferenzierenden Betrachtung die Streuung bei den Parametern im Vergleich zur gruppenübergreifenden Darlegung geringer ist (vgl. Sektion 2.3.1.1.1. oben). Es zeigen sich also bei den drei Untergruppen zu jedem Geschlecht anhand der Mittelwerte deutlich unterscheidbare Stimmprofile, die durch eine Treffergenauigkeit bei der Klassifikation durch die Diskriminanzfunktionen von größer als 95% bestätigt werden und somit für ihre weitere Verwendung zur Definition von Referenzprofilen durchaus berücksichtigt werden können. Das Modell der Diskriminanzanalyse für die erreichte Gruppenbildung zur weiblichen normalstimmlichen Phonation wird in Abbildung II.4 dargestellt.

¹ Der Parameter zum Öffnungsquotienten (OQ1), der Parameter zur Startphase der Schließungsbewegung (ECV) sowie der Parameter zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) sind für die Gruppenbildung nicht relevant.

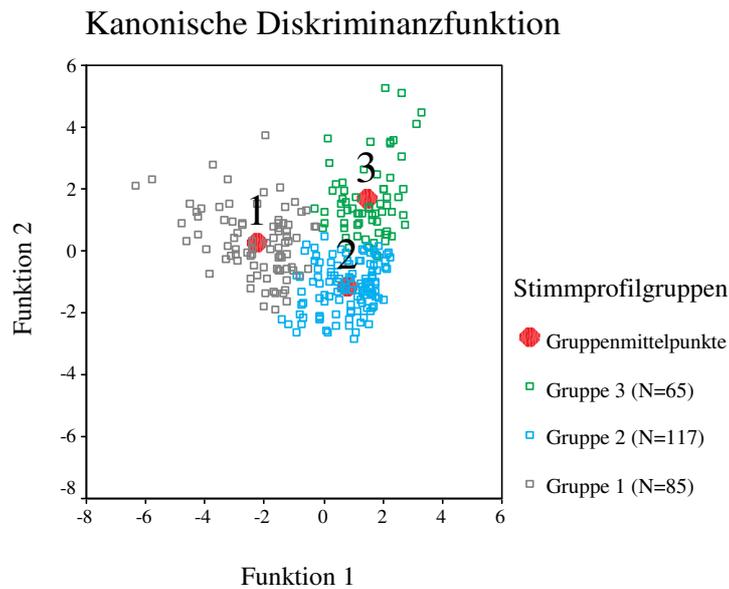


Abbildung II.4: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die weibliche normalstimmliche Phonation auf der Grundlage der EGG-Parametrisierung.

Die beiden Gruppen (Gruppe 1 und Gruppe 3) mit der geringeren Anzahl an Personen weisen die größten individuellen Phonationsunterschiede auf.

2.3.1.2. Multiparametrische Stimmqualitätserfassung mit Hilfe der akustischen Parametrisierung

2.3.1.2.1. Geschlechtsdifferenzierte Stimmqualitätserfassung

Die Ergebnisse zur geschlechtsdifferenzierten Stimmqualitätserfassung unter Verwendung der akustischen Parameter werden in der Tabelle II.4 dargelegt.¹ Hieraus ist zu ersehen, dass ebenso wie bei der Verwendung der EGG-Parametrisierung eine signifikante Differenzierung der männlichen von der weiblichen Phonation möglich ist. Diese Differenzierung gelingt mit 4 der 5 eingesetzten Parameter der Analyseverfahren.²

¹ Zur Erklärung der Parameterabkürzungen vgl. Sektion 2.7. unten.

² Der Parameter zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) ist für die Differenzierung nicht relevant.

Analyseansätze	Parameter	m (N=153)	m (sd/ \bar{x})	w (N=203)	w (sd/ \bar{x})
Öffnungsquotient	OQG**	3,84 (2,06)	0,53	0,63 (1,30)	2,06
Grad Glottisöffnung	GOG***	-1,85 (2,04)	1,10	0,35 (1,16)	3,31
Steilheit Glottiswelle	SKG***	-0,55 (0,69)	1,25	-0,91 (0,90)	0,98
Unvollständigkeit glottaler Verschluss	IC**	0,27 (0,10)	0,37	0,31 (0,12)	0,38

Tabelle II.4: Akustische Parameterwerte für männliche und weibliche Normalstimmen (Mittelwerte, Standardabweichungen, Variabilitätskoeffizienten und signifikante Unterscheidungen; *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$).

Die dabei zu findenden relativ hohen Werte bei den Variabilitätskoeffizienten lassen ebenfalls auf die Existenz von innerhalb der Geschlechter vorhandenen Subgruppen schließen.

2.3.1.2.2. Stimmprofilgruppen

In den Abbildungen II.5 und II.6 werden diese Stimmprofilgruppen mit Angabe der zu ihnen gehörenden Anzahl von Personen für die Männer (Abbildung II.5) und Frauen (Abbildung II.6) dargestellt.

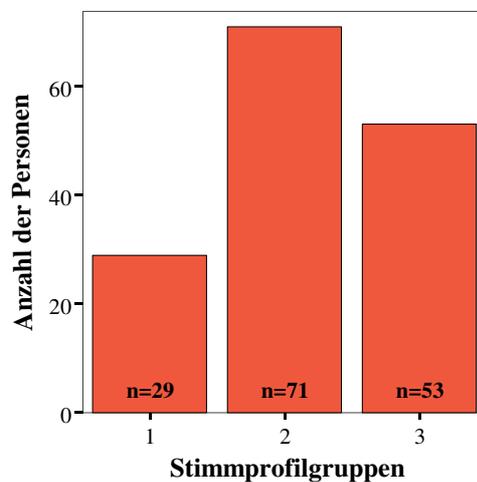


Abbildung II.5: Zahlenmäßige Aufteilung der Sprecher in Stimmprofilgruppen durch Clusteranalysen für die akustischen Daten.

Bei den Männern zeigen sich drei unterschiedlich besetzte Gruppen mit einer stufenweise vorhandenen Differenz von um die 20 Personen zwischen der kleinsten und der mittleren bzw. der mittleren und der größten Gruppe.

Die Verteilung für die Frauen besteht hingegen in zwei etwa numerisch gleich starken Gruppen und einer schwächer besetzten Gruppe.

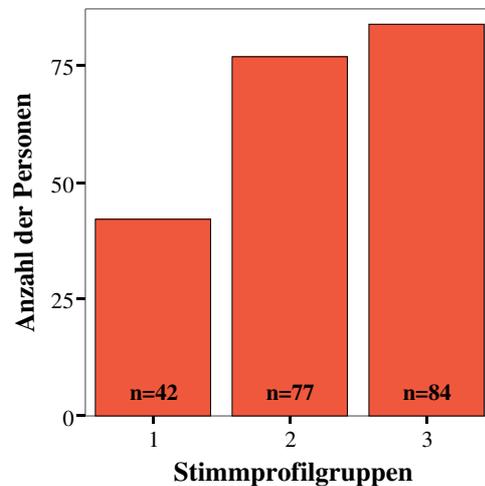


Abbildung II.6: Zahlenmäßige Aufteilung der Sprecherinnen in Stimmprofilgruppen durch Clusteranalysen für die akustischen Daten.

In der Tabelle II.5 (Männer) bzw. in der Tabelle II.6 (Frauen) werden die für die Stimmprofilgruppenbildung relevanten Parameter mit ihren entsprechenden Werten präsentiert.¹

Analyseansätze	Parameter	Wilks-Lambda	Gruppen		
			1 (n =29)	2 (n = 71)	3 (n = 53)
Öffnungsquotient	OQG	0,411	4,52 (1,70)	5,02 (1,51)	1,89 (1,34)
Grad Glottisöffnung	GOG	0,460	-4,54 (1,35)	-0,52 (1,15)	-2,15 (1,68)
Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG	0,245	-0,91 (0,40)	-0,55 (0,40)	-0,95 (0,41)

Tabelle II.5: Stimmprofilgruppen zur normalstimmlichen männlichen Phonation (Aufgenommene Parameter; Wilks-Lambda; Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$; korrekte Klassifikation 96,7%).

¹ Bei den Männern sind der Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) sowie der Parameter zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) für die Gruppenbildung nicht relevant. Bei den Frauen trifft dies für den Parameter zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) sowie für den Parameter zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) zu.

Analyseansätze	Parameter	Wilks-Lambda	Gruppen		
			1 (n =42)	2 (n = 77)	3 (n = 84)
Öffnungsquotient	OQG	0,264	2,24 (1,01)	-0,41 (0,78)	0,79 (0,84)
Grad Glottisöffnung	GOG	0,268	-0,60 (1,03)	-0,11 (0,96)	1,27 (0,64)
Steilheit Glottiswelle	SKG	0,232	-0,42 (0,69)	-1,77 (0,63)	-0,37 (0,54)

Tabelle II.6: Stimmprofilgruppen zur normalstimmlichen weiblichen Phonation (Aufgenommene Parameter; Wilks-Lambda; Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$; korrekte Klassifikation 97,5%).

Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen sind jeweils drei Parameter zur Differenzierung relevant. Dies sind bei beiden Geschlechtern die Parameter zur Glottisöffnung (OQG; GOG) sowie zusätzlich bei den Männern der Parameter zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) bzw. zusätzlich bei den Frauen derjenige zur Steilheit der Glottiswelle (SKG).

Die Abbildungen II.7 (Männer) und II.8 (Frauen) zeigen die Modelle der Diskriminanzanalyse für die erreichte Gruppenbildung anhand der akustischen Parameter.

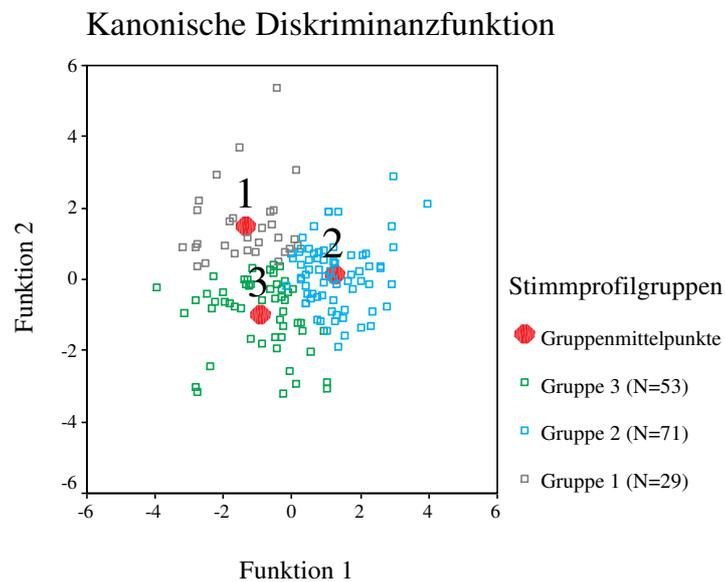


Abbildung II.7: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die männliche normalstimmliche Phonation auf der Grundlage der akustischen Parametrisierung.

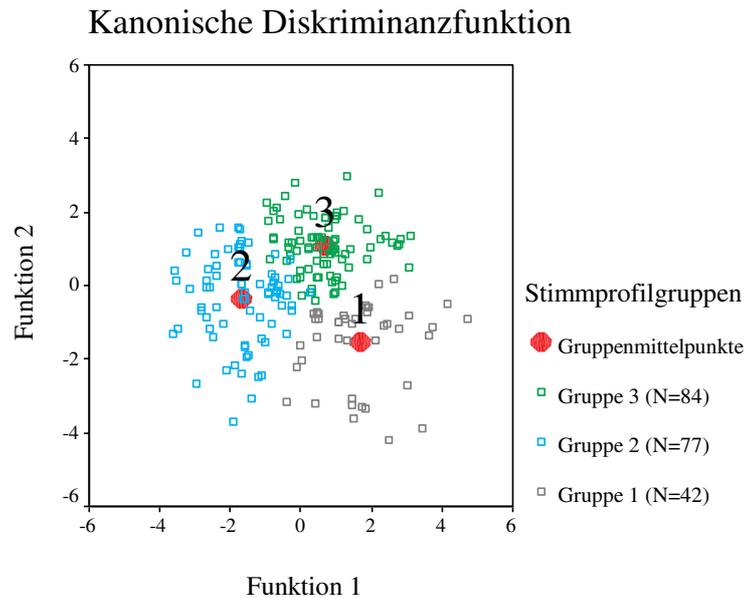


Abbildung II.8: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die weibliche normalstimmliche Phonation auf der Grundlage der akustischen Parametrisierung.

Es zeigt sich, dass die schwächer besetzten Gruppen größere individuelle Phonationsunterschiede besitzen.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass für die Phonationsgruppe der Normalstimmen eine stabile Subgruppenbildung unter Verwendung beider Analysemethoden erreicht werden kann. Innerhalb dieser Subgruppenbildung sind die individuellen Phonationsunterschiede im Vergleich mit der gesamten Phonationsgruppe jedoch erheblich reduziert worden. Diese Voraussetzungen bilden die Grundlage für die Einordnung individueller Stimmqualität innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen Phonation. Sie wird im Kapitel IV dieser Arbeit vollzogen.

2.3.2. Pathologische Stimmqualitäten

Bei pathologischen Stimmqualitäten ist oft bei Veränderungen am Organ mit größeren Anteilen irregulärer Schwingungsvorgänge zu rechnen, die mit Frequenz- und/oder Amplitudenperturbationen einhergehen. Zum andern sind bei ihnen aber auch hyper- oder hypofunktionelle Phonationsabläufe zu finden, durch die sie primär, aber auch zusätzlich zu organisch bedingten Irregularitäten sekundär zu charakterisieren sind. Dieses oftmals multidimensionale pathologische Geschehen bedingt zumindest ebenso wie bei der Normalstimme ein von Variabilität gekennzeichnetes Phonationskontinuum in der Gruppe stimmkranker Personen, das von unterschiedlichen individuellen Ausprägungen bestimmt wird. Auf Grund dieser Variabilität ist ebenfalls mit identifi-

zierbaren Subgruppierungen zu rechnen, durch die insgesamt die Breite des Kontinuums pathologischer Phonationsabläufe dokumentiert werden kann. Die zu erwartende Differenzierung bei der Subgruppenbildung muss aber im Hinblick auf die Tatsache gewertet werden, dass einzelne Parametermittelwerte innerhalb dieser Subgruppen nicht zwingend unterschiedlich im Vergleich mit Parametermittelwerten aus einer anderen pathologischen Subgruppe bzw. aus einer Subgruppe zur Normalstimme sein müssen. Vielmehr ermöglicht die Interaktion einzelner Parameterkonstellationen innerhalb der Subgruppenbildung deren statistische Existenz und somit deren Differenziertheit innerhalb des Kontinuums der normalen und pathologischen Phonationsvariationen.

2.3.2.1. Multiparametrische Stimmqualitätserfassung mit Hilfe der EGG-Parametrisierung

2.3.2.1.1. Geschlechtsdifferenzierte Stimmqualitätserfassung

Bei den pathologischen Stimmen ist ebenso wie bei den Normalstimmen zunächst zu überprüfen, ob beide Geschlechter anhand der Parametermittelwerte signifikant unterschieden werden können. Aus der Tabelle II.7 ist ersichtlich, dass diese Unterscheidung unter Berücksichtigung von 5 Parametern des EGG-Programms gelingt.¹

Analyseansätze	Parameter	m (N=267)	m (sd/ \bar{x})	w (N=267)	w (sd/ \bar{x})
Öffnungsquotient	OQ1***	57,77 (4,43)	0,07	59,54 (3,63)	0,06
Phasen des Verschlusses	SCV*	1251,22 (455,27)	0,36	1159,99 (458,26)	0,39
	SCA***	271,67 (270,75)	0,99	694,56 (535,83)	0,77
	CLA***	296,32 (168,91)	0,57	513,47 (227,86)	0,44
Phase der Öffnung	OPA***	-72,26 (18,26)	0,25	-107,88 (28,32)	0,26

Tabelle II.7: EGG-Parameterwerte für männliche und weibliche pathologische Stimmen (Mittelwerte, Standardabweichungen, Variabilitätskoeffizienten und signifikante Unterscheidungen; *** $p < 0,001$; * $p < 0,05$).

Auch hier deuten zudem die mancherorts hohen Werte der Variabilitätskoeffizienten auf eine Differenzierbarkeit in Subgruppen bei den Geschlechtern hin. Wie bei

¹ Der Parameter zur Endphase der Schließungsbewegung (ECV) sowie der Parameter zur Verschlussphase (CV) sind für die Differenzierung nicht relevant.

der normalstimmlichen Phonation gelingt bei pathologischen Stimmen mit der verwendeten Parametrisierung diese Differenzierung innerhalb der Geschlechtergruppen.

2.3.2.1.2. Stimmprofilgruppen

Die statistischen Prozeduren zur Ermittlung von Stimmprofilgruppen ergeben wie bei den Normalstimmen bei beiden Geschlechtern jeweils drei Untergruppen, wodurch auch hier die vorhandene Breite der individuellen Phonationsvariationen belegt wird. Die Aufteilung der Personen zu diesen Gruppen ist aus der Abbildung II.9 für die männlichen Patienten und aus der Abbildung II.10 für die weiblichen Patienten zu entnehmen.

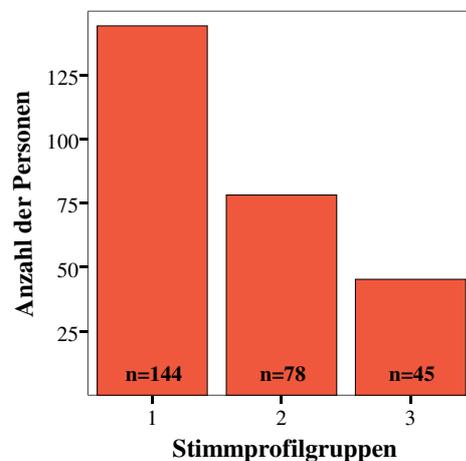


Abbildung II.9: Zahlenmäßige Aufteilung der Patienten in Stimmprofilgruppen durch Clusteranalysen für die EGG-Daten.

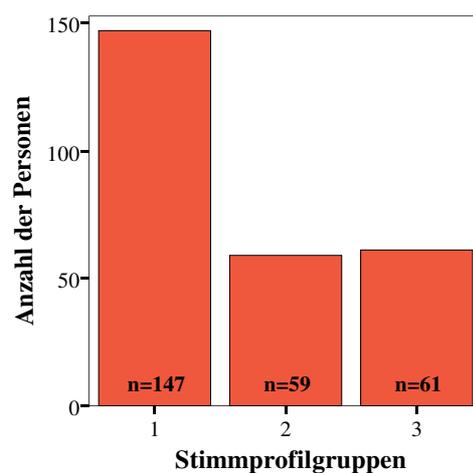


Abbildung II.10: Zahlenmäßige Aufteilung der Patientinnen in Stimmprofilgruppen durch Clusteranalysen für die EGG-Daten.

Es zeigt sich sowohl für die Männer als auch für die Frauen, dass eine Gruppe sehr stark besetzt ist, die beiden anderen Gruppen hingegen schwächer besetzt sind. Die Parametermittelwerte (mit Standardabweichung) der Stimmprofilgruppen sowie der Wilks-Lambda-Wert der Parameter werden in der Tabelle II.8 für die Männer und in der Tabelle II.9 für die Frauen dargelegt.¹

Analyseansatz	Parameter	Wilks-Lambda	Gruppen		
			1 (n=144)	2 (n = 78)	3 (n = 45)
Phasen des Verschlusses	SCV	0,303	1074,81 (324,47)	1746,80 (331,16)	956,76 (305,01)
	SCA	0,230	183,59 (153,58)	257,07 (181,82)	578,84 (131,42)
	ECV	0,243	796,44 (218,78)	1245,80 (359,10)	1432,20 (397,28)
	CV	0,245	912,38 (221,89)	1501,88 (302,04)	1398,59 (279,18)

Tabelle II.8: Stimmprofilgruppen zur pathologischen männlichen Phonation (Aufgenommene Parameter; Wilks-Lambda; Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$; korrekte Klassifikation 95,5%).

Analyseansatz	Parameter	Wilks-Lambda	Gruppen		
			1 (n=147)	2 (n = 59)	3 (n = 61)
Phasen des Verschlusses	SCV	0,248	1085,59 (302,64)	1736,29 (338,49)	781,87 (334,49)
	SCA	0,256	427,85 (260,83)	578,23 (310,48)	1449,82 (496,62)
	ECV	0,178	894,64 (190,29)	1280,75 (293,63)	1213,76 (285,06)
	CV	0,185	970,82 (195,50)	1434,68 (293,79)	1414,77 (328,24)

Tabelle II.9: Stimmprofilgruppen zur pathologischen weiblichen Phonation (Aufgenommene Parameter; Wilks-Lambda; Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$; korrekte Klassifikation 96,3%).

Aus den Tabellen geht hervor, dass jeweils dieselben Parameter bei den beiden Geschlechtern für die Gruppenunterscheidungen vorhanden sind. Diese Parameter erweisen sich als sehr relevant für die Unterscheidung (geringe Wilks-Lambda-Werte). Darüber hinaus beinhaltet eine Überprüfung der Patientenzuordnung zu den präsentierten Stimmprofilgruppen eine korrekte Klassifizierung mit einem hohen Prozentsatz an Treffergenauigkeit ($> 95\%$), so dass auch diese Gruppen zur Definition von pathologischen Referenzprofilen bestens geeignet sind.

¹ Bei den Männern und bei den Frauen sind der Parameter zum Öffnungsquotienten (OQ1), der Parameter zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) sowie der Parameter zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) nicht relevant für die Gruppenbildung.

In den Abbildungen II.11 für die Männer und II.12 für die Frauen werden die Modelle der Diskriminanzanalyse für die erreichte Gruppenbildung verdeutlicht.

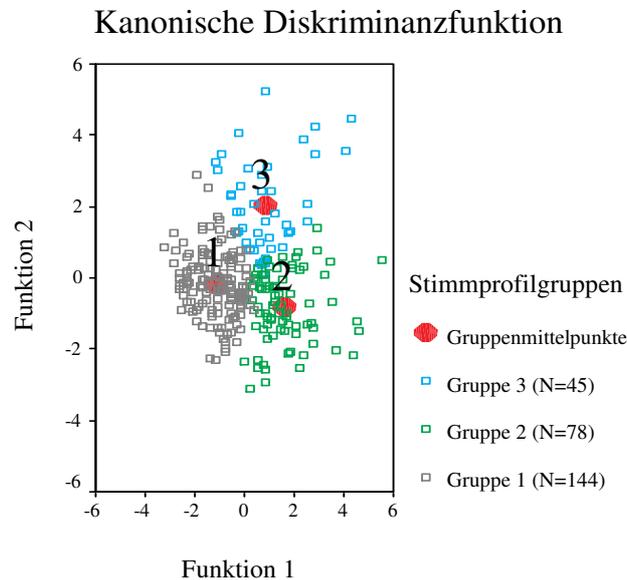


Abbildung II.11: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die männliche pathologische Phonation auf der Grundlage der EGG-Parametrisierung.

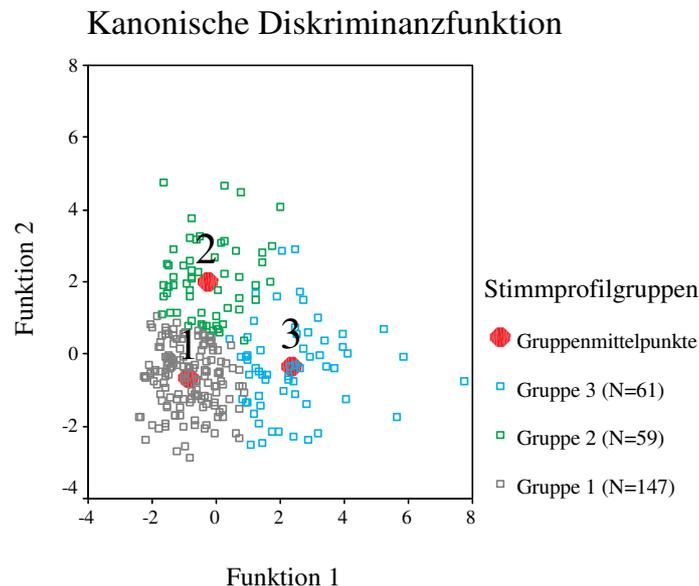


Abbildung II.12: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die weibliche pathologische Phonation auf der Grundlage der EGG-Parametrisierung.

Aus der Abbildung II.11 für die männlichen Patienten geht hervor, dass die individuellen Phonationsunterschiede ebenso wie bei der Phonationsgruppe der Normalstimmen bei der am schwächsten besetzten Gruppe 3 sehr ausgeprägt sind. Bei den

Frauen hingegen (Abbildung II.12) zeigen sich 2 Gruppen mit mehr Unterschieden (Gruppe 2 und Gruppe 3). Den bisher aufgezeigten Tendenzen entsprechend sind diese Gruppen beide schwächer besetzt.

2.3.2.2. Multiparametrische Stimmqualitätserfassung mit Hilfe der akustischen Parameterisierung

2.3.2.2.1. Geschlechtsdifferenzierte Stimmqualitätserfassung

Bei der geschlechtsdifferenzierten Stimmqualitätserfassung können für die pathologischen Stimmen unter Verwendung der akustischen Parameter ebenfalls sich unterscheidende Stimmprofile präsentiert werden, was aus Tabelle II.10 zu ersehen ist.

Analyseansätze	Parameter	m (N=151)	m (sd/ \bar{x})	w (N=199)	w (sd/ \bar{x})
Öffnungsquotient	OQG*	3,84 (2,70)	0,70	3,12 (2,50)	0,80
Steilheit Glottiswelle	SKG**	-0,01 (0,01)	1	-0,31 (0,79)	2,5
Geschwindigkeit glottaler Verschluss	RCG**	-0,40 (0,55)	1,3	-0,56 (0,47)	0,83

Tabelle II.10: Akustische Parameterwerte für männliche und weibliche pathologische Stimmen (Mittelwerte, Standardabweichungen, Variabilitätskoeffizienten und signifikante Unterscheidungen; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Die Darlegung der geschlechtsbezogen unterschiedlichen Phonationsabläufe gelingt hier unter Verwendung des Parameters zum Öffnungsquotienten (OQG) sowie unter Berücksichtigung der Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) bzw. zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG).¹ Durch die Differenzierungsmöglichkeiten wird wie bei den Normalstimmen die Forderung nach einer getrennten Analyse von männlichen und weiblichen Stimmen mit pathologischem Hintergrund unterstrichen.

2.3.2.2.2. Stimmprofilgruppen

Differenzierte Stimmprofilgruppen lassen sich bei den pathologischen Daten auch unter Verwendung der akustischen Parameterisierung definieren. Bei den Männern erscheinen zwei stärkere Gruppen und eine schwächere Gruppe. Bei den Frauen sind drei

¹ Der Parameter zum Grad der Glottisöffnung (GOG) sowie der Parameter zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) sind für die Differenzierung nicht relevant.

nicht stark unterschiedlich besetzte Gruppen zu erkennen. In den Abbildungen II.13 und II.14 wird diese Entwicklung verdeutlicht.

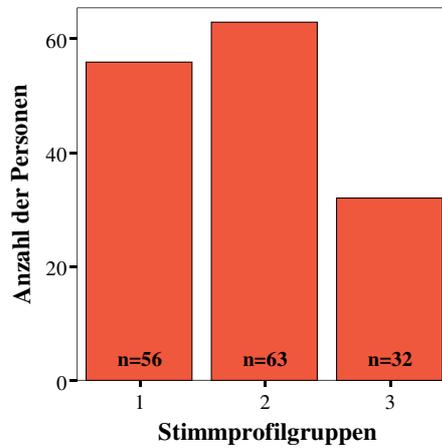


Abbildung II.13: Zahlenmäßige Aufteilung der Patienten in Stimmprofilgruppen durch Clusteranalysen für die akustischen Daten.

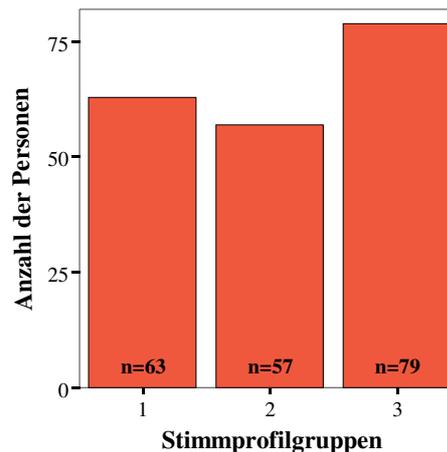


Abbildung II.14: Zahlenmäßige Aufteilung der Patientinnen in Stimmprofilgruppen durch Clusteranalysen für die akustischen Daten.

Die entsprechenden Daten zu den Stimmprofilgruppen werden in den Tabellen II.11 (Männer) und II.12 (Frauen) geliefert.¹

¹ Bei den Männern und bei den Frauen sind der Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG), der Parameter zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) sowie der Parameter zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) für die Gruppenbildung nicht relevant.

Analyseansätze	Parameter	Wilks-Lambda	Gruppen		
			1 (n =56)	2 (n =63)	3 (n =32)
Öffnungsquotient	OQG	0,352	5,95 (1,81)	1,51 (1,73)	4,72 (1,88)
Grad Glottisöffnung	GOG	0,435	0,16 (1,19)	0,38 (1,49)	-4,43 (1,66)

Tabelle II.11: Stimmprofilgruppen zur pathologischen männlichen Phonation (Aufgenommene Parameter; Wilks-Lambda; Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$; korrekte Klassifikation 96,0%).

Analyseansätze	Parameter	Wilks-Lambda	Gruppen		
			1 (n =63)	2 (n =57)	3 (n =79)
Öffnungsquotient	OQG	0,362	5,47 (1,60)	3,73 (1,58)	0,80 (1,40)
Grad Glottisöffnung	GOG	0,364	0,08 (1,27)	-3,16 (1,40)	0,65 (1,06)

Tabelle II.12: Stimmprofilgruppen zur pathologischen weiblichen Phonation (Aufgenommene Parameter; Wilks-Lambda; Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$; korrekte Klassifikation 96,5%).

Es zeigt sich für beide Geschlechter, dass jeweils nur 2 (OQG, GOG) der 5 Analyseparameter zur Subgruppendefinition relevant sind. Die Differenzierungskraft der Parameter (Wilks-Lambda) sowie die Relevanz der Subgruppenbildung bezüglich einer korrekten Klassifikation ($> 96\%$) belegen ihre berechnete Verwendung bei der anstehenden Definition der Referenzprofile.

In den Abbildungen II.15 (Männer) und II.16 (Frauen) werden wiederum die Modelle der Diskriminanzanalyse verdeutlicht.

Kanonische Diskriminanzfunktion

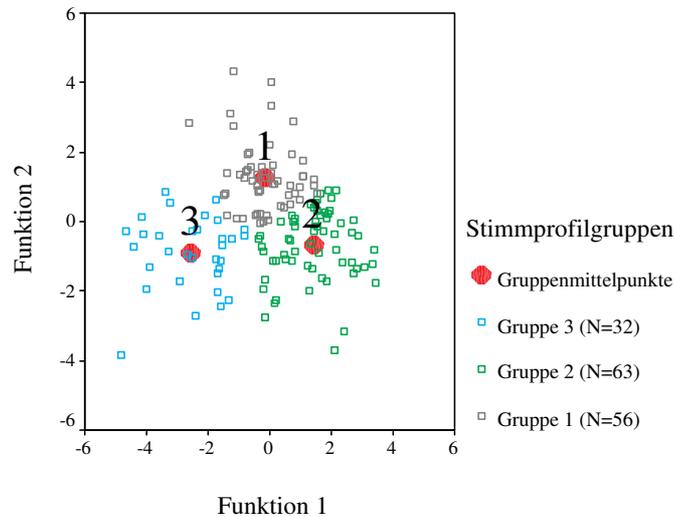


Abbildung II.15: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die männliche pathologische Phonation auf der Grundlage der akustischen Parametrisierung.

Kanonische Diskriminanzfunktion

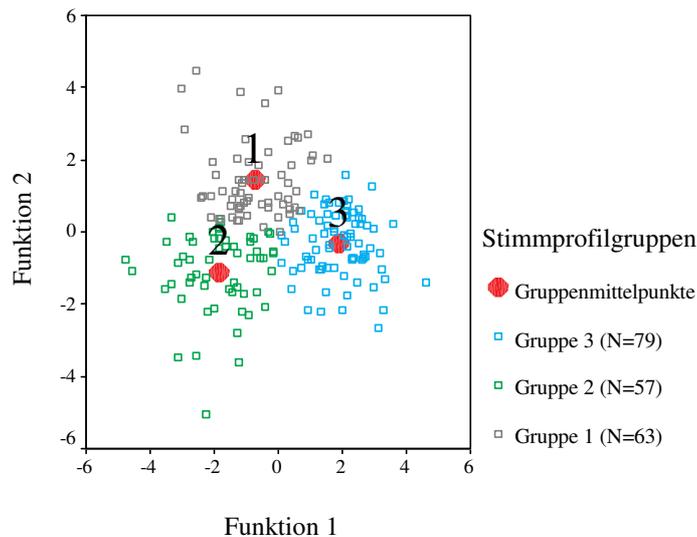


Abbildung II.16: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die weibliche pathologische Phonation auf der Grundlage der akustischen Parametrisierung.

Auch hier ist die Tendenz zu erkennen, dass die Gruppe mit der größten Patientenzahl die geringsten individuellen Phonationsunterschiede widerspiegelt. Die vorhandenen Überlappungen bei den Gruppenmitgliedern bzw. ihre engere Gruppierung um den Gruppenmittelpunkt verdeutlicht diese Tendenz.

2.4. Dimensionierung der Stimmprofilgruppen unter analysebezogenen Aspekten

Ein Vergleich der relevanten elektroglottographischen und akustischen Parameter für die vollzogene Definition von Subgruppen lässt erkennen, dass sich für die beiden Analysensysteme offensichtlich Parameter herauskristallisiert haben, die unterschiedliche Bereiche des normalstimmlichen und pathologischen Phonationsablaufs analytisch betreffen und somit in ihrer Funktion bei der Charakterisierung der Stimmgebung als komplementär betrachtet werden können. Auf die Bedeutung dieser Komplementarität für die Stimmqualitätsdifferenzierung wird in der zusammenfassenden Diskussion der Ergebnisse näher eingegangen.

Die Komplementarität ist zum einen anhand von Korrelationsberechnungen (Pearson) nachzuweisen, die für beide Phonationsgruppen geschlechtsspezifisch vollzogen keine Zusammenhänge zwischen den elektroglottographischen Parametern und den Parametern des akustischen Analysensystems erkennen lassen. Zum anderen ist sie auch anhand von Kreuztabellen zu belegen, in denen die Clusterbildungen der beiden Analysemethoden bezüglich der numerischen (und prozentualen) Verteilung der Personen in den einzelnen Clustern gegenübergestellt werden. Die einzelnen Cluster repräsentieren die oben angeführten geschlechtsspezifischen Stimmprofilgruppen (Subgruppen) zur normalen und pathologischen Phonation. Ein Chi-Quadrat-Test (Pearson) überprüft die Unabhängigkeit der beiden Variablen, die zum einen die elektroglottographisch erreichte Subgruppenbildung (= Variable 1) und zum anderen die akustisch erreichte Subgruppenbildung (= Variable 2) in den Kreuztabellen beinhalten. In der Tabelle II.13 werden die Ergebnisse zu den männlichen Normalstimmen angeführt.

	EGG – Clustereinteilung	Akustik - Clustereinteilung			Gesamt
		1	2	3	
Anzahl	1	11 (16,2%)	33 (48,5%)	24 (35,3%)	68 (100%)
	2	5 (22,7%)	8 (36,4%)	9 (40,9%)	22 (100%)
	3	13 (20,6%)	30 (47,6%)	20 (31,7%)	63 (100%)
	Gesamt	29 (19,0%)	71 (46,4%)	53 (34,6%)	153 (100%)

Tabelle II.13: Kreuztabelle mit elektroglottographischer und akustischer Clustereinteilung für die männlichen normalstimmlichen Personen (Numerische und prozentuale Verteilung der Personen in den jeweiligen Clustern).

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass bezüglich der Analysemethoden eine unterschiedliche Zuordnung der Personen zu den Clustern vorhanden ist. Diese Zuordnung ist am Beispiel der Personenverteilung für das erste Cluster zur elektroglottographischen Analyse im Vergleich zu ihrer Verteilung durch die akustische Analyse

semethode zu verdeutlichen: Im ersten EGG-Cluster sind 68 Personen von insgesamt 153 Personen, die bei der Analyse berücksichtigt wurden, vorhanden. Diese 68 Personen befinden sich bei der akustischen Analyse in unterschiedlichen Clustern (11 Personen (16,2%) in Cluster 1; 33 Personen (48,5%) in Cluster 2; 24 Personen (35,3%) in Cluster 3). Diese unterschiedliche Verteilung belegt, dass Stimmen, die bei der elektroglottographischen Analyse auf Grund von phonatorischen Gemeinsamkeiten in einem Cluster zusammengefasst werden, bei der akustischen Analyse offenbar nicht zusammen klassifiziert werden, sondern in unterschiedliche Cluster verteilt werden. Durch diese unterschiedliche Verteilung wird verdeutlicht, dass der akustische Analyseansatz offenbar andere Phonationscharakteristika der Personen erfasst, was zu ihrer Verteilung in unterschiedliche Cluster geführt hat. Durch dieses Ergebnis wird der komplementäre Charakter der beiden Analysesysteme bezüglich des Analyseansatzes und der Analyseschwerpunkte offenkundig. Die statistische Überprüfung der Unabhängigkeit der beiden Variablen wird durch das Ergebnis zu einem Chi-Quadrat-Test bestätigt (Chi-Quadrat = 1,510; df 4; p = 0,825).

Aus der Tabelle II.14, die die Personeneinteilung bei den elektroglottographisch und akustisch gewonnenen Clustern für die gesunden Frauen beinhaltet, wird diese Tendenz ebenfalls ersichtlich (Chi-Quadrat = 2,781; df 4; p = 0,595).

	EGG – Clustereinteilung	Akustik - Clustereinteilung			Gesamt
		1	2	3	
Anzahl	1	12 (19,4%)	28 (45,2%)	22 (35,5%)	62 (100%)
	2	18 (19,4%)	34 (36,6%)	41 (44,1%)	93 (100%)
	3	12 (25,0%)	15 (31,3%)	21 (43,8%)	48 (100%)
	Gesamt	42 (20,7%)	77 (37,9%)	84 (41,4%)	203 (100%)

Tabelle II.14: Kreuztabelle mit elektroglottographischer und akustischer Clustereinteilung für die weiblichen normalstimmlichen Personen (Numerische und prozentuale Verteilung der Personen in den jeweiligen Clustern).

Entsprechend fallen auch die Ergebnisse zu den männlichen und weiblichen Patienten aus, wie aus der Tabelle II.15 für die Männer (Chi-Quadrat = 6,683; df 4; p = 0,154) und der Tabelle II.16 für die Frauen (Chi-Quadrat = 1,575; df 4; p = 0,814) zu ersehen ist.

	EGG – Clustereinteilung	Akustik - Clustereinteilung			Gesamt
		1	2	3	
Anzahl	1	30 (38,5%)	32 (41,0%)	16 (20,5%)	78 (100%)
	2	20 (44,4%)	19 (42,2%)	6 (13,3%)	45 (100%)
	3	6 (21,4%)	12 (42,9%)	10 (35,7%)	28 (100%)
	Gesamt	56 (37,1%)	63 (41,7%)	32 (21,2%)	151 (100%)

Tabelle II.15: Kreuztabelle mit elektrolottographischer und akustischer Clustereinteilung für die männlichen Patienten (Numerische und prozentuale Verteilung der Personen in den jeweiligen Clustern).

	EGG – Clustereinteilung	Akustik - Clustereinteilung			Gesamt
		1	2	3	
Anzahl	1	33 (30,8%)	34 (31,8%)	40 (37,4%)	107 (100%)
	2	17 (35,4%)	11 (22,9%)	20 (41,7%)	48 (100%)
	3	13 (29,5%)	12 (27,3%)	19 (43,2%)	44 (100%)
	Gesamt	63 (31,7%)	57 (28,6%)	79 (39,7%)	199 (100%)

Tabelle II.16: Kreuztabelle mit elektrolottographischer und akustischer Clustereinteilung für die weiblichen Patienten (Numerische und prozentuale Verteilung der Personen in den jeweiligen Clustern).

Folglich wird bei der Betrachtung der Stimmprofilgruppenbildung (Clusterbildung) bei den pathologischen Sprechern dieselbe Tendenz bezüglich der Analyseansätze an den Tag gelegt. Dadurch wird ihre Eigenschaft, sich in den Analyseschwerpunkten zu ergänzen, auch anhand pathologischer Daten belegt.

2.5. Differenzierung der beiden Phonationsgruppen und Überprüfung der Probandenzuordnung

In dieser Sektion werden die beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen und pathologische Stimmen) zunächst anhand der Parametrisierungen der beiden Analyseansätze auf signifikante Unterscheidungen hin untersucht. Danach erfolgt eine Überprüfung der Zuordnung der an der Untersuchung teilnehmenden Probanden (Normalstimmliche Personen und Patienten) zu einer der beiden Phonationsgruppen. Diese Überprüfung geht anhand instrumenteller Daten der Frage nach der Korrektheit der ursprünglich klassifizierten Probanden in eine der beiden Phonationsgruppen nach.

Die Präsentation der Parameterwerte sowie die Präsentation der Ergebnisse zur Überprüfung der Zuordnung zu einer der beiden Gruppen erfolgt geschlechts- und analysespezifisch.

2.5.1. Elektrolottographische Differenzierung

Durch den Nachweis einer generellen Differenzierungsmöglichkeit zwischen gesunder und pathologischer Phonation unter Verwendung der elektrolottographischen Parameter kann deren Relevanz für die instrumentelle Dimensionierung von Stimmprofilen zunächst herausgestellt werden. In der Tabelle II.17 werden die Parameter angeführt, mit Hilfe derer diese Differenzierung für die männlichen Probanden signifikant gelingt.

Analyseansätze	Parameter	Normalstimmen (N=267)	Pathologische Stimmen (N=267)
Öffnungsquotient	OQ1**	56,58 (3,32)	57,77 (4,43)
Phasen des Verschlusses	SCV***	946,01 (568,50)	1251,22 (455,27)
	SCA**	369,04 (387,34)	271,67 (270,75)
	CV**	1313,90 (589,85)	1166,54 (377,92)
	CLA***	453,29 (311,63)	296,32 (168,91)
Phase der Öffnung	OPA***	-98,54 (48,17)	-72,26 (18,26)

Tabelle II.17: EGG-Parameterwerte für die männliche normalstimmliche und pathologische Phonation (Mittelwerte, Standardabweichungen und signifikante Unterscheidungen; *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$).

Offensichtlich können die beiden Gruppen durch 6 von 7 Parametern des Programms unterschieden werden.¹

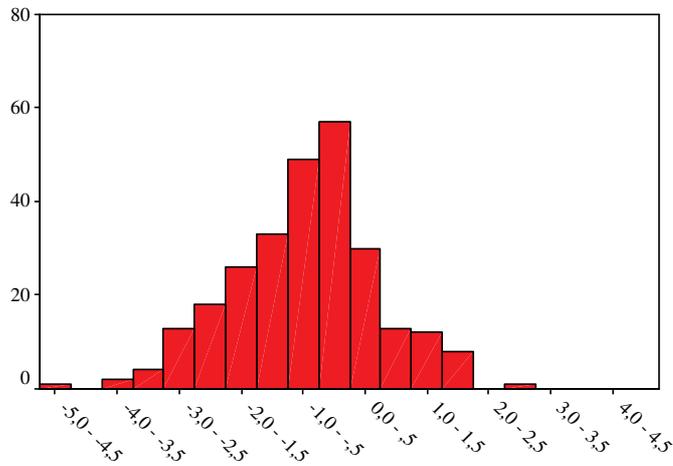
Die Überprüfung der Zuordnung der Probanden zu der Phonationsgruppe der Normalstimmen bzw. zu derjenigen der pathologischen Stimmen lässt jedoch bei der ursprünglichen Klassifizierung eine relative Zuordnungsüberlappung im Vergleich der beiden Gruppen erkennen.

Aus der Abbildung II.17 wird dies bei einem Vergleich der Werte der Diskriminanzfunktion zu den Normalstimmen mit denjenigen zu den pathologischen Stimmen ersichtlich.

¹ Der Parameter zur Endphase der Schließungsbewegung (ECV) ist für die Differenzierung nicht relevant.

Kanonische Diskriminanzfunktion 1

Normalstimmen



Kanonische Diskriminanzfunktion 1

Pathologische Stimmen

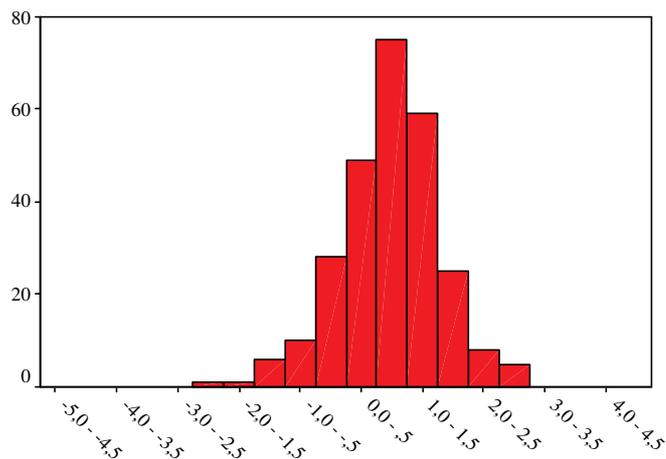


Abbildung II.17: Verteilung der Werte der Diskriminanzfunktion für die Phonationsgruppe der männlichen Normalstimmen und männlichen pathologischen Stimmen auf der Grundlage der elektroglottographischen Parametrisierung (N = 534).

Diese Zuordnungsüberlappung wird anhand des Klassifizierungsergebnisses (Korrekte Klassifikation 79,4%) bestätigt.

Bei den Frauen gelingt ebenfalls eine signifikante Unterscheidung der Phonationsgruppen anhand der EGG-Parametrisierung, was in der Tabelle II.18 gezeigt wird.

Analyseansätze	Parameter	Normalstimmen (N=267)	Pathologische Stimmen (N=267)
Öffnungsquotient	OQ1**	58,59 (3,47)	59,54 (3,63)
Phasen des Verschlusses	SCV*	1066,57 (657,50)	1159,99 (458,26)
	SCA***	1192,20 (908,88)	694,56 (535,83)
	ECV**	1152,22 (394,69)	1052,87 (297,14)
	CV***	1452,04 (489,18)	1174,75 (339,53)
	CLA***	750,15 (335,25)	513,47 (227,86)
Phase der Öffnung	OPA***	-128,93 (34,63)	-107,88 (28,32)

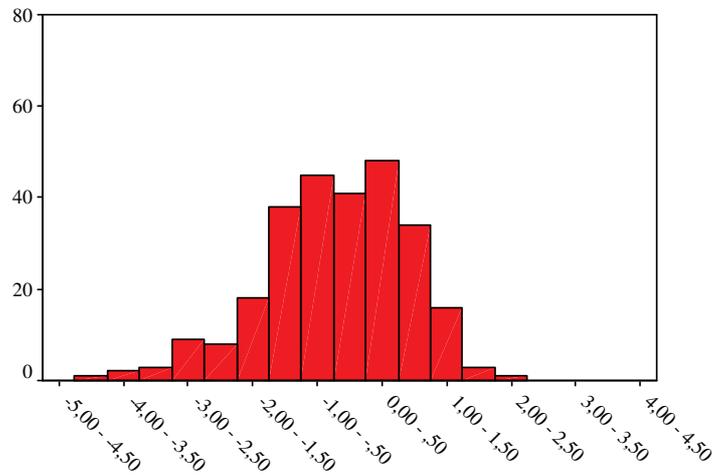
Tabelle II.18: EGG-Parameterwerte für die weibliche normalstimmliche und pathologische Phonation (Mittelwerte, Standardabweichungen und signifikante Unterscheidungen; *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Bei ihnen ist sie gegensätzlich zu den Männern mit allen Parametern des Parametersatzes möglich.

Die Überprüfung der ursprünglichen Probandinnenzuordnung beinhaltet für sie hingegen ein geringeres Klassifizierungsergebnis (Korrekte Klassifikation 68,9%) als bei den Männern. Aus der Abbildung II.18 wird dies durch einen Vergleich der Werte der Diskriminanzfunktion zu den Normalstimmen mit denjenigen zu den pathologischen Stimmen erkennbar.

Kanonische Diskriminanzfunktion 1

Normalstimmen



Kanonische Diskriminanzfunktion 1

Pathologische Stimmen

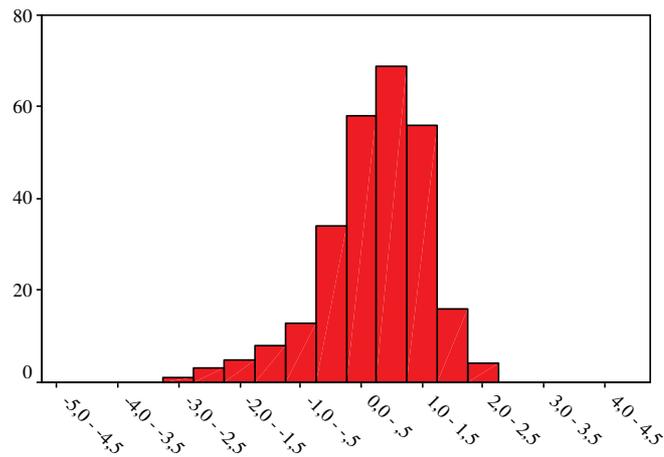


Abbildung II.18: Verteilung der Werte der Diskriminanzfunktion für die Phonationsgruppe der weiblichen Normalstimmen und weiblichen pathologischen Stimmen auf der Grundlage der elektroglottographischen Parametrisierung (N = 534).

Auch hier liegt eine aus dem Abbildungsvergleich erkennbare relative Zuordnungsüberlappung der Probandinnen vor.

2.5.2. Akustische Differenzierung

In der Tabelle II.19 werden die Ergebnisse zur akustischen Differenzierung der beiden Phonationsgruppen anhand der Parameter für die männlichen Sprecher verdeutlicht.¹

Analyseansätze	Parameter	Normalstimmen (N=153)	Pathologische Stimmen (N=151)
Grad Glottisöffnung	GOG	-1,85 (2,04)	-0,72 (2,40)
Steilheit Glottiswelle	SKG	-0,55 (0,69)	-0,01 (0,01)
Geschwindigkeit glottaler Verschluss	RCG	-0,76 (0,44)	-0,40 (0,55)

Tabelle II.19: Akustische Parameterwerte für die männliche normalstimmliche und pathologische Phonation (Mittelwerte, Standardabweichungen; $p < 0,001$).

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, gelingt die signifikante Unterscheidung bei der Gruppen anhand von 3 Parametern (Parameter zum Öffnungsquotient und zwei Parameter zum glottalen Verschluss).

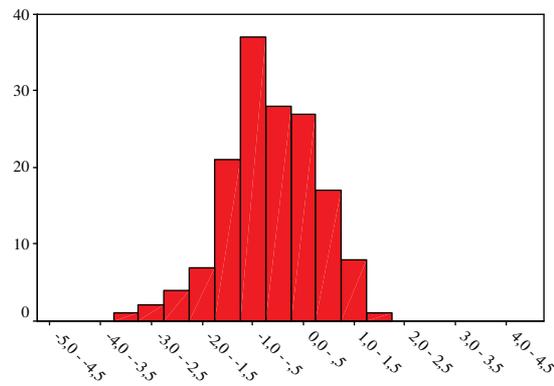
Die Überprüfung des ursprünglichen Klassifizierungsergebnisses ist aber bei einer erzielten Treffergenauigkeit von 66,8% recht unbefriedigend

Aus der Abbildung II.19 kann durch einen Vergleich der Diskriminanzfunktion zu den Normalstimmen mit derjenigen zu den pathologischen Stimmen die Zuordnungsüberlappung gut erkannt werden.

¹ Der Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG) sowie der Parameter zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) sind für die Differenzierung nicht relevant.

Kanonische Diskriminanzfunktion 1

Normalstimmen



Kanonische Diskriminanzfunktion 1

Pathologische Stimmen

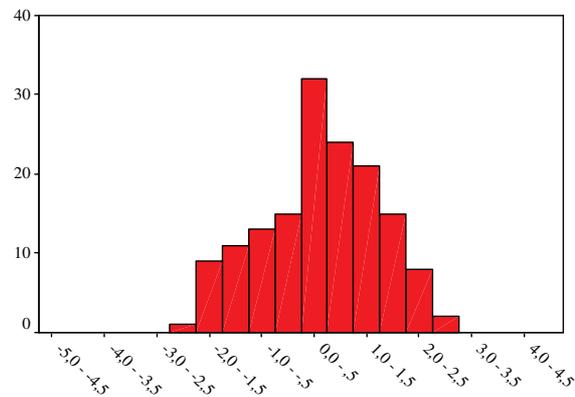


Abbildung II.19: Verteilung der Werte der Diskriminanzfunktion für die Phonationsgruppe der männlichen Normalstimmen und männlichen pathologischen Stimmen auf der Grundlage der akustischen Parametrisierung (N = 304).

Bei den Frauen können die Phonationsgruppen wiederum mit allen Parametern des Programms signifikant unterschieden werden, was aus der Tabelle II.20 hervorgeht.

Analyseansätze	Parameter	Normalstimmen (N=203)	Pathologische Stimmen (N=199)
Öffnungsquotient	OQG***	0,63 (1,30)	3,12 (2,50)
Grad Glottisöffnung	GOG***	0,35 (1,16)	0,62 (2,04)
Steilheit Glottiswelle	SKG***	-0,91 (0,90)	-0,31 (0,79)
Geschwindigkeit glottaler Verschluss	RCG***	-0,78 (0,48)	-0,56 (0,47)
Unvollständigkeit glottaler Verschluss	IC*	0,29 (0,11)	0,31 (0,12)

Tabelle II.20: Akustische Parameterwerte für die weibliche normalstimmliche und pathologische Phonation (Mittelwerte, Standardabweichungen und signifikante Unterscheidungen; *** $p < 0,001$; * $p < 0,05$).

Die Überprüfung der ursprünglichen Zuordnung der Probandinnen zu den beiden Phonationsgruppen lässt auch bei ihnen Klassifikationsdefizite erkennen (Korrekte Klassifikation 76,4%). Der Vergleich der Werte zur normalstimmlichen Diskriminanzfunktion mit den Werten zur pathologischen Diskriminanzfunktion veranschaulicht dieses Ergebnis. Es ist aus der Abbildung II.20 zu ersehen.

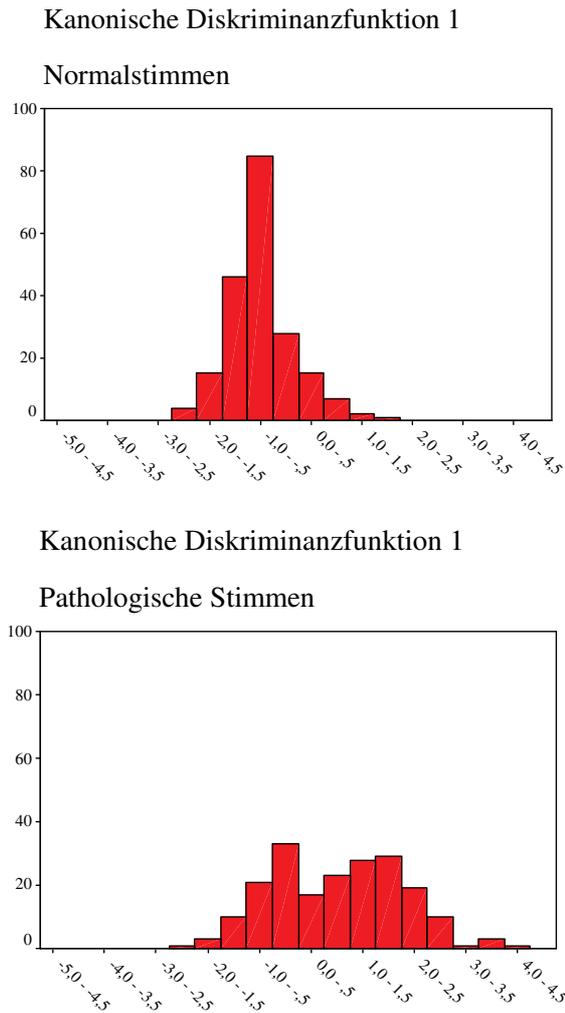


Abbildung II.20: Verteilung der Werte der Diskriminanzfunktion für die Phonationsgruppe der weiblichen Normalstimmen und weiblichen pathologischen Stimmen auf der Grundlage der akustischen Parametrisierung (N = 402).

Auch hier liegt eine Durchmischung der Probandenzuordnung vor.

Zusammenfassend wird zunächst anhand der Ergebnisse in dieser Sektion deutlich, dass die Parameter beider Analysemethoden in unterschiedlichem Ausmaß für eine signifikante geschlechtsbezogene Unterscheidung der beiden Phonationsgruppen geeignet sind. Hierbei ist die Tendenz zu erkennen, dass die Unterscheidung der weiblichen Signale bei beiden Analysemethoden durch eine größere Anzahl von Parametern gelingt als diejenige für die männlichen Signale.

Die Überprüfung der Korrektheit der Klassifikation der ursprünglich gruppierten Probanden zu den beiden Phonationsgruppen (66,8% bis 79,4%) lässt die Tendenz eines phonationsbezogen fließenden Übergangs zwischen den beiden Gruppen erkennen.

2.6. Kontinuität der stimmlichen Ausprägung bei Subgruppen zur normalen und pathologischen Phonation

In der Sektion 2.5. wird trotz signifikanter Unterscheidung der vordefinierten Phonationsgruppen (Normalstimmen und pathologische Stimmen) von einer relativ geringen Korrektheit der Klassifikation der ursprünglich gruppierten Probanden zu den beiden Gruppen berichtet. Dadurch wird zum einen auf ein zwischen den Gruppen vorhandenes Phonationskontinuum verwiesen. Zum andern wird dadurch aber auch die Notwendigkeit der in 2.3.1 und 2.3.2. vollzogene Stimmprofilgruppendefinition (Subgruppendefinition) zu den beiden Phonationsgruppen bestätigt. Unter Verwendung dieser korrekt klassifizierten Subgruppen (> 95%) soll schließlich in einem zweiten Schritt der Frage nachgegangen werden, ob das für die beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen und pathologischen Stimmen) festgestellte Phonationskontinuum auch bei differenzierteren Subgruppenbildungen vorhanden ist.

Folglich bleibt in der vorliegenden Sektion also zu untersuchen, ob es auch bei einem Vergleich der normalstimmlichen mit den pathologischen Subgruppen bezüglich ihrer Probandenzuordnung sog. „Zuordnungsüberlappungen“ gibt. Durch eventuell vorhandene Zuordnungsüberlappungen kann das bereits erwähnte Phonationskontinuum dann auch anhand differenzierterer Subgruppen nachgewiesen werden:

In den Abbildungen II.21 (EGG) und II.22 (Akustik) werden Zuordnungsüberlappungen bei den männlichen normalstimmlichen Subgruppen im Vergleich mit den männlichen pathologischen Subgruppen dargestellt.

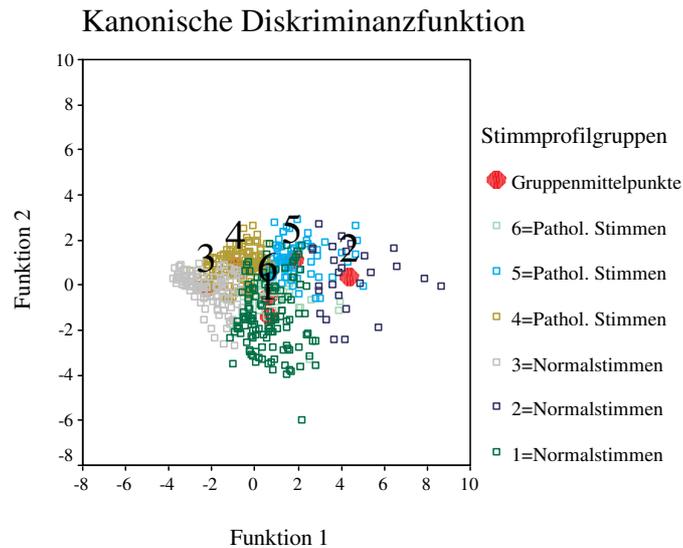


Abbildung II.21: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die männliche normalstimmliche und pathologische Phonation auf der Grundlage der elektroglogotographischen Parametrisierung (N = 534).

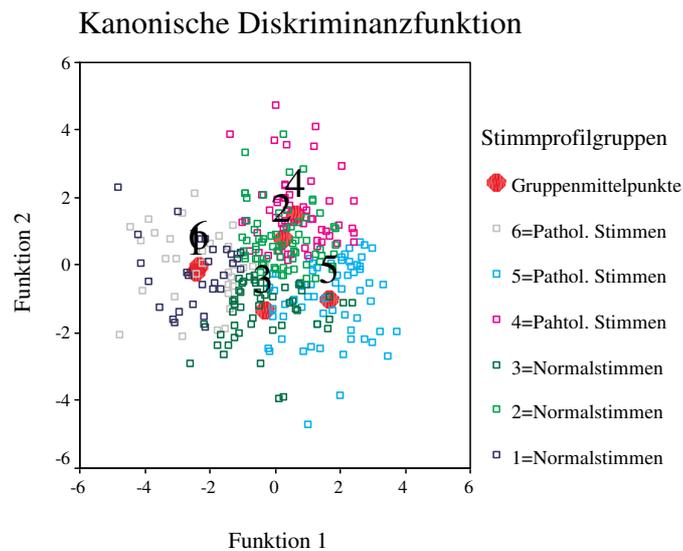


Abbildung II.22: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die männliche normalstimmliche und pathologische Phonation auf der Grundlage der akustischen Parametrisierung (N = 304).

Aus beiden Abbildungen ist klar zu ersehen, dass bei einigen normalstimmlichen und pathologischen Profilgruppen Zuordnungsüberlappungen vorhanden sind. Für die Klassifizierung anhand des EGG-Programms und der akustischen Analysemethode wird dies durch die Gruppen 1 (Normalstimmen) und 6 (Pathologische Stimmen) am besten verdeutlicht. Dieser Entwicklung entsprechend liegt jetzt die korrekte Klas-

sifikation anhand der EGG-Parameter bei 77,7%. Anhand der akustischen Parameter kann nur eine Klassifikation von 65,5% Prozent nachgewiesen werden.

In den Abbildungen II.23 (EGG) und II.24 (Akustik) werden die Zuordnungsüberlappungen für die Frauen gezeigt.

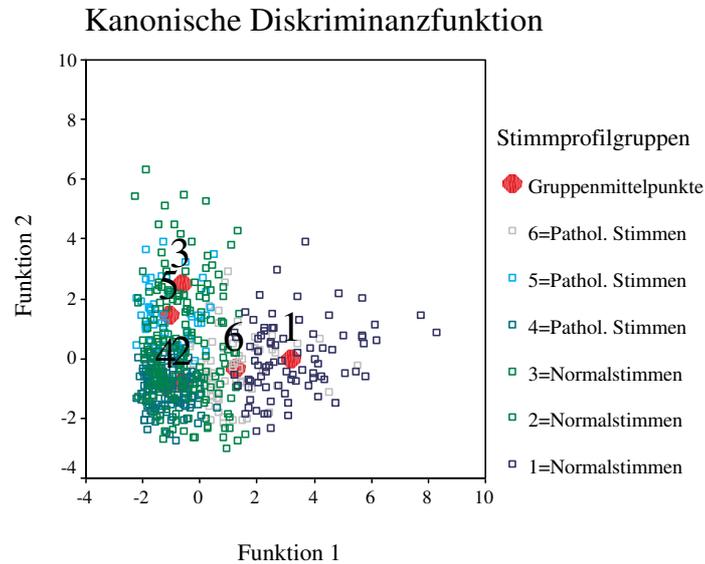


Abbildung II.23: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die weibliche normalstimmliche und pathologische Phonation auf der Grundlage der elektroglogtographischen Parametrisierung (N = 534).

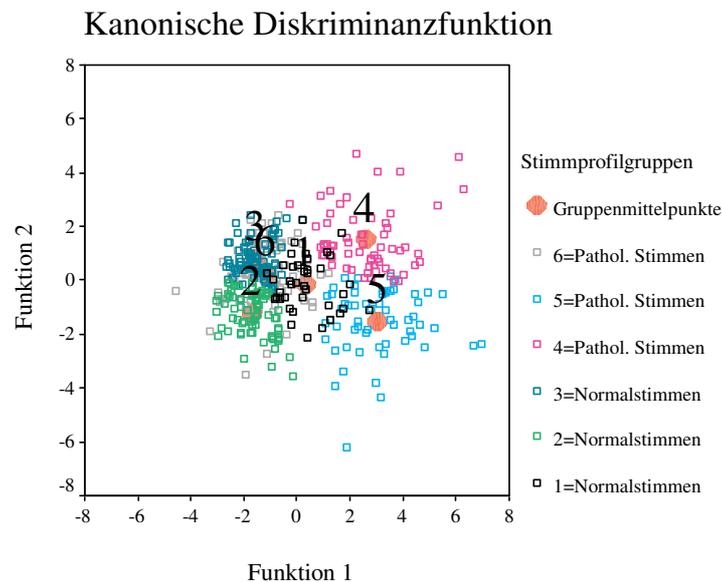


Abbildung II.24: Modell der Diskriminanzanalyse zur Gruppenbildung für die weibliche normalstimmliche und pathologische Phonation auf der Grundlage der akustischen Parametrisierung (N = 402).

Auch hier sind die für die Männer beschriebenen Tendenzen der Zuordnungsüberlappungen bei normalstimmlichen und pathologischen Profilgruppen zu erkennen. Diese Tendenzen werden wiederum durch die Prozentsätze zur Klassifikation (EGG-Parameter 66,1%; akustische Parameter 77,1%) untermauert.

Folglich kann auch hier von einer Zuordnungsüberlappung der Probandinnen bei normalstimmlichen Subgruppen im Vergleich mit pathologischen Subgruppen ausgegangen werden. Durch diese Zuordnungsüberlappung kann auch für differenzierte Stimmprofilgruppen ein Phonationskontinuum festgehalten werden. Ein Vergleich der Prozentsätze zu den korrekten Klassifikationen bei den beiden Phonationsgruppen (66,8% bis 79,4%; 2 Klassifikationsmöglichkeiten) mit den Prozentsätzen zu ihren Stimmprofilgruppen (65,5% bis 77,7%; 6 Klassifikationsmöglichkeiten) vergegenwärtigt aber, dass durch die Erarbeitung der Subgruppen eine weitaus differenziertere Basis zur referentiellen Beurteilung von individueller Stimmqualität geschaffen worden ist.¹ Deshalb ergibt sich die Notwendigkeit einer phonationsgruppenbezogen getrennten Verwendung der Stimmprofilgruppen bzw. der auf ihnen aufbauenden Referenzprofile bei dieser referentiellen Bewertung, wie sie im Kapitel IV vollzogen wird. Für diese referentielle Bewertung sollen möglichst stabil klassifizierte Stimmprofilgruppen zur Verfügung stehen.

2.7. Zur Interpretation von Parameterwerteveränderungen

Die für die Differenzierung der beiden Phonationsgruppen in der Sektion 2.5. konkretisierten Parametermittelwerte sind auf der Grundlage einer großen Stichprobe gewonnen worden. Mit ihnen können individuelle und pathologiespezifische Parameterwerte verglichen werden. Dadurch besteht eine erste Orientierungsmöglichkeit bei der Bewertung von Parameterwerteveränderungen.

In der vorliegenden Sektion werden darüber hinaus physiologische bzw. pathophysiologische Vorgänge bei der Phonation mit Parameterwerteveränderungen in Verbindung gebracht. Dies dient vor allem zur Interpretation individueller und pathologiebezogener Veränderungen bei den Parameterwerten, die in den Kapiteln IV und V der Arbeit vollzogen wird.

¹ Bei der referentiellen Beurteilung von individueller Stimmqualität werden die für ein Individuum erhaltenen Messwerte in Beziehung zu mittleren Parameterwerten sogenannter Referenzprofile (vgl. Sektion 2.8. unten) gebracht. Dies geschieht durch einen Vergleich der individuellen Parameterwerte mit denjenigen des jeweiligen Referenzprofils. Dabei wird der Grad der Abweichung bzw. Annäherung an die Werte der Referenzprofile bestimmt (vgl. auch: Einleitung Sektion 1. oben).

Die im Folgenden angeführte Interpretation von Parameterwerteveränderungen basiert auf beobachteten Tendenzen.¹

1. OQ1 (Öffnungsquotient)

Wenn das Adduktionsverhalten der Stimmlippen beim Phonationsvorgang beeinträchtigt ist, vergrößert sich dieser Parameterwert.

2. SCV (Variabilität² in der Startphase der Schließungsbewegung)

Wenn die Startphase der Schließungsbewegung beeinträchtigt ist, verringert sich dieser Parameterwert.

3. SCA (Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung)

Wenn die Startphase der Schließungsbewegung flacher verläuft, verringert sich dieser Parameterwert.

4. ECV (Variabilität in der Endphase der Schließungsbewegung)

Wenn die Endphase der Schließungsbewegung beeinträchtigt ist, verringert sich dieser Parameterwert.

5. CV (Variabilität in der Verschlussphase)

Wenn die Verschlussphase beeinträchtigt ist, verringert sich dieser Parameterwert.

6. CLA (Steilheit der Schließungsbewegung)

Wenn die gesamte Schließungsbewegung flacher verläuft und die Stimmlippen sich langsamer schließen, verringert sich dieser Parameterwert.

7. OPA (Steilheit der Öffnungsbewegung)

Wenn die gesamte Öffnungsbewegung flacher verläuft und die Stimmlippen sich langsamer öffnen, vergrößert sich dieser Parameterwert.

¹ Die Interpretation der EGG-Parameterwerteveränderungen basiert auf den Ergebnissen einer Studie von Pützer und Marasek (2000). In dieser Studie können zwei phoniatisch definierte Krankheitsbilder mit unterschiedlichem Adduktionsverhalten (Rekurrensparese mit Kompensation; Rekurrensparese ohne Kompensation) voneinander und gegenüber einer Kontrollgruppe stimmgesunder Personen abgegrenzt werden. Die Interpretation der akustischen Parameterwerteveränderungen basiert auf einem Experiment, das von Pützer und Wokurek durchgeführt wurde. Zur Berechnung der EGG-Parameterwerte vgl. Marasek (1997), Marasek & Pützer (1997), Pützer & Marasek (2000) sowie Kap. I, Sektion 2.2.1.. Zur Berechnung der akustischen Parameterwerte vgl. Wokurek & Pützer (2003) und Kap. I, Sektion 1.6..

² Bei Marasek (1997), Marasek und Pützer (1997) sowie bei Pützer und Marasek (2000) wird dieser und werden weitere fünf Parameter des Analyseprogramms (ECV, CV, SOV, EO, OV) als Variabilitätsparameter bezeichnet. Variabilität bedeutet dabei das Ausmaß der Abweichung des Signalverlaufs der EGG-Einzelkurve von dem idealisierten geraden Verlauf (vgl. dazu auch Kap. I, Sektion 2.2.). In dieser Arbeit wird auf drei Variabilitätsparameter zurückgegriffen (SCV, ECV, CV). Geringere Werte bei diesen Parametern deuten auf eine Beeinträchtigung der Phonationsphasen (Start- und Endphase der Schließungsbewegung, Verschlussphase) hin, auf die sie bei der Quantifizierung des EGG-Signals zu beziehen sind. Um bei der Interpretation von Parameterwerteveränderungen bei den Variabilitätsparametern Missverständnisse zu vermeiden, werden die drei Parameter im Text folgendermaßen benannt: SCV = Parameter zur Startphase der Schließungsbewegung; ECV = Parameter zur Endphase der Schließungsbewegung; CV = Parameter zur Verschlussphase (vgl. auch: Kap. I, Sektion 2.2.2.).

Für die akustische Parametrisierung kann unter Berücksichtigung der im Folgenden angeführten Tendenzen bei den Parameterwerteveränderungen ebenfalls eine erste Einschätzung des Phonationsverhaltens bei Individuen und Pathologien vollzogen werden:

1. OQG (Öffnungsquotient)

Die Verschlechterung des Adduktionsverhaltens der Stimmlippen beim Phonationsvorgang bedingt die Vergrößerung des Wertes für diesen Parameter.

2. GOG (Grad der Glottisöffnung)

Ein unvollständiger glottaler Verschluss bewirkt die Einschränkung der Anregungsfunktion und vergrößert den Wert dieses Parameters.

3. SKG (Steilheit der Glottiswelle)¹

Je abrupter sich der Verschlussvorgang der Stimmlippen vollzieht, umso mehr Energie findet man bei den höheren Frequenzen des Anregungsspektrums.

Ein weniger steiler spektraler Abfall des Anregungsspektrums bewirkt größere Energieanteile beim zweiten Formanten und verringert den Wert dieses Parameters.

4. RCG (Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses)

Je abrupter sich der Verschlussvorgang der Stimmlippen vollzieht, umso mehr Energie findet man bei den höheren Frequenzen des Anregungsspektrums.

Ein weniger steiler spektraler Abfall des Anregungsspektrums bewirkt größere Energieanteile beim dritten Formanten und verringert den Wert dieses Parameters.

5. IC (Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses)

Ein unvollständiger glottaler Verschluss steht für eine Vergrößerung des Parameterwertes.

Auf der Grundlage dieser Parameterwerteveränderungen können auch die in der Sektion 2.5. oben dokumentierten Mittelwerte zur geschlechtsbezogenen normalstimmlichen und pathologischen Phonation durch einen Vergleich bewertet werden. Es zeigt sich, dass die normalstimmliche Phonation bei beiden Geschlechtern qualitativ von der pathologischen Phonation anhand der Parameterwerte abgegrenzt werden kann. Die Parameterwerte der beiden Analysemethoden belegen (bis auf den EGG-Parameter SCV, der die Startphase der Schließungsbewegung betrifft) eine relative Verschlechterung des Phonationsvorgangs bei der Gruppe der pathologischen Stimmen. Dieses Ergebnis bestätigt die prinzipielle Relevanz der Parametrisierungen für die Bewertung individueller und pathologiebezogener Entwicklungen, die in dieser Arbeit vollzogen wird.

¹ Die Bezeichnung für diesen Parameter ist von Claßen et al., 1998 übernommen. Der Begriff Glottiswelle bezeichnet den zeitlichen Verlauf der akustischen Anregung.

2.8. Referenzprofile

In dieser Sektion werden die auf der Basis der elektrolottographischen und akustischen Stimmprofilgruppenbildung erstellten Referenzprofile für die Gruppe der Normalstimmen und für diejenige der pathologischen Stimmen an Beispielen präsentiert. Da bei jeder Phonationsgruppe pro Geschlecht und Methode 3 Stimmprofilgruppen erarbeitet worden sind (vgl. Sektion 2.3.1. und 2.3.2. oben), können durch die Kombination der drei elektrolottographisch definierten Stimmprofilgruppen mit den drei akustisch definierten Gruppen pro Geschlecht jeweils 9 Referenzprofile erstellt werden. Folglich können für die Gruppe der Normalstimmen 18 (9 x 2) und für die Gruppen der pathologischen Stimmen 18 (9 x 2) Profile angeboten werden. Die erstellten Referenzprofile sind innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen und pathologischen Phonation gegeneinander abgrenzbar. Sie definieren somit einen auf instrumentellen Analysen basierenden begrenzten Ausschnitt aus der gesamten Variationsbreite der normalstimmlichen bzw. der pathologischen Phonation. Die Präsentation der Referenzprofile erfolgt anhand von Abbildungen unter Angabe der jeweiligen Parametermittelwerte. Die Abbildungen zu allen Referenzprofilen werden vollständig im Anhang A der Arbeit angeboten. Im Text werden pro Phonationsgruppe und Geschlecht jeweils drei Referenzprofile angeführt, die sich in ihren elektrolottographischen und akustischen Parametermittelwerten unterscheiden.

2.8.1. Referenzprofile zur normalstimmlichen Phonation

2.8.1.1. Normalstimmliche männliche Phonation¹

In den Abbildungen II.25 - II.27 werden drei Beispielprofile für die männliche normalstimmliche Phonation dargelegt, die ein breites Spektrum möglicher Parameterausprägungen vermitteln.

¹ Für die Referenzprofilbildung sind fünf elektrolottographische (SCV, ECV, CV, CLA, OPA) und drei akustische (OQG, GOG, RCG) Parameter der insgesamt zwölf Parameter der beiden Analysesysteme relevant (vgl. auch Sektion 2.3. oben).

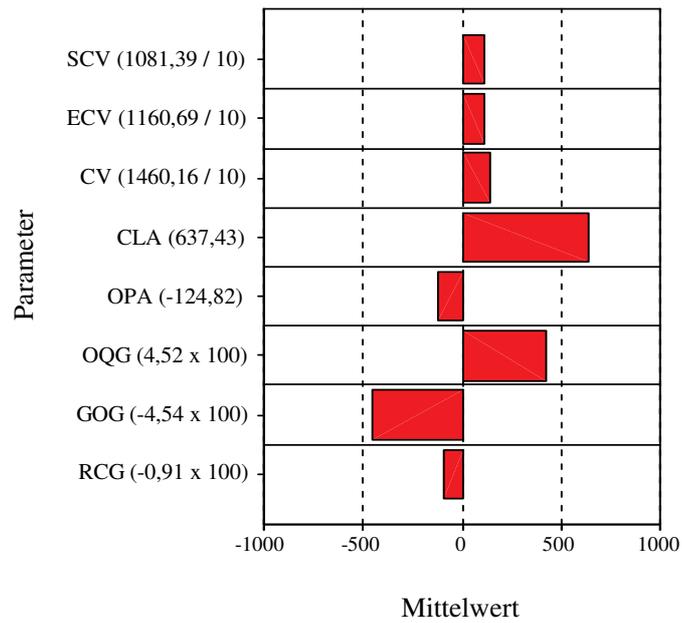


Abbildung II.25: Referenzprofil zur normalstimmlichen männlichen Phonation (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).

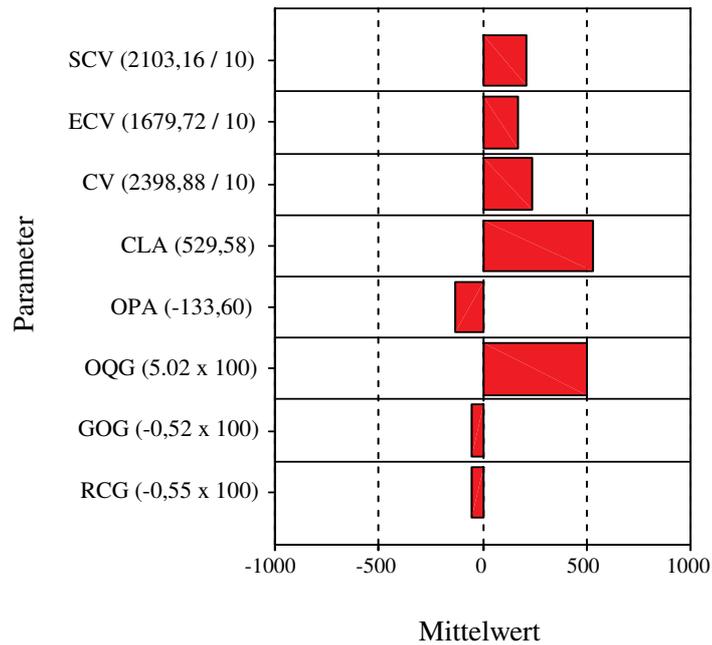


Abbildung II.26: Referenzprofil zur normalstimmlichen männlichen Phonation (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).

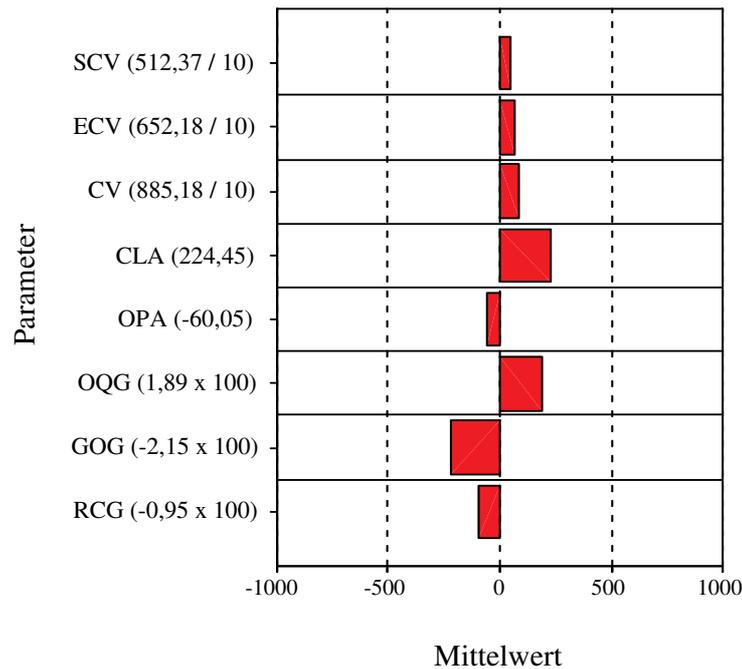


Abbildung II.27: Referenzprofil zur normalstimmlichen männlichen Phonation (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).

Aus den Abbildungen ist zu ersehen, dass die präsentierten Referenzprofile von EGG-Parameter und akustischen Parameter gebildet werden, die unterschiedliche Phasen des glottalen Schwingungszyklus betreffen. Während die EGG-Parameter die Startphase der Schließbewegung (SCV), die Endphase der Schließbewegung (ECV) die Verschlussphase (CV), die Steilheit der Schließbewegung (CLA) sowie diejenige der Öffnungsbewegung (OPA) beleuchten, konkretisieren die ebenfalls physiologisch orientierten akustischen Parameter den Öffnungsquotienten (OQG) bzw. den Grad der Glottisöffnung (GOG) sowie die Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG).

Die komplementäre Analyseausrichtung der beiden Analyseansätze, die durch die unterschiedliche Verteilung der Personen in den Subgruppen dokumentiert wurde (siehe Sektion 2.4. oben), wird somit auch anhand der für die Definition der Referenzprofile relevanten Parameter unterstrichen.

2.8.1.2. Normalstimmliche weibliche Phonation¹

In den Abbildungen II.28 - II.30 werden Beispielprofile zur weiblichen normalstimmlichen Phonation angeführt. Durch einen Vergleich der Balkenausprägungen in den einzelnen Abbildungen ist hier wie bei den Profilen zur männlichen Phonation eine Variabilität innerhalb der Referenzprofile leicht zu erkennen. Sie wird durch die angegebenen unterschiedlichen Parametermittelwerte schließlich belegt.

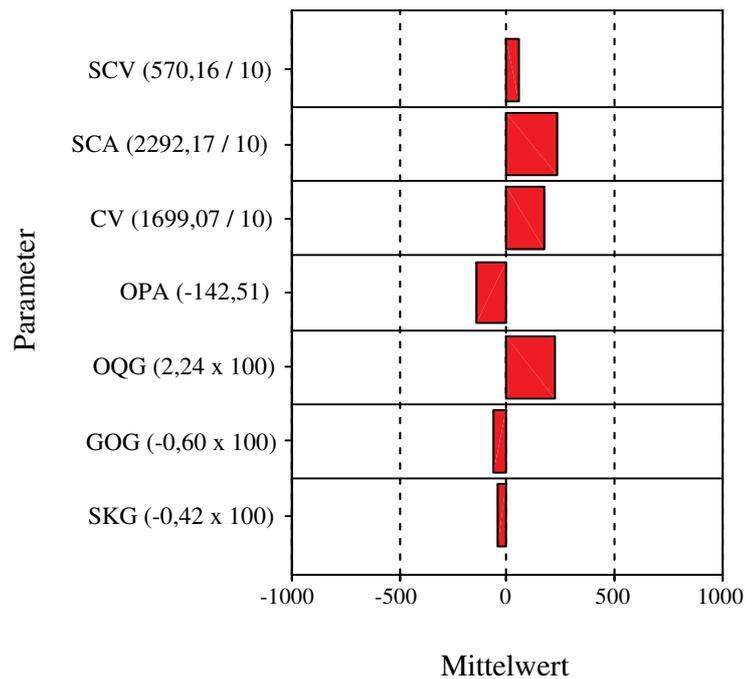


Abbildung II.28: Referenzprofil zur normalstimmlichen weiblichen Phonation (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).

¹ Für die Referenzprofilbildung sind vier elektrolottographische (SCV, SCA, CV, OPA) und drei akustische (OQG, GOG, SKG) Parameter der insgesamt zwölf Parameter der beiden Analysensysteme relevant (vgl. auch Sektion 2.3. oben).

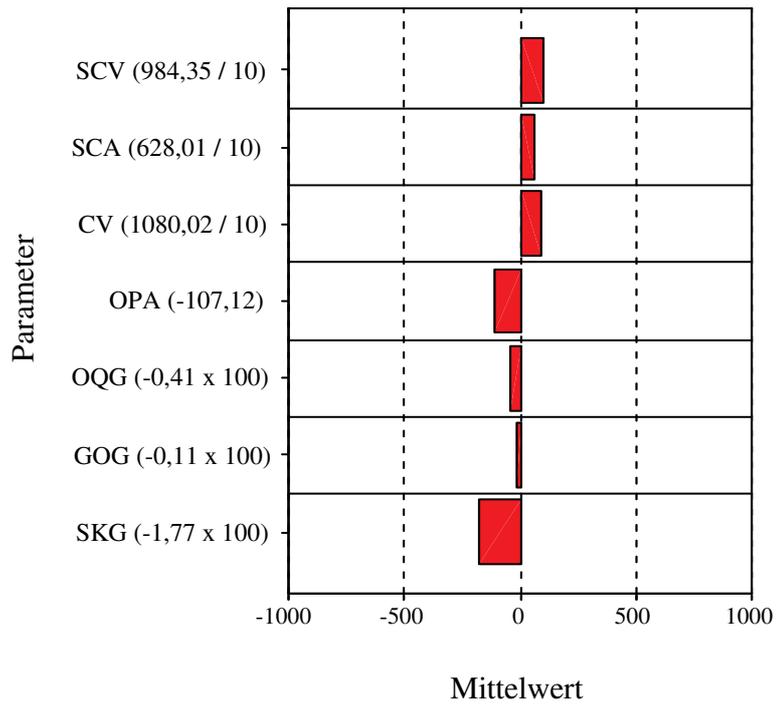


Abbildung II.29: Referenzprofil zur normalstimmlichen weiblichen Phonation (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).

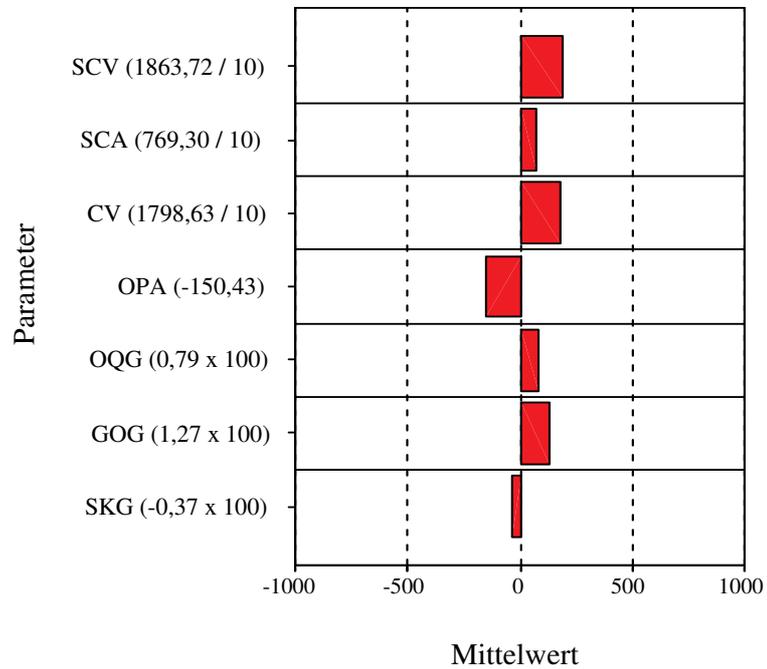


Abbildung II.30: Referenzprofil zur normalstimmlichen weiblichen Phonation (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).

Der komplementäre Analyseansatz der beiden Analysensysteme wird auch bei einem Parametervergleich bei den Frauen offenkundig. Der bei ihnen fehlende EGG-Parameter zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) wird durch den akustischen Parameter zur Steilheit der Glottiswelle ersetzt (SKG). Offensichtlich arbeiten beide Analysemethoden mit einem geringen Anteil an Redundanz bei der Definition normalstimmlicher Phonation.

2.8.2. Referenzprofile zur pathologischen Phonation

2.8.2.1. Pathologische männliche Phonation¹

Referenzprofile zur pathologischen männlichen Phonation werden in den Abbildungen II.31 - II.33 dargelegt. Auch hier wird der bei Verwendung zweier Analysensysteme gehegte Anspruch nach Komplementarität deutlich, wodurch eine differenzierte Stimmqualitätserfassung erreicht werden kann.

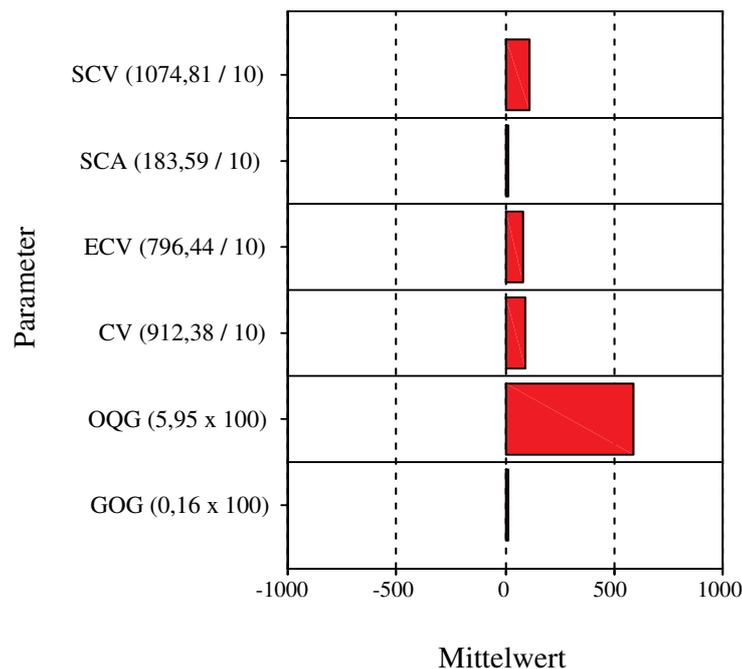


Abbildung II.31: Referenzprofil zur pathologischen männlichen Phonation (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).

¹ Für die Referenzprofilbildung sind vier elektroglottographische (SCV, SCA, ECV, CV) und zwei akustische (OQG, GOG) Parameter der insgesamt zwölf Parameter der beiden Analysensysteme relevant (vgl. auch Sektion 2.3. oben).

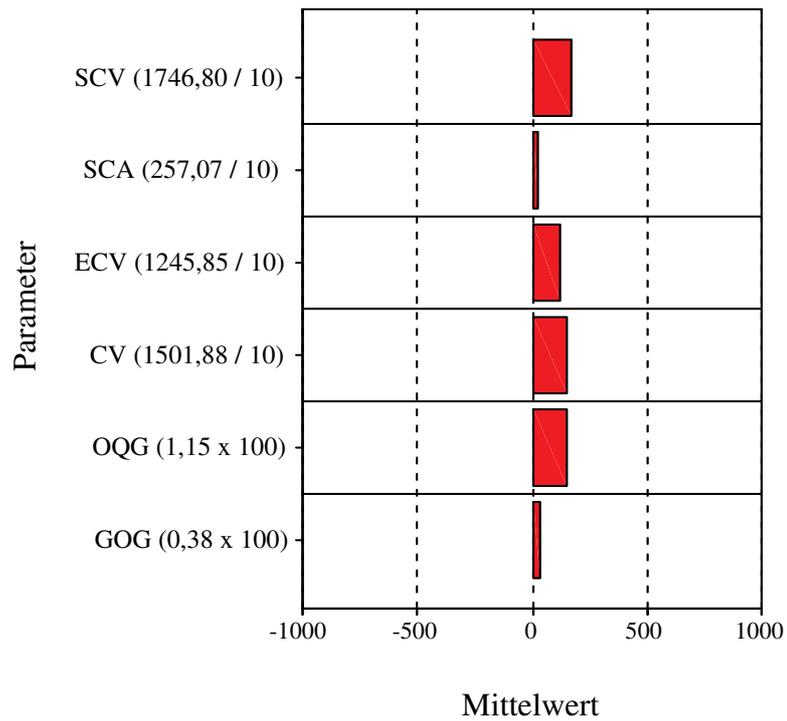


Abbildung II.32: Referenzprofil zur pathologischen männlichen Phonation (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).

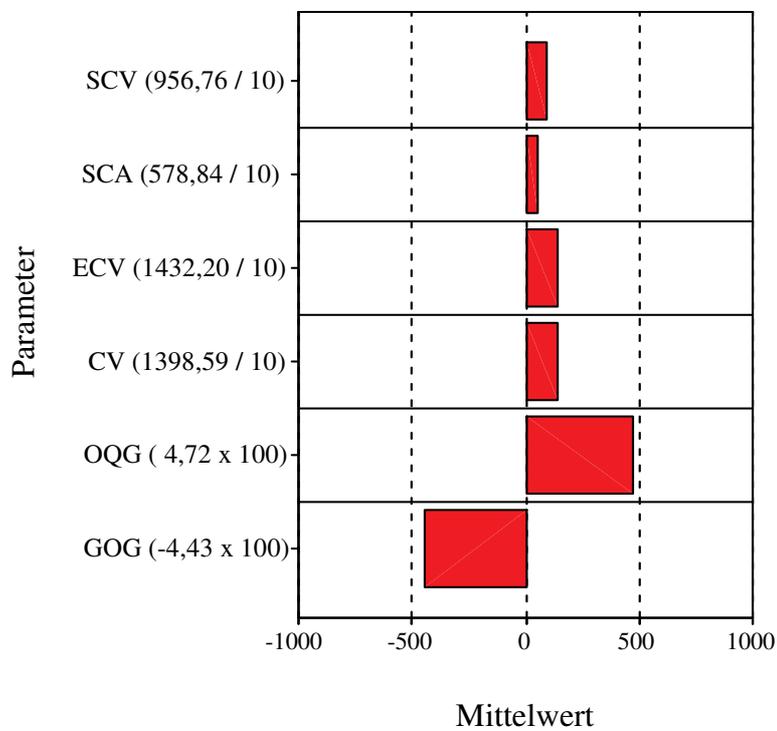


Abbildung II.33: Referenzprofil zur pathologischen männlichen Phonation (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).

Auch bei diesen Referenzprofilen sind die Parameter auf unterschiedliche Aspekte des glottalen Schwingungsvorgangs zu beziehen: Während die Parameter zur elektrolottographischen Analyse die glottale Anregung (SCV, SCA, ECV) bzw. die relative Kontaktphase (CV) beim Phonationsvorgang betreffen, konkretisieren die akustischen Parameter den Öffnungsquotienten (OQG) sowie den Grad der Glottisöffnung (GOG).

2.8.2.2. Pathologische weibliche Phonation¹

Die Referenzprofile zur pathologischen weiblichen Phonation, die in den Abbildungen II.34 - II.36 dargelegt werden, werden durch dieselben Parameterkombinationen instrumentell dimensioniert. Folglich wird auch bei ihnen der komplementäre Analyseansatz offenkundig.

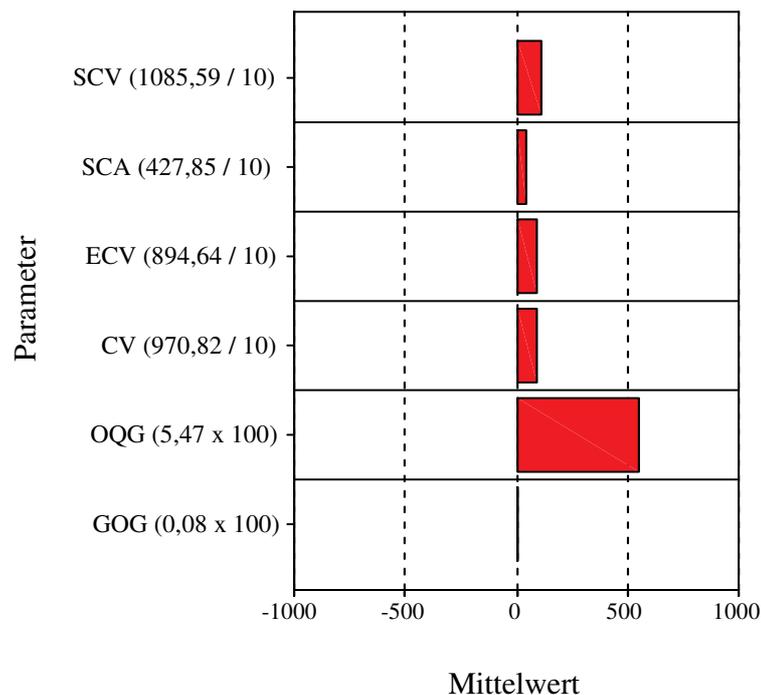


Abbildung II.34: Referenzprofil zur pathologischen weiblichen Phonation (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).

¹ Für die Referenzprofilbildung sind vier elektrolottographische (SCV, SCA, ECV, CV) und zwei akustische (OQG, GOG) Parameter der insgesamt zwölf Parameter der beiden Analysesysteme relevant (vgl. auch Sektion 2.3. oben).

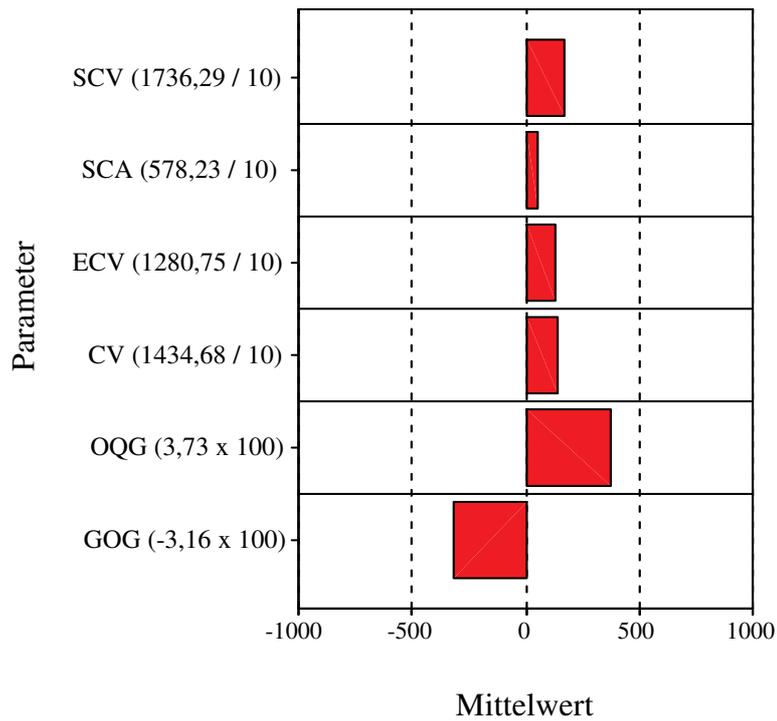


Abbildung II.35: Referenzprofil zur pathologischen weiblichen Phonation (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).

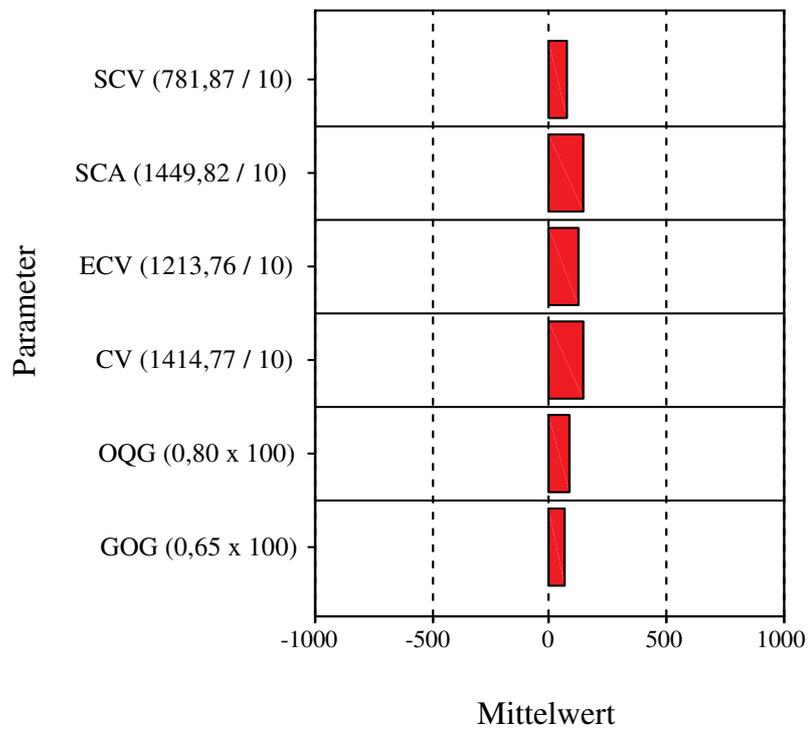


Abbildung II.36: Referenzprofil zur pathologischen weiblichen Phonation (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).

Schließlich lässt ein Vergleich der Auswahl der Parameter zur instrumentellen Charakterisierung pathologischer Phonation mit der Auswahl der Parameter zur Charakterisierung der normalstimmlichen Phonation die Tendenz erkennen, dass für die pathologischen Stimmen vor allem Parameter relevant sind, die dauerbezogene Elemente der Schließungsbewegung bzw. Variabilitätselemente in der Schließungsbewegung sowie während des Verschlusses betreffen, wo hingegen bei den Normalstimmen sowohl die Verschlussphase als auch die Öffnungsphase analytisch betrachtet wird. Durch diese Verschiebung der Analyseschwerpunkte bei der pathologischen Phonation wird auf die bei ihr zu erwartende größere Variation beim Phonationsvorgang anhand instrumentell gewonnener Daten hingewiesen.

3. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Auf der Grundlage einer repräsentativen Datenmenge wird in dem vorliegenden Kapitel die Variabilität individueller stimmlicher Ausprägungen bei sog. "Normalstimmen" sowie bei pathologischen Stimmen unter Beachtung geschlechtsspezifischer Unterschiede mit Hilfe zweier Stimmanalyseansätze verdeutlicht.

Diese individuelle Variabilität des phonatorischen Geschehens kann zunächst anhand der instrumentellen Analyse durch eine breite Streuung der Parameterwerte (mit hohen Variabilitätskoeffizienten) aufgezeigt werden. Daneben vergegenwärtigt die Analyse aber auch in Anbetracht höchst signifikant bzw. signifikant unterschiedlicher Mittelwertausprägungen bei den Ergebnissen zu den männlichen und weiblichen Stimmen die Notwendigkeit einer geschlechtsdifferenzierten Bearbeitung der Signale bzw. Präsentation der Analysedaten bei beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen und pathologische Stimmen).

Bei der Bearbeitung der Signale haben sich sowohl der elektrolottographische als auch der akustische Parametersatz als ein valides Instrumentarium zur Dimensionierung normalstimmlicher und pathologischer Phonation herausgestellt. Bei dieser Dimensionierung kann eine differenzierte Stimmqualitätserfassung in Form von sich signifikant unterscheidenden Subgruppen erreicht werden. Die Subgruppen fungieren in dieser Arbeit als Stimmprofilgruppen. Sie bilden die Grundlage für Referenzprofile zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation. Durch die erreichte Stimmprofilgruppendifferenzierung (3 Subgruppen pro Geschlecht und Phonationsgruppe) kann zunächst auf das von individueller Variation geprägte Kontinuum innerhalb der normalstimmlichen und pathologischen Phonation aufmerksam gemacht werden. Folglich befinden sich in einer erarbeiteten Stimmprofilgruppe individuelle Stimmprofile mit

relativ gemeinsamen Parameterausprägungen, die sich gegenüber einer anderen Stimmprofilgruppe mit anderen individuellen Profilen abgrenzen lassen.

Darüber hinaus kann aber auch innerhalb dieser gegeneinander statistisch abgrenzbaren Stimmprofilgruppen die noch vorhandene Variation der Individualstimme durch den unterschiedlichen Abstand zu den Gruppenmittelpunkten der einzelnen Profilgruppen gut verdeutlicht werden (vgl. z. B. Abbildung II.3 oben).

Bei der Definition dieser Stimmprofilgruppen wird bei der Verwendung des EGG-Parametersatzes deutlich, dass die auf die Gestalt der gesamten EGG-Schwingung bezogenen Parameter ebenso für die instrumentelle Charakterisierung der Phonationsvorgangs relevant sind wie die Parameter, die die relative Dauer der verschiedenen Phasen der glottalen Periode betreffen (vgl. Kap. I, Sektion 2.2.2.). Dieses Ergebnis deckt sich mit dem Ergebnis einer Pilotstudie von Pützer und Marasek (Pützer & Marasek, 2000). In ihr konnte ebenfalls nachgewiesen werden, dass die Schwerpunkte der elektrolottographischen Untersuchungsmethode nicht nur in der Betrachtung der Dauer der Phasen des Schwingungszyklus zu sehen sind und somit die Methode nicht nur ausschließlich präzise Information über die Frequenz der Stimmlippenvibrationen liefert (Colton & Conture, 1990; Baken, 1992). Vielmehr ist auch wichtige Information über die Art des phonatorischen Ablaufs aus der Gestalt der EGG-Kurve zu gewinnen. Mit Hilfe der Parameter zur Gestalt der Kurve können nämlich ebenfalls Stimmqualitäten innerhalb des breiten Kontinuums der normalstimmlichen und pathologischen Phonation gegeneinander abgegrenzt werden. Durch die Konkretisierung der gruppen- bzw. subgruppenbezogenen Phonationscharakteristika unter Verwendung der hier angewandten elektrolottographischen Analyseverfahren können auch in weiteren Kapiteln dieser Arbeit individuelle und pathologiebezogene phonatorische Gegebenheiten eingeordnet und bewertet werden. Dies ist in zurückliegenden Studien bereits unter verschiedenen Fragestellungen vollzogen worden (z. B. Marasek, 1997, Marasek & Pützer, 1997; Pützer & Marasek, 2000, Pützer et al., 2001; Pützer et al., 2003b).

Bei der Bearbeitung der akustischen Signale anhand der Parameter der verwandten Analyseverfahren ist zu erkennen, dass die Geschlechter innerhalb dieser Phonationsgruppen und die konkretisierten Stimmprofilgruppen vor allem durch die Parameter zur Glottisöffnung (OQG, GOG) signifikant unterschieden werden können. Des Weiteren sorgen teilweise der Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) bzw. derjenige zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) für eine signifikante Unterscheidung. Der Parameter zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) spielt dabei eher eine untergeordnete Rolle. Insgesamt gesehen erweisen sich jedoch die verwendeten 5 Parameter der Analyseverfahren als relevant für eine physiologisch bzw. pathophysiologisch orientierte Interpretation der durch sie gelieferten Ergebnisse.

Die Differenzierungskraft der Parameter eröffnet also die Möglichkeit, die beiden Geschlechter signifikant voneinander zu unterscheiden bzw. Stimmprofilgruppen zu definieren. Sie zeigt sich aber auch bei dem Versuch, geschlechtsbezogen normalstimmliche Phonation von pathologischer Phonation qualitativ abzugrenzen. Die diesem Bearbeitungsschritt angeschlossene Überprüfung der ursprünglichen Zuordnung der Probanden zu den beiden Phonationsgruppen lässt jedoch anhand relativ geringer Prozentsätze bezüglich einer korrekten ursprünglichen Klassifikation (66,8% bis 79,4%) die Tendenz einer Zuordnungsüberlappung der Probanden bei den beiden Phonationsgruppen erkennen. Dadurch wird auf dieser Ebene des Vergleichs bereits auf ein vorhandenes Phonationskontinuum, das sich von der normalstimmlichen Phonationsgruppe bis hin zur pathologischen Phonationsgruppe erstreckt, aufmerksam gemacht. Die Existenz dieses Phonationskontinuums wird durch eine Betrachtung der Zuordnungsüberlappung der Probanden bei normalstimmlichen Subgruppen im Vergleich mit pathologischen Subgruppen weiter untermauert. Dies wird dadurch verdeutlicht, dass geschlechtsübergreifend manche Probanden der normalstimmlichen und pathologischen Profilgruppen im Modell der Diskriminanzanalysen eng beieinander liegen (vgl. Sektion 2.6. oben). Deshalb fallen die Prozentsätze der durch Clusteranalysen gruppierten Fälle im Hinblick auf eine korrekte Klassifizierung auch relativ gering aus (65,5% bis 77,7%).

Dass diese Prozentsätze der korrekten Klassifikationen zu den Stimmprofilgruppen in etwa dieselben sind wie die Prozentsätze zu den korrekten Klassifikationen bei den beiden Phonationsgruppen wird durch die Berücksichtigung desselben Datenmaterials bedingt.

Durch die Erarbeitung der Subgruppen ist jedenfalls eine weitaus differenziertere Basis zur referentiellen Beurteilung von individueller Stimmqualität geschaffen worden. Dieses Ergebnis verlangt aber auch eine phonationsgruppenbezogen getrennte Verwendung der Stimmprofilgruppen bzw. der auf ihnen aufbauenden Referenzprofile bei der referentiellen Bewertung individueller Phonation. Bei einer getrennten Verwendung kann nämlich auf ein fester gefügtes Klassifikationsergebnis mit verlässlicheren Parametermittelwerten verwiesen werden (vgl. Sektion 2.3.1 und 2.3.2. oben). Die Zuordnung einer Individualstimme erfolgt somit zu einem stabiler klassifizierten Auszug aus dem normalstimmlichen bzw. pathologischen Phonationskontinuum. Bei dieser Zuordnung kann anhand von Parametermittelwerten die Abweichung bzw. Annäherung individualstimmlicher Phonation an das jeweilige Referenzprofil bestimmt werden. Dies geschieht im Kapitel IV der Arbeit.

Der sich der Betrachtung der Differenzierungskraft der Analyseparameter sowie der Überprüfung der Probandenzuordnung anschließende Vergleich der Parameterwer-

te beider Phonationsgruppen belegt eine bei der Gruppe der pathologischen Stimmen vorhandene Beeinträchtigung des Phonationsvorgangs. Dieses Ergebnis bestätigt wiederum die grundsätzliche Relevanz der Parametrisierungen für die Bewertung individueller und pathologiebezogener Entwicklungen, wie sie in den Kapiteln IV und V vollzogen werden. Darüber hinaus dienen die in dem vorliegenden Kapitel dokumentierten Parametermittelwerte als Orientierungsansatz für eine interpretative Betrachtung dieser individuellen und pathologiebezogenen Entwicklungen.

Die methodenübergreifend grundlegend positive Bewertung der verwendeten Parametrisierungen bei der instrumentellen Bearbeitung des Phonationsvorgangs lässt sich auch anhand weiterer Ergebnisse belegen:

Wie bereits erwähnt, kann die mit der Clusteranalyse verfolgte Absicht, zu einer numerisch bedeutsamen Stimmprofildifferenzierung zu kommen, zum einen für die Gruppe der Normalstimmen, zum andern aber auch für die Gruppe der pathologischen Stimmen realisiert werden. Sowohl unter Verwendung der elektrolottographischen Methode als auch unter Verwendung der akustischen Methode wird für beide Geschlechter die jeweilige Bildung dreier, der Anzahl nach bedeutsamer Stimmprofilgruppen erreicht, die sich bezüglich der Mehrzahl ihrer Parameterwerte höchst signifikant unterscheiden. Bei dieser Stimmprofilgruppenbildung ist darüber hinaus zu erkennen, dass die verwendete Parametrisierung in den zwei Analyseansätzen unterschiedliche Bereiche des phonatorischen Ablaufs charakterisiert. Dies ist einmal dadurch zu belegen, dass die elektrolottographischen Parameter zum Beispiel bestimmte Phasen der Stimmlippenschwingungen analytisch erfassen bzw. bestimmte Herangehensweisen ihrer Quantifizierung beinhalten, die bei der akustischen Bearbeitung nicht konkretisiert werden. Hier zeigt sich also, dass bei der Subgruppenbildung methodenbezogen auf Parameter zurückgegriffen wird, die verschiedene Phasen bzw. Quantifizierungsansätze repräsentieren. Dadurch kann in einem ersten Schritt ein parameterbezogener ergänzender Charakter der beiden Analyseansätzen nachgewiesen werden.

Daneben kann in einem zweiten Schritt bei einem Vergleich der elektrolottographisch erreichten Gruppendifferenzierung mit der akustischen Differenzierung eine prozentual zu belegende unterschiedliche Zuordnung der Probanden zu den Stimmprofilgruppen aufgezeigt werden. Es befinden sich also z. B. Stimmen auf Grund ähnlicher elektrolottographischer Ausprägungen bei der Clusterbildung mit Hilfe des EGG-Programms in der gleichen Gruppe, während sie innerhalb der akustisch bezogenen Clusterbildung in verschiedene Gruppen klassifiziert werden.

Zusammenfassend sind die EGG-Analyse und die akustische Analyse offensichtlich als sich ergänzende Analyseansätze zu verstehen, wodurch das Potential zur

feineren Differenzierung von Stimmen zusätzlich angedeutet wird (vgl. Sektion 2.4. oben).

Mit der zum Abschluss des Gliederungspunktes vollzogenen Erstellung von sog. Referenzprofilen zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation, die auf den elektrolottographisch und akustisch gewonnenen Stimmprofilgruppen basiert, werden alle Kombinationen der durch die Parametrisierung gewonnenen Klassifikationen vorgestellt. Aus ihnen ist die bereits erwähnte komplementäre Analyseausrichtung beider Analyseansätze anhand der die Profile konstituierenden Parameter wiederum gut ersichtlich. Daraus ist also auch zu erkennen, dass sich beide Analyseansätze mit einem geringen Anteil an parameterbezogener Redundanz bei der Definition der Referenzprofile einbringen.

Ein Vergleich der Auswahl der Parameter zur Charakterisierung der beiden Phonationsgruppen der Normalstimmen und pathologischen Stimmen anhand der Referenzprofile lässt den physiologisch bzw. pathophysiologisch zu erwartenden Unterschied zwischen beiden Gruppen erkennen: Er zeigt sich darin, dass bei den pathologischen Stimmen vor allem die Parameter relevant sind, die dauerbezogene Elemente bzw. Variabilitätselemente der Schließungsbewegung und des Verschlusses betreffen, während bei der normalstimmlichen Phonation sowohl die Verschlussphase als auch die Öffnungsphase im Mittelpunkt der Analysen steht. Durch diese Verschiebung der Analyseschwerpunkte werden das bei pathologischen Stimmen oft in Mitleidenschaft gezogene Adduktionsverhalten der Stimmlippen und die dabei vorhandene größere Variation instrumentell konkretisiert.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse zur Stimmqualität bei normalstimmlicher und pathologischer Phonation und anhand der in diesem Kapitel zur Verfügung gestellten Referenzprofile zu diesen beiden Phonationsgruppen ist die Basis zur individuellen Betrachtung von Stimmqualität bei Dysarthrophonien geschaffen worden. Diese Betrachtung wird im Kapitel IV vollzogen.

Kapitel III. Dysarthrophonien

1. Begriff und Klassifikationen der Dysarthrophonie

Dysarthrophonien sind erworbene neurogene Sprechstörungen, die durch eine Schädigung des zentralen oder peripheren Nervensystems verursacht werden. Sie beruhen auf einer Beeinträchtigung neuraler Steuerungsmechanismen von Sprechbewegungen (z. B. Ziegler et al., 1998; Probst et al., 2000). Dabei können einzelne oder mehrere am Sprechen beteiligte Systeme beeinträchtigt sein. Aus diesem Grund und wegen des möglicherweise komplexen Störungsbildes ist der Begriff "Dysarthrie" heute von dem Begriff "Dysarthrophonie" weitgehend ersetzt worden. Bei den eventuell beeinträchtigten Bereichen des Sprechvorgangs kann es sich um die Atmung, die Phonation, die nasale Resonanz und die Artikulation handeln. Neben der motorischen Beeinträchtigung liegt oft auch eine Dysfunktion sensorischer Rückmeldungsprozesse vor. Deshalb muss eine Dysarthrophonie auch als eine sensomotorische Sprechstörung angesehen werden (z. B. Deger, 1994; Mac Neil & Rosenbek, 1997).

Wie von F.L. Darley et al. 1975 erstmals versucht, hat sich heute national und international die Syndromklassifikation bei Dysarthrophonien nach der Art der ihr zugrundeliegenden Bewegungsstörung weitgehend durchgesetzt (z. B. Lowit-Leuschel & Docherty, 2000; Ziegler & Hoole, 2000). Hierbei spielen Beschreibungskriterien wie die Muskelkraft, der Tonus (Hypertonie, Hypotonie), der Bewegungsablauf (Umfang, Tempo, Zielgenauigkeit) und das Vorhandensein von Hyperkinesen (übermäßige Bewegungsaktivität) eine Rolle (Ziegler et al., 1998). Auf dieser Grundlage unterteilt man schlaffe (hypotone), spastische (hypertone), hypokinetische (rigide), ataktische und hyperkinetische (und dystone) Störungsformen, die je nach Ort der vorhandenen Hirnläsion (Kortex, Basalganglien, Zerebellum, Medulla oblongata, oberes bzw. unteres motorisches Neuron) vorwiegend auftreten können (Hartje & Poeck, 1997). Bei dieser Klassifikation ist aber zu bedenken, dass sie aus dem Bereich der Bewegungsstörungen von Rumpf und Extremitäten kommt und nicht ohne weiteres auf die beim Sprechen geforderten Bewegungsorgane übertragbar ist. Diese unterliegen anderen biomechanischen bzw. neurophysiologischen Gesetzen (Ziegler et al., 1998).

Dennoch werden im Folgenden die wichtigsten Dysarthrophoniesyndrome nach dieser Klassifikation charakterisiert. Ihre Beschreibung beinhaltet auch die ihnen in der Literatur zugestandenen auditiven Merkmale bzw. Defizite artikulatorischer Bewegungen. Die Darstellung der Syndrome muss unter dem Aspekt gewertet werden, dass die aufgeführten Charakteristika in vielen Fällen nicht in reiner Form vorliegen. Bedingt durch übergreifende und multilokuläre Läsionen erscheinen oft Kombinationen der

Störungsbilder. Zudem können beispielsweise Hirnnervenkernläsionen dieselben Auswirkungen auf die Beweglichkeit der Stimmlippe bedingen wie eine Läsion des N. recurrens. (Ziegler et al., 1998).

2. Dysarthrophonie als Bewegungsstörung

2.1. Schlaffe (hypotone) Dysarthrophonie¹

Der Pathomechanismus dieser Störungsform besteht aus schlaffen Lähmungen der betroffenen Muskulatur, die meist durch eine Schädigung des unteren (peripheren) motorischen Neurons in der Medulla oblongata bedingt sind. Diese Symptome treten beispielsweise im Rahmen einer amyotrophischen Lateralsklerose (ALS) auf.

Da die peripheren Hirnnerven und der neuromuskuläre Übergang sehr oft isoliert betroffen sind, ist unterschiedlich zu anderen Dysarthrophonieformen die Funktionsbeeinträchtigung meist einseitig (Ziegler et al., 1998). Die charakteristischen Zeichen dieser Muskelhypotonie bestehen in einer Verringerung der Kraft und einer Einschränkung der intendierten und der reflektorischen Beweglichkeit. Laryngoskopisch imponiert oft eine schlaffe, excavierte Stimmlippe, deren Beweglichkeit eingeschränkt bis aufgehoben ist. Stoboskopisch zeigen sich Schwingungsirregularitäten mit erweiterten Amplituden. Die auditive Beurteilung der Stimmqualität beinhaltet die Attribute behaucht und rau. Die Lautstärke ist reduziert, ebenso der Tonhöhenumfang. Bei der Artikulation fallen eine eingeschränkte Schärfe und Hypernasalität auf. Die Intonation ist monoton, und der Sprechvorgang wird von vermehrten Pausen unterbrochen (Wendler et al., 1996). Die Ursachen für diese Störungen können eine Poliomyelitis, Folgen von degenerativen, vaskulären oder biochemischen Veränderungen sein.

2.2. Spastische (hypertone) Dysarthrophonie

Bei der spastischen Dysarthrophonie wird eine Schädigung des oberen (zentralen) motorischen Neurons im motorischen Kortex angenommen, so dass ein beschleunigungsabhängiger Hypertonus der Muskulatur vorliegt und es zu einer Verminderung der Kraft und Feinmotorik kommt (Wendler et al., 1996). Sie ist die häufigste Dysarthrophonieform nach schweren Schädel-Hirn-Traumata. Weitere Ursachen können aber auch degenerative, entzündliche oder vaskuläre Prozesse sein (z. B. Suprabulbär-

¹ Die Charakterisierung der einzelnen Dysarthrophonieformen ist an Darlegungen in verschiedenen Lehrbüchern orientiert. Die dort für sie angeführten Merkmale werden hier kommentarlos übernommen. Zur Diskussion dieser Merkmale vgl. Kapitel V, Sektion 6 unten.

paralyse). Laryngoskopisch ist eine Verdickung und Verkürzung der Stimmlippen zu beobachten, was als Zeichen des erhöhten Tonus zu werten ist. Weiter fallen eine Einschränkung bzw. eine Verlangsamung der Abduktionsbewegungen sowie ein Aneinanderpressen der Stimmlippen bei der Adduktion auf. Die reflektorischen Funktionen (Schlucken, Husten, Würgen) sind erhalten. Differentialdiagnostisch bedeutsam gegenüber der schlaffen Dysarthrophonie ist die gepresste Stimmqualität und die eher erhöhte als erniedrigte Sprechstimmlage. Lautstärke und Tonhöhenumfang sind reduziert. Weiter fallen eine Rückverlagerung der Artikulationsbasis, eine reduzierte Artikulationsschärfe, Hypernasalität sowie monotones und verlangsamtes Sprechen auf.

2.3. Rigid-hypokinetische Dysarthrophonie

Die häufigste Ursache für diese Dysarthrophonieform ist der Morbus Parkinson. Bei ihm zählen diese Störungen zu den Frühsymptomen (Ziegler et al., 1998). Rigid-hypokinetische Zeichen können aber auch nach Schädel-Hirn-Traumata oder nach einer vaskulär bedingten Schädigung der Stammganglien auftreten (Wirth, 1994 & 1995; Wendler et al., 1996). Die Spannung der Muskulatur ist übermäßig stark ausgeprägt. Gleichzeitig ist die Bewegung der Ausführung eingeschränkt (Hypokinese). Sie geht mit einer Minderung der Muskelkraft, der Koordination und der Feinmotorik einher. Dies äußert sich in einem gewissen Zustand der Starrheit (Rigidität). Zudem ist eine Abnahme der Bewegungsamplitude bei sich wiederholenden Bewegungen auffällig. Mimik und Gestik des Patienten sind ausdrucksarm (Lehmann, 2002). Im Frühstadium kann bei Morbus Parkinson das laryngale System alleine betroffen sein. Ebenso können aber auch sämtliche übrige Bereiche der mimischen Muskulatur bzw. des sprechmotorischen Systems in Mitleidenschaft gezogen werden. Laryngoskopisch wird bei den Patienten eine Wölbung der Stimmlippen mit unvollständigem Glottisschluss beobachtet. Zusätzlich erscheint oft ein vertikaler Tremor des Larynx oder ein Tremor der Aryhöcker. Die Stimmlippen selbst sind straff. Stroboskopisch sind verkürzte Amplituden bzw. Asymmetrien und Irregularitäten der Schwingungen erkennbar (Perez et. al, 1996). Charakteristisch ist auch die Beeinträchtigung der Fähigkeit, die Stimmlippen in ihrer Länge und Spannung zu verändern (Schröter-Morasch & von Deuster, 1998). Zu den wichtigsten auditiven Merkmalen gehört eine leise und behauchte Stimme mit sehr eingeschränkter Modulationsfähigkeit. Das Sprechtempo ist hingegen häufig normal; es kann sogar erhöht sein. Je nach Ausprägung der Parkinson-Erkrankung kann auch ein Stimmzittern vorliegen. Es rührt von einem Tremor her.

2.4. Ataktische Dysarthrophonie

Ataktische Dysarthrophonien treten nach Läsionen cerebellärer Strukturen auf, wie sie bei degenerativen Kleinhirnerkrankungen, entzündlichen Prozessen, traumatischen Hirnschädigungen oder bei Infarkten und Blutungen des Hirnstammes vorkommen (Wendler et al., 1996). Patienten mit diesen Störungen zeigen ein Unter- und Überschießen intendierter Bewegungen. Sie sind nur eingeschränkt fähig, konstante motorische Leistungen aufrecht zu erhalten. Laryngoskopisch zeigt sich ein Aneinanderpresen der Stimmlippen zu Beginn der Phonation ohne Einschwingverhalten. Bei der Phonation treten unkontrollierte Tonhöhen- und Lautstärkeschwankungen mit Entstimmungen und Stimmabbrüchen auf. Die Stimmqualität kann wechselnd gepresst, rau und behaucht sein. Die Artikulation zeigt eine überwiegend reduzierte Schärfe mit intermittierender Hyper- und Hyponasalität. Das Sprechen wirkt eintönig, abgehackt (skandierend) und unkontrolliert. Sprechtempo und Lautbildung sind reduziert oder überschießend mit Verharren auf einzelnen Lautpositionen.

2.5. Hyperkinetische und dystone Störungsformen

Diese Störungsformen treten bei einer Reihe von seltenen neurologischen Erkrankungen (z. B: Chorea Huntington) auf. Es kommt dabei zu inadäquaten Muskelaktivierungen und unkontrollierten Bewegungsabläufen, die sich an der Muskulatur von Lippen, Zunge, Gaumensegel und Kehlkopf beobachten lassen.

Laryngoskopisch fallen rhythmische Ad- und Abduktionsbewegungen auf, die zu einer Überlagerung der Adduktionsbewegungen bei der Phonation mit in der Folge ständigen Änderung der Länge und der Spannung der Stimmlippen einhergehen (Ziegler et al., 1998). Die Bewegungsstörungen können sogar den Glottisschluss unterbrechen oder eine unwillkürliche Phonation hervorrufen. Der auditive Eindruck zur Stimmqualität ist mit der Dimension Rauigkeit verbunden.

2.6. Gemischte Dysarthrophonieformen

Neben diesen Störungsformen können auch gemischte dysarthrophonische Störungsformen auftreten, die durch übergreifende Läsionen bedingt sind. Bei ihnen können sowohl das erste als auch das zweite motorische Neuron betroffen sein. Die Bewegungsstörungen können dabei spastisch-schlaffe, spastisch-ataktische bis spastisch-hypokinetische Syndrome beinhalten. Diese Mischformen sind beispielsweise bei Grunderkrankungen wie multipler Sklerose, amyotrophischer Lateralsklerose, nach

Schädel-Hirn-Traumata oder bei ausgedehnten zerebrovaskulär bedingten Schädigungen zu finden (Ziegler et al., 1998).

3. Dysarthrophonie als Kommunikationsstörung

Innerhalb der kommunikativen Behinderung dysarthrophonischer Patienten sind verschiedene Aspekte maßgebend. Mit ihrer Hilfe lassen sich die Einschränkungen differenzieren (z. B. Huber, 1989; Ziegler et al., 1998). An oberster Stelle steht bei allen dysarthrophonischen Krankheitsbildern die Minderung der Verständlichkeit. Diese Minderung ist in erster Linie auf artikulatorische Unschärfen zurückzuführen. Bei den betroffenen Patienten werden die Vokale und Konsonanten aufgrund ungenauer Artikulationsbewegungen nicht differenziert gebildet. Zudem tragen eine Verringerung der Sprechlautstärke (z. B. eine zu leise Stimme) und eine Veränderung der prosodischen Strukturen zur Verständlichkeitsminderung bei.

Neben der Verständlichkeitsminderung stellt das für dysarthrophonische Krankheitsbilder oft vorhandene langsame Sprechen eine Beeinträchtigung im alltäglichen Kommunikationsablauf dar. Patienten mit dieser Erscheinung werden von ihren Gesprächspartnern oft unterbrochen, was von ihnen als sehr störend empfunden wird. Eine Verlangsamung der Artikulationsbewegungen ist die Hauptursache dafür. Neben dieser Komponente bewirken auch die große Häufigkeit und die erhöhte Dauer von Sprechpausen das verlangsamte Sprechen. Hierfür können ein verlangsamtes Einatmen und Probleme bei der Initiierung von Sprechbewegungen der Grund sein.

Neben diesen Faktoren existieren bei Patienten mit Dysarthrophonie weitere Einschränkungen, die zwar nicht unmittelbar die Verständlichkeit, aber die Art und Weise ihres Sprechens betreffen. Hierbei geht es um bei ihnen oft vorhandene Veränderungen der Stimmqualität und der prosodischen Strukturen. Diese "extralinguistischen" Eigenschaften werden von Störungen der motorischen Kontrolle bei der Produktion von Sprache ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen. Zudem bewirken sie bei Bewertern von Sprechproben dieser Patienten eher die Vergabe negativer Attribute (Pitcairn et al., 1990).

4. Dysarthrophonische Krankheitsbilder in der instrumentellen und perzeptiven Evaluation

In dieser Sektion werden einige wichtige Publikationen erwähnt bzw. in ihren Ergebnissen dargelegt, die dysarthrophonische Krankheitsbilder zum Gegenstand haben. Die

Vielfalt der instrumentellen (invasiven und nichtinvasiven) und auditiven Herangehensweise an die Thematik belegt deren Aktualität.

Dysarthrophonische Krankheitsbilder werden in der Literatur der letzten 40 Jahre sowohl unter Berücksichtigung perzeptiver Dimensionen als auch unter Verwendung instrumenteller nichtinvasiver bzw. invasiver Methoden evaluiert. Zudem kommen mancherorts auch kombinierte Vorgehensweisen zur Anwendung.

Bei der Wahl der instrumentellen nichtinvasiven Methoden zur Beschreibung dysarthrophonischer Krankheitsbilder sind zunächst akustische Analyseverfahren des Sprachschalls zu nennen. Mit ihrer Hilfe wird die auditive Befundung neurogener Sprechstörungen ergänzt. Diese Analyseverfahren betreffen artikulatorische und stimmliche Merkmale einzelner Krankheitsbilder. Sie werden jedoch im Gegensatz zu ihrer Verwendung bei anders bedingten Dysphonien relativ selten durchgeführt.

In den frühen Arbeiten zur akustischen Ebene werden ausschließlich qualitative Merkmale des Sprachsignals beschrieben (z. B. Alajouane et al., 1959 & 1964; Haggard, 1969), wobei bereits Lehiste (1965) auf Formantanalysen und später dann Kent, Netsell und Abbs (1979) neben diesen zusätzlich auf Segmentdauermessungen mit Hilfe von Sonagrammen zurückgreifen.

Ludlow et al. (1983) berichten Anfang der 80er Jahre von erhöhten F₀-Werten bei Morbus Parkinson. Frequenzperturbationen (Jitter) können sie bei diesem Krankheitsbild nicht erkennen. Neben perzeptiven Einschätzungen zur Stimmqualität greifen Ludlow und Bassich (1983) im gleichen Jahr auf instrumentelle Messungen zum Jitter und zu diplophonen Anteilen bei Parkinsonismus und Shy-Drager-Syndrom zurück. Dabei erscheinen ihnen die perzeptiven Einschätzungen gegenüber den Messungen als wichtiger. Bei Patienten mit Chorea Huntington stellt Ramig (1986) in seiner akustischen Untersuchung bei gehaltenen Vokalen tieffrequente Segmente, Vokalunterbrechungen und reduzierte maximale Vokaldauer fest. Um Kurz- und Langzeitinstabilitäten als phonatorische Charakteristika von Patienten mit neurogenen Störungen nachzuweisen, versuchen Ramig et al. (1988) subklinische Zeichen mit Hilfe von Jitter-, Shimmer,- und Harmonic-to-Noise-Messungen zu finden. Dabei erweisen sich Jittermessungen bei der Unterscheidung von myotonischer Dystrophie (Curschmann-Steinert) und Morbus Parkinson und bei der Verfolgung der Krankheitsprogression bei amyotropher Lateralsklerose (ALS) als wichtig. Als ebenso wichtig erweisen sich der Amplitudentremor bei Morbus Parkinson und dynamische Phänomene (tieffrequente Segmente) bei Chorea Huntington.

Neben diesen Untersuchungen liegen ebenfalls vor allem aus den 80er Jahren weitere Arbeiten mit kleinen Stichproben vor (z. B. Tatsumi et al., 1979; Hirose et al., 1982; Ziegler & von Cramon, 1983a & 1983b; Yorkston et al., 1984; Caruso & Burton,

1987; Connor et al., 1989; Ziegler et al., 1988; Forrest et al., 1989). In ihnen sind enge Fragestellungen, für die einzelne ausgewählte akustische Parameter berücksichtigt werden, zu finden.

Im Jahre 1990 wird von Ziegler et al. eine auf relativ breiter Datenbasis begründete umfangreiche Studie vorgelegt, in der 100 Patienten mit unterschiedlichen dysarthrischen Syndromen untersucht und mit einer Gruppe von 24 Normalsprechern verglichen werden. Das Untersuchungsmaterial besteht aus isoliert produzierten gehaltenen Vokalen. Hierbei werden 10 Stimmqualitätsparameter verwandt und ihre Bedeutung für die drei auditiven Stimmqualitätsmerkmale "rau", "behaucht" und "gepresst" herausgestellt. Es zeigt sich, dass im Sinne einer akustischen Prädiktion das Merkmal der "rauen" Stimme am besten durch einen erhöhten Shimmer-Wert vorherzusagen ist. Für das Merkmal der "behauchten Stimme" war die NHR (Noise-to-Harmonic-Ratio) die am besten erklärende Variable. Schließlich erhält die prezeptive Dimension "gepresste Stimme" neben der NHR durch den Jitter-Parameter die beste Vorhersage. Die NHR geht wiederum mit höchstem Gewicht in die Beschreibung ein. Insgesamt liegen die erzielten Prädiktionen für die auditiven Stimmqualitätsdimensionen mit Hilfe akustischer Merkmale bei dieser Untersuchung zwischen 40 und 54 Prozent.

Eine akustisch orientierte Untersuchung von Ackermann und Ziegler (1991a) hat 12 Patienten mit idiopathischem Parkinson-Syndrom zum Gegenstand. In ihr werden das Sprechtempo und die Artikulation bei gesprochenen Sätzen untersucht. Es zeigt sich, dass das Sprechtempo nicht signifikant unterschiedlich von dem einer untersuchten Kontrollgruppe ist. Allerdings weisen die Patienten eine reduzierte artikulatorische Verschlussbildung auf. Daraus leiten die Autoren eine Reduktion der Artikulationsamplituden her. Der artikulatorische Wechsel zwischen Öffnungs- und Schließbewegungen bei den Satzproduktionen wird hingegen als nicht beeinträchtigt charakterisiert. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass sich offensichtlich Sprechbewegungen von Extremitätenbewegungen bei dieser Patientenklientel unterscheiden.

In einer weiteren auf akustischen Analysen basierenden Fallstudie untersuchen Ackermann und Ziegler (1991b) eine Patientin mit hereditärer chronischer cerebellärer Atrophie. Die Analysen beinhalten Intensitätskonturen, Grundfrequenzkonturen und spektrale Parameter von gehaltenen Vokalproduktionen sowie von stimmlosen Frikativen. Die Ergebnisse deuten auf eine Beeinträchtigung der phonatorischen Kontrolle hin, die durch mangelnde konstante Aufrechterhaltung der bei der Phonation nötigen inneren laryngalen Muskelaktivitäten bedingt wird. Dies weisen die Autoren durch die Darlegung der F₀-Konturen während gehaltener Phonation nach. Die Konturen lassen rhythmische Oszillationen erkennen.

In einer späteren Untersuchung (Ackermann & Ziegler, 1994) widmen die gleichen Autoren ihr Interesse der akustischen Analyse der Vokalinstabilität bei isolierten Vokalproduktionen. Sie betrachten dabei die mittlere F0, die Periodizitätsvariabilität (Jitter) und die F0-Variationen bei Patienten mit cerebellär bzw. cerebellär-kortikal bedingten Dysfunktionen. Die Ergebnisse beinhalten ausgedehnte Stimmschwankungen und ansteigende Jitterwerte bei einer Subgruppe der Patienten. Zudem zeigen fünf der zwanzig untersuchten Patienten vermutlich wegen starker laryngaler Kraftanstrengung bei der Phonation ein Überschreiten des normalen Stimmumfangs.

Neben akustischen Analyseverfahren greifen Larson et al. (1994) auch auf die Elektrolottographie in einer Untersuchung zurück, in der die Analysen zu Produktionen zweier Patienten im Zusammenhang mit Medikationsszyklen betrachtet werden. Die Autoren können keine systematische Beziehung zwischen diesen Zyklen und auf die Phonation bezogene Messungen feststellen. Was ihnen aber auffällt ist, dass die Langzeitamplitudenperturbationsmessungen bei beiden Patienten abnormal hoch sind und unabhängig der physiologischen Antwort auf die Medikation gewertet werden müssen.

Hartelius et al. (1995) interessieren in ihrer Studie, in der 5 Patienten mit multipler Sklerose (MS) untersucht werden, die zeitlichen, spektralen und phonatorischen akustischen Merkmale. Sie vergleichen diese Merkmale mit denjenigen von zwei Normalpersonen. Dabei stellen sie unter anderem heraus, dass eine Fourieranalyse gehaltener Phonation wertvoll ist für die Charakterisierung der MS-Krankheit. Insgesamt 53 Patienten mit striataler oder cerebellärer Dysfunktion untersuchen Ackermann et al. (1995a) in einer Studie. Dabei registrieren sie bei gehaltenen Vokalen sowohl die mittlere F0 als auch Jitter und Tonhöenschwankungen. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass bei allen Störungen ein erhöhter Jitterwert festzustellen ist. Zudem verzeichnen sie Tonhöenschwankungen bei Patienten mit cerebellärer Atrophie, Stimmtremor bei Morbus Parkinson und verringerte Vokalhaltedauern bei Chorea Huntington.

Hertrich und Ackermann (1995) untersuchen ebenfalls mit Hilfe der EGG Dysphonien bei Morbus Parkinson und Kleinhirnerkrankungen. Sie zeigen in ihrer Studie, dass Spektrogramme von EGG-Signalen grobe Diskontinuitäten der Phonation dokumentieren, wie sie bei diesen Krankheitsbildern vorkommen. Der Anteil abnormer Phonationssegmente ist bei diesen Patientengruppen im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen erhöht. Zudem zeigen sich geschlechtsspezifische Unterschiede in den Ergebnissen, die darin bestehen, dass die Frauen gegenüber den Männern grobere Phonationsdiskontinuitäten aufweisen. Dieses Ergebnis wird in akustisch und elektrolottographisch orientierten Studien von Hertrich et al. (1997 & 1998) bestätigt und mit

unterschiedlicher Gewichtung in diesen beiden Studien präsentiert. Dabei werden ebenfalls vor allem bei Frauen mit Hilfe der fraktalen Dimensionsanalyse Phonationsinstabilitäten nachgewiesen, die die Autoren als Langzeit-Instabilität interpretieren. Zudem registrieren sie deutliche Dimensionsunterschiede zwischen den elektrolottographischen und akustischen Signalen sowie die Abhängigkeit der akustischen Werte von den jeweiligen Vokalmessungen. Sie schließen daraus, dass ein Großteil der Aperiodizität durch die Filterung im Vokaltrakt verursacht wird und nicht unmittelbar mit dem laryngalen Quellensignal in Verbindung gebracht werden kann.

Cieslar-Rakus et al. (1997) fassen in ihrer Untersuchung Dysarthrophoniesymptome zusammen und berichten, dass die Stimm- und Sprechstörungen bei M. Parkinson meist mehrere Funktionsebenen gleichzeitig einschließen. Bei den 70 untersuchten Patienten werden verwaschene Artikulation, Hypernasalität, hohes Sprechtempo, reduzierte Lautstärke, Diplophonie und Stimmtremor als Kennzeichen herausgestellt.

Tomik et al. (1999 & 2000) untersuchen in zwei Studien Patienten mit amyotrophischer Lateralsklerose. Die Ergebnisse der akustischen Analyse werden mit denjenigen einer gesunden Kontrollgruppe verglichen. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass es spezifische dysarthrische Profile bei den Patienten gebe, die anhand von akustischen Analysen zu Vokalproduktionen nachzuweisen seien.

Auf Spektralanalysen des akustischen Signals und des Luftstroms wird von Jiang et al. (2000) zur Beschreibung von Stimmtremor zurückgegriffen. Damit beabsichtigen die Autoren, pathologischen Stimmtremor (M. Parkinson-Patienten) von normalem Stimmtremor (Kontrollgruppe) bei jeweils 10 Personen zu unterscheiden. Mit Hilfe der Spektralanalyse des Luftstroms gelingt ihnen zwar keine Unterscheidung des pathologischen Stimmtremors von der Kontrollgruppe. Akustische Intensitätskonturen und Luftstromsignal korrelieren aber bei den meisten Patienten mehr miteinander als bei der Kontrollgruppe. Daraus schließen die Autoren, dass die Beziehung zwischen akustischen Intensitätskonturen und Luftstromsignal das Vorhandensein und die Ursache von Stimmtremor widerspiegelt.

Stimmstörungen, die auf Grund von neurologischen Erkrankungen entstehen, sind Gegenstand einer Untersuchung von Gamboa et al. (2001). Sie kommen zu dem Ergebnis, dass es sinnvoll ist, diese Störungen unter Verwendung verschiedener Methoden zu objektivieren.

Eine neuere akustisch, elektrolottographisch und perzeptiv ausgerichtete Studie legen Jaeger et al. (2001a) vor. Ziel dieser Untersuchung ist es, die auditive Analyse der Stimmen von Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma mit instrumentellen Verfahren zu ergänzen und die Daten der Analyse miteinander zu vergleichen. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Patienten sich von der Kontrollgruppe durch

erhöhte Frequenz- und Amplitudenperturbationswerte sowie durch spektrale Werte unterscheiden. Der Vergleich der instrumentellen mit den auditiven Daten bringt hohe Korrelationen zwischen der auditiven Dimension Gepresstheit und einem spektralen Parameter sowie der Dimension Rauigkeit und Jitter bzw. Shimmer. Die Dimension Behauchtheit als Perzept spielt dabei keine Rolle.

In einer weiteren Studie stellen die gleichen Autoren (Jaeger et al. 2001b) wohl unter Berücksichtigung der gleichen Patientengruppe die Frage nach der klinischen Anwendbarkeit des Göttinger Heiserkeitsdiagramms (GHD) für quantitative Stimmanalysen nach Schädel-Hirn-Trauma. Sie vergleichen die Ergebnisse mit denjenigen, die sie durch die Anwendung eines anderen akustischen Analysesystems (MDVP von Kay Elemetrics) und eines elektrolottographischen Analysesystem bekommen. Zudem interessieren sie in der Studie die Korrelationen der instrumentellen Parameter mit auditiven Dimensionen. Die Parameter des Göttinger Heiserkeitsdiagramms ermöglichen dabei die beste Unterscheidung zwischen den Patienten und einer Kontrollgruppe. Mit der EGG ist diese Unterscheidung hingegen nicht möglich. Zudem weisen die Parameter des GHD signifikante Korrelationen mit dem perzipierten Schweregrad der Stimmstörung auf. Dies gelingt mit den Parametern des MDVP nicht in der gleichen Weise. Die Autoren kommen deshalb zu dem Schluss, dass sich das GHD besser für die in der Untersuchung aufgegriffene Fragestellung eignet.

Weismer et al. (2001) untersuchen die akustischen Eigenschaften und die Satzverständlichkeit bei Patienten mit Morbus Parkinson (PD) und amyotropher Lateralsklerose (ALS). Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Patienten mit ALS, nicht aber diejenigen mit PD von der Kontrollgruppe bezüglich der Zeitvariablen unterscheiden. Zudem wird offenkundig, dass die Vokalräume der beiden Patientengruppen kleiner sind als diejenigen der gesunden Sprecher. (für ALS signifikante Unterschiede). Die Zusammenhänge der akustischen Eigenschaften mit der eingeschätzten Sprachverständlichkeit sind für die Autoren komplex.

Ziegler (2002) vergleicht in seiner Untersuchung Satzproduktionen mit diadochokinetischen Produktionen bei Patienten mit Dysarthrophonien und Sprechaparaxie. Zudem benutzt er auditive und akustische Messungen zur Feststellung der jeweiligen Beeinträchtigung. Es zeigt sich als Ergebnis, dass die cerebellären Pathologien mehr Auswirkungen auf die diadochokinetischen Leistungen haben als auf die Satzproduktionen, während die apraktischen Pathologien sich negativ auf die Fähigkeit einer schnellen Silbenwiederholung auswirken.

Bei den invasiven Methoden zur Evaluierung dysarthrophonischer Krankheitsbilder werden vor allem auch laryngoskopisch und stroboskopisch gewonnene Befunde herangezogen. Stelzig et al. (1999) präsentieren in einer Arbeit so gewonnene Kehl-

kopfbefunde von 39 Frauen und 61 Männern mit Morbus Parkinson, die sie geschlechtsspezifisch vorstellen. Die Ergebnisse der Untersuchung sind für Männer und Frauen unterschiedlich, wobei auffällige Amplitudenbewegungen und Randkantenverschieblichkeiten insgesamt bei mehr Männern beobachtet werden. Die zudem beobachtete Excavation der Stimmlippen wird auf eine Vokalisatrophie zurückgeführt, die beidseitig ebenfalls bei mehr Männern zu finden ist. Der vorhandene Kehlkopftremor geht mit weiteren verstärkten geschlechtsspezifisch unterschiedlichen Funktionsstörungen einher.

Eine weitere, auf die Erkrankungsdauer und das Alter fokussierte Arbeit von Stelzig und Gall (2001) beinhaltet laryngoskopisch und stroboskopisch gewonnene Kehlkopfbefunde von 118 Patienten mit Morbus Parkinson. Die Patienten werden darin bezüglich des Alters und der Krankheitsdauer in 2 Gruppen unterteilt. Als Ergebnisse halten die Autoren fest, dass eine Abhängigkeit des laryngalen Tremors von der Dauer der Erkrankung bzw. vom Lebensalter nicht beobachtet werden kann.

Stelzig et al. (2002) haben in jüngster Zeit eine weitere interessante Arbeit vorgelegt, in der sie 187 Patienten ebenfalls laryngoskopisch und stroboskopisch untersuchen. Zudem bewerten sie darin die Artikulation und die Sprechgeschwindigkeit auditiv. Hierbei interessiert, ob die Kehlkopffunktion und die Sprechgeschwindigkeit beeinflusst werden, wenn die Artikulationsstörung zunimmt. Die Ergebnisse zeigen einen Zusammenhang von erweiterten Stimmlippenamplituden und verstärkter Randkantenverschieblichkeit bei zunehmender Artikulationsstörung. Zudem weisen beschleunigte oder verlangsamte Sprechgeschwindigkeiten verminderte Amplitudenweiten auf. Durch diese Ergebnisse sehen die Autoren bestätigt, dass die Kehlkopffunktion bei Patienten mit M. Parkinson eine Beeinflussung von Atem- und Vokaltrakt aufweist.

In einer prospektiven Studie versuchen Kothe et al. (2003) anhand von 25 Patienten mit unterschiedlichen neurologischen Krankheitsbildern endoskopische Beurteilungskriterien bei zentral laryngalen Bewegungsstörungen aufzuweisen. Wie zu erwarten, kommen die Autoren zu dem Schluss, dass vielfältige Befunde diese Bewegungsstörungen charakterisieren. Es ist ihrer Meinung nach nicht möglich, eindeutige Rückschlüsse von der Art der laryngalen Störung auf den Ort der Schädigung im ZNS zu ziehen.

Baudelle et al. (2003) vergleichen in ihrer Studie die Beeinträchtigungen der Vokalproduktionen bei Patienten mit cerebellärem degenerativem Syndrom und Parkinson-Syndrom, die eine Dysarthrie erworben haben. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass unterschiedliche dysarthrische Beeinträchtigungen bei den Patientengruppen vorhanden sind.

Eine ebenfalls neue Studie von Kent et al. (2003) hat Stimmstörungen bei Dysarthrien zum Gegenstand. In diesem Zusammenhang diskutieren sie die Anwendung des MDVP von Kay Elemetrics als Programm zur akustischen Analyse von Stimmstörungen unter Verwendung vieler akustischer Parameter. Nach einer Betrachtung methodischer Schritte bei der akustischen Analyse von Sprachsignalen kommen die Autoren zur Besprechung von akustischen Daten bei Dysarthrien unterschiedlicher Pathogenese. Schließlich geben sie Anleitungen zur optimalen multidimensionalen Stimmanalyse unter Verwendung moderner akustischer Analysesysteme.

Ebenfalls unter Verwendung akustischer Analysemethoden untersuchen Schalling und Hartelius (2004) drei Patientinnen mit genetischer cerebellärer Ataxie. Bei den Patientinnen werden bei den Produktionen u. a. verminderte Sprechraten, größere Pausenraten und eine Instabilität bei der Vokalproduktion festgestellt. Diese Erscheinungen entsprechen auch dem perzeptuellen Eindruck, den die Autoren gewonnen haben. Die in dieser Arbeit verwendeten Aufgabenstellungen sind nach Meinung der Autoren relevant für akustische Analysen. Mit ihrer Hilfe können Abweichungen von Produktionen gesunder Sprecher aufgedeckt werden.

Neben diesen Studien sind in letzten Jahren auch Arbeiten in der Literatur zu finden, die dysarthrophonische Symptome untersuchen, welche auf Grund von neurochirurgischer Behandlung von Tremorsyndromen, Akinese und Rigor entstanden sind. Sie werden im Kapitel V der Arbeit besprochen. In diesem Kapitel werden die Auswirkungen solcher operativer Maßnahmen anhand von zwei Patientengruppen behandelt.

Kapitel IV. Stimmqualität bei Dysarthrophonien

Präambel

Im Kapitel II der Arbeit kann die Variabilität stimmlicher Ausprägungen anhand von Subgruppendefinitionen (= Stimmprofilgruppen) der Normalstimmen und der pathologischen Stimmen nachgewiesen werden. Auf der Grundlage dieser Subgruppendefinitionen sind sog. Referenzprofile erstellt worden. Durch ihre Erarbeitung ist eine differenzierte Basis zur referentiellen Beurteilung von individueller Stimmqualität geschaffen worden.

Bei der Stimmqualitätsbetrachtung in diesem Kapitel werden zunächst pathologiespezifische Gruppentendenzen für die Gruppe der Patienten dargelegt, die sich einer Elektrodenimplantation in den Thalamus unterzogen haben. Diese sog. Stimulationspatienten leiden entweder unter Morbus Parkinson oder unter multipler Sklerose. Es wird untersucht, ob sich Parameterwerteveränderungen im Vergleich der Bedingungen mit und ohne Stimulation instrumentell nachweisen lassen, die Auskunft über unterschiedliches Schwingungsverhalten bzw. unterschiedliches Adduktionsverhalten der Stimmlippen geben. Dann werden die unter den beiden Bedingungen gewonnenen pathologiespezifischen Daten im Zuge einer referentiellen Bearbeitung mit den Daten der Phonationsgruppe der Normalstimmen verglichen.

Nach dieser Darstellung wird eine intrasubjektive Darlegung der Stimulationsauswirkungen für die einzelnen Stimulationspatienten präsentiert.

Im Rahmen der individuell referentiellen Darlegung der Stimulationsauswirkungen bei dieser Patientenklientel werden ihre Daten schließlich den Daten der Referenzprofile der beiden Phonationsgruppen (Gruppe der Normalstimmen; Gruppe der pathologischen Stimmen) gegenübergestellt. Bei der Gegenüberstellung der Individualstimmen wird zunächst der Frage nachgegangen, ob eine Stimmqualitätsveränderung aufgrund von Stimulationseinfluss stattgefunden hat. Danach wird als weitere sinnvolle Einschätzung des Status der jeweiligen individuellen Stimmqualität die Bestimmung des Grades der Abweichung der Individualwerte von den Werten der Referenzprofile bzw. die Bestimmung des Grades der Annäherung der Werte an die Referenzwerte vollzogen. Dabei werden für die jeweilige Individualstimme Parameterwerte erfasst, anhand derer sich die Abweichung darstellen lässt. Auf der Grundlage dieser Erfassung erfolgt schließlich eine Beurteilung der individuellen phonatorischen Leistung mit physiologischem bzw. pathophysiologischem Bezug. In diese fließen auch die Ergebnisse zur intrasubjektiven Darlegung der Stimulationsauswirkungen bei den einzel-

nen Patienten ein. Der Grad der Annäherung an das jeweilige Referenzprofil wird durch die Anzahl der nicht signifikant unterschiedlichen Analyseparameter bestimmt. Neben den Stimulationspatienten werden des Weiteren Patienten berücksichtigt, die sich innerhalb eines längeren Zeitraums in logopädischer Therapie befunden haben und während dieses Zeitraums bis zu zehn Mal zur Stimmaufnahme gekommen sind. Diese sog. Longitudinalpatienten haben unterschiedliche Grunderkrankungen, die ebenfalls in einem relativ hohen Prozentsatz mit einer Dysarthrophonie einhergehen. Die Longitudinalpatienten werden zunächst bezüglich ihrer intrasubjektiven Stimmqualitätsentwicklung innerhalb des Zeitraums anhand von drei Aufnahmesitzungen betrachtet. Bei der sich anschließenden referentiellen Betrachtung ihrer Stimmqualitätsentwicklung werden die Daten zu den drei Aufnahmesitzungen den Referenzprofilen der beiden Phonationsgruppen gegenübergestellt. Durch diese Gegenüberstellung erfolgt eine Erfassung und Bewertung der individuellen phonatorischen Entwicklung über den betrachteten Zeitraum sowie eine Einordnung innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen und pathologischen Phonation.

Den Abschluss des Kapitels bildet eine Diskussion, in der die aus der Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen vorgestellt werden.

Im Folgenden wird zunächst die Kasuistik aller Patienten präsentiert, die in dieser Untersuchung berücksichtigt werden.

1. Die Patienten der Untersuchung¹

1.1. Stimulationspatienten

Fünf Patienten (Alter: 52-71) und vier Patientinnen (Alter: 42-74) mit M. Parkinson bzw. zwei Patienten (Alter: 41; 44) und fünf Patientinnen mit MS (Alter: 37-45) nahmen an der Studie teil. Die Patientengruppe mit M. Parkinson hatte sich einer stereotaktischen bilateralen Elektrodenimplantation in den Nucleus subthalamicus unterzogen, während bei der Patientengruppe mit MS uni- bzw. bilaterale Implantationen in den Thalamus (Nucleus ventralis intermedius) erfolgten (vgl. auch Krauss & Volkmann, 2004).² Über die dabei berücksichtigte Implantationstechnik wurde bereits in der Literatur berichtet (Moringlane et. al., 1998; Moringlane, 2000).

¹ Die im Folgenden angeführten Abkürzungen werden für die Pathologien im Text bzw. in den Abbildungen verwandt: M. Parkinson = Morbus Parkinson, MS = Multiple Sklerose.

² Das von J.K. Krauss und J. Volkmann herausgegebene Buch bietet erstmalig einen umfassenden Überblick über die tiefe Hirnstimulation bei Bewegungsstörungen wie bei M. Parkinson, verschiedenen Tremorformen und Dystonie (=Krankheitsbild mit fehlregulierten anhaltenden Muskelkontraktio-

Die Auswahl der an dieser Studie teilnehmenden Patienten erfolgte nicht auf Grund ihrer eventuell auditiv auffälligen Stimmqualität bzw. wegen auffälliger Artikulationsdefizite. Der Grund für ihren stationären Aufenthalt lag in der von extremitätenbezogenen Bewegungs- und Koordinationsstörungen herrührenden OP-Indikation. Ihre stimmliche bzw. artikulatorische Situation wurde als gegeben angesehen. Somit interessieren unter diesen Voraussetzungen zusätzlich die Auswirkungen der operativen Maßnahmen auf die Phonation. Im Zuge dieses Ansatzes ist die Tatsache, dass die Patienten mit M. Parkinson während der Aufnahme unter ihrer bisherigen Medikation¹ standen, zwar als abweichend von einigen in der Literatur dargelegten Aufnahmevoraussetzungen zu charakterisieren (z. B. Gentil et al., 2001 & 2003; Wang et al., 2003a & 2003b), aber auch als experimentell wünschenswert zu betrachten. Diese Einschätzung ist aus Studien der letzten Jahre zu entnehmen (Gentil et al., 1999b). Unterstützt wird sie durch die in der Literatur zu findende Annahme, dass der Stimulationseffekt während der Medikation noch deutlicher zum Ausdruck kommen könnte (Gentil et al., 2003).

Durch das Vorhaben, Patienten mit M. Parkinson unter Stimulation bzw. Nichtstimulation mit adjuvanter L-Dopa-Therapie bezüglich der phonatorischen Fähigkeiten zu untersuchen, wird ein Beitrag zu dieser in der Literatur zu findenden Fragestellung gegeben. Diese Vorgehensweise ist am Behandlungskonzept für die Patienten orientiert und somit realitätsbezogen. Das Konzept sieht zwar eine reduzierte, aber jedenfalls vorhandene Medikation vor, auf die auch unter Stimulationseinfluss keineswegs verzichtet werden kann.

Gegensätzlich zu den Patienten mit M. Parkinson stellt die Medikation bei den Patienten mit MS keinen Diskussionspunkt dar, da sie in keinem Zusammenhang mit sprachmotorischen Abfolgen gesehen wird.

Bei den in dieser Studie berücksichtigten Patienten sind vor allem bei denjenigen mit MS präoperativ in unterschiedlicher Intensität sich supraglottal zeigende dysarthrophonische Symptomatiken aufgefallen. Die Patienten mit M. Parkinson waren diesbezüglich weniger auffällig. Die auditive Bewertung der Stimmqualität beider Patientengruppen nach dem RBH-System ergab keinen gravierenden pathologischen Be-

nen). Die verfassten Kapitel decken alle relevanten Aspekte ab: historische Entwicklung, anatomische und physiologische Grundlagen, technische Grundlagen, operatives Vorgehen, klinische Ergebnisse, Patientenselektion und postoperative neurologische Betreuung von Patienten mit implantierten Hirnstimulationssystemen

¹ Die Medikation ist bei dieser Patientenklientel um etwa 40% gegenüber der vor der Operation vorhandenen Medikation gesenkt worden. Das bedeutet, dass die unter Nichtstimulation gewonnenen Aufnahmen auf Grund der geringeren Medikation *nicht* mit dem präoperativen Status gleichzusetzen sind.

fund. Folglich findet die instrumentelle Quantifizierung der unter beiden Bedingungen produzierten Signale bezüglich der Stimmqualität vor allem unterhalb der auditiven Verarbeitungsschwelle statt, was somit umso mehr von Interesse ist.

Im Folgenden werden die einzelnen Stimulationspatienten anhand von klinischen Beurteilungsskalen charakterisiert. Hierbei wird auf die modifizierte Stadieneinteilung für M. Parkinson nach Hoehn und Yahr sowie auf den EDSS-Score (= Expanded disability status scale) für MS nach Kurtzke zurückgegriffen (vgl. Hopf et al.; 1999; Grehl & Reinhardt, 2002). Bei der Einteilung nach Hoehn und Yahr existieren die Stadien 0 bis 5. Der EDSS-Score von Kurtzke ist die gebräuchlichste klinische Skala zur Dokumentation der Ausfälle bei MS. Bei ihm geht vor allem die Gehfähigkeit in die Bewertung ein. Kognitive Defizite werden beispielsweise nicht erfasst. Die Einteilung reicht von 0,0 bis 10,0.

(a) Patienten mit M. Parkinson

(aa) Patientin 1

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 74 Jahre alt. Nach Hoehn und Yahr wird ihr Stadium 3 zuerkannt. Das Stadium 3 wird charakterisiert durch eine geringe bis mäßige Behinderung mit leichter Haltungsinstabilität. Die Person ist körperlich unabhängig.

(bb) Patientin 2

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 42 Jahre alt. Nach Hoehn und Yahr wird ihr Stadium 2 zuerkannt. Das Stadium 2 wird charakterisiert durch eine leichte beidseitige Symptomatik ohne Gleichgewichtsstörung.

(cc) Patient 3

Der Patient ist zur Zeit der Aufnahme 52 Jahre alt. Nach Hoehn und Yahr wird ihm Stadium 2 bis Stadium 3 zuerkannt. Das Stadium 2 wird charakterisiert durch eine leichte beidseitige Symptomatik ohne Gleichgewichtsstörung; das Stadium 3 durch eine geringe bis mäßige Behinderung mit leichter Haltungsinstabilität. Die Person ist körperlich unabhängig.

(dd) Patient 4

Der Patient ist zur Zeit der Aufnahme 58 Jahre alt. Nach Hoehn und Yahr wird ihm Stadium 3 zuerkannt. Das Stadium 3 wird charakterisiert durch eine geringe bis mäßige Behinderung mit leichter Haltungsinstabilität. Die Person ist körperlich unabhängig.

(ee) Patient 5

Der Patient ist zur Zeit der Aufnahme 60 Jahre alt. Nach Hoehn und Yahr wird ihm Stadium 2 bis Stadium 2,5 zuerkannt. Das Stadium 2 wird charakterisiert durch eine leichte beidseitige Symptomatik ohne Gleichgewichtsstörung; das Stadium 2,5 durch eine leichte beidseitige Symptomatik mit Ausgleich beim Zugtest.

(ff) Patient 6

Der Patient ist zur Zeit der Aufnahme 71 Jahre alt. Nach Hoehn und Yahr wird ihm Stadium 2 zuerkannt. Das Stadium 2 wird charakterisiert durch eine leichte beidseitige Symptomatik ohne Gleichgewichtsstörung.

(gg) Patient 7

Der Patient ist zur Zeit der Aufnahme 69 Jahre alt. Nach Hoehn und Yahr wird ihm Stadium 2 zuerkannt. Das Stadium 2 wird charakterisiert durch eine leichte beidseitige Symptomatik ohne Gleichgewichtsstörung.

(hh) Patientin 8

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 62 Jahre alt. Das Stadium 4 zeigt das Vollbild der Erkrankung mit schwerer Behinderung und Hilfsbedürftigkeit bei Alltagsverrichtungen. Die Person kann aber noch ohne Hilfe gehen und stehen.

(ii) Patientin 9

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 61 Jahre alt. Nach Hoehn und Yahr wird ihr Stadium 4 zuerkannt. Das Stadium 4 zeigt das Vollbild der Erkrankung mit schwerer Behinderung und Hilfsbedürftigkeit bei Alltagsverrichtungen. Die Person kann aber noch ohne Hilfe gehen und stehen.

(b) Patienten MS

(aa) Patientin 1

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 45 Jahre alt. Es erfolgte bei ihr eine unilaterale Elektrodenimplantation. Nach dem EDSS-Score von Kurtzke wird ihr der Scorepunkt 7,0 zuerkannt. Der Scorepunkt 7,0 beinhaltet die Unfähigkeit, selbst mit Hilfe mehr als 5 Meter zu gehen. Die Person ist weitgehend an den Rollstuhl gebunden. Sie bedient den Rollstuhl aber selbst und kann den Transfer alleine durchführen. In der Regel sitzt die Person 12 Stunden am Tag im Rollstuhl.

(bb) Patientin 2

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 37 Jahre alt. Es erfolgte bei ihr eine unilaterale Elektrodenimplantation. Nach dem EDSS-Score von Kurtzke wird ihr der Scorepunkt 6,5 zuerkannt. Der Scorepunkt 6,5 beinhaltet die Notwendigkeit einer konstanten beidseitigen Gehhilfe (Stock oder Krücke), wenn mindestens 20 Meter ohne Pause bewältigt werden sollen.

(cc) Patientin 3

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 43 Jahre alt. Es erfolgte bei ihr eine bilaterale Elektrodenimplantation. Nach dem EDSS-Score von Kurtzke wird ihr der Scorepunkt 6,5 zuerkannt. Der Scorepunkt 6,5 beinhaltet die Notwendigkeit einer konstanten beid-

seitigen Gehhilfe (Stock oder Krücke), wenn mindesten 20 Meter ohne Pause bewältigt werden sollen.

(dd) Patientin 4

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 37 Jahre alt. Es erfolgte bei ihr eine unilaterale Elektrodenimplantation. Nach dem EDSS-Score von Kurtzke wird ihr der Scorepunkt 7,0 zuerkannt. Der Scorepunkt 7,0 beinhaltet die Unfähigkeit, selbst mit Hilfe mehr als 5 Meter zu gehen. Die Person ist weitgehend an den Rollstuhl gebunden. Sie bedient den Rollstuhl aber selbst und kann den Transfer alleine durchführen. In der Regel sitzt die Person 12 Stunden am Tag im Rollstuhl.

(ee) Patient 5

Der Patient ist zur Zeit der Aufnahme 41 Jahre alt. Es erfolgte bei ihm eine bilaterale Elektrodenimplantation. Nach dem EDSS-Score von Kurtzke wird ihm der Scorepunkt 8,0 zuerkannt. Der Scorepunkt 8,0 beinhaltet eine weitgehende Gebundenheit an das Bett oder den Rollstuhl. Die Person kann die Körperpflege noch selbst durchführen und die Arme in der Regel sinnvoll einsetzen.

(ff) Patient 6

Der Patient ist zur Zeit der Aufnahme 44 Jahre alt. Es erfolgte bei ihm eine bilaterale Elektrodenimplantation. Nach dem EDSS-Score von Kurtzke wird ihm der Scorepunkt 7,0 zuerkannt. Der Scorepunkt 7,0 beinhaltet die Unfähigkeit, selbst mit Hilfe mehr als 5 Meter zu gehen. Die Person ist weitgehend an den Rollstuhl gebunden. Sie bedient den Rollstuhl aber selbst und kann den Transfer alleine durchführen. In der Regel sitzt die Person 12 Stunden am Tag im Rollstuhl.

(gg) Patientin 7

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahme 37 Jahre alt. Es erfolgte bei ihr eine unilaterale Elektrodenimplantation. Nach dem EDSS-Score von Kurtzke wird ihr der Scorepunkt 7,0 zuerkannt. Der Scorepunkt 7,0 beinhaltet die Unfähigkeit, selbst mit Hilfe mehr als 5 Meter zu gehen. Die Person ist weitgehend an den Rollstuhl gebunden. Sie bedient den Rollstuhl aber selbst und kann den Transfer alleine durchführen. In der Regel sitzt die Person 12 Stunden am Tag im Rollstuhl.

1.2. Longitudinal betrachtete Patienten

Zwei Patienten und zwei Patientinnen mit unterschiedlichen Grunderkrankungen, auf Grund derer eine Dysarthrophonie erworben wurde, nahmen an der Untersuchung teil. Dabei wurden von zwei Patienten und einer Patientin über einen Zeitraum von acht Monaten, innerhalb derer logopädische Therapiesitzungen stattgefunden haben, jeweils zehn Aufnahmen gemacht. Von einer Patientin konnte auf Grund der raschen Progre-

dienz ihres Krankheitsverlaufs nur drei Aufnahmen über einen Zeitraum von drei Monaten gemacht werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Patienten charakterisiert:¹

(a) Patient 1

Der Patient 1 ist zur Zeit der Aufnahmen 37 Jahre alt. Er leidet unter einer hereditären cerebellären Ataxie. Als Erstsymptomatik sind eine zunehmende Dysphagie sowie eine Beeinträchtigung der supraglottalen Artikulation bekannt. Es wurde eine ataktische Dysarthrophonie bei bestehender Gaumensegelparese links mit klassischem Kulissenphänomen diagnostiziert.

(b) Patient 2

Der Patient war zur Zeit der Aufnahmen 47 Jahre alt. Es bestand ein Zustand nach Apoplex mit bestehender Dysarthrophonie. Lupenlaryngoskopisch imponierte ein hypotones Schwingungsbild. Die MRT-Untersuchung ergab ischämische Areale in beiden Hirnhälften, beidseitig der Pons sowie beidseitig der Kleinhirnbrückenwinkel.

(c) Patientin 1

Die Patientin 2 ist zur Zeit der Aufnahmen 50 Jahre alt. Als Erstsymptomatik sind bei ihr plötzlich eintretende Sprechstörungen bekannt. Die CT-Untersuchung hat diskrete Demyelinisierungen im Bereich der Pons sowie periventriculär ergeben. Es bestand der Verdacht auf eine beginnende Suprabulbärparalyse. Lupenlaryngoskopisch war die Patientin unauffällig.

(d) Patientin 2

Die Patientin ist zur Zeit der Aufnahmen 60 Jahre alt. Als Erstsymptomatik ist eine Dysphagie bekannt. Es wurde eine amyotrophische Lateralsklerose mit suprabulbärer und pyramidaler, dysarthrophonischer Komponente diagnostiziert. Zudem konnte eine Affektinkontinenz (Zwangslachen, Zwangsweinen) festgestellt werden.

2. Material und Methode

2.1. Stimmaufnahmen und Analysedaten

Für die erste Patientengruppe (Stimulationspatienten) wird bei der Betrachtung pathologiespezifischer Gruppentendenzen und bei der intrasubjektiven Beurteilung der Stimulationsauswirkungen pro Patient auf die Analysedaten zu insgesamt drei Vokalproduktionen ([i:, a:, u:]) zurückgegriffen. Die Vokale wurden isoliert gehalten in mittlerer Stimmlage produziert.

¹ An dieser Stelle sei Herrn Dr. med. Manfred R. Just, Facharzt für HNO, Phonitatrie und Pädaudiologie, für das Erstellen der Kasuistik gedankt.

Die individuell referentielle Beurteilung der Stimulationsauswirkungen beinhaltet einen Vergleich der individuellen Daten mit den Daten der Referenzprofile beider Phonationsgruppen. Sie erfolgt hingegen unter Berücksichtigung von Mittelwerten. Diese wurden pro Person für alle in diesem Gliederungspunkt berücksichtigten Gruppierungen (dysarthrophonische Patienten; gesunde Personen in der Phonationsgruppe der Normalstimmen; Patienten in der Phonationsgruppe der pathologischen Stimmen) auf der Grundlage derselben Vokale [i:, a:, u:] gebildet.

Für die zweite Patientengruppe (Longitudinalpatienten) werden bei der Betrachtung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung ebenfalls drei Vokalproduktionen [i:, a:, u:] berücksichtigt. Bei der referentiellen Betrachtung wird wiederum auf Mittelwerte zurückgegriffen.

2.2. Aufzeichnungsmodus und Analysemethoden

Die Aufzeichnungen wurden mit dem kommerziell erhältlichen Sprachverarbeitungssystem "Computerized Speech Lab (CSL), Modell 4300B", der Firma Kay Elemetrics Corp. unter Verwendung eines Nacken-Kondensatormikrophons (NEM 192.15, beyerdynamic) und eines EGG-Systems der Firma Laryngograph Ltd. (Portable Laryngograph) gemacht, wobei die beiden Signale mit einer Abtastrate von 50 kHz und einer Amplitudenauflösung von 16 Bit digitalisiert wurden. Bei den zur Analyse aufbereiteten akustischen und elektroglottographischen Signalen wurde darauf geachtet, dass etwa eine Sekunde aus der Mitte der Vokalproduktion vorlag (Klingholz, 1991). Die Analysen des akustischen Signals sowie die Analysen des elektroglottographischen Signals wurden mit den für diese Arbeit relevanten Analysemethoden vollzogen (vgl. Kap. I, Sektion 1.6.1. & 2.2.1.). Die Geschlechter werden hier ebenso wie in Kapitel II bei der Erfassung von Stimmqualität zur Normalstimme und zu pathologischen Stimme getrennt behandelt.

2.3. Analyseschwerpunkte

Innerhalb des Kapitels sind die folgenden vier Analyseschwerpunkte enthalten:

- (1) Pathologiespezifische und intrasubjektive Darlegung der Stimulationsauswirkungen auf die Phonation bei Patienten mit M. Parkinson und MS.
- (2) Referentielle Darlegung der pathologiespezifischen und intrasubjektiven Auswirkung der Stimulation auf die Phonation bei Patienten mit M. Parkinson und MS.
- (3) Individuelle Stimmqualitätsentwicklung bei Longitudinalpatienten.

(4) Referentielle Darlegung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung bei Longitudinalpatienten.

2.4. Statistik

Die statistische Bearbeitung der Analysedaten wurde mit SPSS Version 11.5 vollzogen. Dabei werden die beiden Geschlechter, wenn pathologiespezifische Aussagen angestrebt werden, getrennt analysiert. Die individuellen Patientendaten werden ebenfalls mit den gleichgeschlechtlichen Daten der beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen; pathologische Stimmen) verglichen.

Die vollzogenen statistischen Prozeduren für die Stimulationspatienten und Longitudinalpatienten werden im Folgenden getrennt angeführt:

2.4.1. Stimulationspatienten

(a) Multivariate Varianzanalysen (MANOVA) und ggf. Posthoc-Tests (Tukey's honestly significant differences) zum Nachweis von

(aa) pathologiespezifischen Gruppentendenzen der Stimulationsauswirkungen (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Mit Stimulation / Ohne Stimulation).

(bb) pathologiespezifischen Gruppentendenzen der Stimulationsauswirkungen im Vergleich mit normalstimmlichen Daten (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Mit Stimulation / Ohne Stimulation / Normalstimmen).

(cc) intrasubjektiven Auswirkungen der Stimulation (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Mit Stimulation / Ohne Stimulation).

(dd) signifikanten Abweichungen von den Daten des jeweiligen Referenzprofils (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Individuelle Daten / Daten des Referenzprofils).

(b) Diskriminanzanalysen (Schrittweise Methode) zur Zuordnung der

(aa) unter Stimulation gewonnenen individuellen Daten zu den Daten eines Referenzprofils.

(bb) unter Nichtstimulation gewonnenen individuellen Daten zu den Daten eines Referenzprofils.

2.4.2. Longitudinalpatienten

(a) Multivariate Varianzanalysen (MANOVA) und ggf. Posthoc-Tests zum Nachweis der

(aa) intrasubjektiven Entwicklung der Stimmqualität über den betrachteten Zeitraum anhand der Aufnahmesitzungen (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Aufnahmesitzungen 1 bis 10 bzw. 1 bis 3).

(bb) signifikanten Abweichungen von den Daten des jeweiligen Referenzprofils (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Individuelle Daten / Daten des Referenzprofils).

(b) Diskriminanzanalysen (Schrittweise Methode) zur Zuordnung der über den betrachteten Zeitraum gewonnenen individuellen Daten zu den Daten eines Referenzprofils.

2.5. Präsentation der Ergebnisse

Bei der Präsentation der Ergebnisse werden zunächst die Stimulationspatienten berücksichtigt. Dann folgt die Präsentation der Ergebnisse zu den Longitudinalpatienten. Die Analyseergebnisse zu den beiden Gruppen werden schließlich in der Diskussion zur gesamten Studie gegenübergestellt.

Für die Stimulationspatienten werden die pathologiespezifischen von den individuellen Ergebnissen getrennt angeführt. Zudem werden bei ihnen bei der Darstellung der pathologiespezifischen Auswirkungen die Geschlechter getrennt betrachtet. Die Ergebnisse werden in Tabellen im Anhang B angeführt. Dabei werden diejenigen Parameter berücksichtigt, die für eine signifikante Unterscheidung der jeweiligen Bedingungen bzw. für Tendenzen relevant sind.

Zur besseren Verdeutlichung wird im Text auf Abbildungen zu ausgewählten Aspekten (mit Verweis auf die relevante Tabelle) zurückgegriffen, um auf wesentliche Entwicklungen für das betrachtete Krankheitsbild bzw. für das Individuum hinzuweisen.

Die Interpretation der präsentierten Parameterwerteveränderungen orientiert sich an den in Kapitel II, Sektion 2.7. dazu dargelegten beobachteten Tendenzen.

3. Stimulationspatienten¹

3.1. Pathologiespezifische Gruppentendenzen zu Auswirkungen der Stimulation

(a) M. Parkinson

Für die männlichen und weiblichen Patienten mit M. Parkinson können unter Verwendung der Parametrisierungen der beiden Analyseprogramme keine signifikanten Unterschiede unter beiden Bedingungen festgemacht werden.

(b) MS

In der Tabelle IV.1 werden die Stimulationsauswirkungen bei diesem Krankheitsbild gezeigt (vgl. Anhang B, Tabelle IV.1). Aus ihr ist zu ersehen, dass sich nur die Parameterwerte der männlichen Patienten unter beiden Bedingungen signifikant unterscheiden. Diese Unterscheidung ist durch den akustischen Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG) bzw. durch denjenigen zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) möglich. In Abbildung IV.1 werden am Beispiel des Parameters zum Öffnungsquotienten (OQG) die unterschiedlichen Mittelwertausprägungen verdeutlicht.

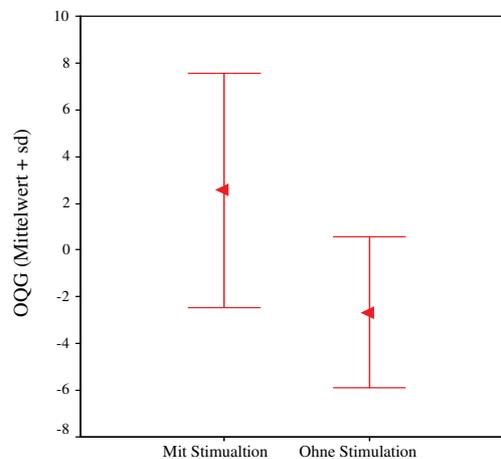


Abbildung IV.1: Öffnungsquotienten (OQG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,001$).

¹ Für die Darlegung der pathologiespezifischen Gruppentendenzen zu Auswirkungen der Stimulation (3.1.), für die referentielle Darlegung der pathologiespezifischen Gruppentendenzen (3.2.) und für die intrasubjektive Darlegung der Stimulationsauswirkungen (3.3.) werden *alle* Parameter des elektroglossographischen Analyseprogramms (7) sowie des akustischen Analyseprogramms (5) berücksichtigt. Die individuell referentielle Darlegung der Stimulationsauswirkungen (3.4.) wird hingegen *nur* mit den Parametern des jeweiligen Referenzprofils vollzogen (vgl. Kap. II, Sektion 2.3. & 2.8.).

Eine eindeutige Vergrößerung des Mittelwertes dieses Parameters unter Stimulation ist aus der Abbildung zu erkennen. Dies ist als eine Verschlechterung des Adduktionsvorgangs der Stimmlippen zu interpretieren.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass geschlechtsübergreifend bei den Patienten mit M. Parkinson unter beiden Bedingungen eine große individuelle Variabilität beim Phonationsverhalten vorhanden ist. Diese Variabilität ist auch bei den weiblichen Patienten mit MS zu finden. Nur bei den männlichen Patienten mit diesem Krankheitsbild gelingt eine signifikante Unterscheidung der beiden Bedingungen anhand zweier akustischer Parameter. Es erweist sich deshalb als notwendig, neben der Gruppenbetrachtung zu den beiden Pathologien eine patientenbezogene Betrachtung der Stimulationsauswirkungen anzugehen. Zuvor scheint aber ebenso notwendig, die Stimulationsauswirkungen bei beiden Pathologien im Vergleich mit normalstimmlichen Referenzdaten zu bewerten. Dadurch kann untersucht werden, ob die pathologiespezifischen Gruppentendenzen unterschiedlich zu normalstimmlichen Phonationscharakteristika sind.

3.2. Referentielle Darlegung der pathologiespezifischen Gruppentendenzen

Die referentielle Darlegung der pathologiespezifischen Stimulationsauswirkungen richtet ihr Augenmerk auf die Abweichungen der Mittelwerte beider Pathologien von denjenigen der Phonationsgruppe der Normalstimmen. Die Werte für die Normalstimmen werden im Kapitel II, Sektion 2.3. der Arbeit geschlechtsbezogen präsentiert.

(a) M. Parkinson

Zunächst können die männlichen Patienten innerhalb der Gruppe anhand von 3 EGG-Parametern (CLA, OPA, ECV) unter beiden Bedingungen signifikant von der Gruppe der Normalstimmen abgegrenzt werden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.2). In Abbildung IV.2 wird dies am Beispiel des Parameters zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) verdeutlicht.

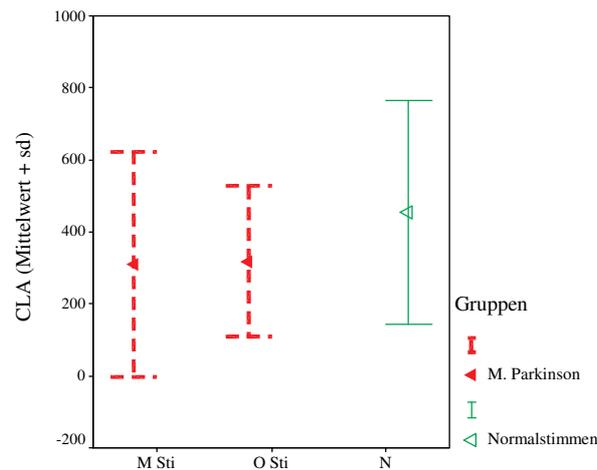


Abbildung IV.2: Steilheit der Schließbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei Normalstimmen (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti & O Sti gegenüber N: $p < 0,05$).

Der in dieser Abbildung im Vergleich zu den Normalstimmen unter beiden Bedingungen vorhandene geringere Parameterwert deutet auf einen flacheren Verlauf der Schließbewegung bei dieser Patientengruppe hin. Es ist somit von einer schwächeren Anregung auszugehen. Zusätzlich kann mit Hilfe des Parameters zur Verschlussphase (CV) die Phonation unter Stimulation von der Phonation der Normalstimmen signifikant unterschieden werden.

Die akustische Parametrisierung ermöglicht eine Unterscheidung der unter Stimulation gewonnenen Daten durch den Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG). Die ohne Stimulation gewonnenen Daten können durch den Parameter zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) von den Normalstimmen abgegrenzt werden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.2). Die elektroglottographischen und akustischen Parameterwerte belegen für die männlichen Patienten eine größtenteils ohne Stimulation (bei geringerer Medikation) bereits vorhandene Beeinträchtigung des Phonationsverhaltens.

Bei den Patientinnen mit diesem Krankheitsbild dienen die EGG-Parameter CLA, OPA, CV sowie der Parameter SCA zur signifikanten Unterscheidung beider Bedingungen gegenüber den Normalstimmen. Anhand des Parameters zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) wird dies in Abbildung IV.3 verdeutlicht.

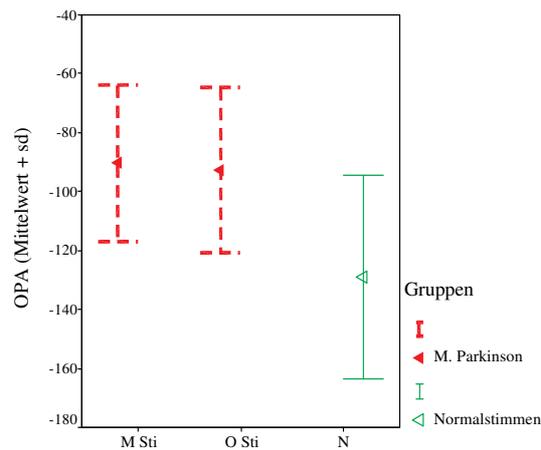


Abbildung IV.3: Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei Normalstimmen (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti & O Sti gegenüber N: $p < 0,01$).

Durch die Vergrößerung des Parameterwertes wird verdeutlicht, dass die Öffnungsbewegung für die Patientinnen flacher verläuft; die Stimmlippen öffnen sich langsamer.

Mit dem Parameter zur Endphase der Schließungsbewegung (ECV) lassen sich zusätzlich die ohne Stimulation gewonnenen Daten von denjenigen der Normalstimmen abgrenzen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.3).

Die akustische Analyse liefert für die Patientinnen drei Parameter, mit denen sie unter beiden Bedingungen von den gleichgeschlechtlichen Normalstimmen signifikant abzugrenzen sind. Dies sind der Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG), derjenige zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) und derjenige zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG). Abbildung IV.4 zeigt diese Unterscheidungsmöglichkeit am Beispiel des RCG-Parameters.

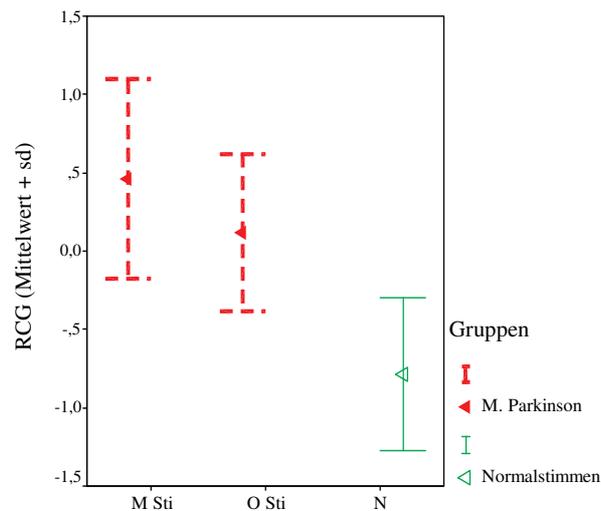


Abbildung IV.4: Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei Normalstimmen (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti & O Sti gegenüber N: $p < 0,01$).

Aus der Abbildung kann ersehen werden, dass die Parameterwerte zu den Bedingungen mit und ohne Stimulation größer sind als der Parameterwert der Normalstimmen. Hieraus ist zu schließen, dass der spektrale Abfall des Anregungsspektrums unter beiden Bedingungen größer ist und somit weniger Energie bei den höheren Frequenzen des Anregungsspektrums vorhanden ist.

Es kann für dieses Krankheitsbild geschlechtsübergreifend festgehalten werden, dass die Tendenz einer bereits ohne Stimulation (bei geringerer Medikation) vorhandenen Beeinträchtigung des Phonationsverhaltens durch den Vergleich mit den Daten der Normalstimmen zu erkennen ist. Neben dieser generellen Aussage gibt es aber auch Anhaltspunkte, dass die Stimulation vereinzelt eine zusätzliche Verschlechterung der Phonationssituation gebracht hat. Deshalb ist eine individuelle Betrachtung der Entwicklungen dringend angezeigt.

(b) MS

Bei den beiden männlichen Patienten dieser Gruppe kann anhand der Parametermittelwerte unter Stimulation im Vergleich mit den Werten der Normalstimmen eine Veränderung der Phonationssituation nachgewiesen werden, die auf einen angespannten Schwingungsmodus hinweist (vgl. Anhang B, Tabelle IV.4). Am Beispiel des EGG-Parameters zur Steilheit der Schließbewegung (CLA) kann diese Entwicklung in der Abbildung IV.5 dargelegt werden.

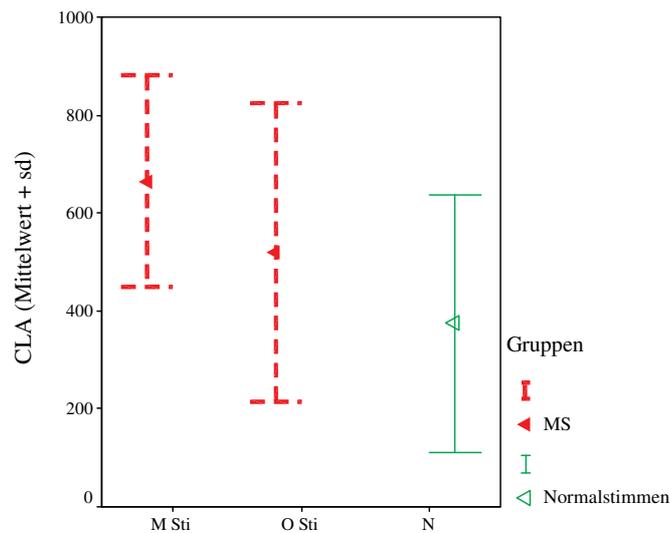


Abbildung IV.5: Steilheit der Schließbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei Normalstimmen (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber N: $p < 0,05$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass der unter Stimulation gewonnene Parameterwert im Vergleich zu dem ohne Stimulation gewonnenen Wert einen weiteren Anstieg erfährt. Dadurch unterscheidet er sich signifikant von dem normalstimmlichen Mittelwert. Bei Anstieg dieses Wertes kann von einer steileren Schließbewegung ausgegangen werden.

Bei den Frauen der Patientengruppe werden positive Auswirkungen auf das Phonationsverhalten unter Stimulation anhand der Parameterwerteveränderungen verdeutlicht (vgl. Anhang B, Tabelle IV.5). Der akustische Parameter zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) belegt diese Tendenz am Beispiel in der Abbildung IV.6.

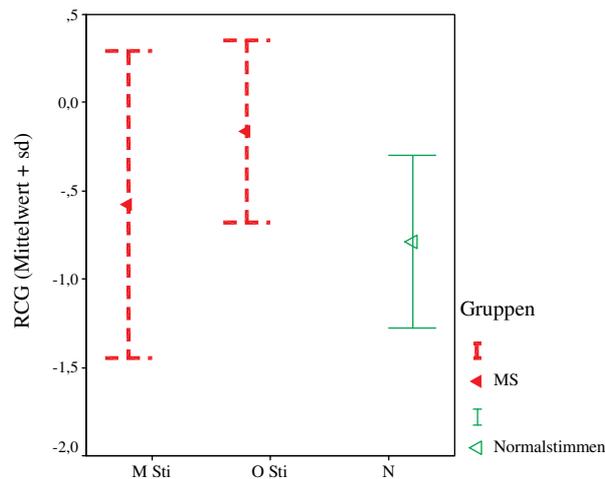


Abbildung IV.6: Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei Normalstimmen (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti & N gegenüber O Sti: $p < 0,05$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass sich der Parameterwert für die unter Stimulation gewonnenen Daten an den Wert für die Normalstimmen annähert. Beide Werte unterscheiden sich signifikant von dem Parameterwert, der unter Nichtstimulation gewonnen wurde.

Bei diesem Krankheitsbild bedingt der Stimulationseinfluss also eine angespannte (Männer) bzw. eine sich verbessernde (Frauen) Phonationsituation. Der pathologiebezogene Vergleich der Analysedaten mit den Daten der Normalstimme hat sich als notwendig herausgestellt. Durch ihn kann eine bessere Einschätzung des Phonationsverhaltens erreicht werden. Dieses Ergebnis ist konform mit dem Ergebnis einer zurückliegenden Studie, in der ebenfalls auf die Notwendigkeit einer referenziellen Betrachtung des Phonationsverhaltens unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation hingewiesen wird (Pützer et al., 2003b).

3.3. Intrasubjektive Darlegung der Stimulationsauswirkungen

In dieser Sektion werden Auswirkungen der Elektrostimulation auf die phonatorische Entwicklung bei den einzelnen Patienten dargelegt. Durch diese sog. intrasubjektive Betrachtung können die bei den Pathologien beschriebenen Tendenzen zum einen untermauert werden. Zum anderen können dadurch Abweichungen von ihnen bei den einzelnen Patienten festgemacht werden, die bei der kollektiven Betrachtung nicht konkretisiert werden. Zunächst wird die Entwicklung der Patienten mit M. Parkinson betrachtet. Dann werden die Patienten mit MS behandelt.

(a) M. Parkinson

(aa) Patientin 1

Die Betrachtung des Phonationsverhaltens unter Stimulation lässt bei dieser Patientin eine Verschlechterung des Adduktionsverhaltens erkennen, was sowohl anhand der elektrolottographischen Parametrisierung (Parameter ECV, CV) als auch anhand eines akustischen Parameters (SKG) nachgewiesen werden kann (vgl. Anhang B, Tabelle IV.6). In Abbildung IV.7 wird diese Entwicklung durch den akustischen Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) verdeutlicht.

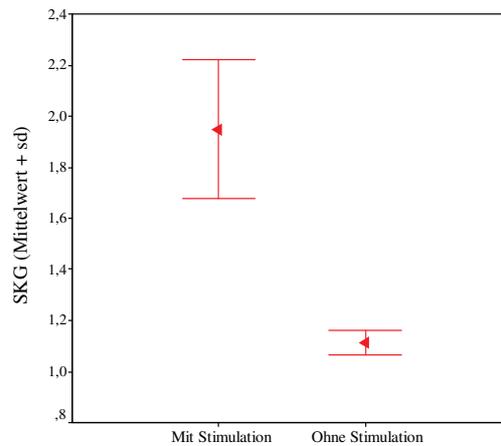


Abbildung IV.7: Steilheit Glottiswelle (SKG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,01$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass unter Stimulation der Parameterwert für den SKG-Parameter ansteigt. Dieser Anstieg signalisiert einen steileren spektralen Abfall und somit einen Verlust an Energieanteilen bei den hochfrequenten Obertönen. In dieser Tendenz entwickeln sich auch die anderen akustischen Parameter, so dass von einer Einschränkung der phonatorischen Leistung unter Stimulation bei dieser Patientin ausgegangen werden muss.

(bb) Patientin 2

Ein Vergleich der unter Stimulation gewonnenen Daten mit den Daten, die unter Nichtstimulation gewonnen wurden, beinhaltet bei dieser Patientin keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell ist aber eine Verschlechterung des Phonationsablaufs anhand der elektrolottographischen und akustischen Parameterwerte nachzuweisen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.7).

(cc) Patient 3

Bei diesem Patienten kann anhand der elektrolottographischen Parameterwerte eindeutig eine Verschlechterung des Adduktionsverhaltens unter Stimulation nachgewiesen werden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.8). Dieser Nachweis ist neben der signifikanten Veränderung des Öffnungsquotienten vor allem durch die für die Adduktion relevanten Parameter zur Schließungsbewegung (SCA, CLA) zu führen. In Abbildung IV.8 wird diese Entwicklung anhand der Werte des CLA-Parameters am Beispiel verdeutlicht.

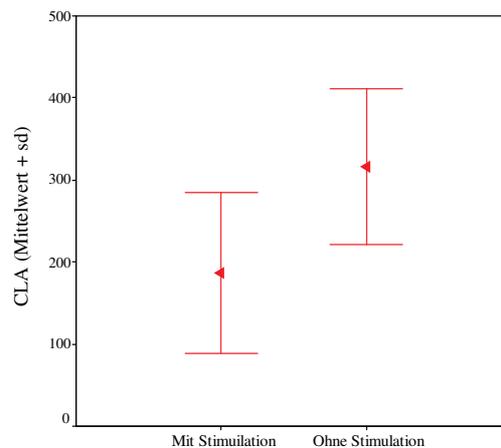


Abbildung IV.8: Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,05$).

Aus ihr ist zu ersehen, dass sich der Parameterwert unter Stimulation verringert. Die Schließungsbewegung verläuft somit flacher. Dadurch wird eine Beeinträchtigung der Anregung angezeigt.

Diese Verschlechterung des Phonationsvorgangs unter Stimulation wird durch den akustischen Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG) ebenfalls belegt. Dadurch zeigt sich der komplementäre Charakter der beiden Analysesysteme, auf den im Kapitel II, Sektion 2.4. der Arbeit hingewiesen wird. In Abbildung IV.9 wird die Mittelwertentwicklung des Parameters zum Öffnungsquotienten veranschaulicht.

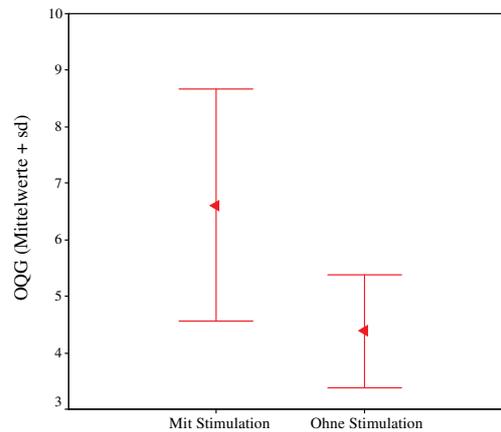


Abbildung IV.9: Öffnungsquotienten (OQG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,05$).

Eine Vergrößerung des Parameterwertes steht für eine Beeinträchtigung des Adduktionsverhaltens der Stimmlippen.

Für diesen Patienten lässt sich also unter Stimulation durch eine geringere Steilheit der Anregungsflanke bei der EGG-Kurve und eine Vergrößerung des Öffnungsquotienten eine Phonationsverschlechterung belegen.

(dd) Patient 4

Bei dem Patienten 4 ist weder elektroglossographisch noch akustisch eine signifikante Veränderung der Phonation unter Stimulationseinfluss nachzuweisen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.9). Allerdings lässt ein Blick auf die Entwicklung der Parameterwerte eine tendenzielle Phonationsverbesserung unter dieser Bedingung erkennen. Abbildung IV.10 zeigt diese Tendenz anhand des EGG-Parameters zur Steilheit der Schließbewegung (CLA).

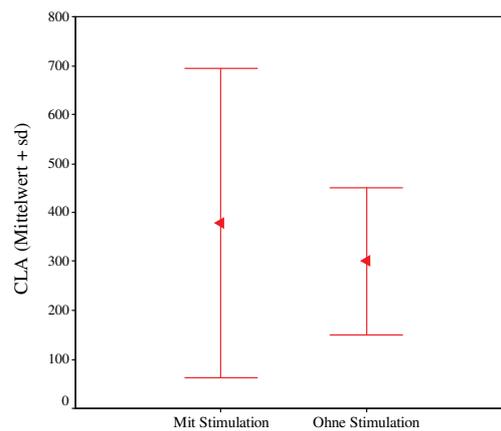


Abbildung IV.10: Steilheit der Schließbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation.

Die Verbesserung des Adduktionsverhaltens der Stimmlippen unter Stimulation wird durch den Anstieg des Parameterwertes belegt. Die Schließbewegung ist steiler. Allerdings belegt eine größere Streuung unter dieser Bedingung auch mehr Instabilität beim Phonationsvorgang. Dennoch kann bei diesem Patienten eine beginnende Entwicklung des Phonationsverhaltens beobachtet werden, die sich von den für die Pathologie beschriebenen Tendenzen unterscheidet.

(ee) Patient 5

Bei diesem Patienten können die phonatorischen Leistungen unter beiden Bedingungen ebenfalls nicht signifikant anhand der Parameterwerte unterschieden werden. Allerdings ist auch bei ihm durch die akustischen Parameterwerteveränderungen eine tendenzielle Verbesserung der Phonationssituation unter Stimulation zu erkennen. (vgl. Anhang B, Tabelle IV.10).

(ff) Patient 6

Die unter Stimulationseinfluss gewonnenen Analysedaten zu diesem Patienten lassen eine Beeinträchtigung der phonatorischen Leistungen erkennen. Signifikante Unterschiede bei den EGG-Parametern CV und SCA unter beiden Bedingungen belegen diese Feststellung. Abbildung IV.11 zeigt die Entwicklung des Parameters zur Verschlussphase (CV).

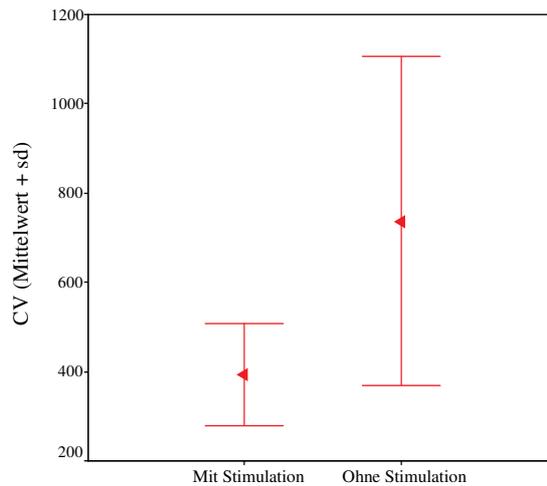


Abbildung IV.11: Verschlussphase (CV) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,05$).

Die Verringerung des Wertes unter Stimulation signalisiert diese Beeinträchtigung der Verschlussphase. Die Entwicklung der akustischen Parameterwerte (z. B. GOG) belegt diesen Befund ebenfalls (vgl. Anhang B, Tabelle IV.11).

(gg) Patient 7

Bei dem Patienten 7 verschlechtern sich die phonatorischen Leistungen unter Stimulation auch. Anhand des Parameters zur Startphase der Schließungsbewegung (SCV) kann dies durch signifikant unterschiedliche Mittelwerte unter beiden Bedingungen nachgewiesen werden. Dies ist aus Abbildung IV.12 ersichtlich.

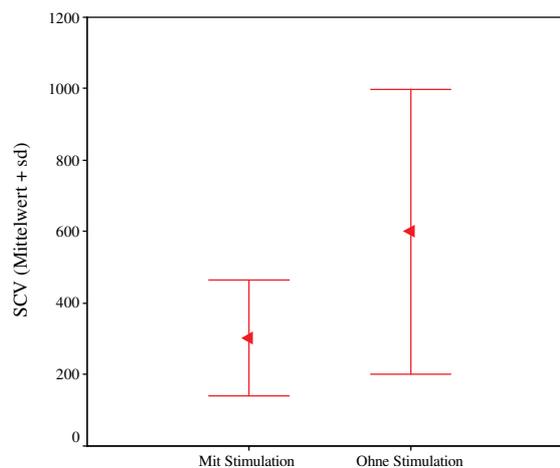


Abbildung IV.12: Startphase der Schließungsbewegung (SCV) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,01$).

Unter Stimulation verringert sich der Parameterwert, so dass von einer Beeinträchtigung der Phonationsstabilität zu Beginn der Schließungsbewegung ausgegangen werden kann. Der Wert des akustischen Parameters zum Öffnungsquotienten lässt dieselbe Tendenz erkennen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.12).

(hh) Patientin 8

Bei dieser Patientin ist dieselbe Tendenz vorhanden wie bei dem Patienten 7. Die Stimulation beeinträchtigt den Phonationsablauf, was anhand der Parameterentwicklung beider Analysesysteme unter dieser Bedingung aus der Tabelle IV.13 zu ersehen ist (vgl. Anhang B, Tabelle IV.13).

(ii) Patientin 9

Patientin 9 zeigt hingegen die Tendenz der Verbesserung unter Stimulation (vgl. Anhang B, Tabelle IV.14). Anhand des EGG-Parameters zur Startphase der Schließungsbewegung (SCV) lässt sich diese Verbesserung signifikant nachweisen. Abbildung IV.13 verdeutlicht diese Entwicklung.

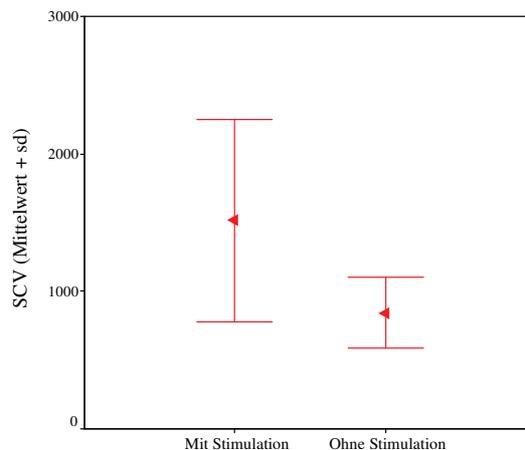


Abbildung IV.13: Parameter Startphase der Schließungsbewegung (SCV) (Mittelwert + Standardabweichung) unter der Bedingung mit und ohne Stimulation ($p < 0,05$).

Hier vergrößert sich der Parameterwert unter Stimulation, so dass von einem stabiler beginnenden Phonationsvorgang ausgegangen werden kann.

Die Notwendigkeit einer sog. intrasubjektiven Betrachtung der Stimulationsauswirkungen ist bei dieser Patientenkielentel offenkundig geworden: Durch die nachgewiesenen unterschiedlichen individuellen Auswirkungen auf das glottale Schwin-

gungsverhalten (Verbesserung vs. Verschlechterung) wird diese Feststellung einerseits unterstrichen. Zum andern wird dadurch aber auch auf die Problematik pauschalisierender Aussagen bezüglich des Phonationsverhaltens unter Elektrostimulation bei Patienten mit M. Parkinson hingewiesen (vgl. z. B. Gentil et al., 2000).

(b) MS

(aa) Patientin 1

Die Betrachtung der intrasubjektiven phonatorischen Leistungen unter Stimulation lässt für diese Patientin eine Verbesserung erkennen. Sie ist anhand signifikanter Unterschiede bei den EGG-Parametern OPA und CV zu belegen. Diese Verbesserung wird darüber hinaus durch die Mittelwerte der anderen Parameter in der Tendenz bestätigt (vgl. Anhang B, Tabelle IV.15). In Abbildung IV.14 wird diese Entwicklung für den Parameter zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) am Beispiel illustriert.

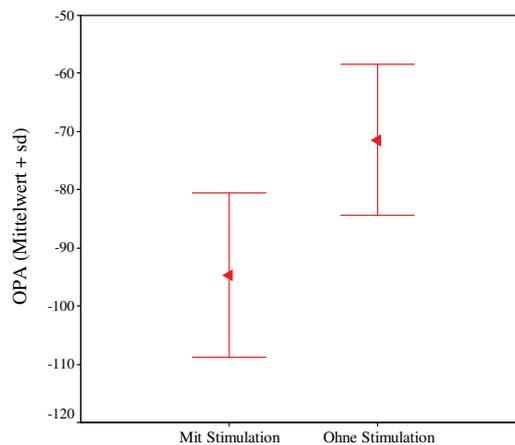


Abbildung IV.14: Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,01$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass unter Stimulation der Parametermittelwert kleiner ist als unter Nichtstimulation. Das bedeutet, dass die gesamte Öffnungsbewegung steiler ist. Die Entwicklung der akustischen Parameterwerte spiegelt insgesamt dieselbe Tendenz für diese Patientin wider.

(bb) Patientin 2

Bei der Patientin 2 ergibt der intrasubjektive Vergleich der Produktionsanalysen unter beiden Bedingungen kein eindeutiges Bild (vgl. Anhang B, Tabelle IV.16). Einerseits ist die Tendenz der Verbesserung unter Stimulation elektroglossographisch (z. B. Parameter OQ1; SCA, SCV) und akustisch (z. B. Parameter OQG, SKG) zu belegen; an-

dererseits deuten Werte von Parametern beider Analysesysteme (OPA, CV; IC) eher auf eine Beeinträchtigung unter dieser Bedingung hin. Es bleibt zu erwarten, dass durch die referentielle Betrachtung die Auswirkungen der Stimulation bei dieser Patientin besser bestimmt werden können.

(cc) Patientin 3

Bei dieser Patientin sind zwar keine signifikanten Unterschiede bei den Parameterwerten unter beiden Bedingungen festzumachen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.17). Die tendenzielle Entwicklung beinhaltet aber eine positive Beeinflussung der Phonation unter Stimulation. Am Beispiel des akustischen Parameters zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) kann diese Entwicklung in Abbildung IV.15 verdeutlicht werden.

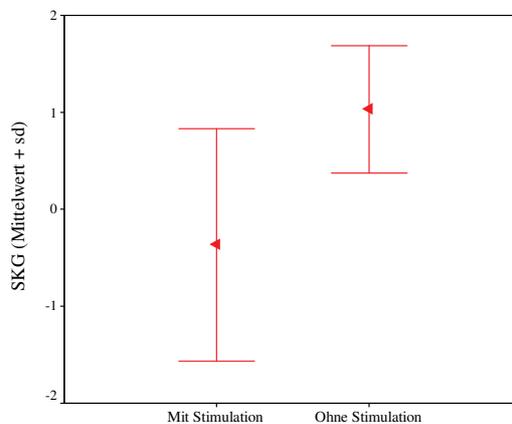


Abbildung IV.15: Steilheit der Glottiswelle (SKG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation.

Aus der Abbildung geht hervor, dass unter Stimulation der Parameterwert geringer ist. Daraus ist eine bessere Anregung mit weniger steilem spektralem Abfall und somit mehr Energie bei den höheren Frequenzen herzuleiten.

(dd) Patientin 4

Bei dieser Patientin ist dieselbe Tendenz wie bei der Patientin 3 anhand der Parameterwerteentwicklung beider Analysesysteme unter Stimulation zu erkennen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.18). Die Parameterwerte weisen zudem bei einem Vergleich mit den unter Nichtstimulation gewonnenen Werten auf eine angespannte Phonationssituation hin. Anhand des akustischen Parameters zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) ist diese Entwicklung darzustellen. Sie geht aus der Abbildung IV.16 hervor.

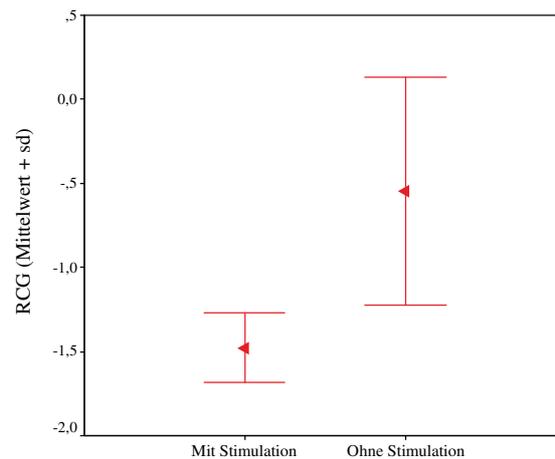


Abbildung IV.16: Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation.

Die Verringerung des Wertes unter Stimulation steht ebenfalls für einen weniger steilen spektralen Abfall mit mehr Energie bei den höheren Frequenzen.

(ee) Patient 5

Bei diesem Patienten ist unter Stimulation zunächst eine signifikante Verbesserung des Phonationsvorgangs anhand des EGG-Parameters zur Verschlussphase (CV) nachzuweisen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.19). Zudem gelingt der Nachweis dieser Entwicklung anhand weiterer EGG-Parameter (CLA, OPA, ECV, SCV) sowie anhand der akustischen Parameter OQG und RCG.

(ff) Patient 6

Zunächst ist die tendenzielle Verbesserung der Phonationssituation auch bei diesem Patienten anhand der EGG-Parameter festzustellen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.20). Der Parameter zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) belegt dies am Beispiel in Abbildung IV.17.

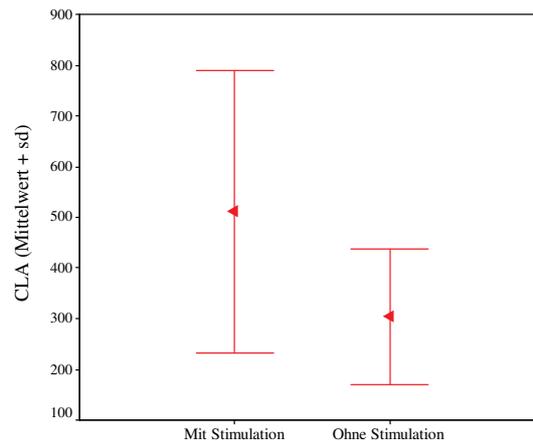


Abbildung IV.17: Steilheit der Schließbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,05$).

Aus dieser Abbildung ist zu ersehen, dass die Steilheit der Schließbewegung unter Stimulation zunimmt. Eine Vergrößerung des Parameterwertes belegt eine bessere Anregung unter dieser Bedingung. Die akustischen Parameter OQG und RCG deuten zudem auf eine angespannte Phonationssituation unter Stimulation hin.

(gg) Patientin 7

Bei dieser Patientin können ebenfalls auf Grund unterschiedlicher Parameterwerteentwicklungen unter Stimulation keine eindeutigen Tendenzen beschrieben werden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.21). Auch hier muss auf Referenzdaten zur Einschätzung der Phonationssituation unter Stimulation zurückgegriffen werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass für die Patienten mit diesem Krankheitsbild bei der Betrachtung ihrer intrasubjektiven Entwicklung unter Stimulationseinfluss ebenfalls keine für alle Mitglieder der Gruppe geltende Aussage zu machen ist. Die Tendenz einer Verbesserung der Phonation unter dieser Bedingung lässt sich aber dennoch herausstellen. Zudem ist bei einigen Patienten (Patientin 4; Patient 5; Patient 6) eine angespannte Phonationssituation zu erkennen. Eine referentielle Betrachtung der Stimulationsauswirkungen erscheint auf dem Hintergrund dieser Entwicklung ebenfalls notwendig.

Für beide Krankheitsbilder hat die Betrachtung der individuellen Entwicklung unter Stimulationseinfluss gezeigt, dass bei den einzelnen Individuen durchaus eine Abweichung von den für die Pathologien beschriebenen Tendenzen festgehalten werden kann bzw. dass keine eindeutigen Aussagen getroffen werden können (Patienten 4,

5 und 9 bei M. Parkinson; Patienten 2 und 7 bei MS). Durch dieses Ergebnis wird also zusätzlich die Notwendigkeit hervorgehoben, den einzelnen Patienten bei der Bewertung der Auswirkungen der Elektrostimulation in den Mittelpunkt zu stellen.

3.4. Individuell referentielle Darlegung der Stimulationsauswirkungen

Die individuell referentielle Darlegung der Stimulationsauswirkungen beinhaltet zu nächst eine Zuordnung der individuellen Analysedaten zu den Analysedaten eines Referenzprofils der Phonationsgruppe der Normalstimmen bzw. der pathologischen Stimmen (vgl. Kap. II, Sektion 2.8.). Diese Zuordnung wird durch eine Diskriminanzanalyse (Schrittweise Methode) erreicht. In der vorliegenden Sektion werden die Parameter präsentiert, mit Hilfe derer eine signifikante Unterscheidung des jeweiligen individuellen Stimmprofils von dem entsprechenden Referenzprofil gelingt. Sie werden bei der Bewertung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung zunächst berücksichtigt. Darüber hinaus werden wo relevant die Parameter, die sich nicht signifikant von den Werten des jeweiligen Referenzprofils unterscheiden und sich somit ihnen annähern, in die Argumentation einbezogen.

Die Beurteilung der Stimulationsauswirkungen auf die Phonation ist an den folgenden vier Fragestellungen bzw. an den mit ihnen verbundenen Aspekten orientiert:

1. Wird unter beiden Bedingungen eine Zuordnung zu unterschiedlichen Referenzprofilen erreicht?

Der Aspekt der subgruppenbezogenen Stimmqualitätsveränderung wird diskutiert:

Im Kapitel II, Sektion 2.3. der Arbeit werden unterschiedliche Stimmqualitäten anhand von Stimmprofilgruppen (= Subgruppen zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation) instrumentell definiert. Die Definition basiert auf Parameterwerten zweier Analyseverfahren. Unter ihrer Verwendung sind diese Stimmprofilgruppen mit signifikant unterschiedlichen Mittelwertausprägungen bei den Parametern erarbeitet worden. Die Stimmprofilgruppen werden von Individualstimmprofilen mit phonatorischen Gemeinsamkeiten gebildet. Die unterschiedlichen Mittelwertausprägungen bei den einzelnen Stimmprofilgruppen belegen diese jeweiligen phonatorischen Gemeinsamkeiten, durch die es zu ihrer Zusammenfassung in eine Gruppe gekommen ist. Eine Stimmprofilgruppe lässt sich somit gegenüber einer anderen Gruppe anhand einzelner Parametermittelwerte statistisch abgrenzen. Die Stimmprofilgruppen bilden die Grundlage zur Definition der Referenzprofile (vgl. Kap. II, Sektion 2.8.). Wenn die unter beiden Bedingungen gewonnenen Daten des einzelnen Patienten jeweils einem anderen Referenzprofil zugeordnet werden, ist von einer Veränderung seiner individuellen

Stimmqualität auf Grund des Stimulationseinflusses auszugehen. Der Nachweis einer Stimmqualitätsveränderung ist auf Grund des postulierten Phonationskontinuums zwischen den beiden Phonationsgruppen (vgl. Kap. II, Sektion 2.5.) und der getrennten Einordnung individueller Daten bei ihren Referenzdaten (vgl. Sektion 3. unten) sowohl bei der Zuordnung zu normalstimmlichen Referenzprofilen als auch bei der Zuordnung zu pathologischen Referenzprofilen zu erwarten. Ein Nachweis einer Stimmqualitätsveränderung durch eine unterschiedliche Zuordnung innerhalb beider Phonationsgruppen liegt ebenfalls im Bereich des Möglichen. Durch ihn wird das Ausmaß der Stimulationsauswirkungen auf die individuelle Stimmqualitätsveränderung weiter verdeutlicht.

2. Weisen signifikante Parameterunterschiede zum Referenzprofil auf eine Verbesserung oder auf eine Verschlechterung der individuellen Phonation unter den Bedingungen hin?

Der Aspekt des individuellen Phonationsverhaltens bei unterschiedlichen Produktionsbedingungen (Mit Stimulation vs. Ohne Stimulation) wird diskutiert:

Im Kapitel II der Arbeit kann weiter im Zusammenhang mit der Definition von statistisch gegeneinander abgrenzbaren Stimmprofilgruppen gezeigt werden, dass es bei den einzelnen Probanden innerhalb der Stimmprofilgruppen neben phonatorischen Gemeinsamkeiten auch individuelle Phonationsunterschiede gibt. Diese werden graphisch dort durch den unterschiedlichen Abstand einzelner Individualpunkte zum Gruppenmittelpunkt der Stimmprofilgruppe verdeutlicht (vgl. Kap. II, Sektion 2.3. z. B. Abbildung II.3). Folglich unterscheiden sich die Mitglieder einer Stimmprofilgruppe auf Grund einer bei ihnen vorhandenen individuellen phonatorischen Variabilität. Mit dieser individuellen phonatorischen Variabilität ist auch das unterschiedliche Phonationsverhalten der einzelnen Patienten unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation zu erklären. Die Variabilität zeigt sich hier in den patientenbezogenen Parameterabweichungen von den Parameterwerten eines Referenzprofils. Diese Abweichungen der Parameterwerte deuten auf eine Verbesserung oder einer Verschlechterung des Phonationsverhaltens hin. Die Bewertung der stimmlichen Entwicklung bei den einzelnen Patienten mit Bezug zur Physiologie bzw. Pathophysiologie des Phonationsablaufs orientiert sich an diesen Parameterwerteabweichungen.

3. Zu welcher Phonationsgruppe (Normalstimmen; pathologische Stimmen) lassen sich die unter Stimulation (bzw. unter beiden Bedingungen) gewonnenen individuellen Produktionen eher zuordnen?

Der Aspekt der Einordnung innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen oder der pathologischen Phonation wird diskutiert:¹

Ebenfalls im Kapitel II der Arbeit kann bei der Überprüfung der ursprünglichen Zuordnung der Probanden zu den beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen; pathologische Stimmen) ein Phonationskontinuum zwischen beiden Gruppen festgehalten werden (vgl. Kap. II, Sektion 2.5). Dieses Kontinuum ist zwar bei der Betrachtung der Zuordnungsüberlappungen der Probanden normalstimmlicher Subgruppen im Vergleich mit pathologischen Subgruppen auch noch vorhanden (vgl. Kap. II, Sektion 2.6.). Durch die Subgruppenbildung (und die darauf aufbauende Referenzprofilbildung) ist die Abgrenzung von normalstimmlicher gegenüber pathologischer Phonation aber differenzierter möglich. Folglich kann aus dem Grad der Annäherung der individuellen Daten an die Daten eines normalstimmlichen bzw. pathologischen Referenzprofils eher hergeleitet werden, innerhalb welcher Phonationsgruppe die (a) unter Stimulation bzw. (b) unter beiden Bedingungen gewonnenen Daten einzuordnen sind. Letzterer Fall (b) trifft zu, wenn die Stimulation die Phonation nicht beeinflusst hat und somit der durch eine geringere Medikation gekennzeichnete Status (M. Parkinson) bzw. der präoperative Status (MS) bewertet wird. Der Grad der Annäherung wird durch die Anzahl der Parameter bestimmt, die sich nicht signifikant von den Parametern des jeweiligen Referenzprofils unterscheiden. Für die Einordnung wird des Weiteren berücksichtigt, ob die Annäherung zu unterschiedlichen Referenzprofilen derselben Phonationsgruppe stattfindet (= Annäherung bei Stimmqualitätsveränderung) oder ob die Annäherung zu demselben Profil vollzogen wird. Unter diesen Gesichtspunkten erfolgt die Einordnung innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen oder der pathologischen Phonation.

¹ Die Einordnung individueller Produktionen innerhalb des normalstimmlichen oder pathologischen Phonationskontinuums basiert auf ihrer Zuordnung zu den Subgruppen beider Phonationsgruppen. Eine *jeweilige* Zuordnung der Individualwerte zu (a) den normalstimmlichen und (b) den pathologischen Subgruppen ist dabei sinnvoll. Sie impliziert nämlich eine Zuordnung zu einem stabil klassifizierten Auszug aus dem normalstimmlichen bzw. pathologischen Phonationskontinuum mit verlässlichen Parametermittelwerten (Korrekte Klassifikation bei der Stimmprofilgruppenbildung > 95%, vgl. Kap. II, Sektion 2.3.).

Eine vorab vollzogene Zuordnung der Individualwerte zu den Subgruppen *beider* Phonationsgruppen brachte insgesamt bewertet nicht immer *klare* Zuordnungsergebnisse: Es ist vorgekommen, dass eine Individualstimme anhand der EGG-Daten einer Subgruppe der *Normalstimmen* zugerechnet wurde, während die Zuordnung anhand der akustischen Daten zu einer Subgruppe der *pathologischen Stimmen* erfolgte. Auf Grund dieses Ergebnisses stellt wie hier vollzogen eine jeweilige *getrennte* Zuordnung zu normalstimmlichen und pathologischen Gruppen eine praktikable Vorgehensweise dar. Der *Grad der Annäherung* der individuellen Daten an ein normalstimmliches bzw. pathologisches Referenzprofil ist schließlich richtungsweisend für die Entscheidung über ihre Einordnung.

4. Werden durch die referentielle Betrachtung die bei der individuellen Betrachtung vorhandenen Ergebnisse bestätigt oder revidiert?

Der Aspekt der referentiellen Bearbeitung individueller Daten wird diskutiert: In einer zurückliegenden Untersuchung zu Auswirkungen der Elektrostimulation auf das glottale Schwingungsverhalten bei Patienten mit M. Parkinson und MS wird nachgewiesen, dass es auch bei dieser Patientenklientel wichtig sein kann, patientenbezogene Ergebnisse mit Daten einer Kontrollgruppe zu vergleichen (Pützer et al., 2003b). Durch diese sog. referentielle Bearbeitung können individuelle Ergebnisse bestätigt oder revidiert, aber auch anders interpretiert werden. Dieser Aspekt stellt keinen methodischen Neuanatz in dieser Arbeit dar. Dennoch ist er in der jüngsten Literatur nicht immer zu finden (z. B. Gentil et al., 2000; Gentil et al., 2001). In der vorliegenden Sektion wird ihm besondere Beachtung geschenkt.

Die Bearbeitung der vorgestellten Thematik wird folgendermaßen vollzogen: Zunächst wird die Zuordnung der patientenbezogenen Ergebnisse zu einem normalstimmlichen Referenzprofil aufgezeigt. Dann wird die Zuordnung zu einem pathologischen Profil behandelt. Bei beiden Zuordnungen wird zwischen den Bedingungen mit und ohne Stimulation unterschieden. Die Zuordnungen werden im Text anhand von Abbildungen illustriert. Zudem werden Tabellen mit den einzelnen Parameterwerten (+ Standardabweichung) im Anhang B angeboten. Die Patienten mit M. Parkinson werden zuerst betrachtet. Dann erfolgt die Betrachtung der Patienten mit MS.

(a) M. Parkinson

(aa) Patientin 1

Für die Patientin 1 ergibt sich sowohl unter der Bedingung mit als auch unter der Bedingung ohne Stimulation eine Zuordnung der individuellen Parameterwerte zu den Werten des Referenzprofils Nr. 6¹ der normalstimmlichen Phonation (vgl. Anhang B, Tabelle IV.22). Somit hat keine Stimmqualitätsveränderung auf Grund von Stimulations Einfluss stattgefunden. In den Abbildungen IV.18 (Mit Stimulation – Referenzprofil Nr. 6) und 19 (Ohne Stimulation – Referenzprofil Nr. 6) wird dies gezeigt.²

¹ Bei jeder Phonationsgruppe sind pro Geschlecht und Methode 3 Stimmprofilgruppen erarbeitet worden (vgl. Kap. II, Sektion 2.3.1. und 2.3.2.). Durch *Kombination* der drei elektroglossographisch definierten Stimmprofilgruppen mit den drei akustisch definierten Gruppen sind daraufhin (a) pro Phonationsgruppe und (b) pro Geschlecht jeweils 9 *Referenzprofile* erstellt worden. Jedes dieser Profile ist nach Phonationsgruppe und Geschlecht unterteilt nummeriert worden. Somit stehen für jede Person die normalstimmlichen Referenzprofile 1 bis 9 sowie die pathologischen Referenzprofile 1 bis 9 für die Zuordnung ihrer Daten zur Verfügung (vgl. Anhang A).

² Die Referenzprofile zur normalstimmlichen weiblichen Phonation werden durch 7 Parameter (SCV, SCA, CV, OPA, OQG, GOG, SKG) gebildet.

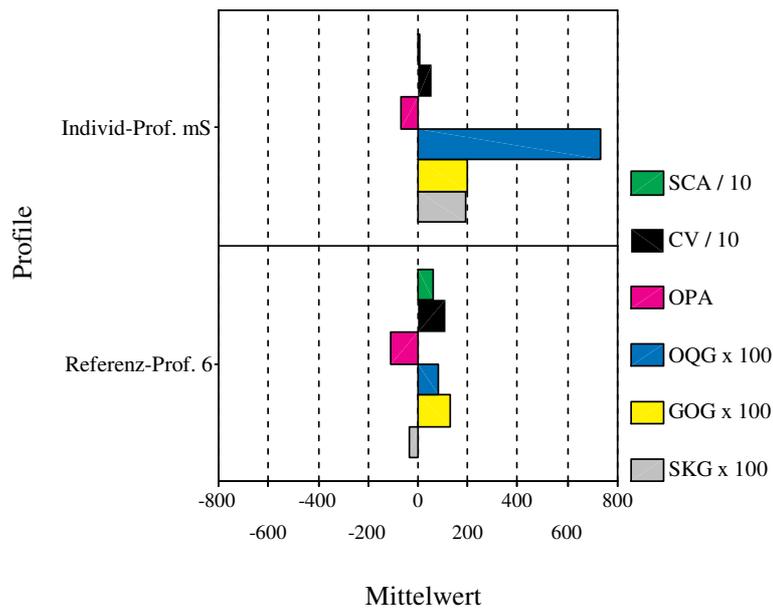


Abbildung IV.18: Elektrolottographische und akustische Parameterrittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

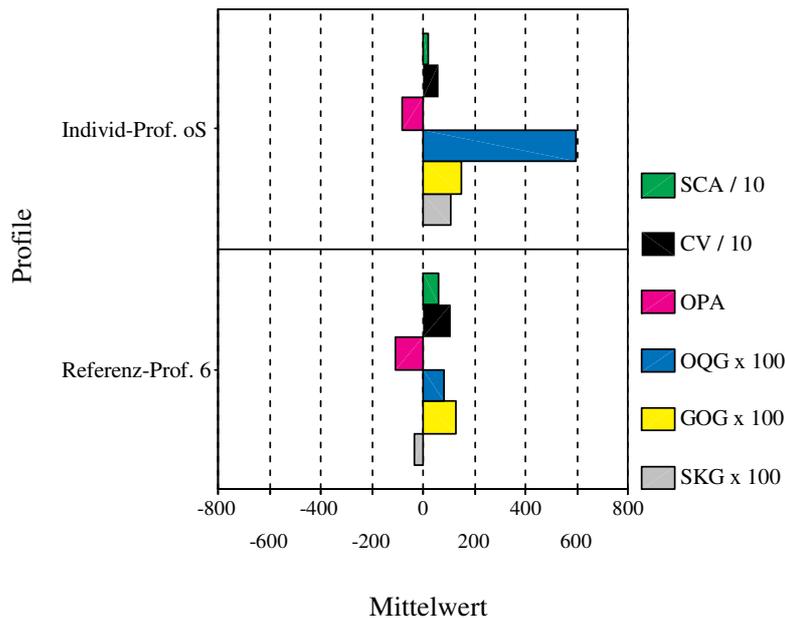


Abbildung IV.19: Elektrolottographische und akustische Parameterrittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

Aus den beiden Abbildungen wird aber ersichtlich, dass anhand von drei EGG-Parametern und drei akustischen Parametern eine signifikante Unterscheidung der individuellen Parameterwerte von den entsprechenden Parameterwerten des Referenzprofils gelingt. Lediglich der Wert eines EGG-Parameters (SVC) unterscheidet sich nicht signifikant von dem entsprechenden Wert des Profils.

Die Abweichungen stehen unter der Bedingung der Nichtstimulation (siehe Abbildung IV.19) für eine Verschlechterung des phonatorischen Vorgangs bei der Patientin: Die EGG-Parameter und die akustischen Parameter belegen insgesamt eine Beeinträchtigung der Anregungsqualität (SCA geringer; GOG größer; SKG größer), der Verschlussphase (CV geringer) bzw. des Adduktionsverhaltens (OQG größer) und der Steilheit der gesamten Öffnungsbewegung (OPA größer). Die Parameterwerteveränderungen weisen insgesamt auf weniger Energie bei den höheren Frequenzen hin.

Unter Stimulation wird diese Verschlechterung auf Grund stärker ausgeprägter Parameterwerteveränderungen noch deutlicher (siehe Abbildung IV.18, z. B. Parameter OQG).

Die Zuordnungsergebnisse zu den pathologischen Referenzprofilen zeigen, dass sich die Parameterwerte der Patientin eher innerhalb des Kontinuums der pathologischen Phonation einordnen lassen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.23). Aus den Abbildungen IV.20 (Mit Stimulation – Referenzprofil Nr. 3) und IV.21 (Ohne Stimulation – Referenzprofil Nr. 3) wird dies ersichtlich.¹

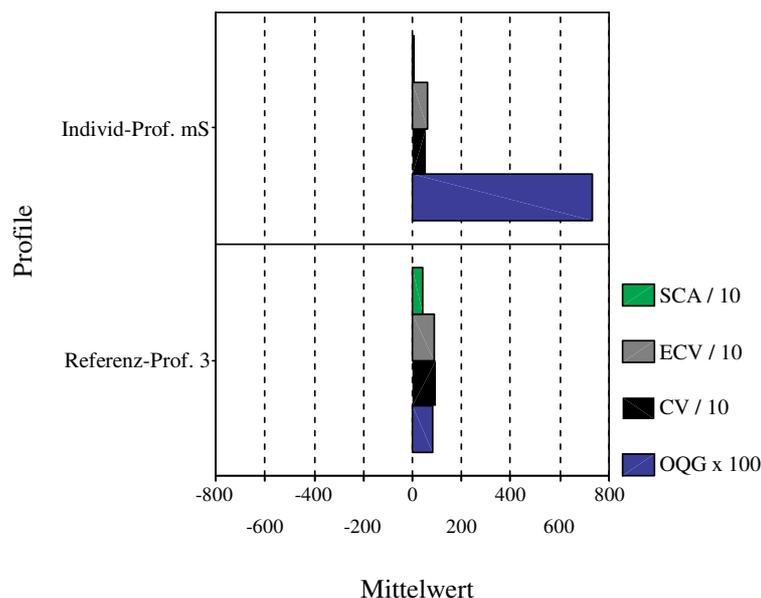


Abbildung IV.20: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

¹ Die Referenzprofile zur pathologischen weiblichen Phonation werden durch 6 Parameter (SCV, SCA, ECV, CV, OQG, GOG) gebildet.

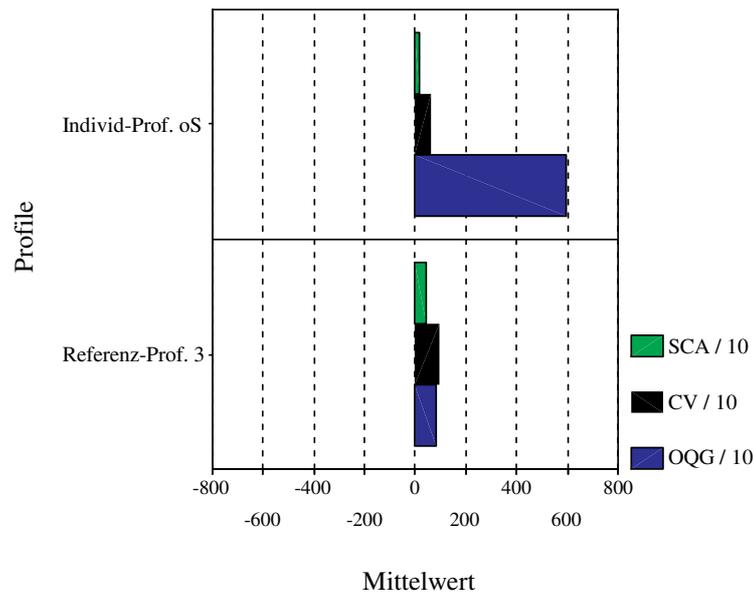


Abbildung IV.21: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

Unter beiden Bedingungen ist wiederum dasselbe Referenzprofil (Profil Nr. 3) als Zuordnungsprofil vorhanden ist. Darüber hinaus wird deutlich, dass jetzt insgesamt weniger Parameter für eine signifikante Unterscheidung gegenüber dem Referenzprofil unter beiden Bedingungen sorgen (EGG 3 bzw. 2 Parameter; Akustik 1 Parameter). Dies lässt im Vergleich mit der Zuordnung zu dem normalstimmlichen Referenzprofil den Schluss zu, dass die Produktionen unter beiden Bedingungen eher pathologischen als normalstimmlichen Charakter haben. Die darüber hinaus unter Stimulation bzw. auch unter Nichtstimulation vorhandenen signifikanten Abweichungen von dem pathologischen Referenzprofil stehen für eine weitere Beeinträchtigung der Schließbewegung (SCA; ECV geringer), des Verschlusses (CV geringer) sowie der Adduktion (OQG größer).

Offensichtlich kann bei dieser Patientin von einer bereits unter Nichtstimulation (bei geringerer Medikation) vorhandenen Phonationsstörung ausgegangen werden, die sich aber unter Stimulation (und beibehaltener Medikation) weiter verschlechtert hat. Eine Einordnung innerhalb des Kontinuums der pathologischen Phonation unter beiden Bedingungen bestätigt diese Annahme.

Durch die referentielle Betrachtung kann die intrasubjektiv festgestellte Beeinträchtigung des phonatorischen Ablaufs unter Stimulation ebenfalls bestätigt werden (vgl. Sektion 3.3. oben).

(bb) Patientin 2

Bei dieser Patientin ist unter beiden Bedingungen eine Zuordnung zu unterschiedlichen normalstimmlichen Referenzprofilen vorhanden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.24). Die unter Stimulation gewonnenen Individualwerte werden dem Referenzprofil Nr. 4 zugeordnet. Aus der Abbildung IV.22 ist diese Zuordnung zu ersehen.

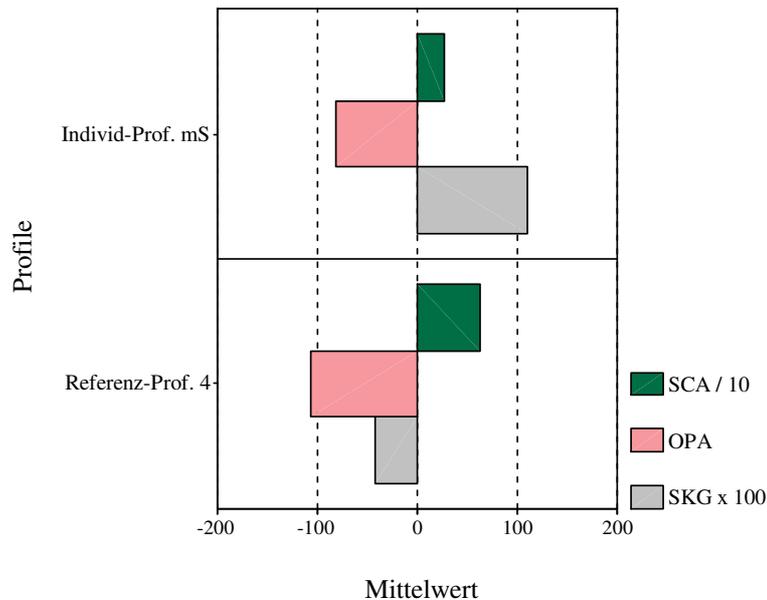


Abbildung IV.22: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 4 ($p < 0,05$).

Es wird deutlich, dass sich die beiden Profile anhand zweier EGG-Parameter (SCA, OPA) und einem akustischen Parameter (SKG) signifikant unterscheiden lassen. Die individuellen Parameterwertveränderungen unter Stimulation verweisen auf eine Verschlechterung des Phonationsvorgangs bei der Patientin (SCA geringer, OPA größer, SKG größer).

Die ohne Stimulation gewonnenen individuellen Daten werden dem Referenzprofil Nr. 7 zugeordnet (siehe Abbildung IV.23).

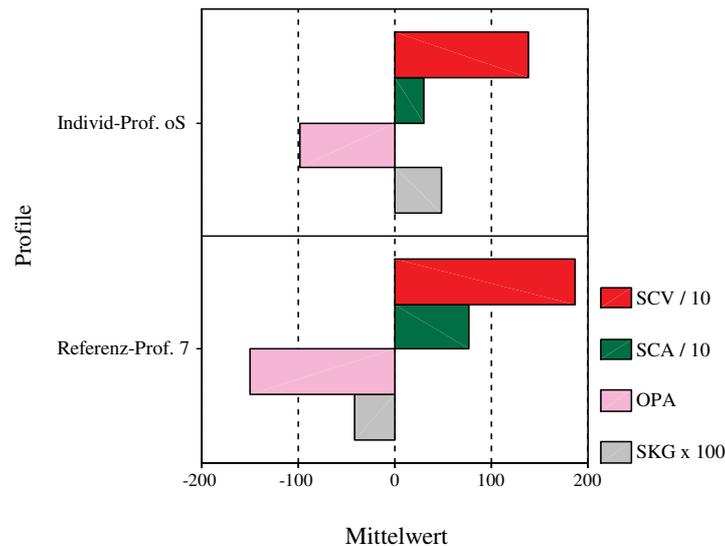


Abbildung IV.23: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 7 ($p < 0,05$).

Hier stehen drei EGG-Parameter und ein akustischer Parameter für eine Beeinträchtigung des Phonationsvorgangs bei einem Vergleich mit den Daten des Referenzprofils (SCV geringer, SCA geringer, OPA größer; SKG größer). Die übrigen Parameter (3) nähern sich wiederum an die Werte des Referenzprofils an (vgl. Anhang B, Tabelle IV.25). Die Auswirkungen der Stimulation auf den Phonationsvorgang bestehen neben einer festgestellten Beeinträchtigung des Phonationsverhaltens auch auf Grund einer unterschiedlichen Zuordnung zu den Referenzprofilen der Normalstimme in einer Stimmqualitätsveränderung.

Die Zuordnung der Produktionen zu den pathologischen Referenzprofilen wird in den Abbildungen IV.24 (Mit Stimulation - Referenzprofil Nr. 1) und IV.25 (Ohne Stimulation – Referenzprofil Nr. 4) verdeutlicht (vgl. Anhang B, Tabelle IV.26).

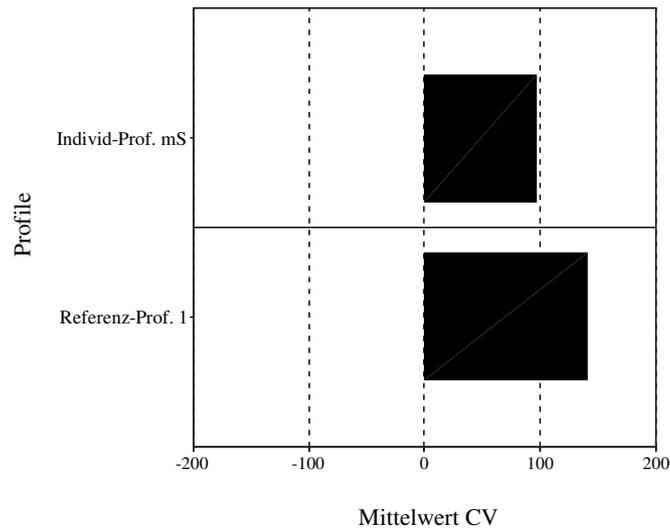


Abbildung IV.24: Elektrolottographischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,001$).

Aus der Abbildung IV.24 ist ersichtlich, dass sich nur der EGG-Parameter zur Verschlussphase (CV) von den Werten des pathologischen Profils signifikant unterscheidet. Die Parameterwerteveränderung signalisiert eine Beeinträchtigung der Verschlussphase bei der Patientin (CV geringer).

Ohne Stimulation werden die Werte des individuellen Profils dem Referenzprofil Nr. 4 zugeordnet (vgl. Abbildung IV.25).

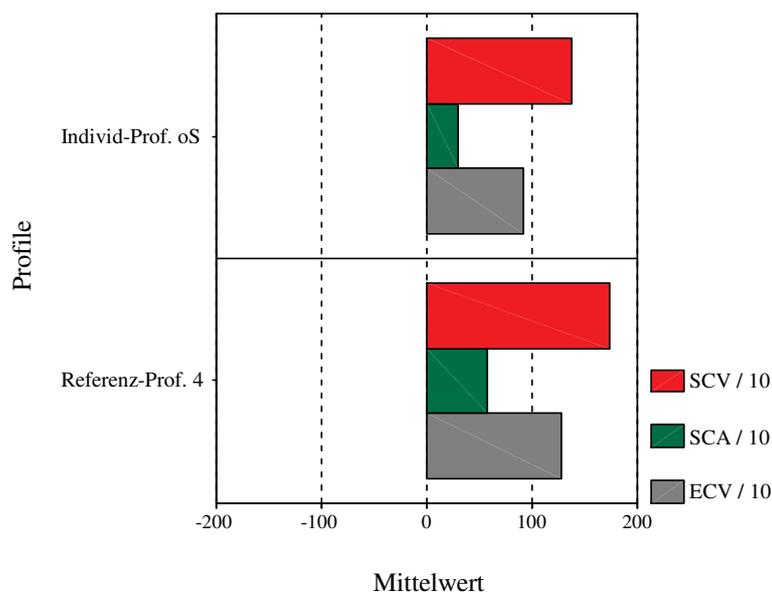


Abbildung IV.25: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 4 ($p < 0,01$).

Dabei sind drei EGG-Parameterwerte signifikant unterschiedlich zu den Referenzwerten (SCV, SCA, ECV geringer). Diese Unterschiedlichkeit steht für eine Beeinträchtigung der Schließungsbewegung der Stimmlippen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.27).

Für die Patientin zeigen sich die Auswirkungen der Stimulation auf den Phonationsvorgang somit auch in einer Veränderung der individuellen Zuordnung zu einem pathologischen Referenzprofil. Dadurch wird die erwähnte Stimmqualitätsveränderung auch anhand pathologischer Daten belegt. Unter Stimulation nähern sich die individuellen Daten fast ausschließlich an die Parameterwerte des pathologischen Referenzprofils an. Eine Einordnung innerhalb des Kontinuums der pathologischen Phonation erscheint unter dieser Bedingung deshalb sinnvoll. Die bei der intrasubjektiven Betrachtung angedeutete Beeinträchtigung der Phonation (vgl. Sektion 3.3. oben) wird durch die referentielle Betrachtung weiter untermauert.

(cc) Patient 3

Unter beiden Bedingungen werden die individuellen Parameterwerte dieses Patienten demselben normalstimmlichen Referenzprofil zugeordnet (Profil Nr. 8; vgl. Anhang B, Tabelle IV.28). Die Zuordnung wird in den Abbildungen IV.26 (Mit Stimulation) und IV.27 (Ohne Stimulation) verdeutlicht.¹

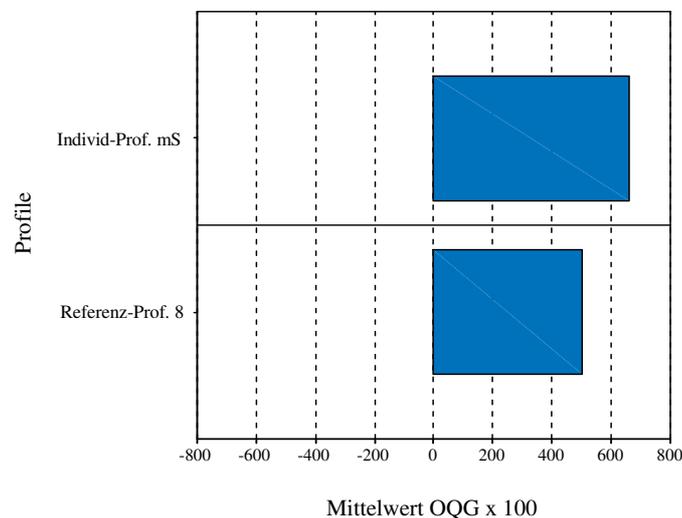


Abbildung IV.26: Akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,05$).

¹ Die Referenzprofile zur normalstimmlichen männlichen Phonation werden durch 8 Parameter (SCV, ECV, CV, CLA, OPA, OQG, GOG, RCG) gebildet.

Aus der Abbildung IV.26 ist zu ersehen, dass sich die beiden Profile nur durch den Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG) signifikant unterscheiden. Die Parameterwerteveränderung weist auf eine geringe Beeinträchtigung des Adduktionsverhaltens bei dem Patienten hin (OQG größer). Die anderen Parameterwerte (7) nähern sich den Werten des Referenzprofils an.

Der Vergleich der Werte ohne Stimulation belegt eine signifikante Unterscheidung anhand von drei Parametern. Dies ist aus der Abbildung IV.27 zu ersehen.

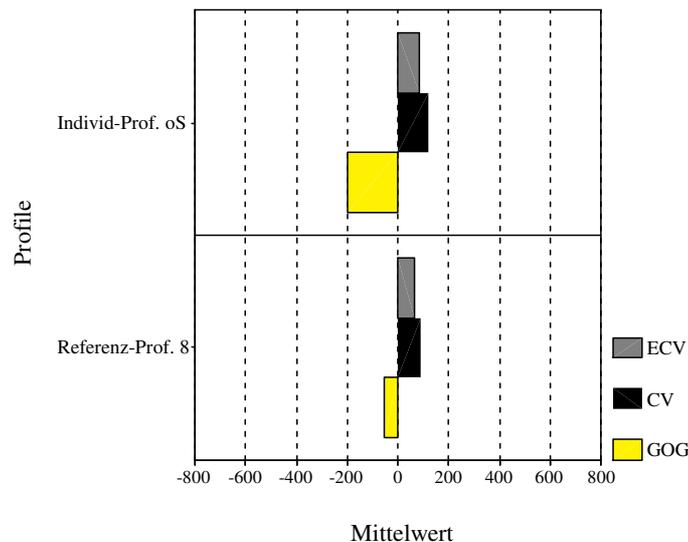


Abbildung IV.27: Elektroglossographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,05$).

Hier verbessern sich die Parameterwerte (ECV größer; CV größer; GOG geringer) sogar im Vergleich mit dem normalstimmlichen Profil und der Parameter OQG liegt im Gegensatz zur Stimulationsbedingung im Normbereich. Die Schließungsbe-
wegung (ECV) bzw. die Verschlussphase (CV) ist stabiler; der glottale Verschluss vollständiger (GOG).

Bei der Zuordnung zur pathologischen Phonationsgruppe wird unter beiden Bedingungen ebenfalls auf nur ein Referenzprofil (Referenzprofil Nr. 1) zurückgegriffen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.29). Aus den Abbildungen IV.28 (Mit Stimulation) und IV.29 (Ohne Stimulation) ist dies ersichtlich.¹

¹ Die Referenzprofile zur pathologischen männlichen Phonation werden durch 6 Parameter (SCV, SCA, ECV, CV, OQG, GOG) gebildet.

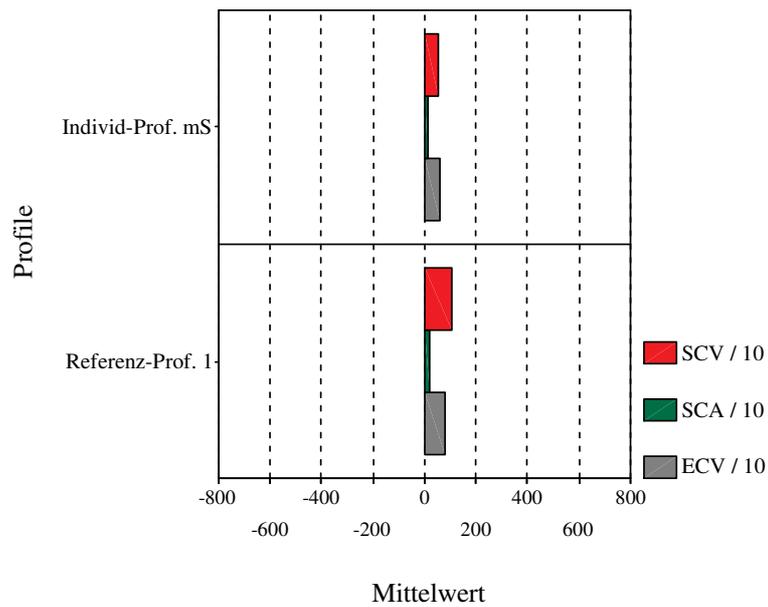


Abbildung IV.28: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,05$).

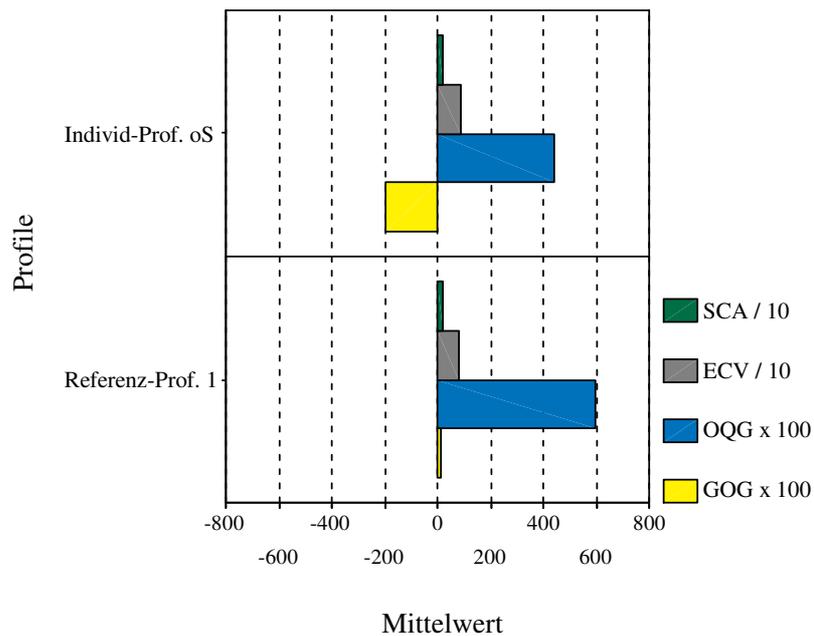


Abbildung IV.29: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,05$).

Hier ist das gleiche Muster wie bei der Zuordnung zu dem normalstimmlichen Profil zu erkennen: Unter Stimulation gibt es signifikante Abweichungen, die für eine geringe Beeinträchtigungen stehen (SCV, SCA, ECV geringer). Ohne Stimulation zeigt sich eine positive Entwicklung (SCV, ECV größer; OQG, GOG geringer). Die

Anregungsqualität ist besser, was durch einen vollständigeren glottalen Verschluss anhand der akustischen Parameter OQG und GOG zu belegen ist.

Für den Patienten kann festgehalten werden, dass durch den Stimulationseinfluss im referentiellen Vergleich eine geringe Beeinträchtigung der Phonation erkennbar ist, die sich bereits bei der intrasubjektiven Betrachtung herausgestellt hat. Von einer Veränderung der Stimmqualität kann jedoch auf Grund der Ergebnisse bei den Zuordnungen nicht ausgegangen werden. Eine Annäherung der individuellen Daten unter Stimulation an ein normalstimmliches Referenzprofil ist zu erkennen. Nur ein Parameter unterscheidet sich signifikant von den 8 Parametern des Profils.

(dd) Patient 4

Die unter Stimulation gewonnenen Daten des Patienten 4 werden ebenfalls einem anderen normalstimmlichen Referenzprofil zugeordnet als die Daten, die unter Nichtstimulation gewonnen worden sind (vgl. Anhang B, Tabelle IV.30). Aus den Abbildungen IV.30 (Mit Stimulation – Referenzprofil Nr. 5) und IV.31 (Ohne Stimulation – Referenzprofil Nr. 2) wird dies ersichtlich. Aus der Abbildung IV.30 ist weiter zu ersehen, dass sich die Werte von drei EGG-Parametern und einem akustischen Parameter signifikant von den Parameterwerten des normalstimmlichen Referenzprofils unterscheiden.

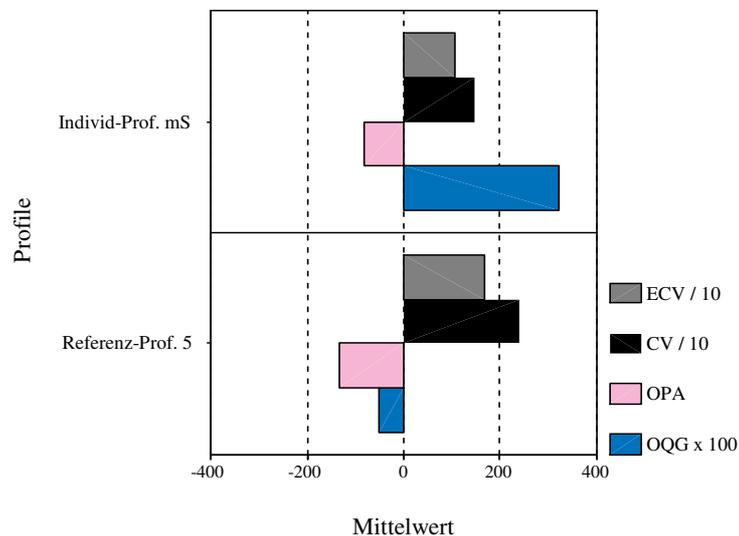


Abbildung IV.30: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 5 ($p < 0,05$).

Diese Unterscheidung steht für eine Verschlechterung des Phonationsvorgangs durch geringere Werte bei zwei EGG-Parametern zur Schließungsbewegung (ECV,

CV) und einen größeren Wert bei dem EGG-Parameter zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) bzw. dem akustischen Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG). Letzterer Parameter betrifft das Adduktionsverhalten der Stimmlippen. Es ist beeinträchtigt. Die restlichen vier Parameter nähern sich den Parameterwerten des Referenzprofils an.

Ohne Stimulation gibt es ebenfalls vier signifikante Parameterunterscheidungen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.31). In der Abbildung IV.31 wird dies gezeigt.

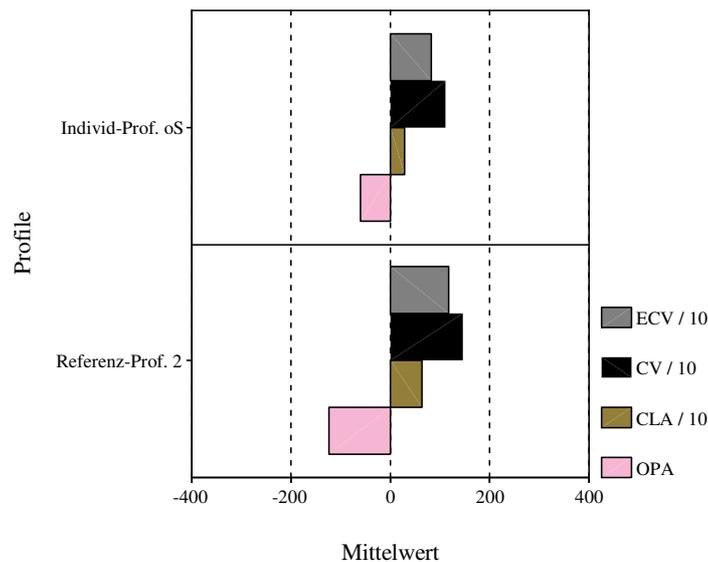


Abbildung IV.31: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,05$).

Hier stehen die Abweichungen auch für ein schlechteres Phonationsverhalten (ECV, CV, CLA geringer; OPA größer). Die restlichen vier Parameter der beiden Analyseprogramme nähern sich diesem Profil an. Für den Patienten kann zum einen eine unter Stimulation vorhandene Stimmqualitätsveränderung festgehalten werden. Unter beiden Bedingungen weichen Parameterwerte von den Werten des jeweiligen Referenzprofils im Sinne einer Beeinträchtigung ab. Die Parameterwerteveränderungen verweisen auf Anregungsdefizite mit mangelndem Adduktionsverhalten.

Der Vergleich der individuellen Daten mit den Daten der pathologischen Phonationsgruppe unterstützt diesen Interpretationsansatz (vgl. Anhang B, Tabellen IV.32 & IV.33). Auch hier wird durch einen Wechsel bei der Zuordnung zu den Referenzprofilen unter den beiden Bedingungen die Stimmqualitätsveränderung bestätigt. Aus den Abbildungen IV.32 (Mit Stimulation - Referenzprofil Nr. 5) und IV.33 (Ohne Stimulation - Referenzprofil Nr. 1) wird dies ersichtlich.

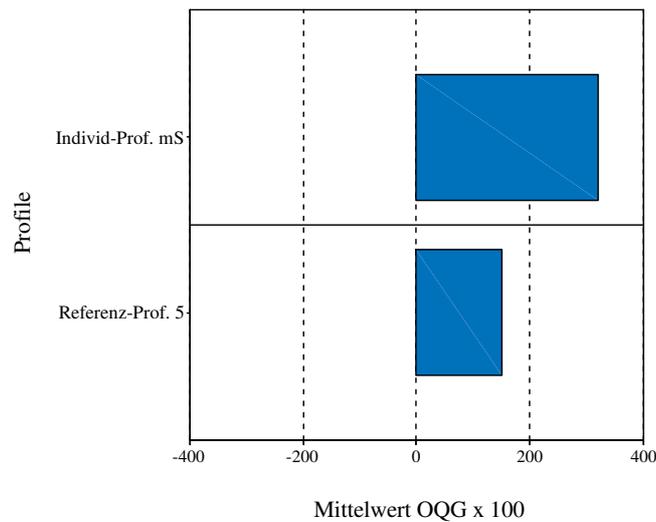


Abbildung IV.32: Akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 5 ($p < 0,05$).

Die Abbildung IV.32 belegt zusätzlich, dass sich die Individualwerte jetzt nur in einem Parameter (OQG) signifikant von den Werten des Referenzprofils unterscheiden. Der Wert für den Öffnungsquotienten wird größer. Die übrigen Parameterwerte (5) nähern sich dem Referenzprofil an. Aus der Abbildung IV.33 ist hingegen zu ersehen, dass sich ohne Stimulation vier Parameter signifikant unterscheiden. Diese Unterscheidung steht zudem für eine Phonationsverbesserung (SCV größer, SCA größer, CV größer; GOG geringer).

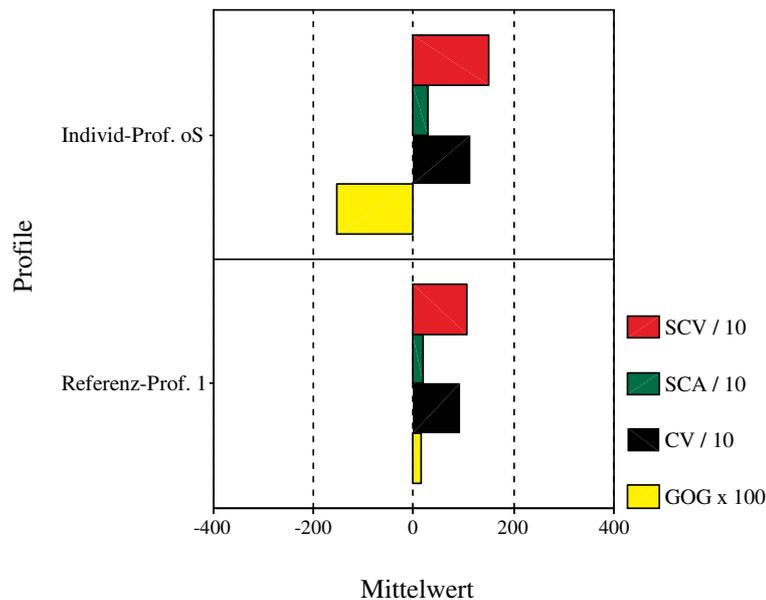


Abbildung IV.33: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,05$).

Durch die Annäherung an ein pathologisches Referenzprofil unter Stimulation wird deutlich, dass die individuellen Daten unter dieser Bedingung innerhalb des pathologischen Phonationskontinuums anzusiedeln sind. Dies kann bei der individuellen Betrachtung nicht erkannt werden (vgl. Sektion 3.3. oben). Der Nutzen einer referentiellen Bearbeitung wird dadurch wiederum verdeutlicht.

(ee) Patient 5

Die unter Stimulation bzw. unter Nichtstimulation gewonnenen individuellen Daten dieses Patienten werden ebenfalls unterschiedlichen Referenzprofilen der Normalstimme zugeordnet (vgl. Anhang B, Tabellen IV.34 & IV.35). Aus den Abbildungen IV.34 (Mit Stimulation – Referenzprofil Nr. 7) bzw. IV.35 (Ohne Stimulation – Referenzprofil Nr. 2) ist dies ersichtlich. Die Abbildung IV.34 zeigt, dass sich drei Parameter (SCV, CV, CLA) signifikant von den Werten des Referenzprofils unterscheiden.

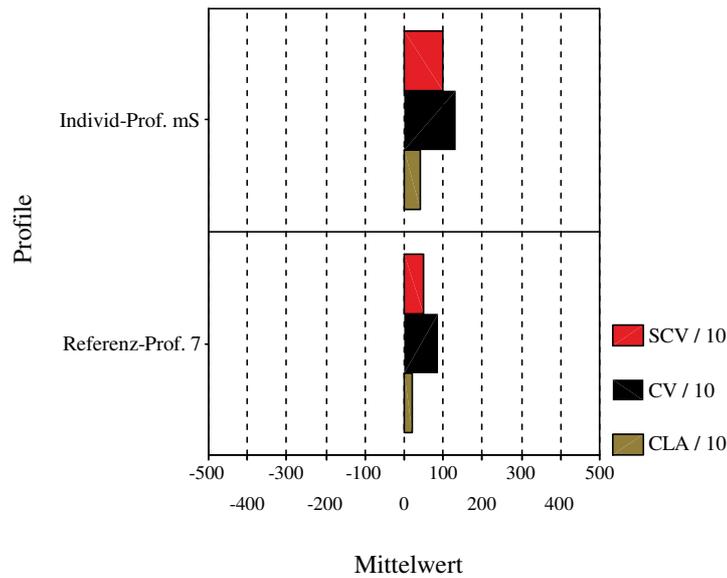


Abbildung IV.34: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 7 ($p < 0,05$).

Durch die Unterscheidung wird insgesamt eine Verbesserung der phonatorischen Anregung verdeutlicht (SCV größer, CV größer, CLA größer). Die übrigen Parameter (5) unterscheiden sich nicht signifikant von den Parametern des Profils. Die ohne Stimulation gewonnenen Daten werden in Abbildung IV.35 einem anderen Referenzprofil zugeordnet.

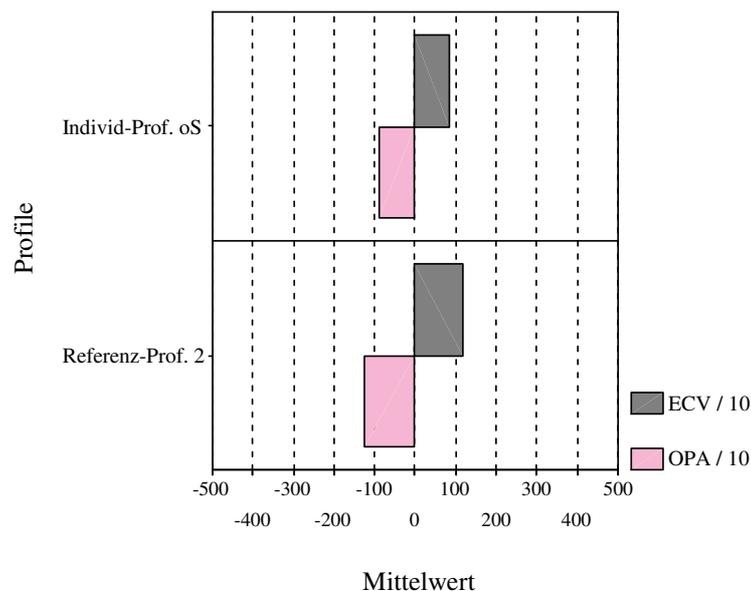


Abbildung IV.35: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,01$).

Hier verändern zwei EGG-Parameter (ECV geringer, OPA geringer) ihre Werte im Sinne einer Verschlechterung. Die übrigen Parameter (6) sind dem Profil angenähert. Die Stimulationseinwirkung beinhaltet für diesen Patienten eine Veränderung seiner Stimmqualität.

Die Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen lässt hingegen keine Stimmqualitätsveränderung erkennen (vgl. Anhang B, Tabellen IV.36). Hier unterscheiden sich unter beiden Bedingungen nur drei Parameter (von sechs) signifikant von demselben Profil (Referenzprofil Nr. 3). In den Abbildungen IV.36 (Mit Stimulation) und IV.37 (Ohne Stimulation) wird dies gezeigt.

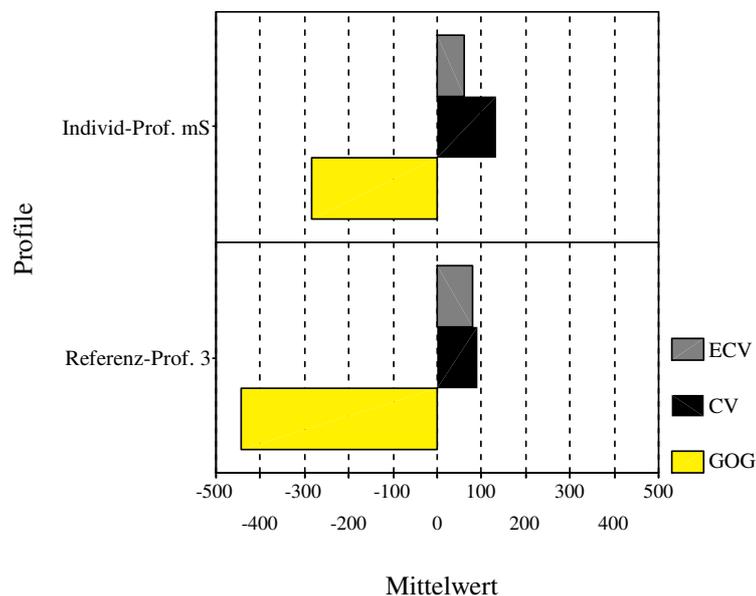


Abbildung IV.36: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

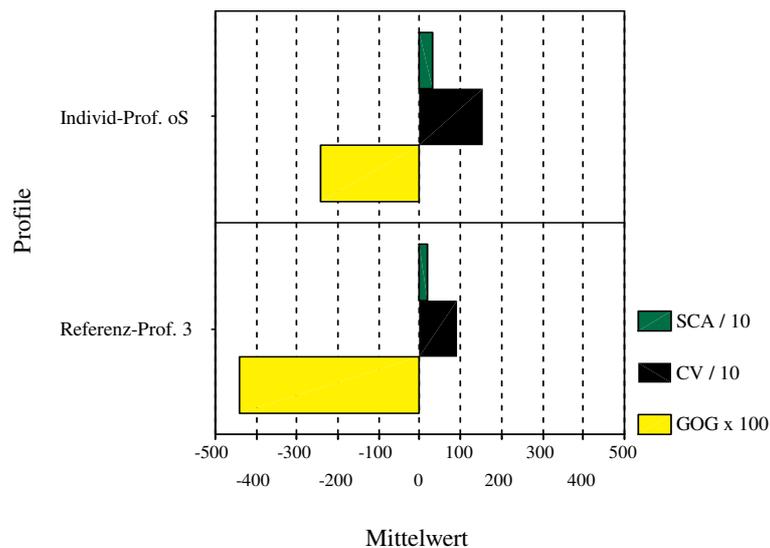


Abbildung IV.37: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

Die Parameterwerteveränderungen sind in der Tendenz einheitlich. Unter beiden Bedingungen wird beispielsweise eine Verschlechterung des Grades der Glottisöffnung (GOG größer) deutlich.

Offensichtlich können durch die Stimulation innerhalb des pathologischen Referenzrahmens keine Auswirkungen auf die Stimmqualität festgehalten werden. Die Stimmqualitätsveränderung innerhalb des normalstimmlichen Rahmens geht unter Stimulation mit einer weiteren Verbesserung des Phonationsablaufs einher. Diese Tendenz ist auch bei der individuellen Betrachtung vorhanden (vgl. 3.3. oben). Eine Einordnung der individuellen Daten innerhalb des normalstimmlichen Phonationskontinuums unter dieser Bedingung ist vertretbar.

(ff) Patient 6

Die Zuordnung der unter beiden Bedingungen gewonnenen Analysedaten zu den normalstimmlichen Referenzprofilen lässt bei diesem Patienten keine Stimmqualitätsveränderung erkennen. Sowohl die unter Stimulation (siehe Abbildung IV.38) als auch die ohne Stimulation (siehe Abbildung IV.39) gewonnenen Daten werden demselben Referenzprofil (Referenzprofil Nr. 8) zugeordnet (vgl. Anhang B, Tabelle IV.37).

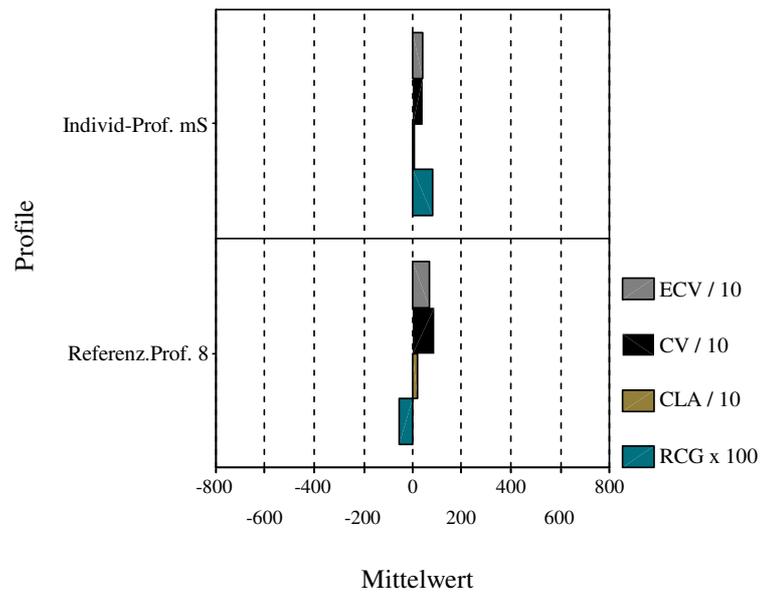


Abbildung IV.38: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,05$).

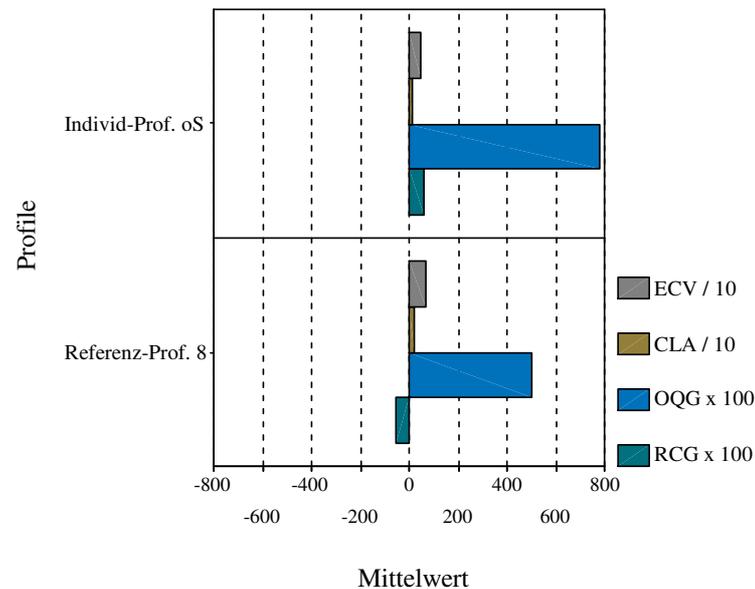


Abbildung IV.39: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,05$).

Die individuellen Parameterwerte, die sich von den Parameterwerten des Referenzprofils unterscheiden, deuten unter beiden Bedingungen aber insgesamt auf eine Verschlechterung der Phonationssituation gegenüber dem Referenzprofil hin (ECV, CV, CLA mit Stimulation geringer, RCG größer; ECV, CLA ohne Stimulation geringer, OQG, RCG größer). So verläuft z. B. die Schließungsbewegung flacher (CLA ge-

ringer) und der Parameter zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG größer) weist auf einen steileren spektralen Abfall mit mangelndem Obertonaufbau hin.

Die Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen lässt auch keine Veränderung der Stimmqualität erkennen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.38). Die unter beiden Bedingungen gewonnenen Parameterwerte werden ebenfalls dem gleichen Referenzprofil zugeordnet (Profil Nr. 1). In den Abbildungen IV.40 (Mit Stimulation) und IV.41 (Ohne Stimulation) wird dies verdeutlicht (vgl. Sektion 3.3. oben).

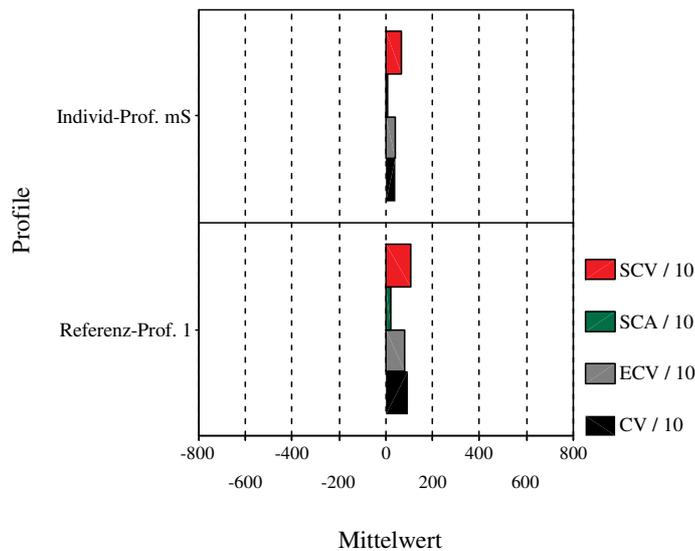


Abbildung IV.40: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,05$).

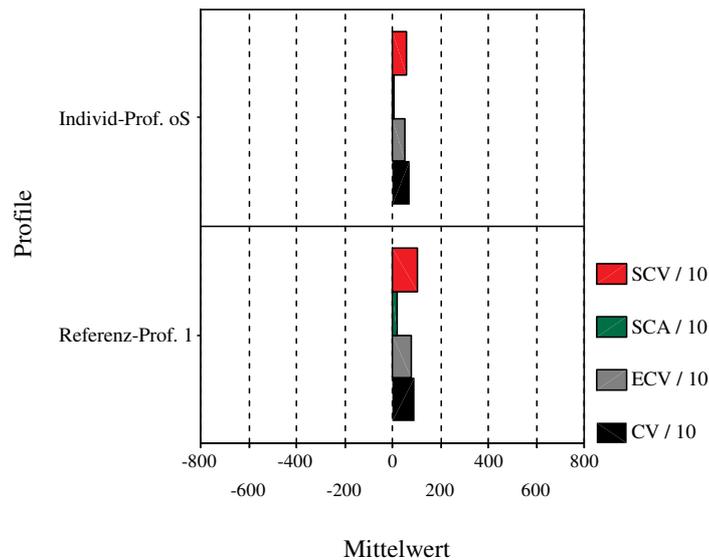


Abbildung IV.41: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,05$).

Auch hier ist zu ersehen, dass die EGG-Parameterwerte, die sich signifikant von den Werten des Referenzprofils unterscheiden, unter beiden Bedingungen auf eine Verschlechterung der Phonationssituation im Vergleich mit Referenzwerten hindeuten (SCV, SCA, ECV, CV geringer).

Die Stimulation selbst hat somit keine gravierenden Auswirkungen auf die Phonation bei diesem Patienten. Die im Vergleich mit den Referenzprofilen beider Phonationsgruppen vorhandenen Abweichungen in Form einer Verschlechterung des phonatorischen Ablaufs deuten darauf hin, dass bereits ohne Stimulation (bei geringerer Medikation) eine Phonationsbeeinträchtigung vorhanden ist. Die beim intrasubjektiven Vergleich nur unter Stimulation erwähnte Verschlechterung wird somit durch den referentiellen Vergleich relativiert (vgl. Sektion 3.3. oben). Eine Einordnung innerhalb des Phonationskontinuums der pathologischen Phonation unter beiden Bedingungen ist sinnvoll.

(gg) Patient 7

Patient 7 lässt bei der Zuordnung zu normalstimmlichen Profilen unter beiden Bedingungen keine Stimmqualitätsveränderung erkennen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.39). Die Daten werden demselben Referenzprofil (Nr. 9) zugeordnet. Die signifikanten Abweichungen der Parameter von den Parameterwerten des Profils geben aber im Vergleich mit seinen Daten einen Beleg für eine Verschlechterung der Phonationssituation unter Stimulation. In den Abbildungen IV.42 (Mit Stimulation) bzw. IV.43 (Ohne Stimulation) wird dies verdeutlicht.

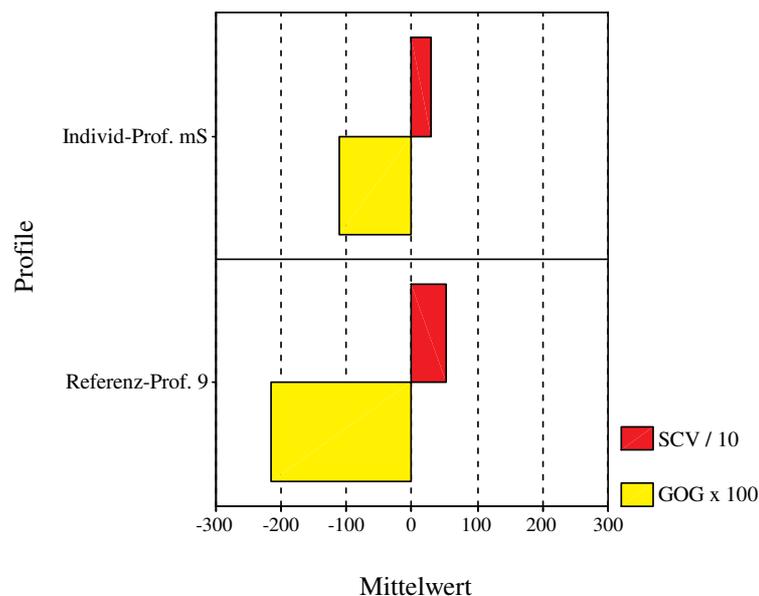


Abbildung IV.42: Elektrolottographischer und akustischer Parameterrittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,05$).

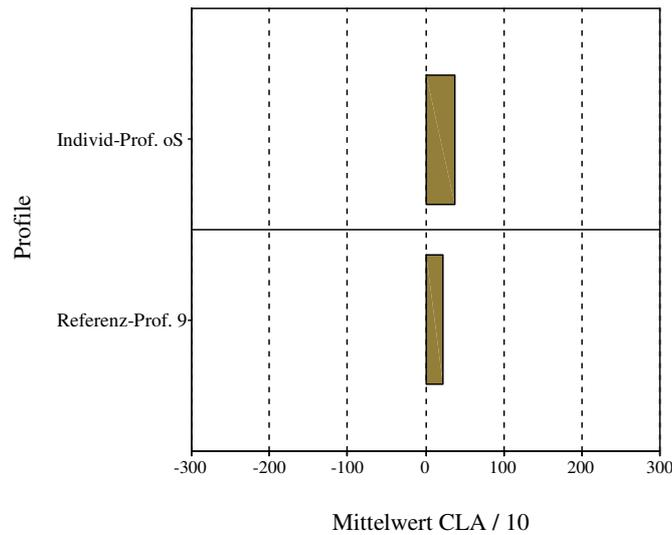


Abbildung IV.43: Elektrolottographischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,05$).

Unter Stimulation verschlechtern sich der Grad der Glottisöffnung (GOG größer) sowie der Parameterwert zur Startphase der Schließungsbewegung (SCV geringer). Ohne Stimulation deutet der Wert des Parameters zur Steilheit der Schließungsbewegung auf eine Verbesserung der Phonationssituation hin. Die gesamte Schließungsbewegung verläuft steiler (CLA größer). Die restlichen sieben Parameterwerte sind nicht signifikant unterschiedlich zu den Werten des Referenzprofils.

Die Zuordnung zu den pathologischen Profilen lässt hingegen eine Stimmqualitätsveränderung erkennen (vgl. Anhang B, Tabellen IV.40 & IV.41). Die signifikant unterschiedlichen Parameterwerte (jeweils drei EGG-Parameter) deuten bei beiden Bedingungen zudem auf Instabilitäten in der Schließungsbewegung (SCV, SCA, ECV geringer) bzw. in der Verschlussphase (CV geringer) hin. Dies wird in den Abbildungen IV.44 (Mit Stimulation) und IV.45 (Ohne Stimulation) verdeutlicht.

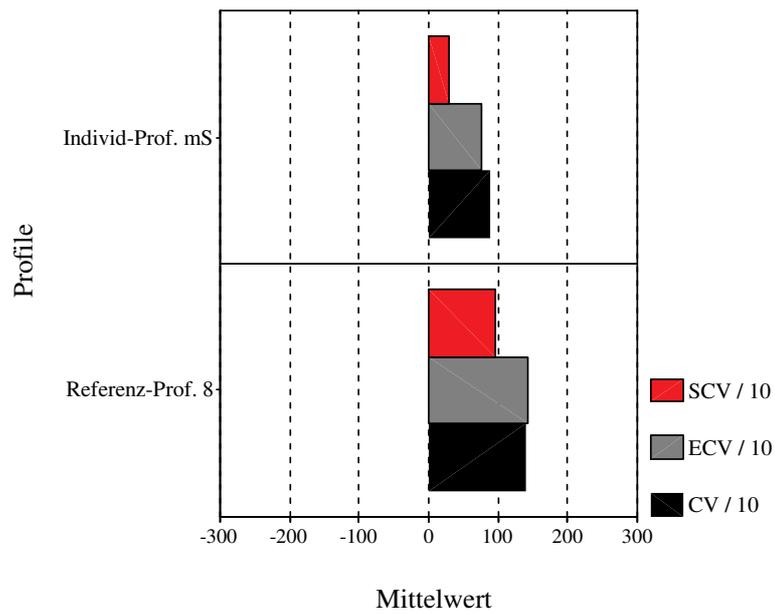


Abbildung IV.44: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,01$).

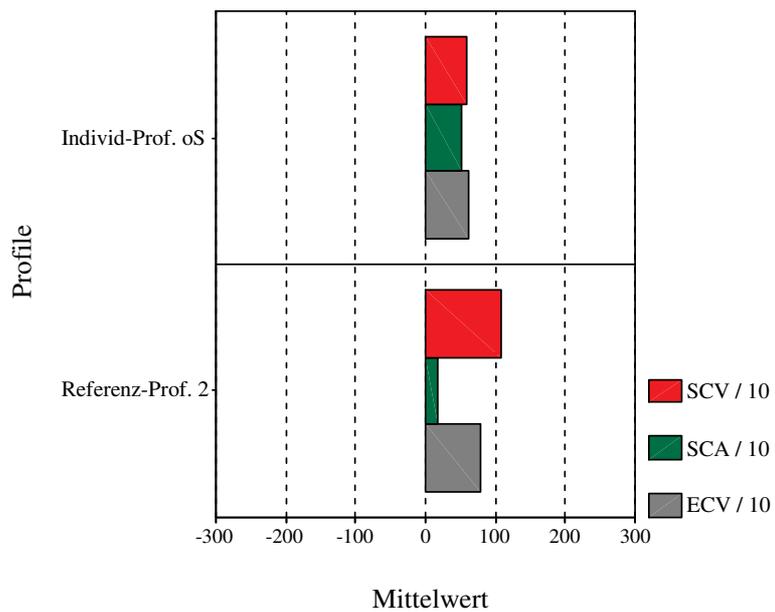


Abbildung IV.45: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,05$).

Insgesamt bewertet kann bei diesem Patienten im Vergleich mit den normalstimmlichen Referenzdaten eine Beeinträchtigung der Phonationssituation auf Grund des Stimulationseinflusses festgestellt werden. Die unter Nichtstimulation gewonnenen Werte nähern sich deutlich an die Werte desselben Profils an. Im Vergleich mit den pathologischen Daten wird zudem eine Stimmqualitätsveränderung offenkundig. Die

Parameterwerteveränderungen weisen bei der Zuordnung zu den pathologischen Profilen unter beiden Bedingungen auf eine Verschlechterung des Phonationsvorgangs bei einem Vergleich mit den Referenzdaten hin. Die Ergebnisse der individuellen Betrachtung werden insgesamt bei diesem Patienten durch die referentielle Bearbeitung bestätigt. Unter Stimulation lassen sich die individuellen Daten eher im normalstimmlichen Bereich als im pathologischen Bereich einordnen.

(hh) Patientin 8

Bei der Patientin 8 legt der Vergleich der individuellen Parameterwerte mit den Werten der normalstimmlichen Referenzprofile unter beiden Bedingungen eine Stimmqualitätsveränderung an den Tag (vgl. Anhang B, Tabellen IV.42 & IV.43). Aus den Abbildungen IV.46 (Mit Stimulation – Referenzprofil 8) und IV.47 (Ohne Stimulation – Referenzprofil 2) ist das ersichtlich.

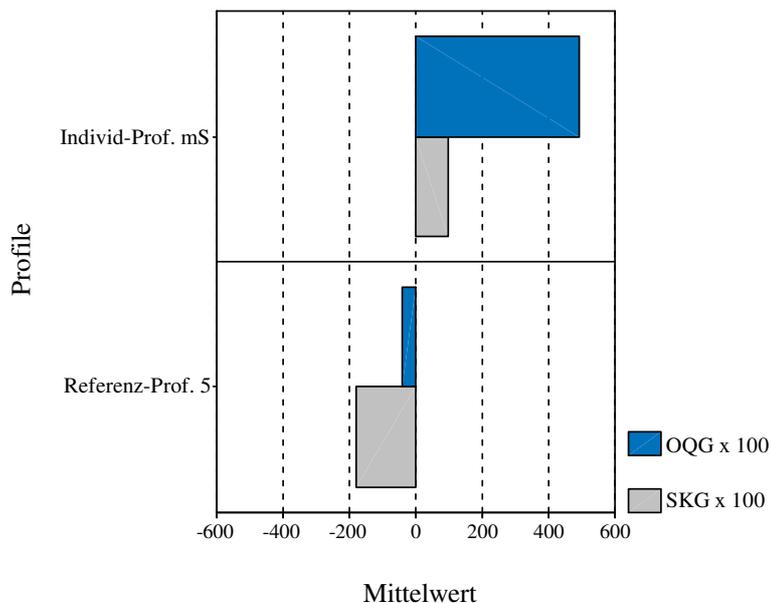


Abbildung IV.46: Elektroglottographischer und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 5 ($p < 0,001$).

Die Anzahl der signifikant unterschiedlichen Parameterwerte ist bei der Zuordnung der unter Stimulation gewonnenen Daten geringer (Abbildung IV.46). Nur zwei akustische Parameter (OQG, SKG) unterscheiden sich signifikant in ihren Werten von den Werten des Profils. Die Unterscheidung beinhaltet durch eine Vergrößerung der Werte eine Beeinträchtigung des Adduktionsverhaltens. Die anderen Parameterwerte (5) nähern sich an die Werte des normalstimmlichen Referenzprofils an. In der Abbil-

Abbildung IV.47 (Ohne Stimulation) wird ein größerer Unterschied zum Referenzprofil verdeutlicht.

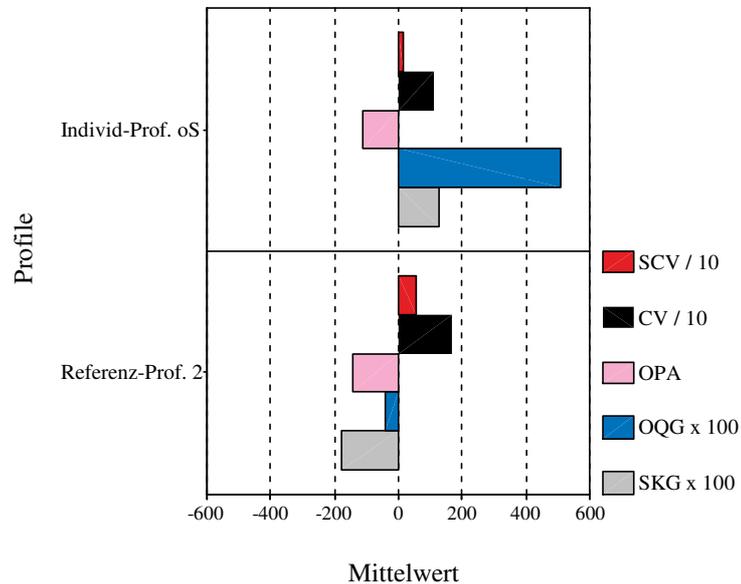


Abbildung IV.47: Elektroglottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,001$).

Nun sind fünf Parameter mit der Tendenz einer Verschlechterung der Phonationssituation signifikant unterschiedlich (SCV, CV geringer; OPA, OQG, SKG größer).

Der Vergleich mit den pathologischen Referenzprofilen beinhaltet keinen Wechsel der Zuordnung (Abbildungen IV.48 Mit Stimulation; Abbildung IV.49 Ohne Stimulation).

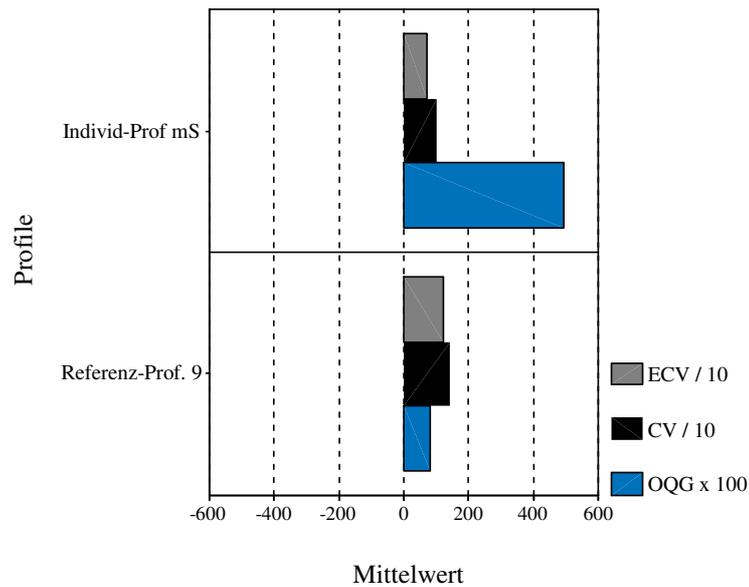


Abbildung IV.48: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,01$).

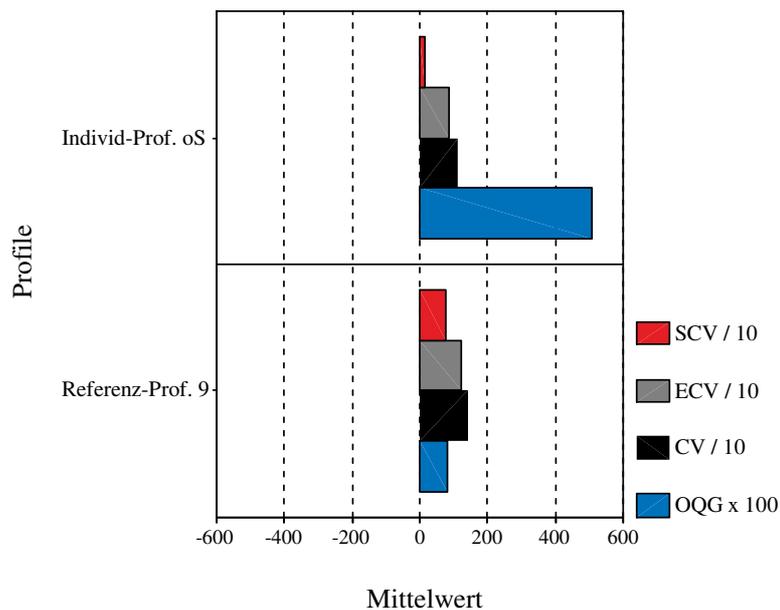


Abbildung IV.49: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,01$).

Auch hier ist zu erkennen, dass sich bei fehlendem Stimulationseinfluss mehr Parameterwerte (4) von den Werten des Referenzprofils signifikant unterscheiden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.44). Die Unterscheidung steht zudem für eine Verschlechterung des Phonationsvorgangs gegenüber dem Profil. Die elektrolottographischen Parame-

ter (SCV, ECV, CV geringer) und der akustische Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG größer) deuten auf einen Adduktionsmangel hin.

Folglich kann für diese Patientin festgehalten werden, dass die Stimulation eine Verbesserung des Phonationsvorgangs mit sich gebracht hat. Unter Stimulation ist eine Einordnung der individuellen Phonation innerhalb des Kontinuums der Normalstimme sinnvoll. Die intrasubjektive Einschätzung einer Verschlechterung unter dieser Bedingung hat sich nicht verifiziert. Die Notwendigkeit einer referentiellen Einordnung individueller Daten wird dadurch wiederum unterstrichen.

(ii) Patientin 9

Die Zuordnung der unter beiden Bedingungen gewonnenen Daten erfolgt bei dieser Patientin zu unterschiedlichen normalstimmlichen Referenzprofilen (vgl. Anhang B, Tabellen IV.45 & IV.46). Somit bewirkt die Stimulation eine Stimmqualitätsveränderung. Unter dieser Bedingung unterscheiden sich fünf Parameterwerte des Individualprofils signifikant von den Werten des Referenzprofils (siehe Abbildung IV.50).

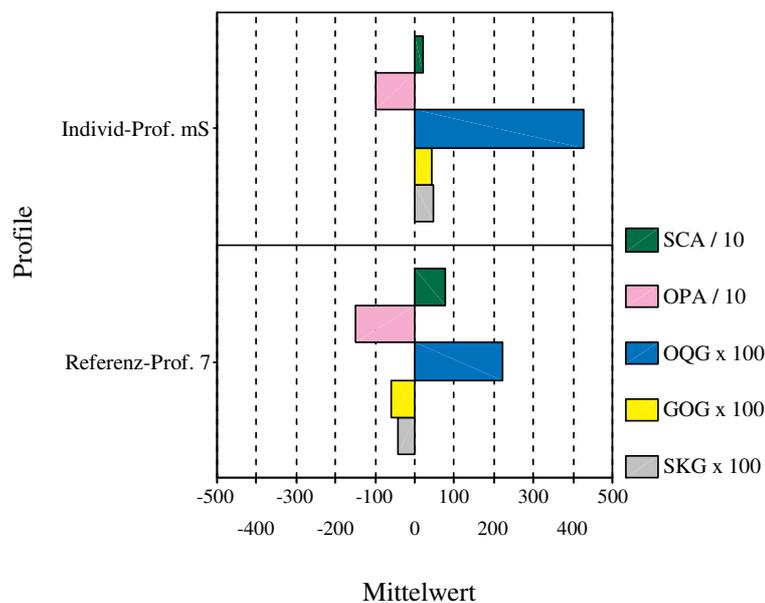


Abbildung IV.50: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 7 ($p < 0,05$).

Aus der Abbildung ist zu entnehmen, dass die Parameterwerte der Patientin im Vergleich mit den Profilwerten auf einen schlechteren Phonationsablauf hindeuten. Der EGG-Parameterwert zur Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung (SCA) verringert sich. Die gesamte Öffnungsbewegung verläuft flacher (OPA größer) und die akustischen Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG größer), Grad der Glottisöff-

nung (GOG größer) und Steilheit der Glottiswelle (SKG größer) weisen auf Beeinträchtigungen der Adduktion hin. Ohne Stimulation ist eine größere Annäherung an die Werte des Referenzprofils festzustellen (siehe Abbildung IV.51).

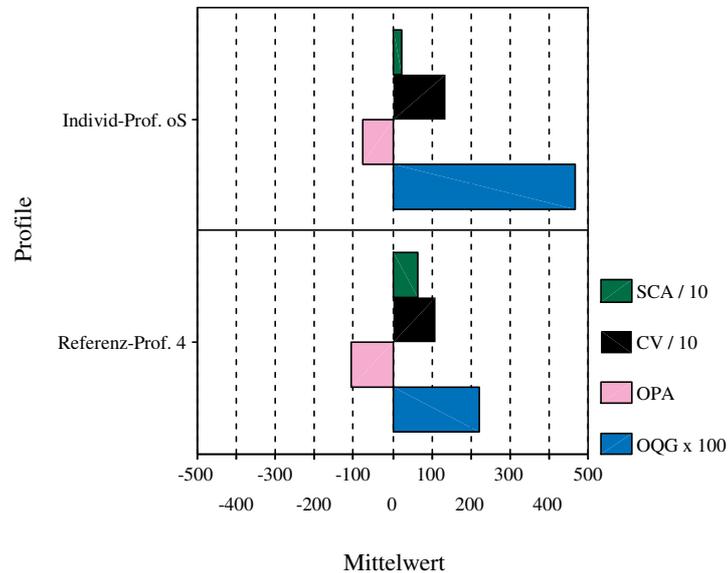


Abbildung IV.51: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 4 ($p < 0,01$).

Die Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen beinhaltet auch eine Stimmqualitätsveränderung (vgl. Anhang B, Tabellen IV.47 & IV.48). Die unter Stimulation gewonnenen Werte unterscheiden sich durch drei Parameter signifikant (siehe Abbildung IV.52).

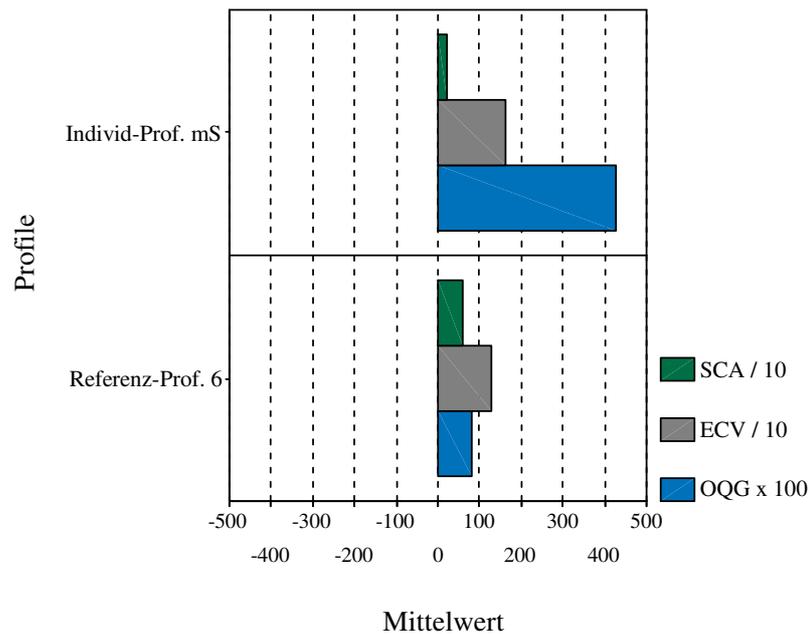


Abbildung IV.52: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

Unter der Bedingung der Nichtstimulation weichen zwei Parameter von denjenigen des Referenzprofils ab (siehe Abbildung IV.53).

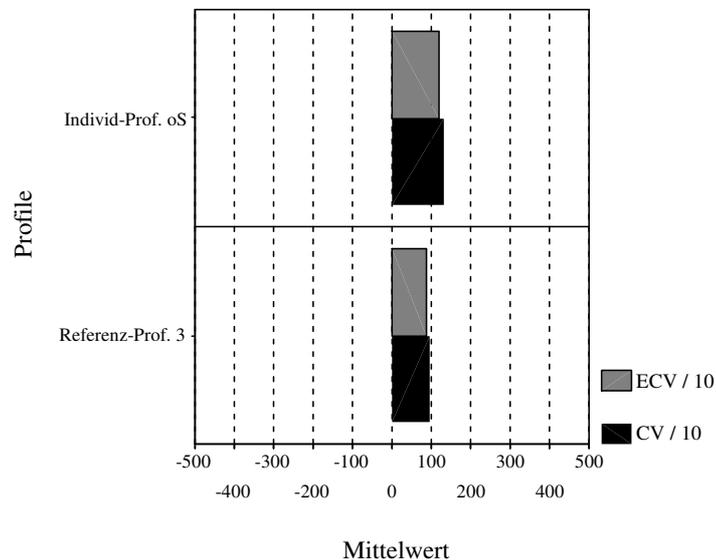


Abbildung IV.53: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

Die Abweichungen beinhalten Parameterwertverbesserungen (ECV größer, CV größer).

Insgesamt kann für diese Patientin von einer Beeinflussung des Phonationsvorgangs durch die Stimulation berichtet werden. Folglich beinhaltet der referentielle Vergleich ein anderes Ergebnis als die intrasubjektive Betrachtung, bei der die Tendenz der Verbesserung zu erkennen ist. Die Notwendigkeit einer referentiellen Einordnung wird auch bei dieser Patientin offenkundig. Eine Einordnung innerhalb des Kontinuums der pathologischen Phonation unter Stimulation ist sinnvoll. Der Grad der Annäherung an die Daten des pathologischen Referenzprofils ist im Vergleich zum Grad der Annäherung an die Daten des normalstimmlichen Profils unter dieser Bedingung größer.

(b) MS

(aa) Patientin 1

Die Zuordnung der individuellen Patientendaten zu normalstimmlichen Profilen beinhaltet keine Stimmqualitätsveränderung (vgl. Anhang B, Tabelle IV.49). Es wird aber deutlich, dass sich die Parameterwerte unter Stimulation den Werten des Referenzprofils mehr annähern als unter Nichtstimulation. Aus den Abbildungen IV.54 (Mit Stimulation) und IV.55 (Ohne Stimulation) wird dies ersichtlich.

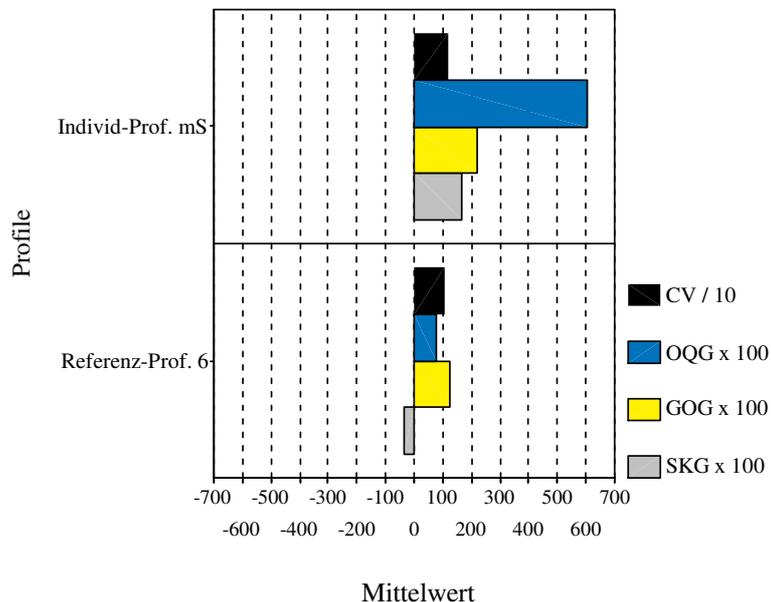


Abbildung IV.54: Elektrolottographischer Parametermittelwert und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

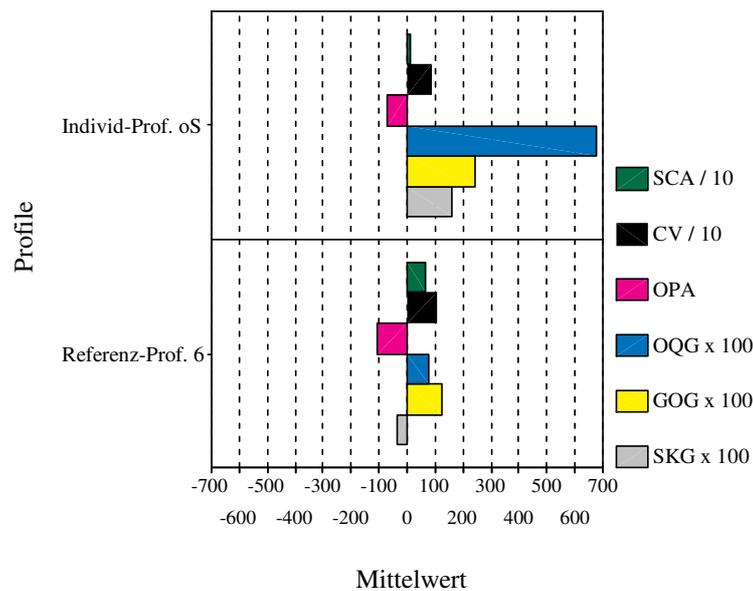


Abbildung IV.55: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

Unter Stimulation sind 4 Parameterwerte signifikant unterschiedlich. Unter Nichtstimulation hingegen 6 Parameterwerte. Die Veränderungen gegenüber dem Profil weisen unter beiden Bedingungen auf schlechtere Schwingungsverhältnisse (z. B. CV geringer) sowie auf einen Adduktionsmangel (OQG, GOG, SKG größer) hin. Dadurch wird offenkundig, dass die Stimulation einen ansatzweise zu erkennenden positiven Einfluss auf das glottale Schwingungsverhalten bei dieser Patientin hat.

Die Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen beinhaltet ebenfalls keine Veränderung der Stimmqualität (siehe Abbildung IV.56 Mit Stimulation; Abbildung IV.57 Ohne Stimulation).

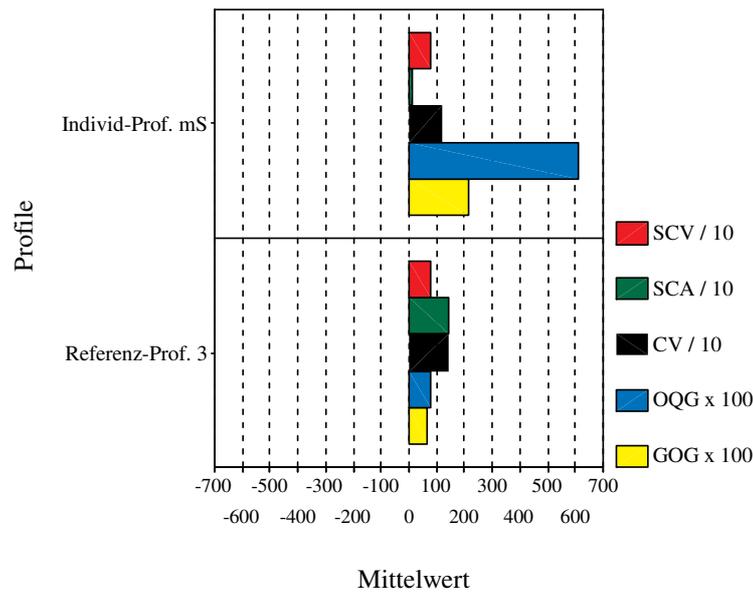


Abbildung IV.56: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

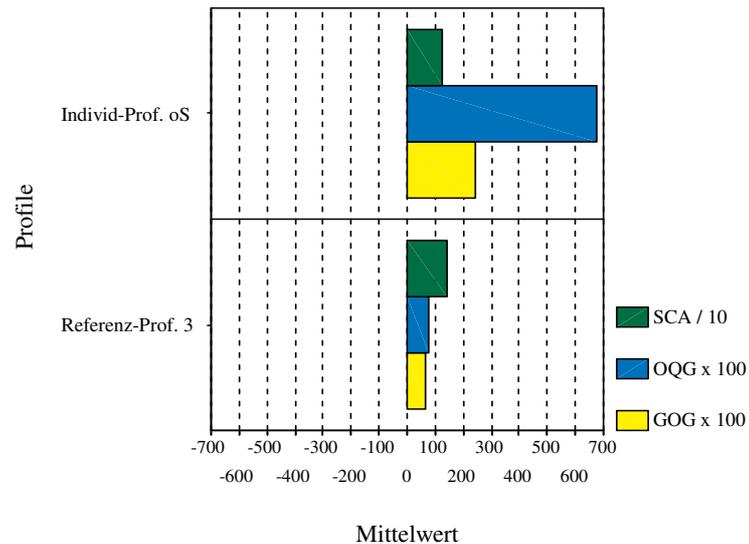


Abbildung IV.57: Elektrolottographischer Parametermittelwert und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

Hier ist zu ersehen, dass sich nun unter Stimulation mehr Parameterwerte signifikant von den Werten des Referenzprofils unterscheiden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.50). Eine Einordnung innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen Phonation ist unter dieser Bedingung somit angebracht. Die Phonationssituation hat sich für diese

Patientin unter Stimulation also gebessert. Bei der intrasubjektiven Betrachtung der Stimulationsauswirkungen ist dasselbe Ergebnis zu finden (vgl. Sektion 3.3. oben).

(bb) Patientin 2

Bei dieser Patientin ist anhand der Zuordnung zu normalstimmlichen Profilen unter beiden Bedingungen keine Stimmqualitätsveränderung vorhanden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.51). Die sowohl unter Stimulation (vgl. Abbildung IV.58) als auch unter Nichtstimulation (vgl. Abbildung IV.59) gewonnenen Daten werden demselben Referenzprofil (Profil Nr. 2) zugeordnet.

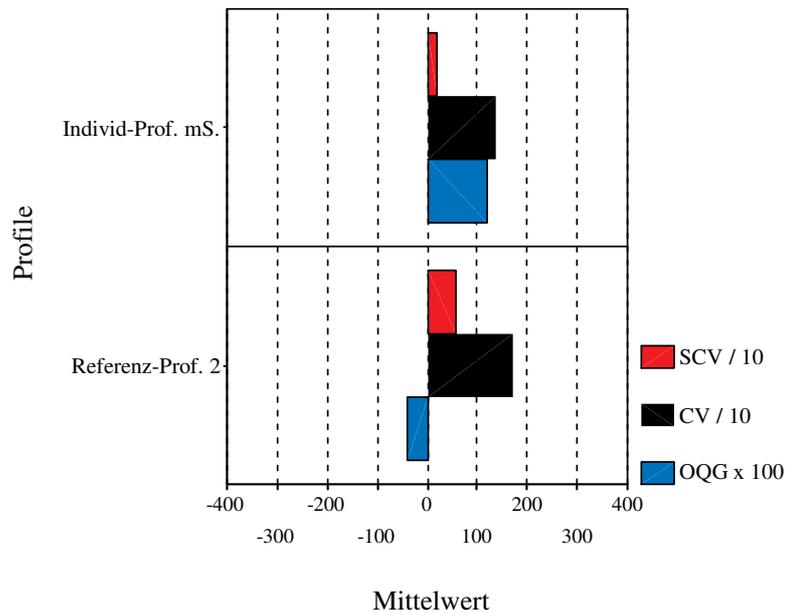


Abbildung IV.58: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,05$).

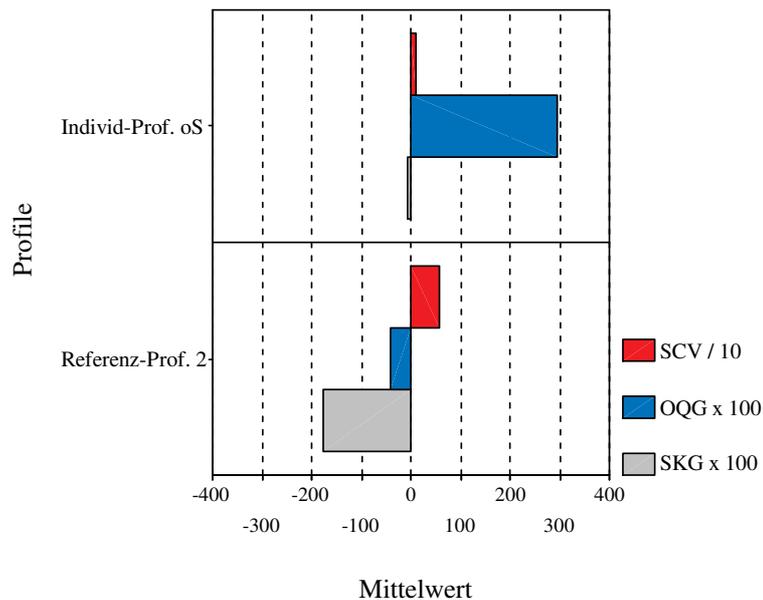


Abbildung IV.59: Elektrolottographischer Parametermittelwert und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,05$).

Aus den Abbildungen IV.58 und IV.59 ist zu ersehen, dass insgesamt bewertet die Annäherung an die Werte des Referenzprofils unter beiden Bedingungen etwa gleich ist. Die Parameterabweichungen zeigen auch unter beiden Bedingungen die gleiche Tendenz einer Beeinträchtigung des Schwingungsverhaltens (SCV, CV geringer) bzw. der Adduktion (OQG, SKG größer).

Bei der Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen ist ebenfalls keine Stimmqualitätsveränderung unter beiden Bedingungen vorhanden (vgl. Anhang B, Tabelle IV.52). Abbildung IV.60 zeigt signifikante Parameterunterscheidungen gegenüber dem Referenzprofil Nr. 9 für die unter Stimulation gewonnenen Daten. In Abbildung IV.61 werden die unter Nichtstimulation gewonnenen Daten diesem Profil gegenübergestellt.

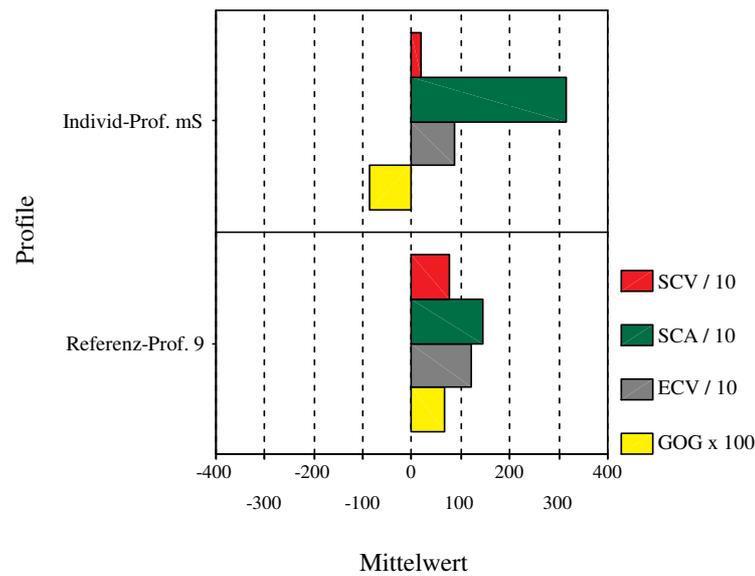


Abbildung IV.60: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,05$).

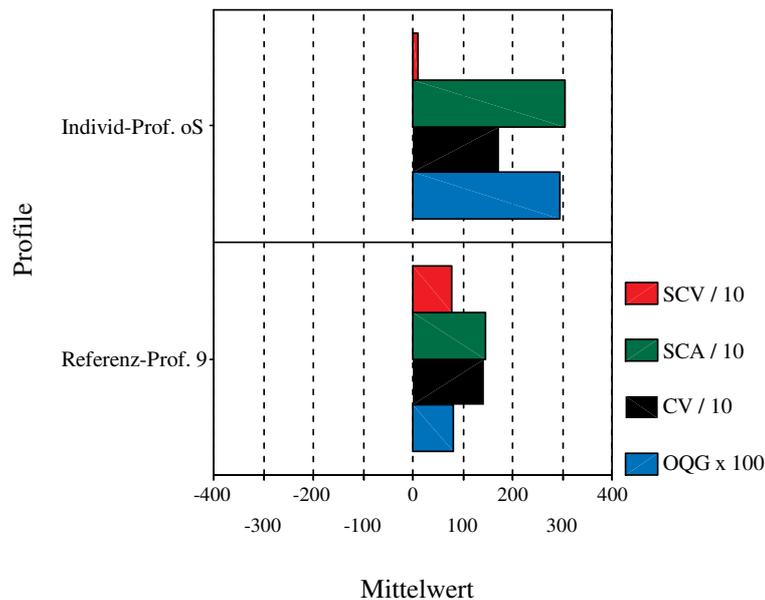


Abbildung IV.61: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,05$).

Die Parameterwerte nähern sich unter beiden Bedingungen mit etwa gleichen positiven (SCA, CV größer; GOG geringer) bzw. negativen (SCV geringer; GOG größer) Abweichungen den Werten des Referenzprofils an. Eine Zuordnung der unter beiden Bedingungen gewonnenen Produktionsdaten innerhalb des normalstimmlichen

Kontinuums ist auf Grund einer geringeren Anzahl von abweichenden Parametern angebracht.

Offensichtlich hat die Stimulation keinen großen Einfluss auf das Phonationsverhalten bei dieser Patientin, so dass der präoperative Status widergespiegelt wird. Dies wird auch bei der intrasubjektiven Betrachtung der Stimulationsauswirkungen festgehalten (vgl. Sektion 3.3. oben).

(cc) Patientin 3

Bei dieser Patientin bewirkt die Stimulation eine Stimmqualitätsveränderung. Dies wird bei der Zuordnung zu den normalstimmlichen Referenzprofilen verdeutlicht (vgl. Anhang B, Tabellen IV.53 & IV.54). Die unter Stimulation gewonnenen Daten werden dem Referenzprofil Nr. 8 (siehe Abbildung IV.62) zugeordnet.

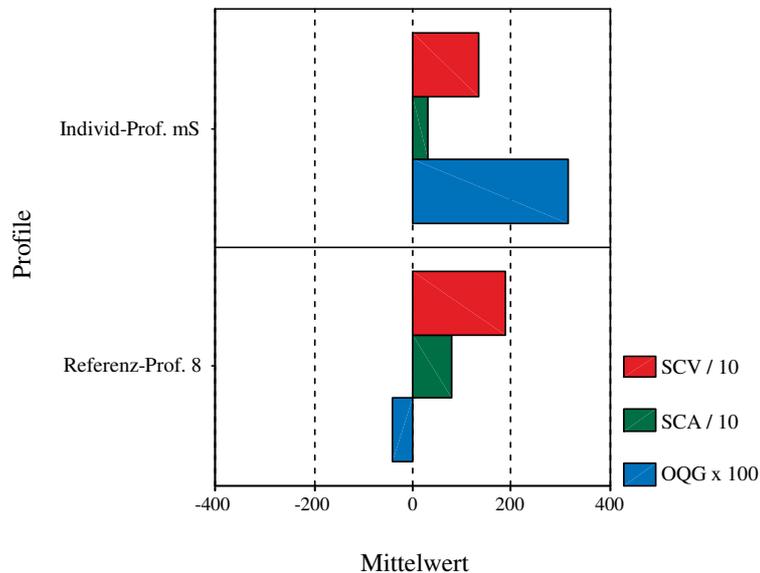


Abbildung IV.62: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,05$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass sich drei Parameterwerte signifikant von den Werten des Referenzprofils unterscheiden. Zwei EGG-Parameter (SCV, SCA) belegen durch geringere Werte eine Beeinträchtigung bei der Schließungsbewegung. Anhand des akustischen Parameters zum Öffnungsquotienten (OQG) wird zudem durch den höheren Parameterwert auf ein schlechteres Adduktionsverhalten der Stimmlippen im Vergleich zum Profil hingewiesen.

Die ohne Stimulation gewonnenen Werte nähern sich mehr an die Werte des Referenzprofils an (siehe Abbildung IV.63).

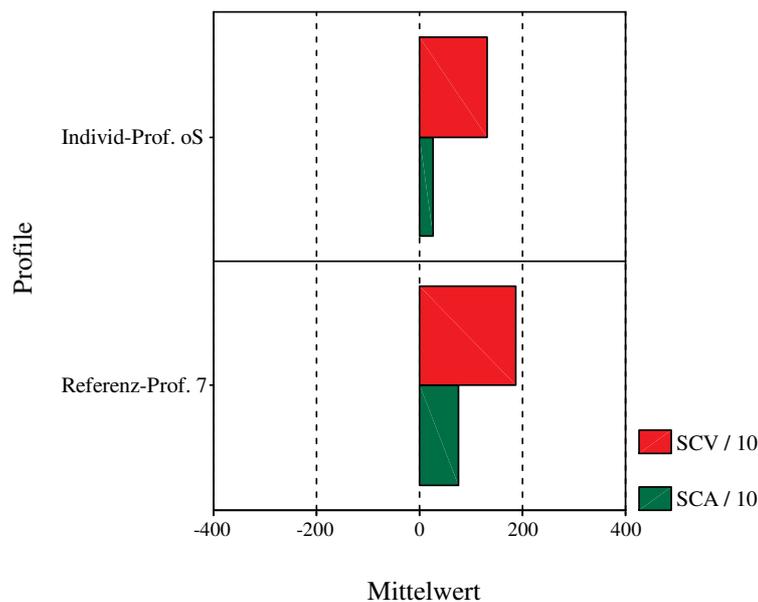


Abbildung IV.63: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 7 ($p < 0,05$).

Jetzt unterscheiden sich nur zwei EGG-Parameter signifikant von den Referenzwerten. Die Parameterwerteveränderungen stehen ebenfalls für eine geringfügige Beeinträchtigung (SCV, SCA geringer).

Die Zuordnung zu den pathologischen Profilen lässt keine Stimmqualitätsveränderung erkennen (vgl. Anhang B, Tabelle IV. 55). Unter beiden Bedingungen werden die individuellen Daten dem Referenzprofil Nr. 6 zugeordnet. In der Abbildung IV.64 wird die Zuordnung der unter Stimulation gewonnenen Daten gezeigt. Abbildung IV.65 zeigt die Zuordnung der Daten, die unter Nichtstimulation gewonnen wurden.

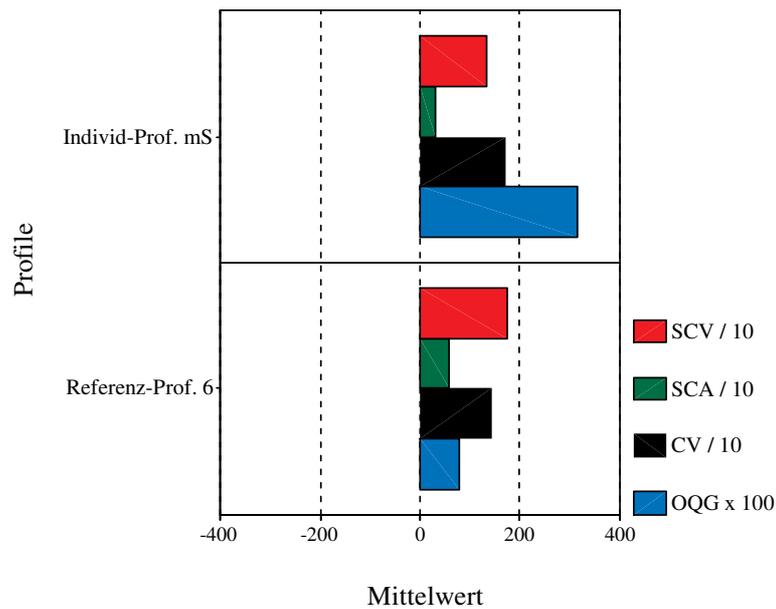


Abbildung IV.64: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

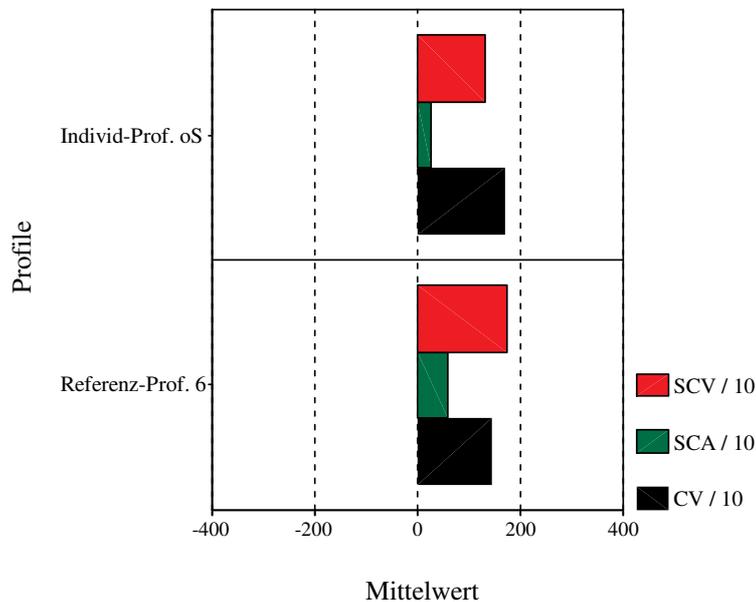


Abbildung IV.65: Elektrolottographische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

Die Abweichungen stehen für eine Verschlechterung der Anregung gegenüber dem Profil (z. B. SCV, SCA unter beiden Bedingungen geringer).

Für die Patientin bewirkt die Stimulation eine Stimmqualitätsveränderung, die sich innerhalb des normalstimmlichen Kontinuums vollzieht.

Eine Einordnung der unter beiden Bedingungen gewonnenen Produktionsdaten innerhalb des normalstimmlichen Kontinuums ist auf Grund einer insgesamt geringeren Anzahl von abweichenden Parametern angebracht. Die bei der individuellen Betrachtung festgehaltene positive Tendenz wird anhand des referentiellen Vergleichs nicht bestätigt.

(dd) Patientin 4

Bei dieser Patientin ist ebenfalls eine Veränderung der Stimmqualität unter Stimulation eingetreten. Die Zuordnung zu den normalstimmlichen Referenzprofilen verdeutlicht diese Tatsache. Die unter Stimulation gewonnenen Daten unterscheiden sich allerdings nicht signifikant von den Daten des Referenzprofils (vgl. Anhang B, Tabellen IV. 56 & IV.57). In der Abbildung IV.66 werden die Parameterwertentwicklungen für diese Bedingung angeführt.

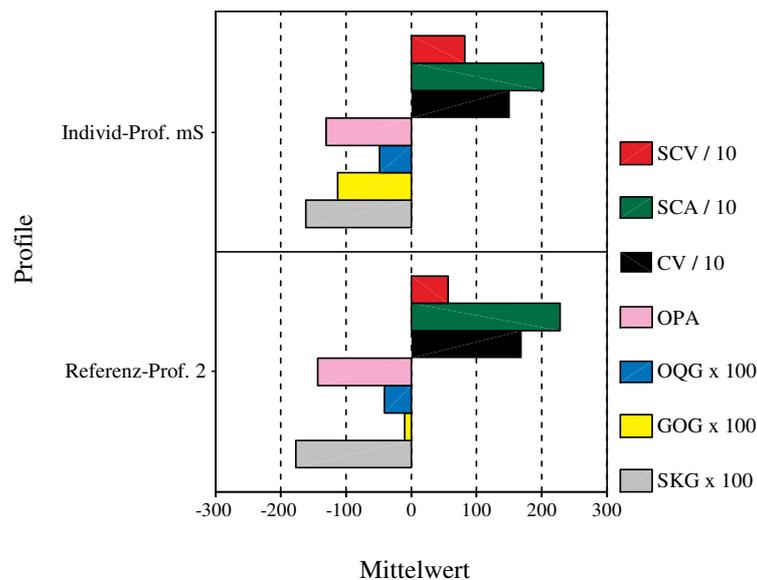


Abbildung IV.66: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 2.

Neben dem EGG-Parameter zur Startphase der Schließungsbewegung (SCV größer) deuten v. a. der akustische Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG geringer) und derjenige zum Grad der Glottisöffnung (GOG geringer) auf eine angespannte Phonationssituation hin.

Die ohne Stimulation gewonnenen Werte werden in der Abbildung IV.67 dem Referenzprofil Nr. 4 entgegengestellt.

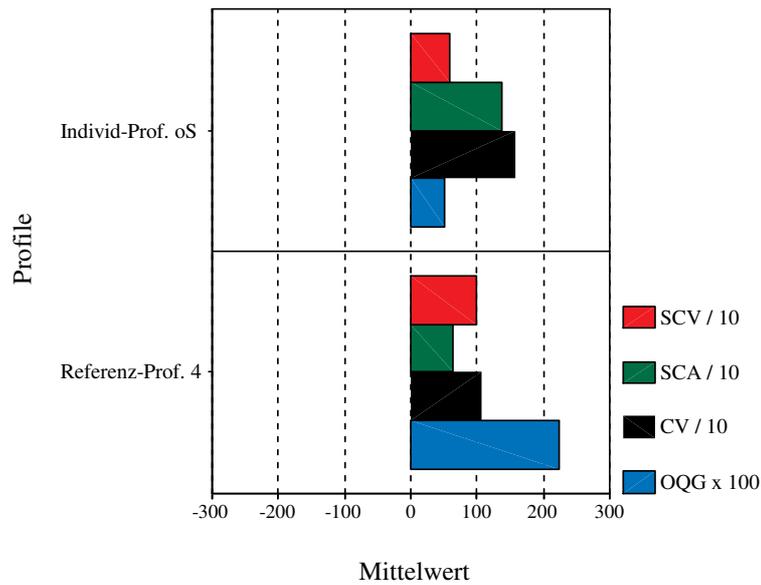


Abbildung IV.67: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 4 ($p < 0,05$).

Hier unterscheiden sich die Parameter allerdings signifikant von denjenigen des Referenzprofils. Diese signifikanten Abweichungen stehen ebenfalls größtenteils für eine angespannte Phonationssituation (SCA, CV größer; OQG geringer). Die Zuordnung zu den pathologischen Profilen wird in der Abbildung IV.68 (Mit Stimulation) und Abbildung IV.69 (Ohne Stimulation) gezeigt (vgl. Anhang B, Tabelle IV. 58).

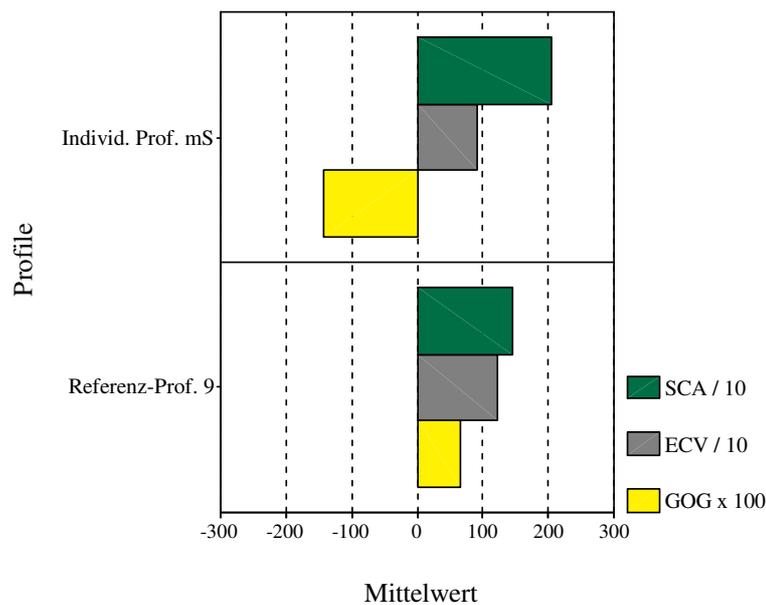


Abbildung IV.68: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,05$).

Aus der Abbildung ist ebenfalls diese angespannte Situation anhand des Parameters zur Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung (SCA größer) sowie des Parameters zum Grad der Glottisöffnung (GOG geringer) zu erkennen. Die anderen Parameter (3) nähern sich dem Referenzprofil an.

Ohne Stimulation gibt es nur einen Parameter (GOG), der sich signifikant von den Referenzwerten unterscheidet (siehe Abbildung IV.69). Diese Unterscheidung belegt ebenfalls eine Anspannung bei der Phonation (GOG geringer).

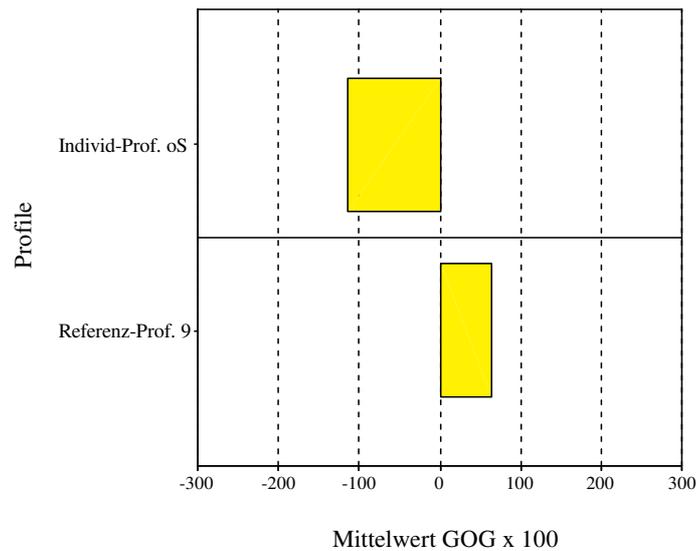


Abbildung IV.69: Akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,05$).

Für diese Patientin kann zusammenfassend festgehalten werden, dass der Stimulationseinfluss die bereits präoperativ vorhandene angespannte Phonationssituation noch weiter verstärkt hat. Deshalb kann von einem beginnenden hyperfunktionellen Phonationsablauf ausgegangen werden. Dieses Ergebnis ist auch beim intrasubjektiven Vergleich vorhanden. Eine Einordnung innerhalb des normalstimmlichen Kontinuums unter Stimulation ist auf Grund fehlender signifikanter Unterschiede zu einem Referenzprofil dieser Phonationsgruppe gerechtfertigt.

(ee) Patient 5

Die Stimulation bewirkt bei diesem Patienten keine Stimmqualitätsveränderung (vgl. Anhang B, Tabelle IV. 59). Unter beiden Bedingungen werden die individuellen Daten dem normalstimmlichen Referenzprofil Nr. 3 zugeordnet. Die unter Stimulation gewonnenen Daten nähern sich fast vollständig an die Werte des Profils an (siehe Abbildung IV.70).

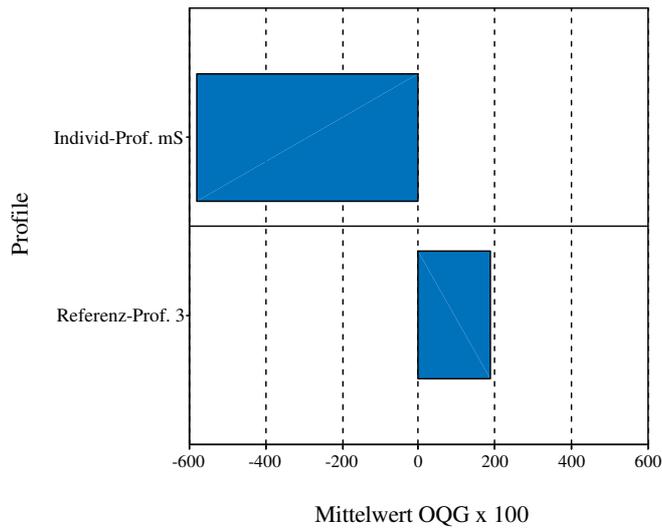


Abbildung IV.70: Akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass nur der Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG) eine signifikante Unterscheidung beinhaltet. Die Parameterwerteveränderung belegt zusätzlich eine angespannte Phonationssituation, da der Parameterwert beim Individualprofil geringer ist.

Die ohne Stimulation gewonnen Daten beinhalten hingegen weniger Annäherung an das Profil (siehe Abbildung IV.71). Die signifikanten Abweichungen deuten zudem auf eine Beeinträchtigung des Phonationsvorgangs hin: Die Werte für zwei EGG-Parameter (SCV, ECV) sind kleiner bzw. der Wert für OPA ist größer. Der Wert für den akustischen Parameter RCG ist ebenfalls größer.

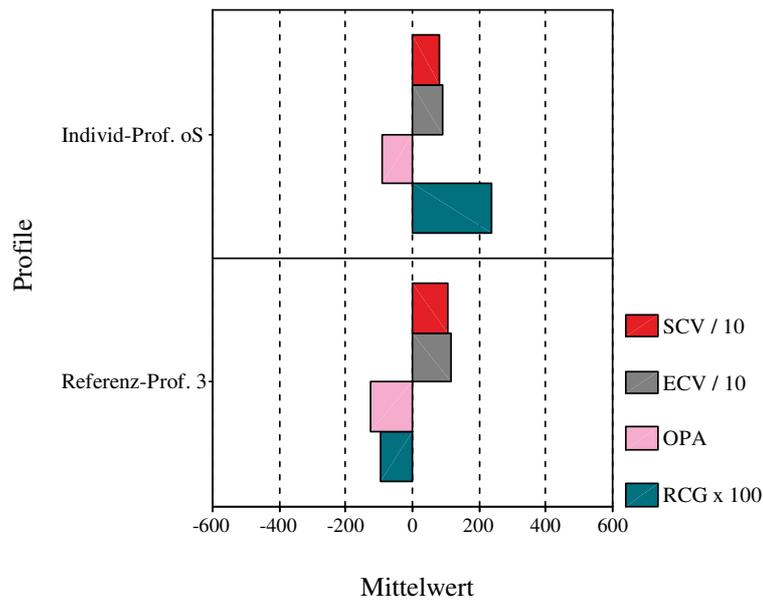


Abbildung IV.71: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

Bei der Zuordnung zu den pathologischen Profilen ist auch keine Stimmqualitätsveränderung vorhanden (vgl. Anhang B, Tabelle IV. 60). Die unter Stimulation gewonnenen Daten belegen eine Verbesserung des Schwingungsverhaltens (CV größer) und der Adduktion (OQG geringer). Dies wird aus Abbildung IV.72 ersichtlich.

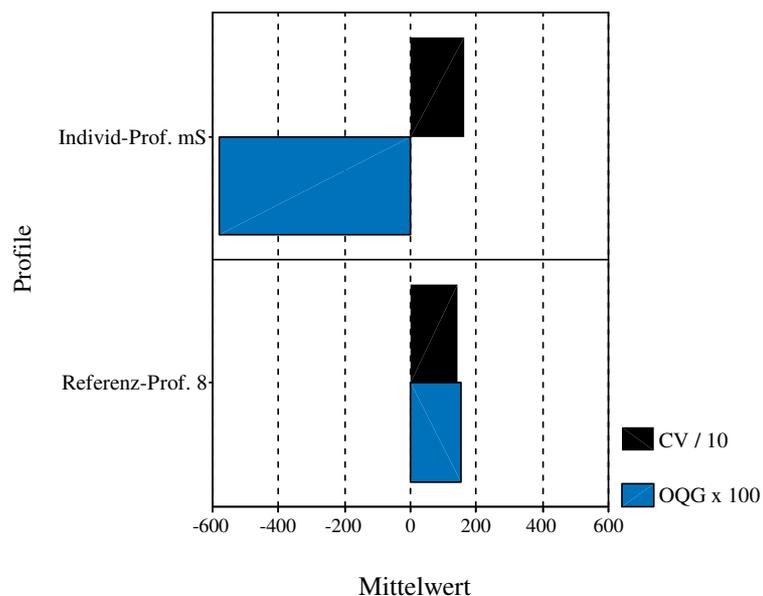


Abbildung IV.72: Elektrolottographischer und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,05$).

Ohne Stimulation wird ebenfalls eine Annäherung an das Referenzprofil durch einen von ihm abweichenden Parameterwert (ECV) offenkundig (siehe Abbildung IV.73). Der Parameterwert steht im Vergleich mit dem Wert des Referenzprofils für eine geringe Beeinträchtigung (ECV geringer).

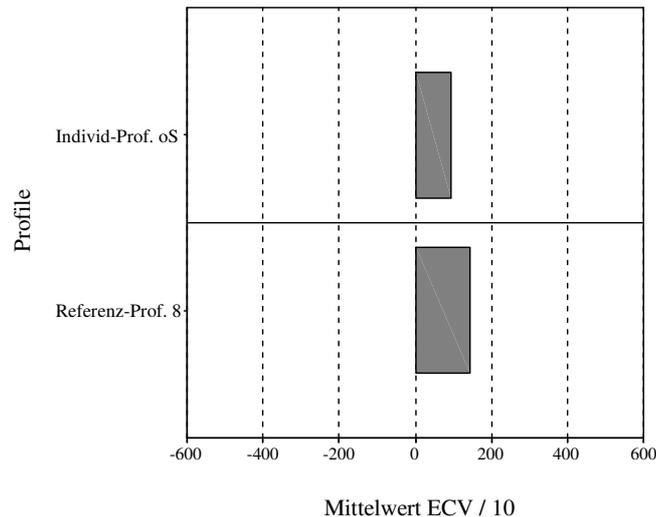


Abbildung IV.73: Elektrolottographischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,05$).

Offensichtlich bewirkt der Stimulationseinfluss bei diesem Patienten insgesamt gesehen eine Verbesserung der Phonationssituation. Dies ist auch beim intraindividuellen Vergleich festgehalten worden. (vgl. Sektion 3.3. oben). Eine Einordnung innerhalb des normalstimmlichen Phonationskontinuums unter Stimulation ist plausibel.

(ff) Patient 6

Bei diesem Patienten bewirkt die Stimulation zwar keine Veränderung der Zuordnung zu einem anderen normalstimmlichen Referenzprofil (vgl. Anhang B, Tabelle IV.61). Ein Einfluss auf die Phonationssituation ist jedoch anhand der Parameterwerteveränderung eindeutig nachzuweisen. In Abbildung IV.74 (Mit Stimulation) wird dies gezeigt.

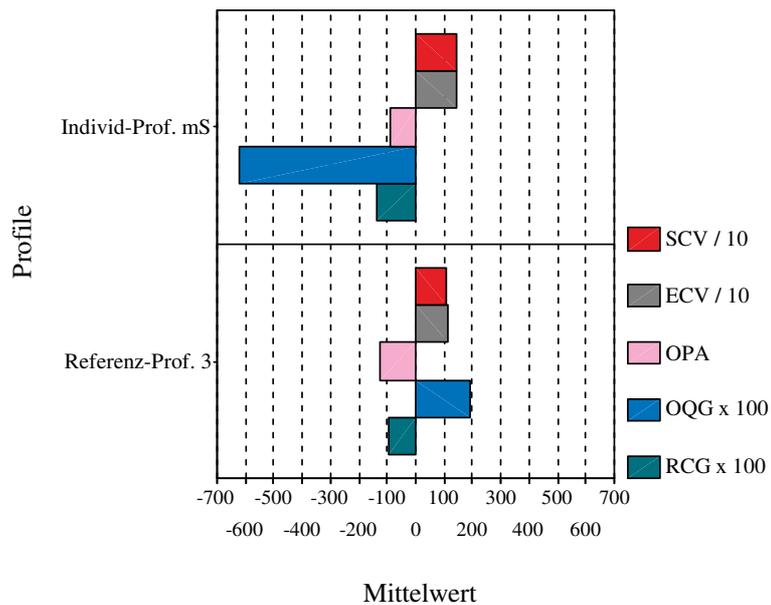


Abbildung IV.74: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass die elektrolottographischen (SCV, ECV größer) und die akustischen (OQG, RCG geringer) Parameterwerteabweichungen auf eine angespannte Phonationsituation hinweisen.

Ohne Stimulation deuten die Parameterwerteabweichungen hingegen auf eine Beeinträchtigung hin (CLA geringer, OPA größer; OQG, GOG größer; siehe Abbildung IV.75).

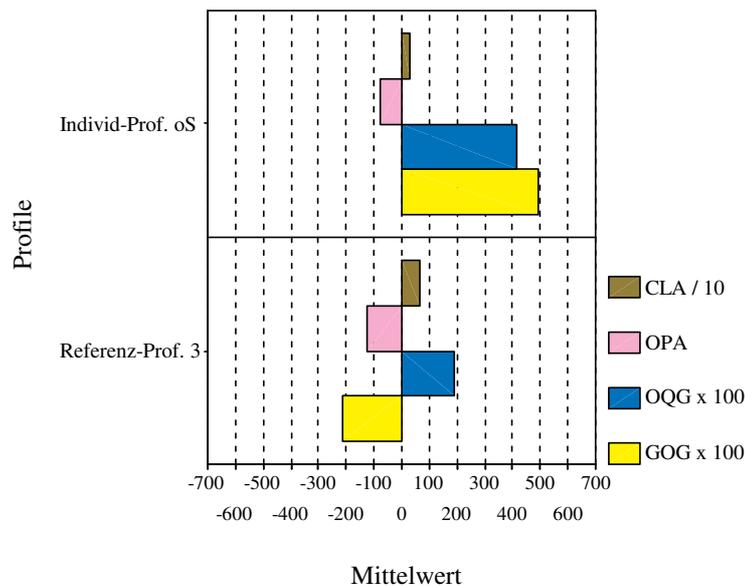


Abbildung IV.75: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

Die Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen unter beiden Bedingungen geht hingegen mit einer Stimmqualitätsveränderung einher (vgl. Anhang B, Tabellen IV.62 & IV.63). In der Abbildung IV.76 werden die unter Stimulation gewonnenen Daten dem Referenzprofil Nr. 9 gegenübergestellt.

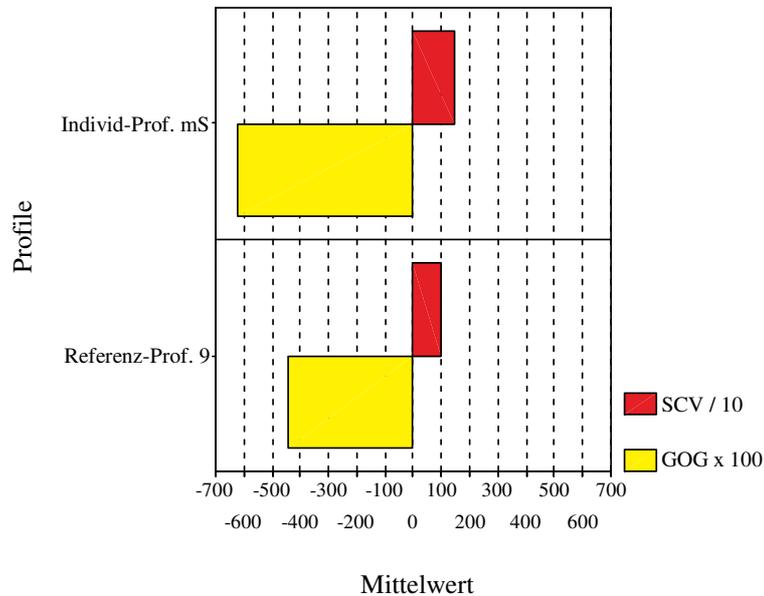


Abbildung IV.76: Elektroglottographischer und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 9 ($p < 0,05$).

Es wird zunächst deutlich, dass sich die Werte größtenteils an diejenigen des Profils annähern. Darüber hinaus belegen auch hier die beiden signifikant unterschiedlichen Parameterwerte eine Anspannung bei der Phonation (SCV größer) bzw. einen besseren Glottisschluss (OQG geringer).

Die ohne Stimulation gewonnenen Daten werden dem Referenzprofil Nr. 5 zugeordnet (siehe Abbildung IV.77). Dabei weichen drei Parameterwerte signifikant von den Werten des Profils ab.

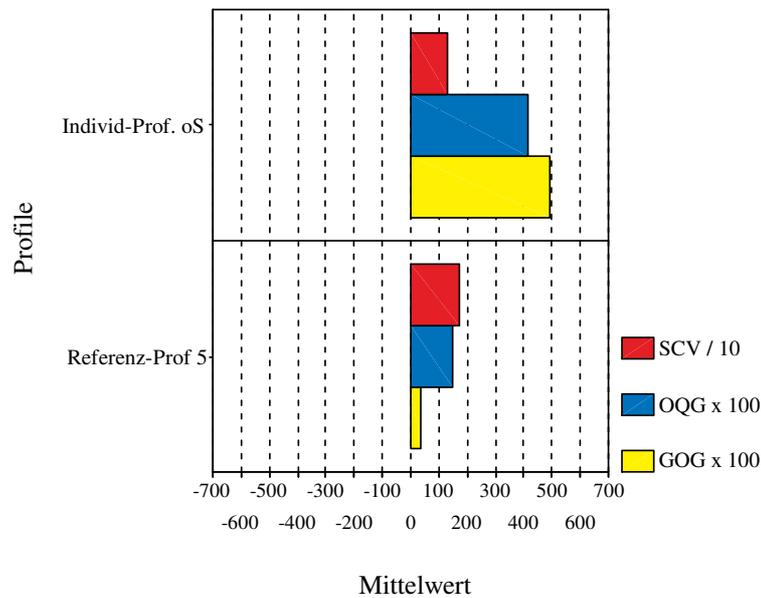


Abbildung IV.77: Elektrolottographischer Parametermittelwert und akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 5 ($p < 0,01$).

Die Abweichungen stehen jetzt für eine Beeinträchtigung der Phonation: Neben dem EGG-Parameter SCV (Wert ist geringer) begründen die beiden akustischen Parameter OQG (Wert ist größer) und GOG (Wert ist größer), die über die Adduktion Auskunft geben, diese Feststellung.

Als Ergebnis ist für diesen Patienten festzuhalten, dass die Stimulation ebenfalls für eine angespannte Phonationssituation sorgt. Dies ist anhand der signifikanten Abweichungen der Parameterwerte eindeutig nachzuweisen. Der intrasubjektive Eindruck wird bestätigt. Eine Einordnung innerhalb des pathologischen Kontinuums unter Stimulation bietet sich an.

(ff) Patientin 7

Die Stimmqualität verändert sich bei dieser Patientin unter Stimulation, was durch die unterschiedliche Zuordnung zu den Stimmprofilen der Normalstimme gezeigt wird (vgl. Anhang B, Tabellen IV.64 & IV.65). Unter beiden Bedingungen ist eine geringe Anzahl von signifikant unterschiedlichen Parameterwerten beim Vergleich mit den Referenzwerten vorhanden. Das Individualprofil nähert sich somit stark an das jeweilige Referenzprofil an. Aus der Abbildung IV.78 (Mit Stimulation) und der Abbildung IV.79 (Ohne Stimulation) ist dies zu ersehen.

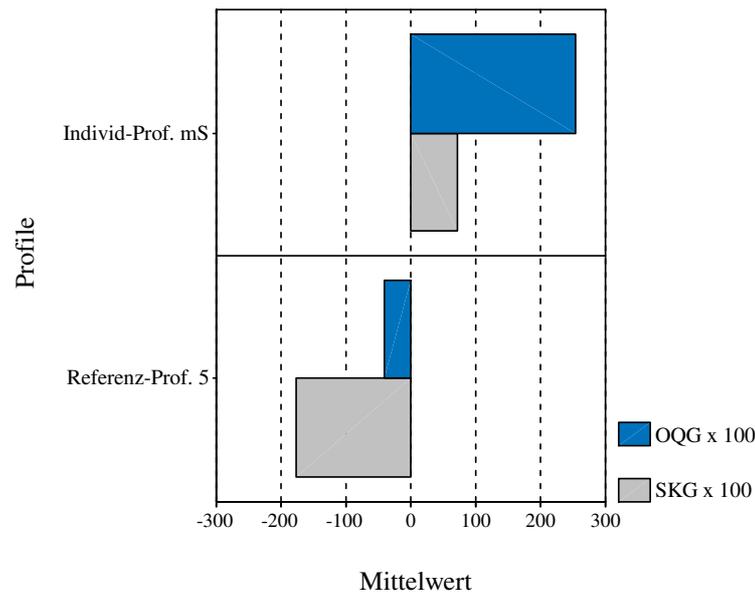


Abbildung IV.78: Akustische Parametermittelwerte des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 5 ($p < 0,001$).

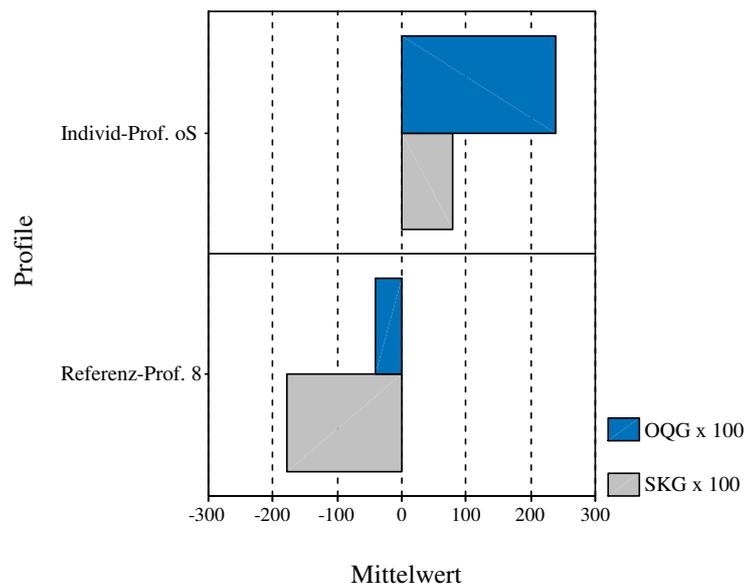


Abbildung IV.79: Akustische Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,001$).

Unter beiden Bedingungen weichen jeweils zwei akustische Parameter, die die Adduktion (OQG) bzw. das Anregungsspektrum (SKG) betreffen, von den Referenzwerten signifikant ab. Beide Parameterwerte sind nicht sehr unterschiedlich. Folglich wird hier der Stimmqualitätswechsel durch Unterschiede bedingt, die offensichtlich bei den sechs anderen unter Stimulation gewonnenen Parameterwerten im Vergleich mit

den sechs anderen unter Nichtstimulation gewonnenen Parameterwerten vorhanden sind.

Die Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen geht nicht mit einer Stimmqualitätsveränderung einher. Nun ist dasselbe Profil relevant (vgl. Anhang B, Tabelle IV.66). In der Abbildung IV.80 (Mit Stimulation) bzw. IV.81 (Ohne Stimulation) wird dies verdeutlicht.

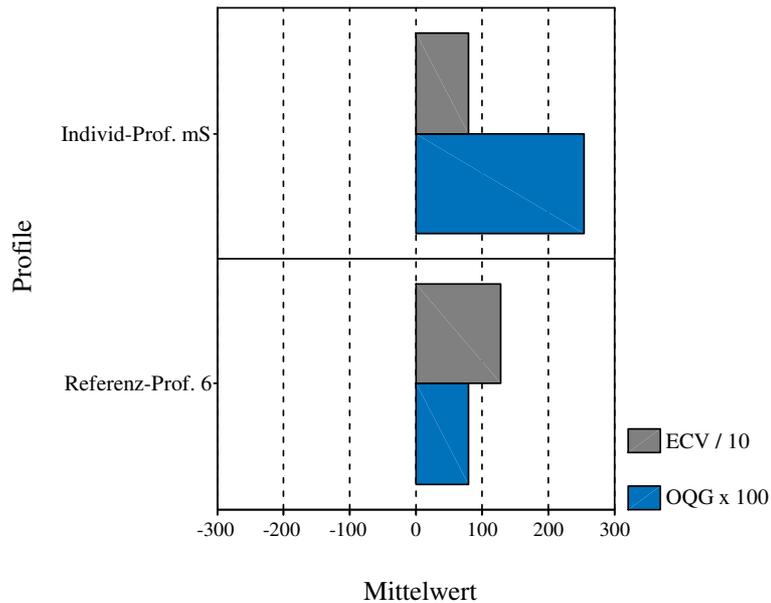


Abbildung IV.80: Elektrolottographischer und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung mit Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

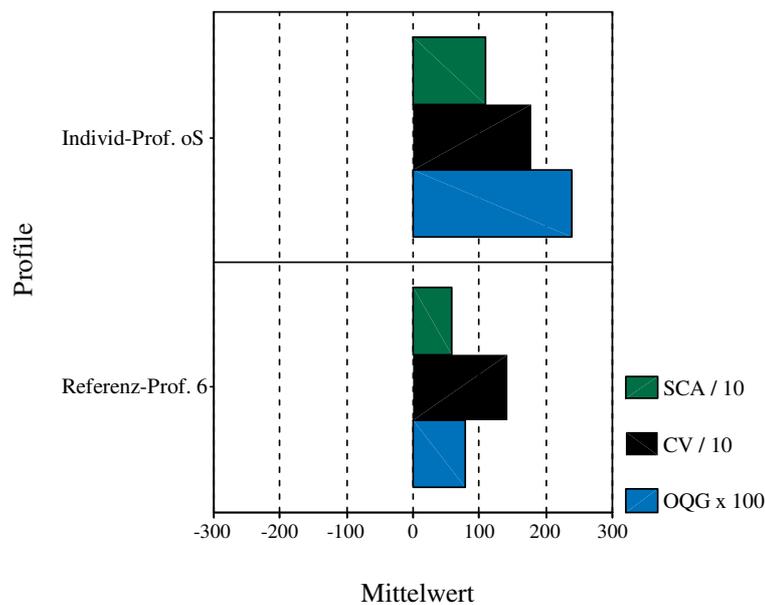


Abbildung IV.81: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert des Individualprofils unter der Bedingung ohne Stimulation sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

Die Parameterabweichungen unter beiden Bedingungen deuten auf keine großen Unterschiede hin.

Für die Patientin kann beim referentiellen Vergleich mit normalstimmlichen Daten eine Stimmqualitätsveränderung unter Stimulation festgehalten werden. Beim Vergleich mit den pathologischen Referenzdaten ist keine Veränderung vorhanden. Eine Einordnung innerhalb des Phonationskontinuums der normalstimmlichen Phonation unter beiden Bedingungen ist angebracht. Durch die nachgewiesene Veränderung der Stimmqualität innerhalb des normalstimmlichen Kontinuums unterscheidet sich dieses Ergebnis von dem Ergebnis der intrasubjektiven Betrachtung. Der Stimulationseinfluss hat dort keine Tendenzen erkennen lassen.

3.5. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Für die Patientengruppen mit M. Parkinson und mit MS sind bezüglich der Auswirkungen der Elektrostimulation auf das glottale Schwingungsverhalten unterschiedliche Ergebnisse festzuhalten. Die Ergebnisse betreffen sowohl pathologiespezifische Gruppentendenzen bei den beiden Krankheitsbildern als auch Entwicklungen bei den einzelnen Patienten.

Bei der zunächst berücksichtigten Patientengruppe mit M. Parkinson können pathologiespezifisch unter beiden Bedingungen weder für die männlichen noch für die

weiblichen Patienten signifikante Unterschiede anhand der verwendeten Parameter festgehalten werden. Bei ihnen ist geschlechtsübergreifend eine große individuelle phonatorische Variabilität vorhanden.

Der pathologiespezifische Vergleich mit normalstimmlichen Daten lässt aber daraufhin eine bereits bei geringerer Medikation vorhandene Beeinträchtigung der Phonation bei beiden Geschlechtern erkennen. Dies ist anhand der unter Nichtstimulation gewonnenen Daten zu belegen, die dieser Phonationssituation entsprechen. Darüber hinaus sind unter Stimulation zusätzliche Verschlechterungen des phonatorischen Ablaufs anhand von Parameterwerteveränderungen nachzuweisen. Die Verschlechterungen sind jedoch nicht bei jeder Person mit diesem Krankheitsbild festzustellen. Deshalb wird zum einen die Notwendigkeit einer individuellen Betrachtung der Stimulationsauswirkungen offenkundig. Zum andern wird durch dieses Ergebnis auf die Problematik pauschalisierender Aussagen bezüglich des Phonationsverhaltens unter Elektrostimulation bei Patienten mit M. Parkinson hingewiesen. Diese Pauschalisierungen sind in der Literatur der letzten Jahre zu finden (z. B. Gentil et al., 2001). Auf sie wird in einer zurückliegenden Studie ebenfalls aufmerksam gemacht (Pützer et al., 2003b).

Die bei der pathologiebezogenen Betrachtung angedeutete individuelle Variabilität im Phonationsverhalten ist bei der intrasubjektiven Beurteilung der Stimulationsauswirkungen (Sektion 3.3. oben) nachweisbar. Hier bewirkt die Stimulation sowohl eine Verbesserung als auch eine Verschlechterung der Phonation.

Durch die in einem letzten Arbeitsschritt vollzogene referentielle Bearbeitung der Stimulationsauswirkungen kann schließlich anhand von Zuordnungsergebnissen individueller Analysen zu Daten von Referenzprofilen ein detaillierter Aufschluss über die Phonationsbeeinflussung durch die Stimulation bei den einzelnen Patienten gegeben werden. Die Referenzprofile basieren auf signifikant unterschiedlichen Stimmprofilgruppen, die im Kapitel II, Sektion 2.8. der Arbeit präsentiert werden.

Innerhalb des letzten Arbeitsschrittes wird zunächst die Frage diskutiert, ob unter beiden Bedingungen (Mit und ohne Stimulation) eine Zuordnung zu unterschiedlichen Referenzprofilen stattgefunden hat. Bei einer unterschiedlichen Zuordnung kann von einer Stimmqualitätsveränderung auf Grund des Stimulationseinflusses ausgegangen werden. Dieser Nachweis einer Stimmqualitätsveränderung kann sowohl bei der Zuordnung zu normalstimmlichen Referenzprofilen als auch bei der Zuordnung zu pathologischen Referenzprofilen geführt werden. Zudem gelingt der Nachweis durch eine Zuordnung einzelner Patienten zu unterschiedlichen Profilen beider Phonationsgruppen. Dadurch wird zusätzlich auf das festgestellte Phonationskontinuum zwischen den beiden Phonationsgruppen bzw. auf bestehende Zuordnungsüberlappungen zwi-

schen ihren Stimmprofilgruppen aufmerksam gemacht (vgl. Kap. II, Sektion 2.5.). Die Zuordnungsergebnisse zeigen, dass sich bei zwei Patienten (Patienten 4, 5) und drei Patientinnen (Patientinnen 2, 8, 9) die Zuordnung zu einem normalstimmlichen Profil ändert. Diejenige zu einem pathologischen Profil ändert sich ebenfalls bei zwei Patienten (Patienten 4, 7) und zwei Patientinnen (Patientinnen 2, 9). Bei drei dieser sechs Patienten (Patient 4; Patientinnen 2, 9) ändert sich die Zuordnung sowohl zu dem normalstimmlichen als auch zu dem pathologischen Profil (Begründung dafür: vgl. Sektion 3.4. oben). Aus den Zuordnungsergebnissen ist zu schließen, dass die Stimulation offensichtlich in unterschiedlichem Ausmaß individuelle Stimmqualitätsveränderungen bewirkt.

Innerhalb einer zweiten Fragestellung werden die Parameterabweichungen von den normalstimmlichen bzw. den pathologischen Referenzprofilen bewertet. Unter Stimulation sind bei den Abweichungen von normalstimmlichen Profilen für vier Patienten (Patient 3, 4, 6, 7) und drei Patientinnen (Patientinnen 1, 2, 9) Beeinträchtigungen des Phonationsvorgangs nachweisbar. Sie zeigen sich vor allem in einem mangelnden Adduktionsverhalten der Stimmlippen. Dieser Mangel ist anhand der akustischen Parameterwerteabweichungen nachzuweisen. Durch einen Anstieg des Parameterwertes für den Öffnungsquotienten (OQG) bzw. für den Grad der Glottisöffnung (GOG) wird ein unvollständiger glottaler Verschluss belegt. Zudem weist der Parameterwert für die Steilheit der Glottiswelle (SKG) auf einen mangelnden Obertonaufbau hin. Zwei weitere Patienten (Patient 5; Patientin 8) lassen hingegen einen besseren Phonationsablauf im normalstimmlichen Vergleich erkennen. Hier deuten elektroglogtographische Parameterwerte (SCA, CLA) auf eine steilere Schließungsbewegung der Stimmlippen hin. Die Abweichungen von pathologischen Referenzprofilen gehen für die Patienten ebenfalls mit besseren (z. B. Patientin 8), aber auch mit schlechteren Werten (z. B. Patientinnen 1, 2) einher. Auf der Grundlage dieses Ergebnisses kann der Patientengruppe mit M. Parkinson eine individuelle phonatorische Variabilität zugesprochen werden. Auf sie wird bei der Erfassung von Stimmqualität zu Normalstimmen und pathologischen Stimmen in dieser Arbeit hingewiesen (vgl. Kap. II, Sektion 2.3.). Die Abweichungen geben weitere Evidenz für die unterschiedlichen Auswirkungen der Stimulation bei diesem Krankheitsbild.

Eine dritte Fragestellung beinhaltet eventuelle Annäherungen an die Werte eines Referenzprofils der beiden Phonationsgruppen (Gruppe der Normalstimmen; Gruppe der pathologischen Stimmen) unter Stimulationseinfluss bzw. unter beiden Bedingungen. Unter beiden Bedingungen trifft dann zu, wenn die Stimulation die Phonation nicht beeinflusst hat und somit der durch eine geringere Medikation gekennzeichnete Status bewertet wird. Der Grad der Annäherung ist maßgebend für die Einordnung in-

nerhalb des normalstimmlichen oder pathologischen Phonationskontinuums. Diese Annäherung wird durch eine Verringerung der Anzahl signifikanter Parameterunterschiede zum jeweiligen Profil verdeutlicht. Für die Parkinson-Patienten ist bei zwei Patientinnen (Patientinnen 2, 9) und einem Patienten (Patient 4) eine Annäherung an ein pathologisches Referenzprofil unter Stimulation zu erkennen. Durch sie ist eine Einordnung dieser Personen innerhalb des Kontinuums der pathologischen Phonationsgruppe sinnvoll. Bei zwei weiteren Patienten (Patientin 1, Patient 6) wird deutlich, dass bereits ohne Stimulation (bei geringerer Medikation) eine Phonationsbeeinträchtigung besteht, die durch die Stimulation nicht beeinflusst wird. Die Daten dieser Patienten sind somit ebenfalls innerhalb der Pathologie anzusiedeln. Bei vier Patienten (Patient 3, 5, 7, Patientin 8) ist hingegen eine Einordnung der individuellen Phonationsdaten innerhalb des Kontinuums der Normalstimme sinnvoll.

Schließlich wird in einer vierten Fragestellung überprüft, ob die referentielle Betrachtung die Ergebnisse der individuellen Betrachtung bestätigt oder ob sie von ihnen abweicht. Es zeigt sich, dass bei zwei Patientinnen (Patientinnen 1, 2) und drei Patienten (Patient 3, 5, 7) die individuell festgehaltenen Stimulationsauswirkungen durch die referentielle Betrachtung bestätigt werden. Bei zwei weiteren Patientinnen (Patientinnen 8, 9) bringt die referentielle Betrachtung wie in einer zurückliegenden Untersuchung (Pützer et al., 2003b) eine Revision der festgehaltenen individuellen Tendenzen. Bei ihnen zeigt sich zum einen eine Verbesserung bei Stimulationseinwirkung (Patientin 8), zum anderen wird durch den Vergleich mit den Referenzwerten eine Verschlechterung deutlich (Patientin 9). Schließlich kann durch die referentielle Bewertung bei zwei weiteren Patienten (Patienten 4, 6) eine klarere Einschätzung der Auswirkungen erreicht werden: So wird bei dem Patienten 4 offenkundig, dass seine unter Stimulation gewonnenen Daten innerhalb des pathologischen Phonationskontinuums anzusiedeln sind. Bei dem Patienten 6 ist zu ersehen, dass bereits unter geringerer Medikation eine Phonationsbeeinträchtigung vorhanden ist. Durch dieses Ergebnis wird die Notwendigkeit einer referentiellen Bearbeitung der Analysedaten für diese Patientenklientel unterstrichen.

Für die Patientengruppe mit MS gelingt pathologiespezifisch nur bei den männlichen Patienten eine signifikante Differenzierung der beiden Bedingungen durch den akustischen Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG) bzw. durch denjenigen zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG). Unter Stimulation weist die Parameterwerteveränderung auf eine Beeinträchtigung des Phonationsvorgangs hin. Bei den Frauen bewirkt der Stimulationseinfluss keine instrumentell nachweisbaren Phonationsunterschiede.

Durch den Vergleich der pathologiespezifischen Daten mit normalstimmlichen Daten können die für die beiden männlichen Patienten in der Gruppe festgehaltene Beeinträchtigungen unter Stimulation anders eingeordnet werden: Nun belegen die Parameterwerteveränderungen einen angespannten Phonationsablauf. Bei den Frauen in der Gruppe zeichnet sich eine insgesamt positive Entwicklung ab. Der pathologiebezogene Vergleich der Analysedaten mit Daten der Normalstimme hat sich somit im Sinne einer besseren Einschätzung der Stimulationsauswirkungen auch bei diesem Krankheitsbild als sinnvoll herausgestellt.

Die intrasubjektive Betrachtung des Phonationsverhaltens lässt zwar keine für alle Mitglieder der Patientengruppe allgemein geltende Aussage zu. Dass sich die Phonation unter Stimulation verbessert bzw. dass ein angespannter Ablauf der glottalen Schwingungen instrumentell nachweisbar ist (Patientin 4, Patienten 5, 6), geht aber aus dieser Betrachtung hervor.

Schließlich wird auch bei dieser Patientengruppe durch die referentielle Bearbeitung der individuellen Stimmqualitätsveränderung die Möglichkeit einer differenzierten Bewertung der Stimulationsauswirkungen für den einzelnen Patienten gegeben. Auch bei den Patienten mit MS wird durch die Stimulation eine Stimmqualitätsveränderung erreicht. Bei drei Patientinnen (Patientinnen 3, 4, 7) ändert sich die Zuordnung zu einem normalstimmlichen Referenzprofil unter den beiden Bedingungen. Nur ein Patient (Patient 6) weist eine Veränderung bei der Zuordnung zu den pathologischen Profilen auf. Eine Zuordnung einzelner Patienten zu unterschiedlichen Profilen beider Phonationsgruppen ist wie bei den Patienten mit M. Parkinson nicht vorhanden. Die restlichen drei Patienten (Patientinnen 1, 2; Patient 5) verändern ihre Stimmqualität nicht unter Stimulation. Offensichtlich bewirkt die Stimulation bei dieser Patientenklientel eher eine Veränderung innerhalb des normalstimmlichen Kontinuums. Diese Veränderung beinhaltet bei einer Patientin (Patientin 1) eine Verbesserung der Phonationssituation unter Stimulation; bei einer anderen Patientin (Patientin 3) eine Verschlechterung. Bei drei weiteren Patienten (Patientin 4; Patienten 5, 6) ist eine angespannte, hyperfunktionelle Phonationssituation zu erkennen. Sie wird durch akustische und elektroglottographische Parameterwerte instrumentell belegt. Nur bei zwei Patientinnen (Patientinnen 2, 7) sind unter beiden Bedingungen im normalstimmlichen Vergleich keine eindeutigen Entwicklungen festzumachen. Die Abweichungen von den pathologischen Referenzprofilen weisen bei fünf der sieben Patienten auf eine Verbesserung der Phonationssituation hin. Durch dieses Ergebnis wird auch bei diesem Krankheitsbild auf eine individuelle phonatorische Variabilität hingewiesen.

Bezüglich der Einordnung innerhalb des normalstimmlichen bzw. des pathologischen Kontinuums steht für die Patienten die Annäherung an ein normalstimmliches

Referenzprofil unter Stimulation im Vordergrund (Patientinnen 1, 2, 4, Patient 5). Diese Annäherung wird bei zwei Patienten (Patientin 4, Patient 5) besonders deutlich. Die Daten der Patientin 4 unterscheiden sich sogar nicht signifikant von den Daten des entsprechenden Profils. Bei zwei weiteren Patientinnen erfolgt eine Einordnung innerhalb des normalstimmlichen Kontinuums unter beiden Bedingungen (Patientinnen 3, 7). Der präoperative normalstimmliche Status ist bei ihnen durch die Stimulation nicht verändert worden. Bei einem Patienten (Patient 6) ist eine Einordnung der unter Stimulation gewonnenen Daten innerhalb der pathologischen Phonationsgruppe angebracht.

Die bei der individuellen Betrachtung für die einzelnen Patienten festgehaltenen Tendenzen sind im referentiellen Vergleich bei fünf der sieben Patienten wiederzufinden. Bei einer Patientin (Patientin 3) ist das bei der intrasubjektiven Beurteilung vorhandene Ergebnis einer positiven Beeinflussung unter Stimulation referentiell nicht zu bestätigen. Bei einer zweiten Patientin (Patientin 7) ist erst durch diesen Arbeitsschritt ein Ergebnis bezüglich der Stimulationsauswirkungen vorhanden.

Auf dem Hintergrund dieser Zusammenfassung zu den Ergebnissen der Studie ist zunächst zu betonen, dass die Stimulation subkortikaler Hirnstrukturen Auswirkungen auf das glottale Schwingungsverhalten bei den untersuchten Patientengruppen hat. Durch den vor allem zur Tremorreduktion vollzogenen operativen Eingriff können die für die motorische Steuerung und Ausführung des Phonationsablaufs verantwortlichen Strukturen zum einen weiter beeinträchtigt bzw. irritiert werden. Zum andern besteht aber auch die Option einer positiven Beeinflussung durch Stimulationseinfluss. Die sich als Phonationsbeeinträchtigung bzw. Irritation zeigenden Auswirkungen können supranukleäre Strukturen (erstes motorisches Neuron), den im Hirnstamm gelegenen Kern des N. Vagus (X), aber auch seine peripheren Nervenanteile selbst sowie die neuromuskulären Übergangsbereiche betreffen. Darüber hinaus können Irritationen der Basalganglien, die als akzessorische motorische Zentren fungieren, vorhanden sein. Eben solche Irritationen können für das Kleinhirn mit seinen afferenten und efferenten Verbindungsbahnen angenommen werden (vgl. dazu auch Kap. V, Sektion 6.).

Die Beeinträchtigungen bzw. Irritationen sind, was bei den Teilnehmern an dieser Studie der Fall war, oft nicht auditiv vordergründig festzustellen. Erst die instrumentelle Bearbeitung des Quellensignals bzw. des auf ihm aufbauenden akustischen Signals gibt Evidenz für diese Beeinträchtigung. Sie zeigt sich bei den beiden behandelten Krankheitsbildern in unterschiedlichem Ausmaße. Diese Unterschiedlichkeit ist sowohl beim Vergleich der beiden Pathologien als auch beim Vergleich der einzelnen Patienten in den Pathologien festzustellen. Folglich ist die Veränderung der Phonation weder pathologieübergreifend noch pathologiespezifisch zu charakterisieren. Die in der jüngsten Literatur dazu vorhandenen Darlegungen einer pathologiespezifischen

Charakterisierung bei Patienten mit M. Parkinson sind somit zu diskutieren (vgl. z. B. Gentil et al., 2001 & 2003).

Auf dem Hintergrund dieser Schlussfolgerungen scheint zunächst eine intrasubjektive Betrachtung und Bewertung der Stimulationsauswirkungen unumgänglich. Darüber hinaus müssen die individuellen Daten wie in diesem Kapitel geschehen in Bezug zu statistisch gewonnenen Referenzdaten gebracht werden. Auf diese Weise wird die Interpretation der individuellen Stimulationsauswirkungen auf einer soliden Basis vollzogen. Dieses Vorgehen erlaubt auch in Anbetracht einer für Normalstimmen und pathologische Stimmen geltenden phonatorischen Variabilität eine Einordnung des jeweiligen individuellen stimmlichen Status innerhalb des Kontinuums der gesunden bzw. der pathologischen Phonation.

4. Longitudinalpatienten¹

4.1. Individuelle Entwicklung der Stimmqualität unter longitudinaler Betrachtung

Bei der longitudinalen Betrachtung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung wird bei drei Patienten auf zehn Aufnahmesitzungen zurückgegriffen. Diese sind über einen Zeitraum von acht Monaten verteilt. Bei einer Patientin werden drei Aufnahmesitzungen herangezogen. Zwischen den Aufnahmesitzungen haben logopädische Therapien stattgefunden.

Nach Sichtung der Analyseergebnisse hat es sich bei den drei Patienten mit zehn vorhandenen Aufnahmesitzungen als sinnvoll herausgestellt, nur die erste, fünfte und zehnte Aufnahmesitzung zu berücksichtigen. Dies kann deshalb gemacht werden, da zwischen den anderen Sitzungen keine gravierenden Veränderungen der Parameterwerte zu beobachten sind. Bei der Patientin mit drei vorhandenen Aufnahmesitzungen werden diese drei Sitzungen berücksichtigt.

(a) Patient 1

Anhand der elektrolottographischen Parameter ist bei diesem Patienten über den betrachteten Aufnahmezeitraum (8 Monate) keine Veränderung des Phonationsverhaltens festzumachen. Zwei akustische Parameter (OQG, SKG) belegen hingegen eine Ver-

¹ Für die Darlegung der individuellen Entwicklung der Stimmqualität unter longitudinaler Betrachtung (4.1.) werden *alle* Parameter des elektrolottographischen Analyseprogramms (7) sowie des akustischen Analyseprogramms (5) berücksichtigt. Die referentielle Darlegung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung unter longitudinaler Betrachtung erfolgt hingegen *nur* mit den Parametern des jeweiligen Referenzprofils (vgl. Kap. II, Sektion 2.3. und 2.8.).

besserung der Phonationssituation im Vergleich der ersten Aufnahmesitzung mit der fünften bzw. letzten Sitzung (vgl. Anhang B, Tabelle IV.67). Aus der Abbildung IV.82 ist diese Entwicklung für den Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) zu entnehmen.

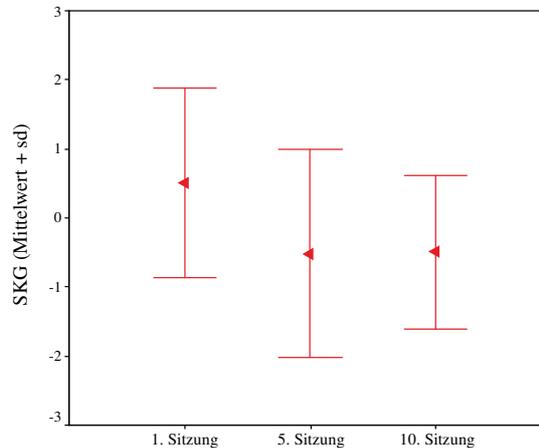


Abbildung IV.82: Steilheit der Glottiswelle (SKG) (Mittelwert + Standardabweichung) für die 1., 5. und 10. Aufnahmesitzung (1. S. gegenüber 5. & 10. S.; $p < 0,05$).

Die Parameterwerteveränderung der Sitzungen fünf und zehn zeigen, dass die spektrale Anregung besser geworden ist (SKG geringer).

(b) Patient 2

Bei diesem Patienten belegt nur der EGG-Parameter zur Startphase der Schließungsbewegung (SCV) einen signifikanten Unterschied für die fünfte Sitzung im Vergleich mit den Sitzungen 1 und 10 (vgl. Anhang B, Tabelle IV.68).

(c) Patientin 1

Bei dieser Patientin sind weder anhand der elektrolottographischen noch der akustischen Parametrisierung instrumentell signifikante Unterschiede im Vergleich der Sitzungen festzumachen.

(d) Patientin 2

Von dieser Patientin sind nur drei Aufnahmesitzungen vorhanden. Die Progredienz ihrer Erkrankung machte weitere Aufnahmen nicht möglich. Die akustische Parametrisierung lässt keine signifikanten Unterschiede erkennen. Anhand der elektrolottographischen Bearbeitung lässt sich diese Progredienz aber gut nachweisen (vgl. Anhang B, Tabelle IV.69). Die Parameter CV, ECV und OPA belegen signifikante Unter-

schiede zwischen den ersten beiden Sitzungen und der letzten Sitzung. Anhand des Parameters zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) wird diese Entwicklung am Beispiel in der Abbildung IV.83 gezeigt.

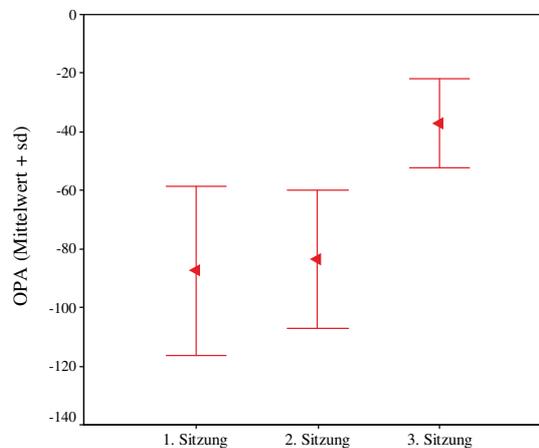


Abbildung IV.83: Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) (Mittelwert + Standardabweichung) für die 1., 2. und 3. Aufnahmesitzung (1. S. & 2. S. gegenüber 3. S.; $p < 0,001$).

Die Vergrößerung des Parameterwertes über die Sitzungen steht für eine flachere Öffnungsbewegung. Die Verschlechterung des Phonationsvorgangs ist bei dieser Patientin instrumentell am besten zu belegen.

Die Ergebnisse zu den longitudinal betrachteten Patienten verweisen auf die Notwendigkeit einer referentiellen Bearbeitung der individuellen Entwicklung der Stimmqualität.

4.2. Referentielle Darlegung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung unter longitudinaler Betrachtung

Die referentielle Darlegung erfolgt durch einen Vergleich patientenbezogener Daten aus drei Aufnahmesitzungen mit den Daten der normalstimmlichen und pathologischen Referenzprofile. Sie ist ebenfalls an den bei den Stimulationspatienten dargelegten Fragestellungen bzw. an den mit ihnen verbundenen Aspekten orientiert (vgl. Sektion 3.4. oben). Die Fragestellungen sind bei dieser Patientenklientel auf den betrachteten Zeitraum zu beziehen bzw. sind im Zusammenhang mit der Bewertung logopädischer Therapien zu sehen.

Somit interessiert auch hier, ob (a) eine Stimmqualitätsveränderung bei den vier Patienten auf Grund einer Zuordnung zu unterschiedlichen Referenzprofilen nachzuweisen ist, ob (b) bei der Zuordnung der individuellen Daten zu einem Referenzprofil zusätzlich eine Verbesserung oder Verschlechterung der Phonation zu erkennen ist, ob

(c) die Patientendaten eher innerhalb des normalstimmlichen oder eher innerhalb des pathologischen Phonationskontinuums anzusiedeln sind, und ob (d) die Ergebnisse zur Entwicklung der Stimmqualität bei den einzelnen Patienten über den betrachteten Zeitraum durch ihre referentielle Bearbeitung bestätigt oder revidiert werden.

(a) Patient 1

Bei dem Patienten 1 kann innerhalb des betrachteten Zeitraums von 8 Monaten eine Veränderung der Stimmqualität aufgrund einer Zuordnung zu unterschiedlichen normalstimmlichen Referenzprofilen nachgewiesen werden (vgl. Anhang B, Tabellen IV.70, IV.71 & IV.72). Die 5. Aufnahmesitzung wird dem Referenzprofil Nr. 8 zugeordnet. Die Sitzungen 1 und 10 werden hingegen demselben Profil (Profil Nr. 2) zuerkannt. In den Abbildungen IV.84 (1. Sitzung), IV.85 (5. Sitzung) und IV.86 (10. Sitzung) wird dies verdeutlicht.

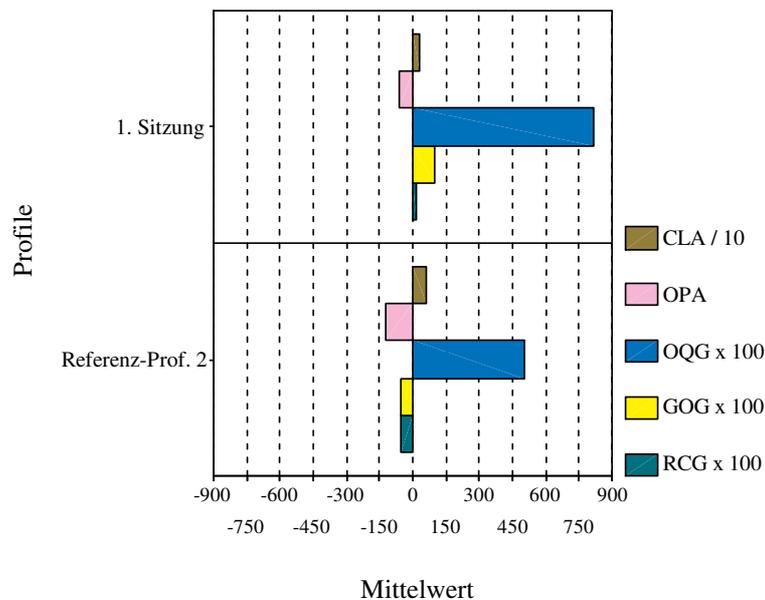


Abbildung IV.84: Elektrolottographische und akustische Parametermittelwerte der 1. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,001$).

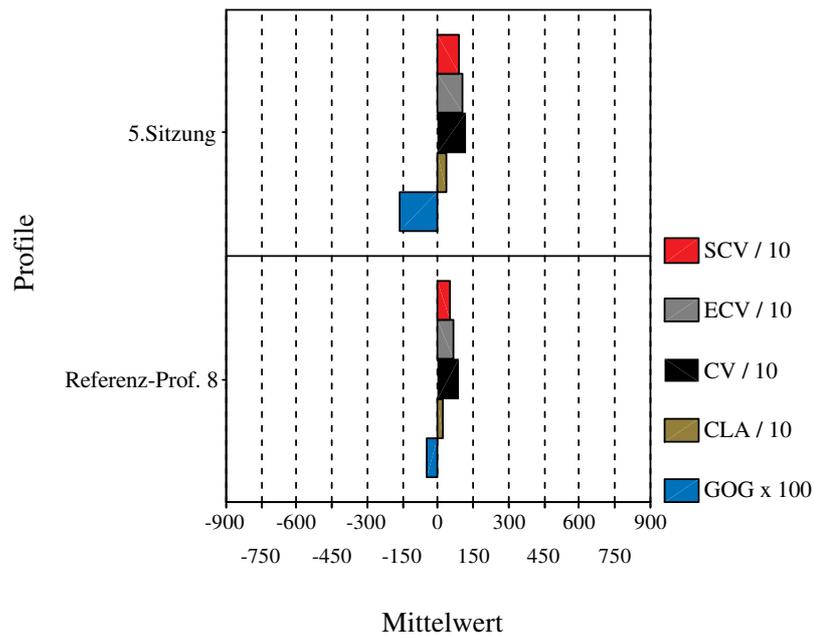


Abbildung IV.85: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 5. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,01$).

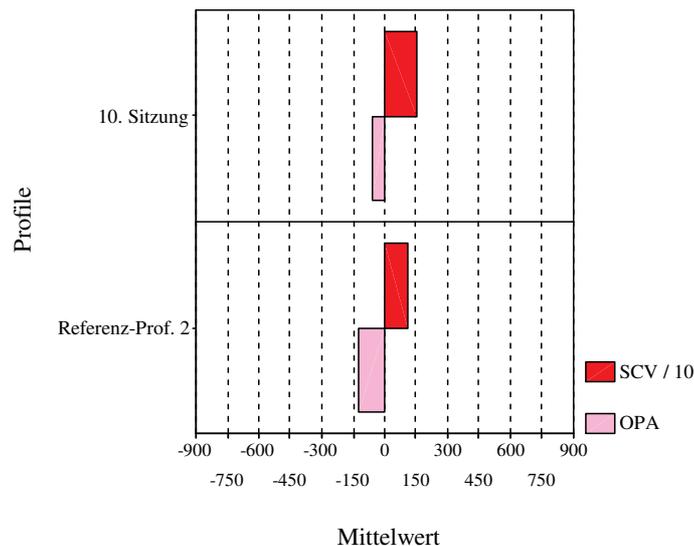


Abbildung IV.86: Elektroglottographische Parametermittelwerte der 10. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,05$).

Darüber hinaus weist der Phonationsablauf bei diesem Patienten zu Beginn (1. Sitzung) und zum Ende (10. Sitzung) des betrachteten Zeitraums Unterschiede auf. Die Daten der 10. Sitzung unterscheiden sich in nur zwei Parametern signifikant von denjenigen des Referenzprofils. Diejenigen der 1. Sitzung hingegen in fünf Parametern. Zudem weisen die Parameterwerteveränderungen der 1. Sitzung auf eine schlechtere Phonationssituation zu diesem Zeitpunkt hin. Dies wird v. a. durch die akustischen

Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG größer), zum Grad der Glottisöffnung (GOG größer) und zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG größer), aber auch durch den EGG-Parameter zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA geringer) belegt. Die Werte dieser Parameter lassen eine mangelnde Adduktion der Stimmlippen zu Beginn der Therapie erkennen. Gegen Ende der Therapie gibt es diese Hinweise nicht mehr. Nun nähern sich die Parameterwerte größtenteils an diejenigen des Referenzprofils an (siehe Abbildung IV.86). Die Parameterwerteveränderungen in der 5. Sitzung signalisieren im Vergleich mit den Referenzdaten ebenfalls eine Verbesserung des Phonationsablaufs. Dies ist am Beispiel des Parameters zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA größer) und desjenigen zum Grad der Glottisöffnung zu belegen (GQG geringer). Folglich kann insgesamt gesehen von einer Verbesserung der Phonation am Ende des betrachteten Zeitraums nach Beendigung der therapeutischen Maßnahmen ausgegangen werden. Diese Verbesserung wird auch anhand der Ergebnisse zur individuellen Stimmqualitätsentwicklung verdeutlicht, so dass für diesen Patienten die referentielle Bewertung von der individuellen Bewertung nicht abweicht (vgl. Sektion 4.1. oben).

Der Vergleich der Daten der drei Sitzungen mit den Daten der pathologischen Referenzprofile lässt dasselbe Zuordnungsmuster erkennen (vgl. Anhang B, Tabellen IV.73, IV.74 & IV.75). Dies wird in den Abbildungen IV.87 (1. Sitzung), IV.88 (5. Sitzung) und IV.89 (10. Sitzung) verdeutlicht.

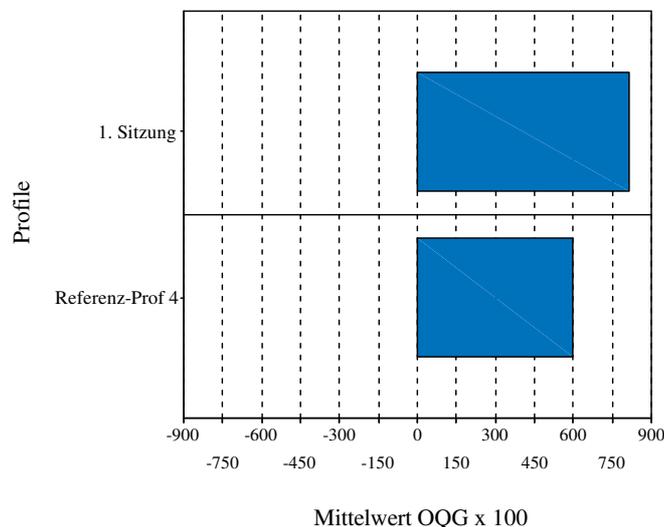


Abbildung IV.87: Akustischer Parametermittelwert der 1. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 4 ($p < 0,01$).

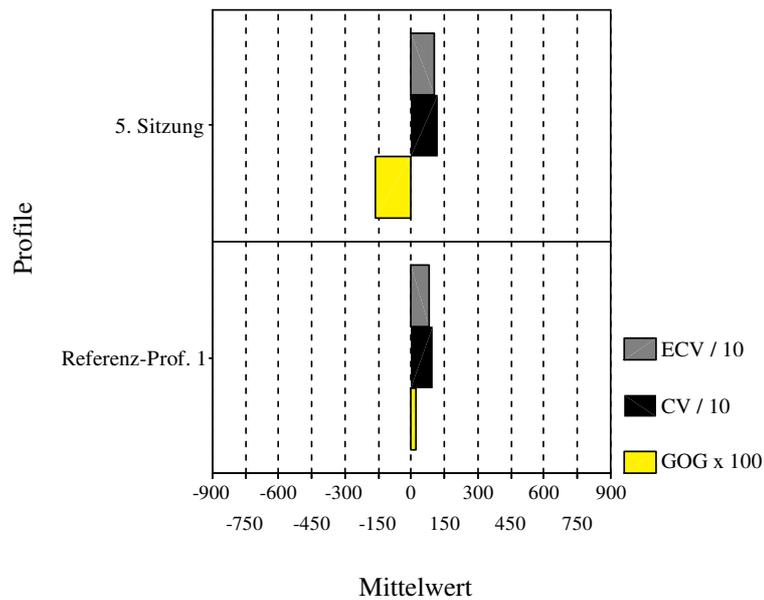


Abbildung IV.88: Elektroglossographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 5. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,05$).

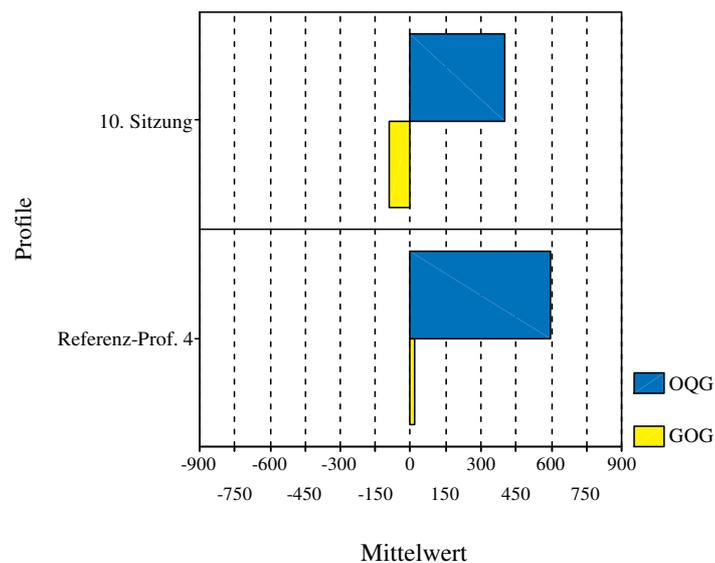


Abbildung IV.89: Akustische Parametermittelwerte der 10. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 4 ($p < 0,05$).

Zunächst wird die bei der Zuordnung zu den Normalstimmen erkennbare Stimmqualitätsveränderung in der Mitte des betrachteten Zeitraums auch anhand der Zuordnung zu den pathologischen Stimmen bestätigt. Die Daten der 1. und 10. Sitzung werden dem Profil 4, diejenigen der 5. Sitzung dem Profil 1 zugeordnet.

Zudem ist wie bei der Zuordnung zu den Normalstimmen in der 10. Sitzung eine Verbesserung der Phonationssituation zu erkennen. Sie zeigt sich in besseren Para-

meterwerten für den Öffnungsquotienten (OQG geringer) und den Grad der Glottisöffnung (GOG geringer).

Für diesen Patienten ist auf Grund der überwiegend positiven Abgrenzung von den Daten der pathologischen Referenzprofile eine Gruppierung innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen Phonation sinnvoll. Die Parameterwertverbesserungen belegen insgesamt den Erfolg der logopädisch therapeutischen Maßnahmen.

(b) Patient 2

Auch bei diesem Patienten ändert sich die Stimmqualität innerhalb des betrachteten Zeitraums. Sie zeigt sich durch unterschiedliche Zuordnungen der Aufnahmesitzungen zu den normalstimmlichen Referenzprofilen (vgl. Anhang B, Tabellen IV.76, IV.77 & IV.78). Während die Sitzungen 1 und 10 demselben Profil zuerkannt werden (Profil Nr. 2), werden die Daten der 5. Sitzung wiederum einem anderen Profil (Profil Nr. 8) zugerechnet. Aus den Abbildungen IV.90 (1. Sitzung), IV.91 (5. Sitzung) und IV.92 (10. Sitzung) ist der Zuordnungswechsel zu ersehen.

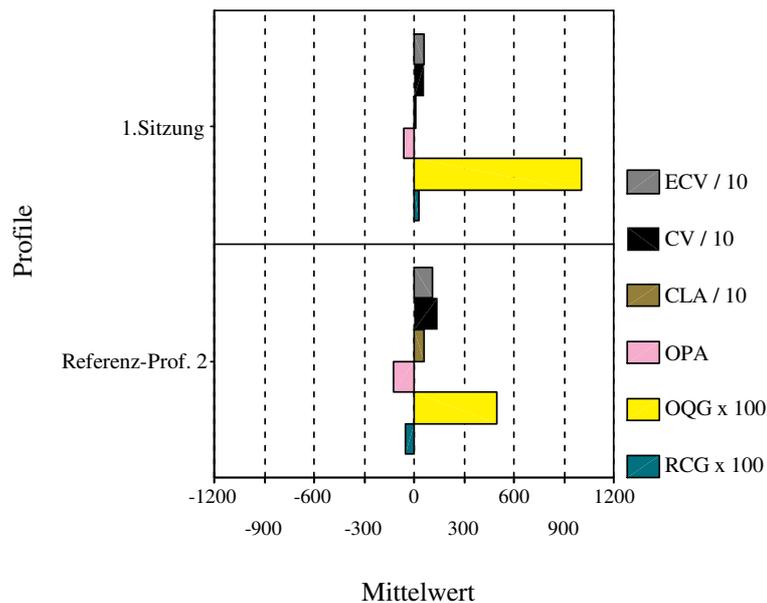


Abbildung IV.90: Elektroglottographische und akustische Parametermittelwerte der 1. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,001$).

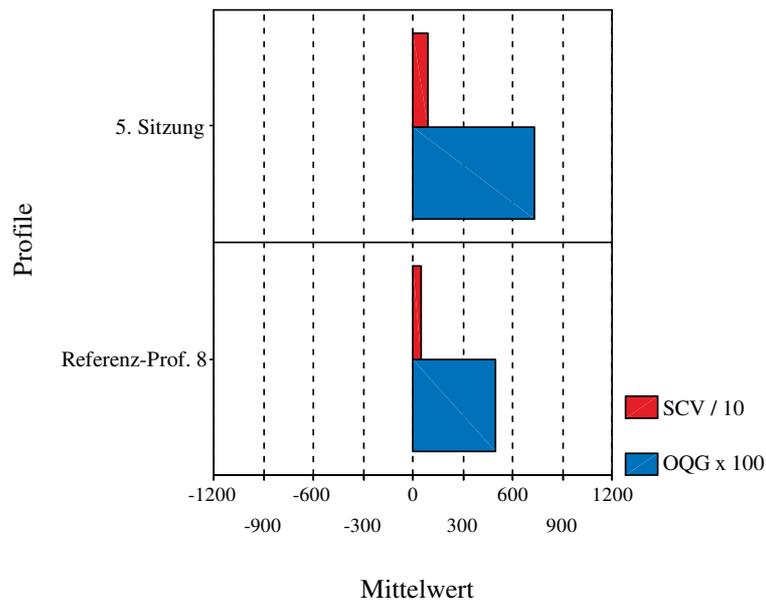


Abbildung IV.91: Elektroglottographischer und akustischer Parametermittelwert der 5. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 8 ($p < 0,01$).

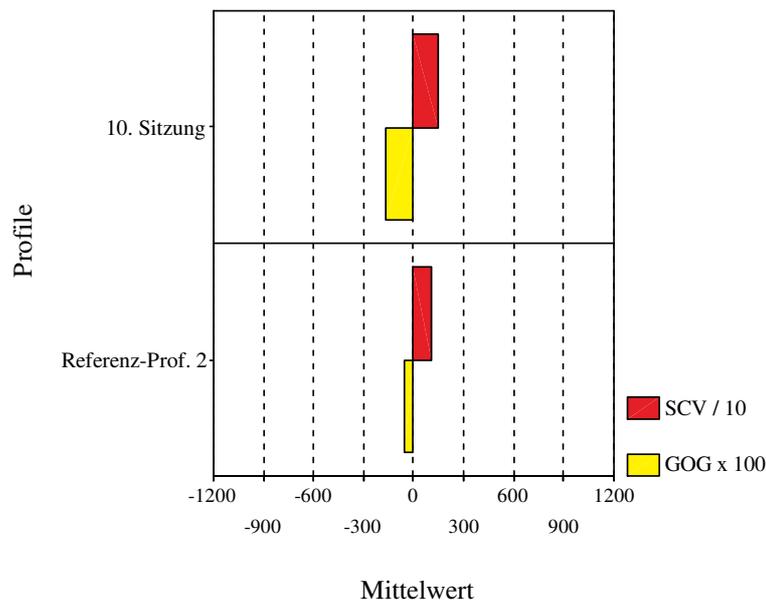


Abbildung IV.92: Elektroglottographischer und akustischer Parametermittelwert der 10. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,05$).

Anhand der Parameterwerte zu Beginn (Abbildung IV.90) und am Ende der Therapie (Abbildung IV.92) wird deutlich, dass sich die Phonationsbedingungen für diesen Patienten eindeutig verbessert haben. Bei der 10. Sitzung unterscheiden sich deutlich weniger Parameter signifikant von denjenigen des Referenzprofils. Darüber hinaus deutet der akustische Parameter zum Grad der Glottisöffnung (GOG) auf Grund

einer Verringerung seines Wertes auf einen vollständigeren Glottisschluss hin. Ebenfalls weist der EGG-Parameter zur Startphase der Schließungsbewegung (SCV) durch einen größeren Wert auf die Verbesserung der Phonation hin. Die Abweichungen in der 5. Sitzung sind nicht gravierend, so dass die vorhandene Stimmqualitätsveränderung im Rahmen des normalstimmlichen Kontinuums als Ausdruck individueller Variation gewertet werden kann.

Der Zuordnungsvergleich zu den pathologischen Referenzprofilen lässt keine Stimmqualitätsveränderung erkennen (vgl. Anhang B, Tabellen IV.79, IV.80 & IV.81). Die Daten der drei Sitzungen werden jeweils dem Referenzprofil Nr. 1 zugeordnet. Aus den Abbildungen IV.93 (1. Sitzung), IV.94 (5. Sitzung) und IV.95 (10. Sitzung) ist dies zu ersehen.

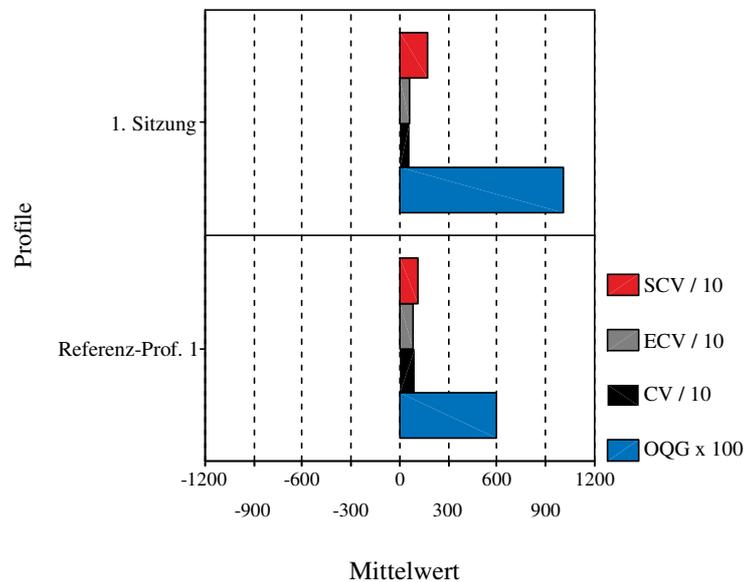


Abbildung IV.93: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 1. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,01$).

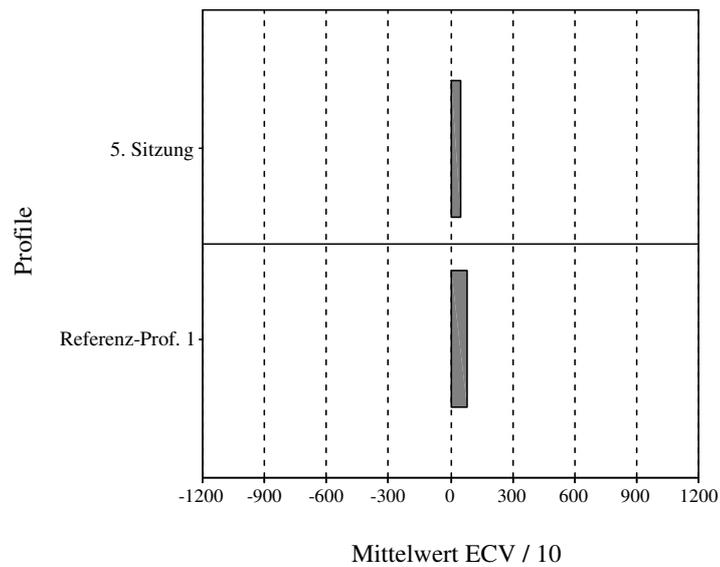


Abbildung IV.94: Elektrolottographischer Parametermittelwert der 5. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,01$).

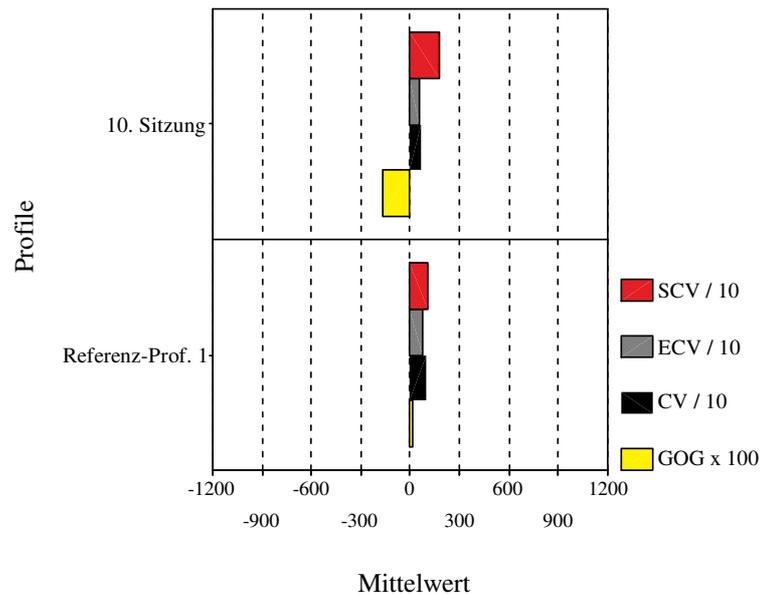


Abbildung IV.95: Elektrolottographischer und akustischer Parametermittelwert der 10. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,01$).

Zu Beginn der Therapie unterscheiden sich noch vier Parameter signifikant von den Werten des Referenzprofils, wobei alle Werte schlechter sind als diejenigen des Profils (SCV, ECV, CV geringer; OQG größer). In der 5. Sitzung unterscheidet sich lediglich ein Parameterwert (ECV) von dem Profil Nr. 1. Er steht ebenfalls für eine Phonationsverschlechterung. Gegen Ende der Therapie deuten zwei Parameterwerte (ECV, CV) im Vergleich mit den Referenzwerten auf eine Verschlechterung hin. Ein

Wert steht aber für eine Verbesserung des Schwingungsverhaltens in der Startphase der Schließungsbewegung (SCV größer) und ein weiterer Wert für eine bessere Adduktion (GOG geringer).

Durch diese zu erkennende Phonationsverbesserung ist insgesamt bewertet also auch für diesen Patienten gegen Ende der Therapie von einer Verbesserung seines Phonationsverhaltens auszugehen. Das Ergebnis deckt sich mit dem Ergebnis zur individuellen Stimmqualitätsentwicklung über den betrachteten Zeitraum. Eine Zuordnung innerhalb des normalstimmlichen Phonationskontinuums ist angebracht.

(c) Patientin 1

Bei der Patientin 1 ändert sich die Stimmqualität ebenfalls innerhalb des betrachteten Zeitraums (vgl. Anhang B, Tabellen IV.82, IV.83 & IV.84). Dies wird durch einen Wechsel der Zuordnung zu den Referenzprofilen verdeutlicht. Die Patientendaten der 5. und 10. Sitzung werden dem Referenzprofil Nr. 5 zugeordnet, während die Daten der 1. Sitzung zu Profil Nr. 6 gerechnet werden. In den Abbildungen IV.96 (1. Sitzung), IV.97 (5. Sitzung) und IV.98 (10. Sitzung) wird dies dargelegt.

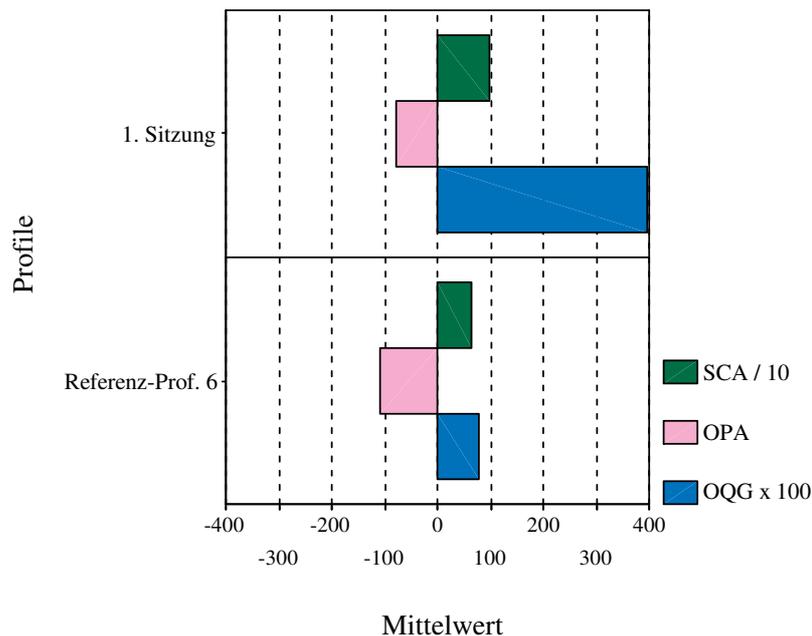


Abbildung IV.96: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 1. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 6 ($p < 0,05$).

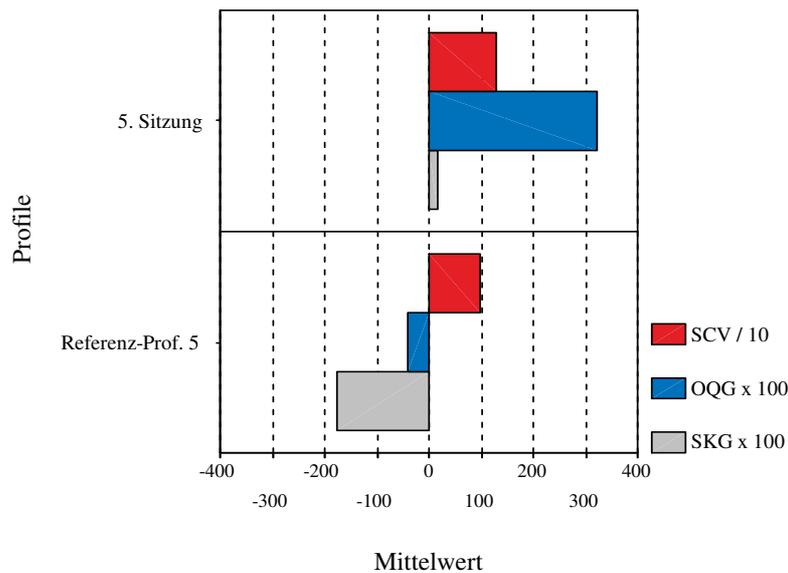


Abbildung IV.97: Elektrolottographischer Parametermittelwert und akustische Parametermittelwerte der 5. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 5 ($p < 0,05$).

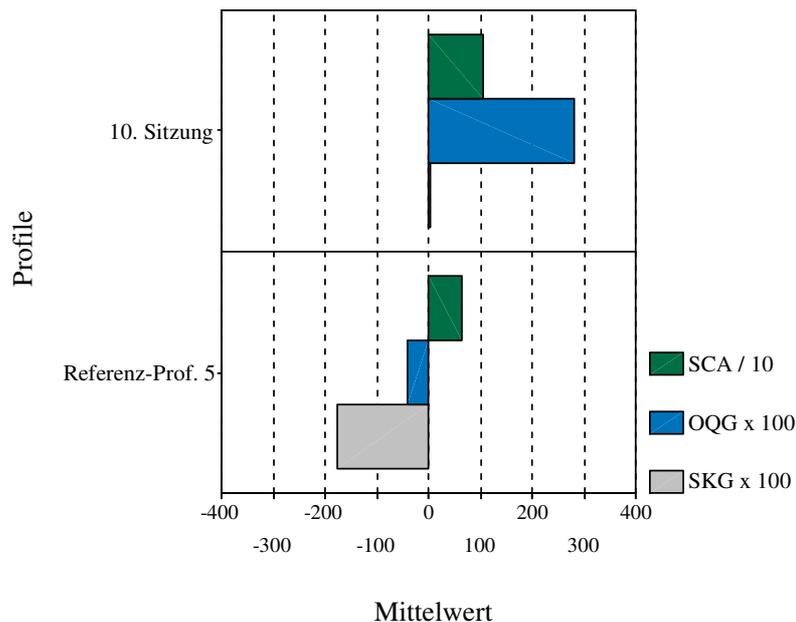


Abbildung IV.98: Elektrolottographischer Parametermittelwert und akustische Parametermittelwerte der 10. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 5 ($p < 0,05$).

Bei den Sitzungen 5 und 10 sind die individuellen signifikanten Parameterabweichungen von den Parametern des Referenzprofils in der Tendenz etwa gleich. Anhand von zwei Parametern kann ab diesem Zeitpunkt abgesehen von einer Verbesserung bei jeweils einem EGG-Parameterwert (SCV 5. Sitzung größer und SCA 10. Sitzung größer) vor allem eine Beeinträchtigung sowohl des Adduktionsverhaltens (OQG

größer) als auch des Obertonaufbaus (SKG größer) nachgewiesen werden. Die Parameterwerteveränderungen der 1. Sitzung belegen ebenfalls eine bereits zu Beginn der Therapie vorhandene Beeinträchtigung.

Die Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen beinhaltet keine Stimmqualitätsveränderung (vgl. Anhang B, Tabellen IV.85, IV.86 & IV.87). Die drei Aufnahmesitzungen werden jeweils dem Referenzprofil Nr. 3 zuerkannt. Dies ist aus den Abbildungen IV.99 (1. Sitzung), IV.100 (5. Sitzung) und IV.101 (10. Sitzung) zu entnehmen.

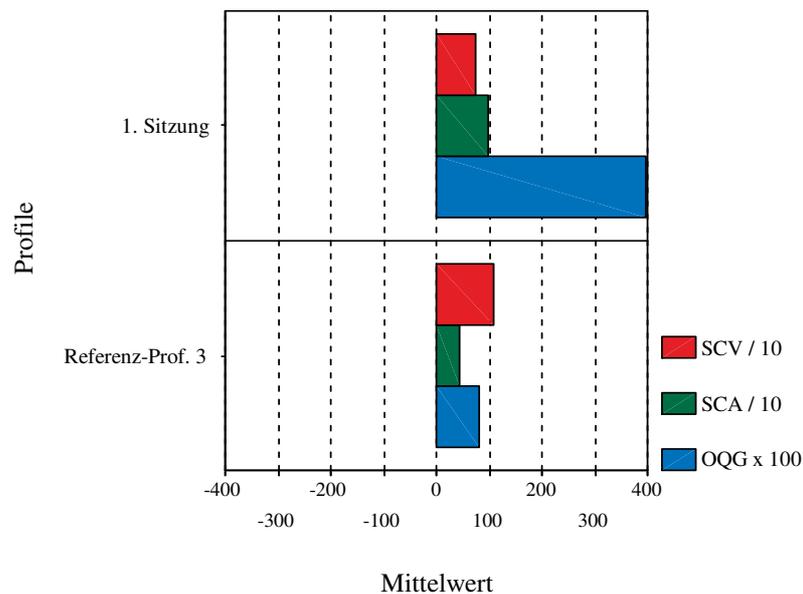


Abbildung IV.99: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 1. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,01$).

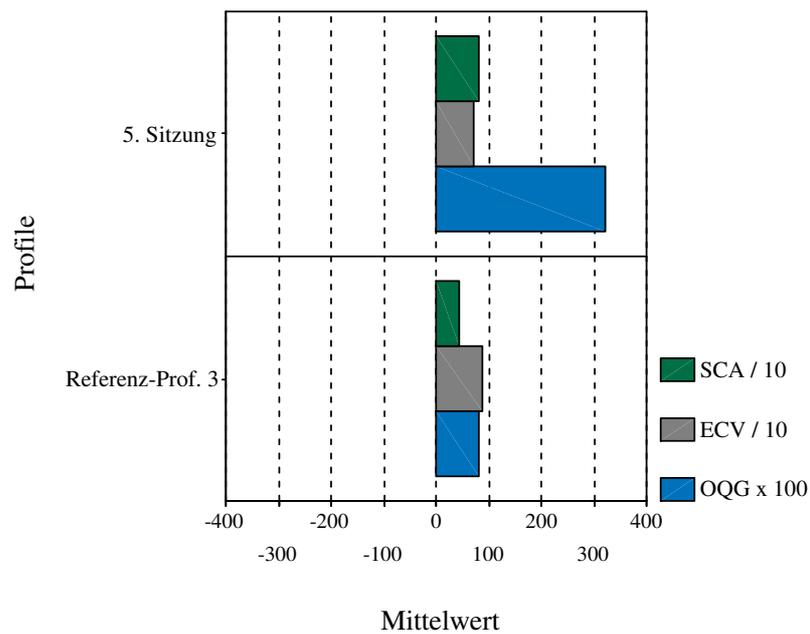


Abbildung IV.100: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 5. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,05$).

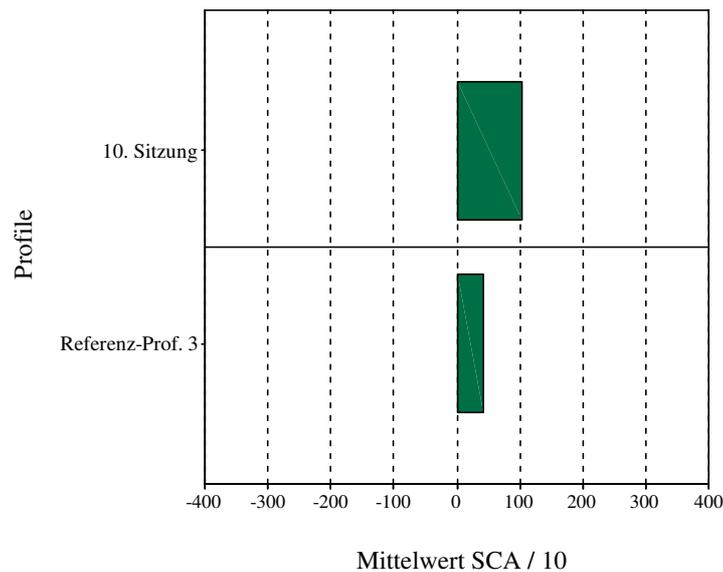


Abbildung IV.101: Elektrolottographischer Parametermittelwert der 10. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 3 ($p < 0,001$).

Bei einem Vergleich der Annäherung der Parameterwerte der drei Sitzungen an das pathologische Referenzprofil Nr. 3 ist zu ersehen, dass sich die Werte der 10. Sitzung bis auf einen Parameter (SCA) nicht mehr signifikant von denjenigen dieses Referenzprofils unterscheiden. Somit sind die individuellen Daten dieser Patientin am Ende der Therapie innerhalb des Kontinuums der pathologischen Phonation anzusie-

deln. Diese differenzierte Bewertung der phonatorischen Leistungen ist anhand der alleinigen Betrachtung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung nicht möglich gewesen. Bei ihr sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Aufnahmesitzungen aufgetreten (siehe Sektion 4.1. oben). Die Notwendigkeit einer referentiellen Bewertung kann für diese Patientin festgehalten werden.

(d) Patientin 2

Bei dieser Patientin dienen die Daten von drei Aufnahmesitzungen zur Bewertung ihrer stimmlichen Entwicklung (vgl. Anhang B, Tabellen IV.88, IV.89 & IV.90). Die Progredienz ihres Krankheitsverlaufs ermöglichte keine weiteren Aufnahmen. Die Daten der Sitzungen 1 und 2 werden dem normalstimmlichen Referenzprofil Nr. 4 zugeordnet. Die Daten zur 3. Sitzung werden hingegen dem Profil Nr. 5 zugeordnet, so dass von einer Stimmqualitätsveränderung ausgegangen werden kann. In den Abbildungen IV.102 (1. Sitzung), IV.103 (2. Sitzung) und IV.104 (3. Sitzung) werden die Zuordnungen mit den jeweiligen Parameterabweichungen verdeutlicht.

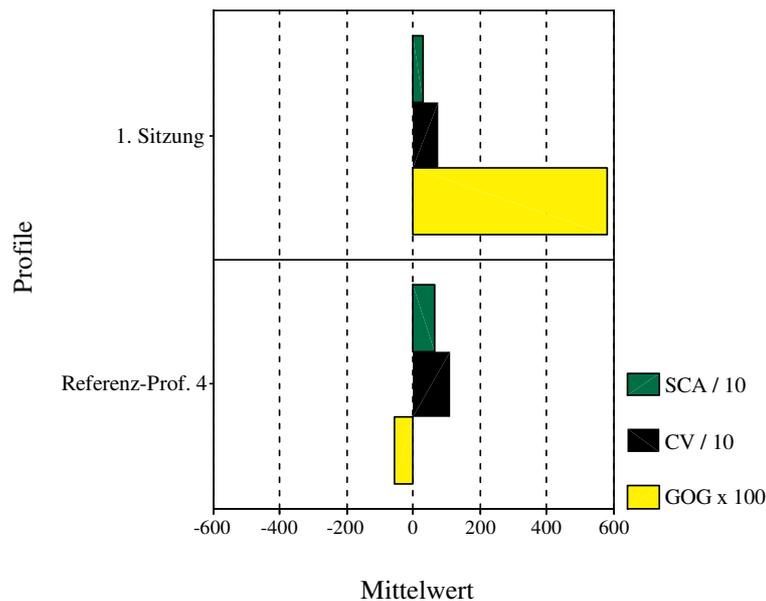


Abbildung IV.102: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 1. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 4 ($p < 0,05$).

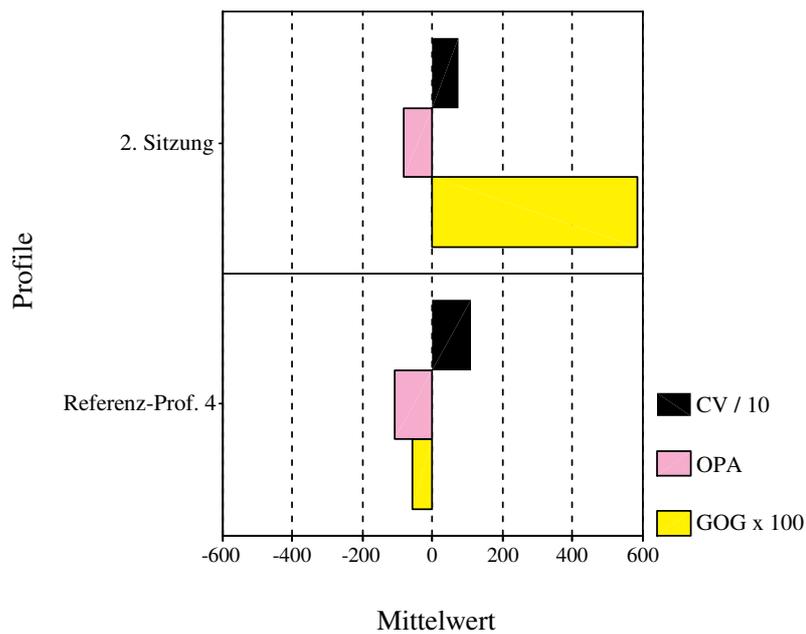


Abbildung IV.103: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 2. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 4 ($p < 0,05$).

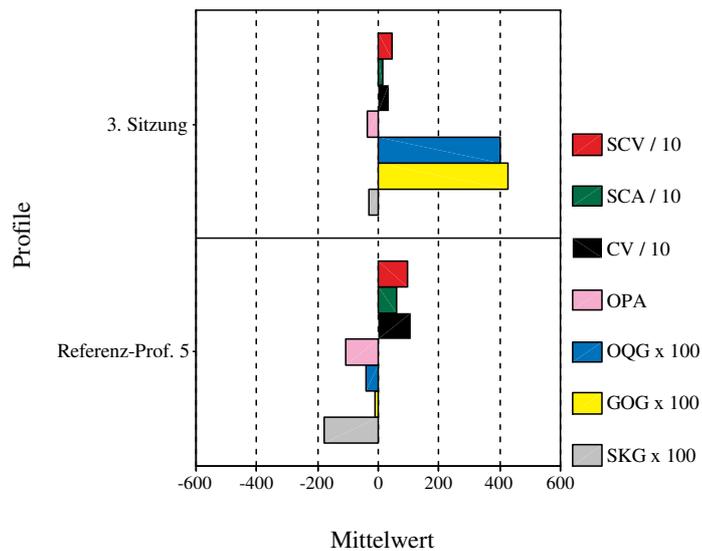


Abbildung IV.104: Elektroglottographische und akustische Parametermittelwerte der 3. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 5 ($p < 0,05$).

Die Parameterabweichungen der Sitzungen 1 und 2 deuten bereits auf eine Beeinträchtigung des Adduktionsverhaltens der Stimmlippen im Vergleich mit den Referenzdaten (Profil Nr. 4) hin. Am Beispiel des Parameters zum Grad der Glottisöffnung (GOG größer) ist ein Adduktionsmangel zu belegen. Die Abweichungen der Daten der dritten Sitzung verdeutlichen schließlich eindeutig eine weitere Verschlechterung des

Phonationsvorgangs anhand der elektroglottographischen bzw. akustischen Parameterwerteveränderungen. Die Veränderungen betreffen die Phasen des Verschlusses (SCV, SCA, CV, geringer; SKG größer) die Phase der Öffnung (OPA größer) sowie die Glottisöffnung selbst (OQG, GOG größer).

Die Zuordnung zu den pathologischen Referenzprofilen lassen dasselbe Muster erkennen (vgl. Anhang B, Tabellen IV.91, IV.92 & IV.93). Dies wird in den Abbildungen IV.105 (1. Sitzung), IV.106 (2. Sitzung) und IV.107 (3. Sitzung) gezeigt.

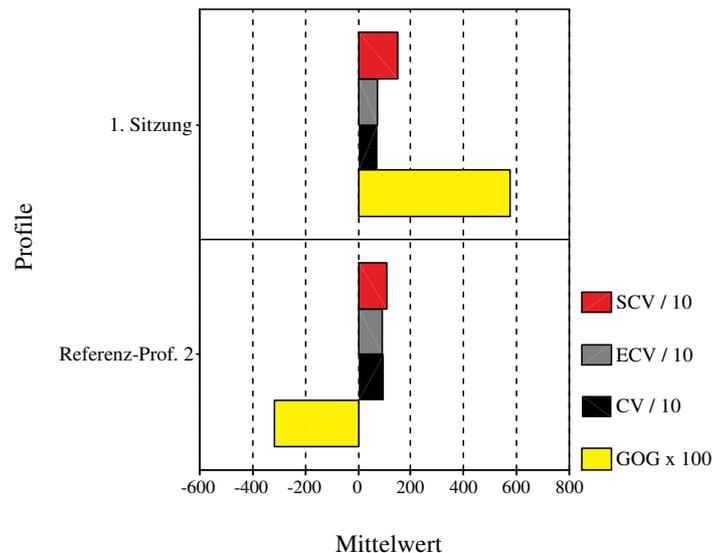


Abbildung IV.105: Elektroglottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 1. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,05$).

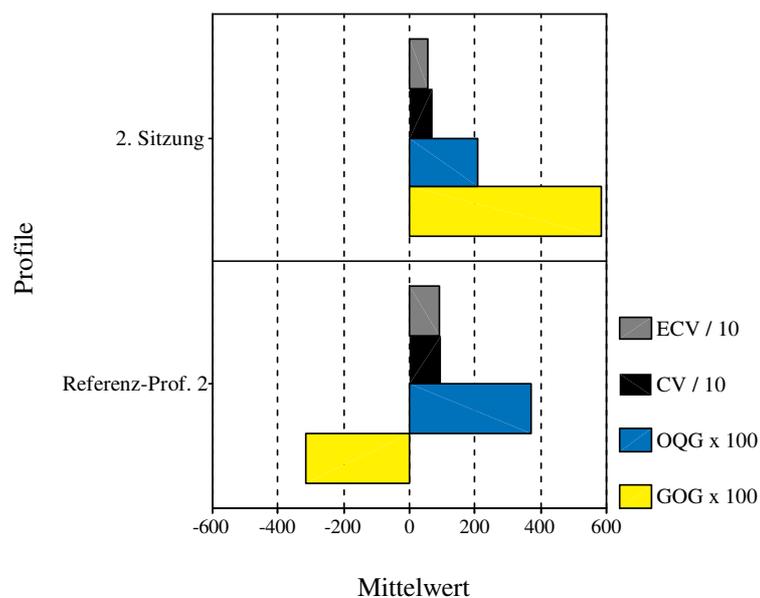


Abbildung IV.106: Elektroglottographische und akustische Parametermittelwerte der 2. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 2 ($p < 0,05$).

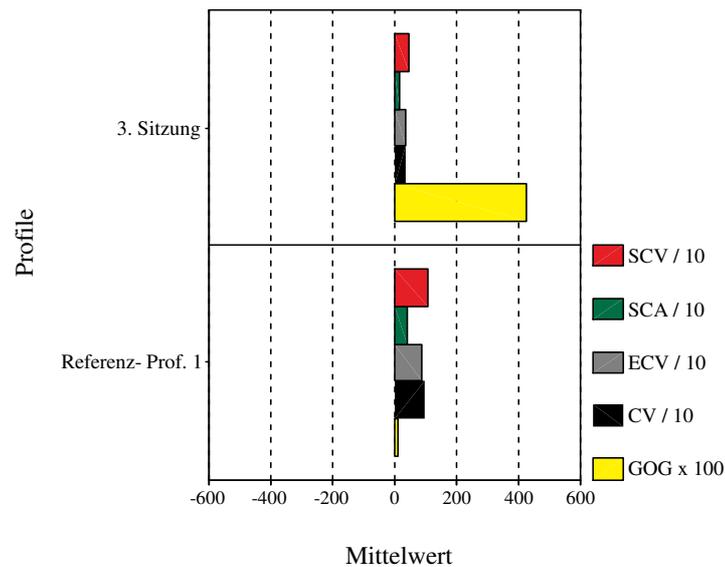


Abbildung IV.107: Elektrolottographische Parametermittelwerte und akustischer Parametermittelwert der 3. Sitzung sowie des Referenzprofils Nr. 1 ($p < 0,05$).

Zunächst werden die Sitzungen 1 und 2 demselben Referenzprofil zugeordnet. Dann erfolgt eine Stimmqualitätsveränderung, die sich in der 3. Sitzung durch die Zuordnung zu einem anderen Referenzprofil zeigt. Die Werteabweichungen von den Sitzungen 1 und 2 sind wiederum in etwa gleich. Die Parameterwerteänderung der 3. Sitzung deuten schließlich alle auf eine weitere Einschränkung des Phonationsablaufs bezüglich des Schwingungsverhaltens der Stimmlippen (SCV, SCA, ECV, CV geringer) sowie bezüglich der Adduktion (GOG größer) hin.

Offensichtlich kann bei dieser Patientin ab der dritten Sitzung eine Verschlechterung der Phonationssituation durch Parameterwerteänderungen nachgewiesen werden. Dieser Nachweis gelingt sowohl durch einen Vergleich mit den Daten des normalstimmlichen als auch mit den Daten den pathologischen Referenzprofils. Das bei der Betrachtung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung festgehaltene Ergebnis einer Phonationsbeeinträchtigung wird durch den referentiellen Vergleich in vollem Umfang bestätigt.

Gegen Ende der Therapie ist eine Einordnung innerhalb des pathologischen Kontinuums angebracht.

4.3. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Bei den vier untersuchten Patienten mit verschiedenen zugrundeliegenden Krankheitsbildern kann eine individuell unterschiedliche Entwicklung der Stimmqualität über den betrachteten Zeitraum festgehalten werden: Bei zwei Patienten (Patient 2; Patientin 1)

sind sehr geringe bzw. keine signifikanten Parameterunterschiede im Vergleich der einzelnen Aufnahmesitzungen vorhanden. Bei den beiden anderen Patienten belegen die instrumentell gewonnenen Daten eine Verbesserung (Patient 1) bzw. eine Verschlechterung (Patientin 2) der Phonationssituation innerhalb des betrachteten Zeitraums. Die individuellen Daten zur Stimmqualitätsentwicklung werden anschließend am Beispiel dreier Aufnahmesitzungen mit Referenzdaten in Verbindung gebracht, die innerhalb des normalstimmlichen und pathologischen Kontinuums vorhanden sind. Dadurch lassen sich die während des Untersuchungszeitraums vollzogenen logopädisch therapeutischen Maßnahmen in ihrer Wirksamkeit besser einschätzen. Bei zwei der untersuchten Patienten (Patient 1, 2) sind Verbesserungen des Phonationsverhaltens durch einen Vergleich der Daten zu Beginn der Therapie mit denjenigen am Ende der Therapie zu verzeichnen. Ihre Daten nähern sich nach Beendigung der Therapie an die Daten eines normalstimmlichen Referenzprofils an. Bei einer Patientin (Patientin 1) deutet der Vergleich mit den normalstimmlichen Referenzprofilen auf eine Veränderung der Stimmqualität in der 5. Aufnahmesitzung hin. Ab dieser Sitzung verändert sich ihre Stimmqualität nicht mehr bis zum Ende der Therapie. Der Vergleich mit den pathologischen Referenzprofilen lässt durch eine Annäherung an eines dieser Profile erkennen, dass sich ihre Daten insgesamt eher innerhalb des pathologischen Kontinuums ansiedeln lassen. Die Betrachtung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung hat bei dieser Patientin keine Unterschiede zwischen den Sitzungen zum Vorschein gebracht. Folglich wird an diesem Patientenbeispiel die Notwendigkeit einer referentiellen Bearbeitung der Daten nachgewiesen.

Bei der Patientin 2 ist ab der dritten (letzten) Sitzung sowohl bei der Zuordnung zu den normalstimmlichen Referenzprofilen als auch bei der Zuordnung zu den pathologischen Profilen eine Stimmqualitätsveränderung nachweisbar. Darüber hinaus deuten die Parameterwerteveränderungen dieser Sitzung eindeutig auf eine weitere Verschlechterung der stimmlichen Leistungen hin. Dieser Befund ist mit der Progredienz ihres Krankheitsverlaufs zu vereinbaren. Ab diesem Zeitpunkt stand die Patientin zur weiteren Datengewinnung nicht mehr zur Verfügung.

Die Ergebnisse in dieser Sektion verweisen zunächst ebenso wie die Ergebnisse zu den Auswirkungen der Stimulation in der vorangegangenen Sektion auf die Notwendigkeit einer patientenbezogenen Betrachtung der Stimmqualitätsentwicklung. Durch diese patientenbezogene Betrachtung wird die phonatorische Variabilität berücksichtigt, die sowohl beim Individuum als auch bei Stimmprofilgruppen mit statistisch belegten Gemeinsamkeiten zu beobachten ist (vgl. Kap. II, Sektion 2.3.). Diese Einschätzung widerspricht in der Literatur oft zu findenden Pauschalisierungen bezüglich der stimmlichen Beeinträchtigungen bei einzelnen Dyarthriepformen (vgl. z. B.

Ziegler et al., 1998). Bei der longitudinalen Betrachtung hat sich des Weiteren als wichtig herausgestellt, die patientenbezogenen Daten mit Referenzprofilen in Verbindung zu bringen. Dieser Bearbeitungsschritt erlaubt gegen Ende der therapeutischen Maßnahmen eine Einordnung des aktuellen phonatorischen Status innerhalb der normalstimmlichen bzw. der pathologischen Phonation. Diese Einordnung erscheint auch in Anbetracht der im Kapitel II, Sektion 2.6. angeführten Problematik bezüglich der strikten Trennung der normalstimmlichen von der pathologischen Phonation sinnvoll. Es kann nämlich festgehalten werden, dass durch die Erarbeitung von auf den Stimmprofilgruppen basierenden Referenzprofilen eine weitaus differenziertere Basis zur Beurteilung der Entwicklung individueller Stimmqualität geschaffen worden ist. Diese methodische Vorgehensweise bei der Beurteilung von Stimmqualität erscheint für weitere Studien mit großen Patientenzahlen verfolgungswürdig. Es bleibt zu erwarten, dass sich auf der Grundlage eines größeren Datenkorpus unter Verwendung des hier vorgestellten methodischen Ansatzes pathologiespezifische Aussagen über Phonationsverhalten bei dysarthrophonischen Patienten nach logopädischen Therapieansätzen eindeutiger formulieren lassen. Dass dabei die individuelle phonatorische Variation mit einkalkuliert werden muss, steht auf Grund der Ergebnisse zu dieser Studie nach wie vor außer Frage.

5. Diskussion zur gesamten Studie

Aus der vorliegenden Studie sind einmal Erkenntnisse zur Stimmqualitätsentwicklung bei den beiden unterschiedlichen Patientengruppen (Gruppe der Stimulationspatienten; Gruppe der Longitudinalpatienten) im Zusammenhang mit unterschiedlichen Phonationsbedingungen bzw. mit therapeutischen Bemühungen zu gewinnen. Zum andern können aber auch Aussagen zur Reliabilität des angewandten methodischen Ansatzes bei der Erarbeitung dieser Stimmqualitätsentwicklung gemacht werden:

Die Stimmqualitätsentwicklung verläuft innerhalb der beiden Patientengruppen für deren Mitglieder nicht einheitlich. Es kann weder bei den sog. Stimulationspatienten unter der Phonationsbedingung der Elektrostimulation noch bei den sog. Longitudinalpatienten nach logopädischer Therapie von einer generellen Verbesserung oder generellen Verschlechterung des Phonationsvorgangs berichtet werden.

Allerdings können für die Stimulationspatienten bei einer pathologiebezogenen Charakterisierung der Entwicklungen folgende Tendenzen festgehalten werden: Bei den Patienten mit M. Parkinson ist unter Stimulationseinwirkung eher eine relative Verschlechterung des glottalen Schwingungsablaufs vorhanden. Bei den Patienten mit MS wird hingegen neben einer ansatzweise vorhandenen Verbesserung vor allem eine

angespannte, hyperfunktionelle Phonationssituation deutlich.¹ Der hyperfunktionelle Phonationsablauf deutet zunächst auf eine Schädigung des ersten motorischen Neurons (supranukleär) mit einem beschleunigungsabhängigen Muskelhypertonus hin. Somit kann als Pathomechanismus auch eine Variante einer spastischen Parese (spastische Dysarthrophonie) angenommen werden (z. B. Wendler et al., 1996; Ziegler et al., 1998; Probst et al., 2000).² In einer zurückliegenden Studie mit einer geringeren Anzahl berücksichtigter Patienten wird auch von einem hyperfunktionellen Phonationsablauf berichtet (Pützer et al., 2003b). Eine ebenfalls bei der Gruppe der Stimulationspatienten durchgeführte intrasubjektive Betrachtung der Stimulationsauswirkungen ist auf Analysedaten fokussiert, die für die beschriebenen Tendenzen bzw. gegebenenfalls für Abweichungen von ihnen bei beiden Krankheitsbildern maßgeblich sind.

Die longitudinal untersuchten Patienten werden wegen der unterschiedlichen zugrundeliegenden Krankheitsbilder nicht tendenziell beschrieben. Bei ihnen steht die Betrachtung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung innerhalb eines zeitlichen Rahmens im Mittelpunkt.

Die individuelle Stimmqualitätsentwicklung stellt in der vorliegenden Arbeit einen wichtigen Untersuchungsgegenstand dar. Bei der instrumentellen Dimensionierung der normalen und pathologischen Phonation kann im Kapitel II der Arbeit die Variabilität individueller stimmlicher Ausprägungen bei der Gruppe der sog. Normalstimmen sowie bei der Gruppe der pathologischen Stimmen verdeutlicht werden (vgl. Kap. II, Sektion 2.3.). Durch diese Variabilität wird das zum einen innerhalb der Gruppen vorhandene Phonationskontinuum bedingt. Zum andern bedingt die Variabilität auch ein Phonationskontinuum in Form eines phonationsbezogen fließenden Übergangs zwischen den beiden Gruppen. Dies wird im Kapitel II, Sektion 2.6. bei einem Vergleich der Probandenzuordnung zu den beiden Phonationsgruppen (Gruppe der Normalstimmen; Gruppe der pathologischen Stimmen) durch Zuordnungsüberlappungen nachgewiesen.

¹ Der Begriff Hyperfunktion ist hier und in weiteren Kapiteln der Arbeit mit einem *unangemessen hohen muskulären Kraftaufwand* bei der Phonation zu verbinden. Zur Diskussion um die Notwendigkeit einer Differenzierung zwischen hyper- und hypofunktioneller Dysphonie im klinischen Bereich vgl. Wendler et al., 1996, S. 131f.

² Bei einer die Gliedmaßenmotorik betreffenden spastischen Parese liegt im Allgemeinen ein kombiniertes Störungsmuster vor. Es besteht aus erhöhtem Muskeltonus (mit hohem Dehnungswiderstand), gesteigerten Eigenreflexen und gestörter Feinmotorik. Dieses Modell ist zwar auf die Sprechmotorik nur bedingt übertragbar. Dennoch kann angenommen werden, dass Läsionen der kortikonukleären Bahnen zu dysarthrophonischen Störungen führen, die mit dem beschriebenen spastischen Syndrom vergleichbar sind (Urban et al., 1997). Bei MS werden auch *Mischformen* der spastischen Dysarthrophonie beschrieben, die mit einer spastisch-ataktischen Symptomatik einhergehen (Ziegler et al., 1998; vgl. auch Kap. III, Sektion 2.2. und Kap. V, Sektion 4.3. und Sektion 6.).

Individuelle phonatorische Variabilität ist auch bei den beiden Patientengruppen anhand des individuellen Phonationsverhaltens bei unterschiedlichen Phonationsbedingungen bzw. bei therapeutischen Maßnahmen festzustellen. Das unterschiedliche Phonationsverhalten bei den Patientengruppen wird also durch die individuelle phonatorische Variabilität bedingt. Die phonatorische Variabilität ist zum einen patientenbezogen durch Abweichungen einzelner Parameterwerte von den Werten eines Referenzprofils zu belegen. Durch diese Abweichungen wird auf eine individuelle Verbesserung oder Verschlechterung des Phonationsverhaltens hingewiesen. Zum andern lässt sich die phonatorische Variabilität auch mit Bezug zu den Patientengruppen verdeutlichen: Bei den Patienten mit M. Parkinson wird dieser Sachverhalt dadurch ausgedrückt, dass im Gegensatz zu den pathologiespezifischen Tendenzen auch positive Auswirkungen der Stimulation auf das glottale Schwingungsverhalten bei einzelnen Patienten vorhanden sind (Patient 5, Patientin 8). Bei einzelnen Patienten mit MS zeigt sich die Variabilität darin, dass keine eindeutigen Unterschiede im Vergleich der Bedingungen mit und ohne Stimulation anhand der Analyseergebnisse festzustellen sind (Patientinnen 2, 7). Diese Entwicklung steht im Gegensatz zu den vorhandenen Verbesserungstendenzen bzw. zu der festgestellten angespannten Phonationssituation bei dieser Pathologie. Bei den Longitudinalpatienten wird die individuelle phonatorische Variabilität durch unterschiedliche Ergebnisse nach der logopädischen Therapie ausgedrückt. Während bei zwei Patienten dieser Gruppe von einer Verbesserung nach therapeutischem Ansatz berichtet werden kann (Patient 1, 2), sind die therapeutischen Bemühungen bei einer weiteren Patientin nicht von Erfolg gekrönt (Patientin 2).

Offensichtlich können die unterschiedlichen Phonationsbedingungen bzw. die therapeutischen Maßnahmen bei den einzelnen Patienten sowohl für ein normales als auch für ein pathologisches Schwingungsverhalten der Stimmlippen verantwortlich sein.

Bei der Suche nach der Ursache für das pathologische Schwingungsverhalten muss Folgendes bedacht werden: Dysarthrophonische laryngale Fehlfunktionen sind ätiologisch mit phoniatischen (z. B. Laryngoskopie) bzw. instrumentalphonetischen (z. B. Analyse des akustischen Signals) Methoden nicht immer eindeutig zu bestimmen. So kann z. B. bei einem Adduktionsdefizit auf Grund von Hirnnervenkernläsionen die gleiche Symptomatik vorhanden sein wie bei Läsionen des N. recurrens (vgl. dazu auch Ziegler et al., 1998). Zur ätiologischen Abklärung müssen deshalb oft weitere neurologische Untersuchungsmethoden angewandt bzw. neuroradiologische bildgebende Verfahren eingesetzt werden. Eine weiterführende Diskussion zu diesem Aspekt wird im Kapitel V der Arbeit angeboten (vgl. Kap. V, Sektion 6.).

Der in diesem Kapitel angewendete methodische Ansatz zur Bearbeitung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung unterscheidet sich von den in der Literatur gängigen Vorgehensweisen. Er beinhaltet in seinem Schwerpunkt eine Zuordnung individueller Analyseergebnisse zu den Daten sog. Referenzprofile zur Phonationsgruppe der Normalstimmen bzw. zu derjenigen der pathologischen Stimmen. Die Referenzprofile setzen sich aus Kombinationen von Parametern der beiden Analyseprogramme zusammen, die bei der Subgruppenbildung zur Phonationsgruppe der Normalstimmen und zu derjenigen der pathologischen Stimmen relevant sind. Die Parameterkombinationen ermöglichen eine signifikante Unterscheidung der erarbeiteten Subgruppen. Diese Unterscheidung wird im Kapitel II der Arbeit präsentiert. Die Zuordnung der individuellen Daten zu den Daten eines der 9 Referenzprofile erfolgt unter der Prämisse der möglichst größten Übereinstimmung beider Datensätze. Die erstellten Referenzprofile sind innerhalb des Kontinuums der normalstimmlichen und pathologischen Phonation gegeneinander abgrenzbar. Sie definieren somit einen auf instrumentellen Analysen basierenden begrenzten Ausschnitt aus der gesamten Variationsbreite der normalstimmlichen bzw. der pathologischen Phonation. Folglich ist durch die Erarbeitung der Referenzprofile eine weitaus differenziertere Basis zur Beurteilung von Veränderungen individueller Stimmqualität auf Grund unterschiedlicher Phonationsbedingungen bzw. therapeutischer Maßnahmen geschaffen worden. Die patientenbezogenen Daten werden nicht mit der gesamten Variationsbreite der normalstimmlichen und pathologischen Phonation konfrontiert. Dadurch wird die Interpretation von parameterbezogenen Abweichungen von den Referenzdaten bzw. Annäherungen an die Werte des Referenzprofils auf eine solidere Basis gestellt. Geschlechtsübergreifend sind bei der Zuordnung der individuellen Daten der Stimulationspatienten zu den Daten der normalstimmlichen Referenzprofile jeweils 6 von insgesamt 9 vorhandenen Profilen in dieser Arbeit relevant. Bei dieser Zuordnung sind für die beiden Patientengruppen die folgenden Tendenzen zu erkennen: Die Daten der männlichen und weiblichen Patienten mit M. Parkinson werden entsprechend ihrer festgestellten relativen Phonationsbeeinträchtigung zugeordnet. Dies zeigt sich darin, dass die Profile bei der Zuordnung relevant sind, die im Vergleich mit den nicht berücksichtigten Profilen insgesamt relativ schlechtere Parametermittelwerte beinhalten (Männer: Profile 2, 5, 7, 8, 9; Frauen: Profile 2, 4, 5, 6, 7; siehe Anhang). Die Zuordnung für die Patienten mit MS erfolgt bei den beiden Männern zu einem Profil (3), bei den Frauen zu sechs Profilen (2, 4, 5, 6, 7, 8). Entsprechend der für diese Pathologie festgehaltenen Tendenzen einer relativ besseren bzw. angespannten Phonationssituation weisen die Zuordnungsprofile nun insgesamt so zu charakterisierende Parametermittelwerte auf. Bei der Zuordnung der Daten zu den pathologischen Referenzprofilen wird bei den Männern ebenfalls auf

6 Profile, bei den Frauen auf 5 Profile zurückgegriffen. Die bei der Zuordnung zu den normalstimmlichen Referenzprofilen beschriebenen Tendenzen gelten auch bei der Zuordnung zu den pathologischen Profilen. Die individuellen Daten der Longitudinalpatienten werden sowohl 2 (Männer) bzw. 3 (Frauen) normalstimmlichen als auch 2 (Männer) bzw. 3 (Frauen) pathologischen Referenzprofilen zugeordnet. Tendenzielle Aussagen sind bei dieser Patientenklientel auf Grund der geringen Anzahl von relevanten Profilen bei der Zuordnung nicht möglich. Offensichtlich wird also für die Zuordnung aller individuellen Patientendaten nicht die gesamte Breite des normalstimmlichen bzw. pathologischen Phonationsrahmens beansprucht. Im Vergleich der beiden Patientengruppen benötigen die Stimulationspatienten jedoch einen größeren Anteil davon. Für sie kann patientenübergreifend eine größere individuelle phonatorische Variabilität festgestellt werden. Diese Variabilität mag von der Veränderung des Produktionsverhaltens unter Stimulationseinfluss herrühren. Durch den Stimulationseinfluss wird insgesamt gesehen offensichtlich eine größere Veränderung bei der laryngalen Funktion bewirkt als dies bei erworbenen Dysarthrophonien nach logopädischen Therapieansätzen beobachtet werden kann.

Neben der direkten Bewertung von Stimmqualitätsveränderungen eröffnet diese sog. referentielle Betrachtung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung auch die Möglichkeit einer relativen Einordnung der patientenspezifischen Daten innerhalb der Gruppe der normalstimmlichen bzw. der pathologischen Phonation: Im Kapitel II der Arbeit kann wie oben bereits erwähnt zunächst anhand einer großen Stichprobe nachgewiesen werden, dass zwischen der Phonationsgruppe der Normalstimmen und derjenigen der pathologischen Stimmen ein Phonationskontinuum besteht (vgl. Kap. II, Sektion 2.5.). Dieses Phonationskontinuum kann auch nach erfolgter Subgruppenbildung zu den beiden Phonationsgruppen mit den hier verwendeten Analysemethoden nicht im Sinne einer binären Abgrenzung zwischen normal und pathologisch als an einer Stelle unterbrochen dargestellt werden. Zuordnungsüberlappungen der Probanden normalstimmlicher Subgruppen im Vergleich mit pathologischen Subgruppen verhindern dieses Vorhaben (vgl. Kap. II, Sektion 2.6.). Folglich erscheint die getrennte Zuordnung zu den Referenzprofilen der Normalstimmen bzw. zu denjenigen der pathologischen Stimmen die einzig sinnvolle Vorgehensweise bei der Einordnung individueller Stimmqualität innerhalb einer der beiden Phonationsgruppen. Eine getrennte Zuordnung impliziert nämlich eine Zuordnung zu einem stabil klassifizierten Auszug aus dem normalstimmlichen bzw. pathologischen Phonationskontinuum mit verlässlichen Parametermittelwerten (vgl. dazu auch Sektion 3.4. oben). Bei der Einordnung der patientenspezifischen Daten wird der Grad ihrer Annäherung an die Werte eines Referenzprofils der Normalstimmen mit dem Grad ihrer Annäherung an die Werte eines

Profils der pathologischen Stimmen verglichen. Entsprechend dieses Ergebnisses erfolgt die Einordnung entweder innerhalb der Gruppe der normalstimmlichen oder der pathologischen Phonation.

Veränderungen bei dieser Einordnung auf Grund von unterschiedlichen Phonationsbedingungen bei den Stimulationspatienten (Mit Stimulation – Ohne Stimulation) geben Auskunft über deren Auswirkungen. Veränderungen bei der Einordnung im Zusammenhang mit Therapiemaßnahmen bei den Longitudinalpatienten geben Auskunft über deren Wirksamkeit.

Schließlich kann durch die referentielle Betrachtung herausgestellt werden, ob die Ergebnisse zur individuellen Betrachtung der Stimmqualitätsentwicklung mit denjenigen der referentiellen Betrachtung übereinstimmen. Dieser Vergleich hat sich innerhalb der Studie als nutzbringend herausgestellt: So wird beispielsweise eine intra-subjektive Verbesserung des Phonationsverhaltens bei einer Patientin mit MS (Patientin 3) im referentiellen Vergleich dadurch relativiert, dass die Verbesserung nun nicht mehr zu bestätigen ist. Andererseits liefert der referentielle Vergleich für zwei Patienten mit M. Parkinson (Patienten 4, 6) eine klarere Einschätzung der Stimulationsauswirkungen.

Die vor allem für die Zuordnung zu den Profilen relevanten Analyseparameter der beiden Analyseprogramme sind etwa dieselben, die für die Dimensionierung normalstimmlicher und pathologischer Stimmqualität im Kapitel II der Arbeit relevant sind. Es handelt sich um die elektrolottographischen Parameter zu Phasen des Verschlusses (SCV, SCA, ECV, CV, CLA) und um den Parameter zur Phase der Öffnung (OPA) sowie um den akustischen Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG) und um denjenigen zum Grad der Glottisöffnung (GOG). Im Kapitel II (Sektion 2.3. & Sektion 2.4.) kann die komplementäre Analyseausrichtung beider Analyseansätze (elektrolottographischer und akustischer Ansatz) anhand der für die Analysen relevanten Parameter bzw. anhand unterschiedlicher Probandenzuordnungen zu den Stimmprofilgruppen nachgewiesen werden. Bei der dort präsentierten Subgruppenbildung zur normalstimmlichen und pathologischen Phonation wird bezogen auf das Analyseprogramm auf Parameter zurückgegriffen, die unterschiedliche Phasen bzw. unterschiedliche Quantifizierungsansätze des glottalen Schwingungsablaufs repräsentieren. Bei der hier präsentierten Bearbeitung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung wird die komplementäre Analyseausrichtung der beiden Analyseprogramme ebenfalls deutlich: Es zeigt sich bei allen Patienten, dass bei der Darlegung von signifikanten Unterschieden im Vergleich mit den Daten der Referenzprofile nur die Analyseparameter des jeweiligen Analyseprogramms zu finden sind, die sich bezüglich ihrer Analyseausrichtung ergänzen. Somit erweisen sich die beiden Analyseansätze nicht nur valide bei der De-

definition von Stimmprofilgruppen bzw. von Referenzprofilen. Sie können vielmehr auch als ein relevantes Instrumentarium für die Betrachtung individueller Stimmqualitätsentwicklung angesehen werden.

Kapitel V. Glottal-supraglottale Artikulation und Phonation bei Dysarthrophonien

Präambel

In diesem Kapitel werden glottal-supraglottale Artikulationsgesten und ihrer Koordination sowie Stimmqualität bei dysarthrophonischen Patienten und einer gesunden Kontrollgruppe betrachtet. Die glottal-supraglottalen Artikulationsabläufe werden anhand von schnellen Einzelsilbenwiederholungen untersucht, die aus den Plosiv-Vokalkombinationen /pa, ta, ka/ bestehen. Sie betreffen (a) die glottale Geste des Öffnens und Schließens der Stimmritze (Abduktions- und Adduktionsgeste) und (b) die oralen (supraglottalen) Gesten für die Konsonanten- bzw. Vokalbildung. Den Gegenstand der Stimmqualitätsuntersuchung bilden die Vokale in den Einzelsilben.¹ Wie im Kapitel IV der Arbeit werden das akustische und das elektroglottographische Signal der Vokalproduktionen analysiert. Somit erfolgt in diesem Kapitel eine parallele Bearbeitung beider Artikulationssysteme (Phonationssystem und System der glottal-supraglottalen Artikulation).² Durch diese Bearbeitung wird ein Beitrag zum Komplex der neuronalen Steuerung der Systeme bei den beiden betrachteten Patientengruppen gegeben.³ Die Patientengruppen werden in beiden Studien (Kap. IV und hier) von denselben Patienten gebildet.

Somit sind in der ersten Patientengruppe wiederum die Personen mit dysarthrophonischen Symptomen zu finden, die sich einer Elektrodenimplantation im Bereich des Thalamus zur Tremorreduktion bzw. zur Reduktion anderer, für das zugrundeliegende Krankheitsbild (Morbus Parkinson; multiple Sklerose) klassischer Symptome unterzogen haben. Bei ihnen interessiert das Artikulations- und Phonationsverhalten unter Stimulation bzw. unter Nichtstimulation.

Darüber hinaus werden wiederum in der zweiten Patientengruppe die Personen berücksichtigt, die auf Grund dysarthrophonischer Symptome bei unterschiedlichen

¹ Bei der Untersuchung liegt der Fokus wiederum auf der Erfassung der glottalen Anregungsqualität.

² Terminologisch werden die beiden Artikulationssysteme in diesem Kapitel wie folgt behandelt: (a) Das Phonationssystem wird unter dem Oberbegriff „*Phonation*“ zusammengefasst. Ein Bezug auf dieses System geht mit der Charakterisierung der glottalen Anregungsqualität (= Stimmqualität) einher. (b) Das glottal-supraglottale System wird unter dem Oberbegriff „*Artikulation*“ zusammengefasst. Ein Bezug auf dieses System geht mit der Charakterisierung der glottal-supraglottalen Artikulationsabläufe einher. Anstelle der Oberbegriffe werden auch die Adjektive „phonatorisch“ bzw. „artikulatorisch“ in attributivem Gebrauch (z. B. „Das phonatorische System“) verwendet.

³ Auf eine Darstellung und Diskussion von Sprachproduktionsmodellen wird in diesem Kapitel verzichtet. Eine Übersichtsdarstellung zu dieser Thematik geben z. B. Pechmann (1994) und Günther (1999). Zudem sind in Klabunde und von Stutterheim (1999) bzw. Wheeldon (2000) zahlreiche Beiträge zur Sprachproduktion zu finden.

Grunderkrankungen (z. B. cerebelläre Ataxie) logopädisch therapiert wurden. Die Ergebnisse der Analysen zu den beiden Patientengruppen werden schließlich mit den Analyseergebnissen einer gesunden Kontrollgruppe verglichen und in einer zusammenfassenden Betrachtung zur Diskussion gestellt.¹

Schließlich folgt darauf eine Diskussion zur gesamten Studie, in der die aus ihr gewonnenen Erkenntnisse bzw. die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen und Fragestellungen vorgestellt werden.

Vorab werden neuere Ansätze besprochen, die in der Literatur zu der behandelten Thematik (Glottal-supraglottale Artikulation und Stimmqualität) zu finden sind. Auf ihnen aufbauend, aber auch von ihnen sich abgrenzend wird dann der hier verfolgte Ansatz unter Berücksichtigung erweiterter bzw. methodisch anderer Konzeptionalisierungen präsentiert.

1. Bisherige Konzeptualisierungen in der Literatur

Unter der Bezeichnung der artikulatorischen Diadochokinese gehören schnelle Wiederholungen von Silben zu den Maximalleistungsaufgaben, die schon seit Jahren zur Diagnostik von Dysarthrophonien sehr verbreitet sind (z. B. Darley et al., 1975; Duffy, 1995; Yorkston et al., 1999). Mit ihnen können auf der Mikroebene glottalsupraglottale artikulatorische Abfolgen untersucht werden. Hierbei stellen sowohl Wiederholungen zu Einzelsilben (z. B. Ozawa et al., 2001; Pützer et al., 2003a) als auch Wiederholungen zu Silbensequenzen bzw. beide Aufgabenstellungen den Untersuchungsgegenstand in der Literatur dar (z. B. Tjaden & Watling, 2003).² Obwohl sich innerhalb dieser Aufgabenstellungen die motorischen Anforderungen von denjenigen bei gesprochener Sprache unterscheiden (z. B. Flanagan & Dembowski, 2002), sind sie sowohl zur Differentialdiagnose als auch zur Bestimmung des Schweregrades von Dysarthrophonien nützlich. Neben zeitbezogenen Messungen zur Einschätzung der artiku-

¹ Die Kontrollgruppe produzierte ebenso wie die Patienten dieselben Plosiv-Vokalkombinationen. Auch bei ihnen wurden zur Stimmqualitätsanalyse die Vokale in den Einzelsilben herangezogen. Somit wurden die in dieser Studie berücksichtigten Vokale unter einem anderen Modus produziert als die in der Studie zur Stimmqualitätsbetrachtung berücksichtigten Vokale (vgl. Kap. IV, Sektion 2.1.). Auf Grund des unterschiedlichen Produktionsmodus (Vokale in schnellen Silbenwiederholungen hier gegenüber isoliert gehaltenen Vokalen dort) werden hier für die Stimmqualitätsbetrachtung die Daten der Referenzprofile (vgl. Kap. IV, Sektion 3.4.) *nicht* berücksichtigt. Ein im Kapitel VI der Arbeit (Sektion 2.) vollzogener Vergleich der Analyseergebnisse zur Stimmqualitätsbetrachtung in beiden Studien (Kap. IV und Kap. V) trägt dieser Tatsache Rechnung.

² Die Einzelsilben bzw. Silbensequenzen bestehen oft aus Plosiv-Vokalkombinationen (z. B. /pa, ta, ka; pataka/). In den im Folgenden besprochenen Studien stellen diese Kombinationen den Untersuchungsgegenstand dar.

latorischen Fertigkeiten anhand der Diadochokinese werden mit ihrer Hilfe auch energiebezogene Charakteristika der gestörten Artikulation in der Literatur dargelegt. Sie werden aber insgesamt als nicht so hilfreich bei der Differenzierung von dysarthrophonischen Symptomen bei Krankheitsbildern wie z. B. bei Morbus Parkinson oder bei multipler Sklerose gewertet (z. B. Tjaden & Watling, 2003; Rosen et al., 2005).

Vor einigen Jahren haben Kent et al. (1999) ein klinisches Protokoll zur objektiven Einschätzung von artikulatorischen Leistungen bei der Diadochokinese veröffentlicht. Darin werden zeit- und energiebezogene Messungen vorgeschlagen. Die Messungen im Zeitbereich beinhalten (a) die mittlere Rate der Silbenwiederholungen, (b) mittlere Silben- und Verschlussdauerberechnungen und (c) die intrasubjektive Variabilität für die Silben- und Verschlussdauer. Im Energiebereich werden (a) mittlere Amplitudenminima und -maxima sowie (b) ihre intrasubjektive Variabilität festgehalten. Das Protokoll ist vor allem in Einzelstudien zur Beschreibung diadochokinetischer Charakteristika bei Patienten mit variierenden dysarthrophonischen Erscheinungen bei Schlaganfall und ataktischer Dysarthrophonie eingesetzt worden (Kent et al., 2000). Die Validität des Protokolls bezüglich der Möglichkeit, neurologische Diagnosen bzw. dysarthrophonische Erscheinungen unterschiedlicher Ausprägung voneinander unterscheiden zu können, wird in der jüngsten Literatur jedoch hinterfragt. Hier wird Kritik laut, weil die verwandten Messungen nicht bezüglich ihrer Relevanz für die Diagnose bzw. für die Einschätzung des Schweregrades einer Dysarthrophonie dargestellt werden (Tjaden & Watling, 2003).

Tjaden und Watling greifen deshalb in ihrer Studie (Tjaden & Watling, 2003) das Protokoll erneut mit der Absicht auf, es nun anhand einer Patientengruppe mit Morbus Parkinson und einer Gruppe mit multipler Sklerose auf seine Wertigkeit hin zu überprüfen. Die Patienten mit diesen unterschiedlichen Grunderkrankungen haben zusätzlich eine Dysarthrophonie erworben. In dieser Studie werden zeitbezogene und energiebezogene Charakteristika der Diadochokinese bei Einzelsilben und Silbensequenzen untersucht. Dadurch sollen Eigentümlichkeiten der beiden ätiologisch unterschiedlichen Krankheitsbilder - auch im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe - herausgestellt werden. Die Autoren wollen auf der Grundlage akustischer Messungen festlegen, welche Produktionsaspekte für die Differenzierung der Dysarthrophonien bei beiden Krankheitsbildern bzw. für ihre Differenzierung gegenüber einer gesunden Kontrollgruppe wichtig sind. Sie folgen dabei wie erwähnt den Messungen zu den von Kent et al. (1999) vorgeschlagenen Produktionsabschnitten bzw. diskutieren auch Berechnungsvorschläge anderer Autoren (z. B. Ackermann et al., 1995; Ziegler, 2002). Ihre Messungen beinhalten im Zeitbereich (a) die Silbendauer (von der Plosivlösung bis zum Vokalende), (b) die Verschlussdauer (vom Vokalende bis zur Plosivlösung)

und (c) die Anzahl der produzierten Silben in einem Zeitraum von 2 Sekunden. Schließlich berechnen sie auch für jeden Sprecher den Variabilitätskoeffizienten, mit Hilfe dessen sie auf intrasubjektive Schwankungen bei der Produktion hinweisen. Bei den Messungen zur Energieverteilung lehnen sie sich ebenfalls an das erwähnte Protokoll an. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass zeitbezogene akustische Messungen zur Differenzierung zwischen den beiden Patientengruppen eher geeignet seien als energiebezogene Messungen. Des Weiteren gehen sie in der Studie auch auf die unterschiedliche Relevanz der Messungen bei verschiedenen Fragestellungen ein. Ihrer Meinung nach sollten sowohl einzelsilbenbezogene als auch silbensequenzbezogene Aufgabenstellungen berücksichtigt werden. Schließlich stellen sie heraus, dass die konstatierten gruppenbezogenen Tendenzen bei Individuen abweichen und somit für das jeweilige Krankheitsbild nicht als zwingend angesehen werden können. Ihren Wunsch nach weiteren, umfangreicheren quantitativen Messungen in Kombination mit qualitativen spektrographischen Beobachtungen bringen sie ebenfalls in der Studie zum Ausdruck.

Ozawa et al. (2001) legen zwei Jahre früher eine Studie vor, in der symptomatische Differenzen anhand der Diadochokinese bei Patienten mit spastischer und ataktischer Dysarthrie betrachtet werden. Innerhalb dieser Arbeit greifen sie auf Produktionsabschnitte bei Plosiv-Vokalkombinationen zurück, die bei Kent und Read (1992) konkretisiert werden. Neben der Verschlussdauer (= Vokalende bis zur Plosivlösung) berechnen sie die Silbendauer ausgehend von der Plosivlösung bis zum Vokalende des folgenden Vokals. Das Vokalende wird orientiert am Ausbleiben des zweiten Formanten im Spektrogramm festgelegt. Schließlich berücksichtigen sie Messungen zur Gesamtsilbendauer (Verschlussdauer + Silbendauer). Ihre Ergebnisse beinhalten für die Gruppe mit spastischer Dysarthrie eine signifikante Korrelation zwischen der mittleren Silbendauer für jede Silbe und der Gesamtsilbendauer. Bei den Personen mit ataktischer Dysarthrie korreliert die mittlere Verschlussdauer für jede Silbe signifikant mit der Gesamtsilbendauer. Die Gesamtsilbendauerwerte beider Gruppen unterscheiden sich jedoch nicht signifikant voneinander. Deshalb kommen sie zu dem Schluss, dass jede Silbenkomponente bei den beiden Krankheitsbildern in unterschiedlicher Weise zur beobachteten Verlangsamung der oralen Artikulationsbewegungen beiträgt.

In einer kürzlich erschienenen Studie von Rosen et al. (2005) wird die Relevanz der artikulatorischen Diadochokinese für Parkinson-Patienten bei der Bewertung ihrer sprachlichen Leistungen ebenfalls herausgestellt. Dies geschieht im Vergleich mit anderen sprachlichen Aufgaben (z. B. Vokalproduktionen; Wiederholungen von Einzelsätzen; Konversation). Die Autoren betonen dabei, dass diese Aufgabenstellung auch zur Beschreibung der Intensitätsminderung bei den Produktionen der Patienten zuträg-

lich sei, obwohl die Intensitätsminderung kein robustes Symptom für dieses Krankheitsbild darstelle.

Neben der Berücksichtigung der artikulatorischen Diadochokinese bei Grunderkrankungen wie z. B. einer degenerativen Stammganglien- oder Kleinhirnerkrankung findet diese Aufgabenstellung auch bei der Frage nach den Auswirkungen auf das Artikulationsverhalten bei stereotaktischen Behandlungskonzepten im Bereich des Thalamus Beachtung. Innerhalb dieser Behandlungskonzepte galten vor der Einführung medikamentöser Therapien in den 60er Jahren Läsionen in diesen Gehirnregionen als Mittel der Wahl. Die medikamentösen Therapien revolutionierten schließlich vor allem die Parkinsontherapie, so dass die neurochirurgische Behandlung von beispielsweise schweren Tremorsyndromen mehr und mehr an Bedeutung verlor. Erst das Auftreten von Langzeitkomplikationen unter der L-Dopa-Therapie bzw. der Therapie mit anderen Präparaten und der deutliche Erkenntnisfortschritt in der Basalganglienphysiologie (Alexander & Crutcher, 1990; DeLong, 1990) haben zur Renaissance der stereotaktischen Therapieverfahren geführt. Unter ihnen werden vor allem in Europa die läsionellen Verfahren, über deren Auswirkungen auf die Phonation und Artikulation ebenfalls in der Literatur der letzten Jahre berichtet wird (z. B. Hartelius et al., 1997; Schulz et al., 1999), zunehmend durch Implantationen von Elektroden ersetzt. Über diese Elektroden kann die Nervenzellaktivität durch chronische elektrische Reizung reversibel gehemmt werden.

In der Literatur sind zunächst vor allem die Auswirkungen der Elektrostimulation auf die supraglottale Artikulation untersucht worden. In diesem Zusammenhang sind zwei Studien von Gentil et al. (1999a & 2000) zu nennen, in denen diese Auswirkungen anhand von Messungen zur Lippen- und Zungenmobilität unter unterschiedlichen Fragestellungen diskutiert werden. Während die Autoren einmal einen Vergleich der Stimulationsauswirkungen bei unterschiedlichen Stimulationszielpunkten im Bereich des Thalamus nachweisen (2000), belegen sie in der früheren Abhandlung (1999) eine Verbesserung der oralen Artikulation unter Stimulationseinfluss.

Pinto et al. (2003) greifen in ihrer Studie ebenfalls auf die obige Methodik zur Objektivierung der Auswirkungen zurück und berichten auch von einer Verbesserung der Artikulationsstärke unter Stimulation.

In einer weiteren neueren Studie von Wang et al. (2003a) wird anhand von Einzelsilbenwiederholungen ebenfalls von den Auswirkungen auf die supraglottale Artikulation bei einseitiger Elektrostimulation des Nucleus subthalamicus berichtet. Die Auswirkungen werden bei 6 Patienten mit Morbus Parkinson nachgewiesen. Die Autoren beschränken sich dabei allerdings primär auf die Darstellung der Artikulationsrate. Sie kommen gegensätzlich zu bereits erwähnten Ergebnissen zu dem Schluss, dass die

Auswirkungen auf das artikulatorische Subsystem eine große individuelle Variabilität beinhalte. Deshalb fordern sie weitere Untersuchungen auf der Grundlage größerer Datenmengen.

In der Untersuchung von Pützer et al. (2003a) stellen schnelle Einzelsilbenwiederholungen mit den Plosiv-Vokal-Kombinationen /pa, ta, ka/ den Untersuchungsgegenstand dar. Sie wurden von uni- bzw. bilateral stimulierten Patienten mit Morbus Parkinson und multipler Sklerose produziert. Als Weiterentwicklung zu den oben genannten Ansätzen werden in dieser Arbeit innerhalb des Gesamtsilbenzyklus zusätzliche Produktionsabschnitte berücksichtigt. Zudem werden darin glottal-supraglottale Artikulationsmechanismen miteinander in Verbindung gebracht und nicht getrennt betrachtet, wie das z. B. in einer Studie von Ozawa et al. (2001) geschieht. Wie bei Wang et al. (2003a) kommen in der Studie von Pützer et al. bei beiden Krankheitsbildern individuelle Unterschiede in den Stimulationsauswirkungen zutage. Folglich beinhaltet ihr erstes Ergebnis die Notwendigkeit einer individuellen Betrachtung des Artikulationsverhaltens unter Stimulationseinfluss. Des Weiteren zeigt ein Vergleich der pathologiespezifischen Gruppentendenzen der Stimulationsauswirkungen für beide Krankheitsbilder, dass bei den bilateral implantierten Patienten mit Morbus Parkinson die artikulatorischen Prozesse in ihrer zielgerichteten Abfolge und Ausführung mehr in Mitleidenschaft gezogen werden als bei den uni- bzw. bilateral implantierten Patienten mit multipler Sklerose.

Die Auswirkungen auf das glottale Schwingungsverhalten werden in den letzten Jahren ebenfalls in einigen Studien mit unterschiedlichen Krankheitsbildern bzw. Symptomen als Untersuchungsgegenstand dokumentiert:

Carpenter et al. (1998) berichten von einer Reduktion eines zusätzlich vorhandenen Stimmtremors bei Patienten mit essentiellm Handtremor. Der Handtremor hat bei ihnen den Grund für den operativen Eingriff dargestellt. Die Reduktion des Stimmtremors bei diesen Patienten wird deshalb von den Autoren als ein weiterer positiver Aspekt gewertet.

In einer Studie von Moringlane et al. (1998) werden die Auswirkungen der neurochirurgischen Maßnahmen bei 2 Patienten mit M. Parkinson ein Jahr nach der Implantation dargelegt. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass sich sowohl die hypokinetischen als auch die rigiden Symptome kontralateral zu der implantierten Hirnhälfte verbessert haben. Von einer Verbesserung der Phonation als zusätzlicher Effekt wird ebenfalls berichtet.

In einer Fallstudie legen Yoon et. al. (1999) ebenfalls die positiven Auswirkungen der Stimulation auf den Vokaltremor dar. Durch eine akustische Analyse wird eine

Verbesserung der Phonationsbedingungen unter linksseitiger Stimulation nachgewiesen.

Taha et al. (1999) untersuchen 23 Patienten mit unterschiedlichen Grunderkrankungen (Morbus Parkinson, multiple Sklerose, essentieller Tremor) bezüglich der Auswirkungen der bilateralen Thalamusstimulation bei Kopf-, Stimm- und beidseitigem Extremitätentremor. Die Ergebnisse vergleichen sie mit denjenigen in zurückliegenden Studien, in denen Patienten bei unilateraler Stimulation betrachtet werden. Sie kommen zu dem Schluss, dass eine bilaterale Thalamusstimulation das Risiko, eine Dysarthrophonie und andere Bewegungsstörungen zu entwickeln, nicht schmälert.

Schulz und Grant (2000) berichten in ihrem Literaturüberblick zu den Auswirkungen von Sprachtherapie, pharmakologischer und operativer Therapie bei Morbus Parkinson von positiven Veränderungen bei einigen Patienten unter Stimulation bzw. Pallidotomie. Schließlich verlangen sie eine Kombinationsbehandlung bei dieser Patientenkielentel.

Akustische Messungen zum Phonationsverhalten und neurologische Untersuchungen zum motorischen Verhalten bei Parkinson-Patienten werden von Dromey et al. (2000) in ihrer Untersuchung unter verschiedenen Bedingungen (mit und ohne Medikation; mit und ohne Stimulation) präsentiert. Sie stellen unter Stimulation und Medikamentengabe zum einen zwar größere signifikante Verbesserungen bei der Extremitätenmotorik fest. Zum andern können sie sechs Monate nach der Operation jedoch nur von einer geringen Verbesserung der Grundfrequenzvariabilität und einem Anstieg des Schalldrucks bei der Phonation berichten. In ihren Ergebnissen verweisen sie zudem auf die Ungleichheit der Verbesserungen bei der Extremitätenmotorik im Vergleich zur Sprechmotorik nach neurochirurgischer Intervention. Hierin stimmen sie mit anderen Studien überein.

Gentil et al. (2001) gehen in ihrer Abhandlung ebenfalls auf stimmliche Korrelate von Parkinson-Patienten unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ein. Sie berichten insgesamt von einer positiven Beeinflussung der stimmlichen Leistungen unter Stimulation. Dabei verweisen sie auf eine längere maximale Phonationszeit bei gehaltenen Vokalen, eine größere intonatorische Variabilität und auf eine geringere Dauer bei schnellen Silbenwiederholungen.

Sataloff et al. (2002) berichten in ihrer Studie neben positiven Auswirkungen der Elektrostimulation auf den Unterlippentremor und auf andere tremorgeschiedigte Körperteile auch von einer positiven Beeinflussung des Vokaltremors durch Stimulation. In der Studie von Pützer et al. (2003b) wird das Phonationsverhalten von zwei ätiologisch unterschiedlichen Krankheitsbildern (Morbus Parkinson und multiple Sklerose) intrasubjektiv unter Stimulation bzw. Nichtstimulation und intersubjektiv unter den

beiden Bedingungen im Vergleich mit den Daten einer gesunden Kontrollgruppe dargestellt. Zunächst wird für beide Krankheitsbilder die Notwendigkeit der individuellen Betrachtung bei der Bewertung des glottalen Schwingungsverhaltens unter Stimulationseinwirkung durch Unterschiede bei den einzelnen Probanden deutlich. Die pathologiebezogenen Tendenzen unter Stimulationseinwirkung bestehen bei den Personen mit Morbus Parkinson in einer relativen Verschlechterung des glottalen Schwingungsablaufs, während bei den Personen mit multipler Sklerose eine hyperfunktionelle Komponente bei der Phonation deutlich wird. Auf Grund dieser Komponente wird eine longitudinale Betrachtung des Phonationsverhaltens nach Elektrodenimplantation unter chronischer Stimulation von den Autoren für notwendig erachtet.

Wang et al. (2003b) legen in Ergänzung zu der oben bereits angesprochenen Arbeit (Wang et al., 2003a) eine weitere Studie vor. In ihr wird jetzt das respiratorisch/phonatorische Subsystem derselben Patienten unter Stimulationseinfluss untersucht. Bei den Patienten handelt es sich um Rechtshänder mit folglich linksseitig dominanter Hemisphäre. Während für nichtsprachliche motorische Aufgaben bei allen an der Untersuchung beteiligten 6 Patienten eine Verbesserung unabhängig von der stimulierten Hemisphäre (3 Patienten rechts; 3 Patienten links) nachgewiesen werden kann, verbessert sich die Phonation unter Stimulation nur wesentlich bei den Patienten, die eine rechtsseitige Elektrodenimplantation erhalten haben. Die Autoren schließen daraus, dass sich bei linksseitiger Implantation die chirurgischen Maßnahmen negativ auf den Stimulationseffekt im Zusammenhang mit sprachlichen Aufgaben auswirken.

Gentil et al. (2003) vergleichen in ihrer neuesten Studie die Auswirkungen der bilateralen Elektrostimulation auf die artikulatorischen, respiratorischen und phonatorischen Komponenten bei der Sprachproduktion. Sie greifen dabei auf Daten von 16 Patienten mit moderater Dysarthrie zurück, die unter Medikation gewonnen wurden. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass unter Stimulation sowohl die Bewegungen der supraglottalen Artikulationsorgane als auch die respiratorischen und phonatorischen Funktionen besser werden. Dabei basieren die Daten zu den artikulatorischen Fertigkeiten auf Messungen zur Lippen- und Zungenmobilität. Das akustische Output wird in der Studie nicht qualitativ anhand von Spektrogrammen untersucht. Bei der Analyse zu den akustischen Parametern werden die maximale Phonationsdauer, die Grundfrequenz, Jitter- und Shimmererscheinungen sowie die relative Intensität berücksichtigt. Zu einer weniger positiven Gesamtbewertung bezüglich der Stimulationsauswirkungen auf die Artikulationssysteme bei dysarthrischen Patienten mit Morbus Parkinson kommen Pinto et al. (2004) in einer neueren Abhandlung. In ihr diskutieren sie Behandlungskonzepte für die Patienten mit diesem Krankheitsbild. Sie betonen, dass nur die Stimulation des Nucleus subthalamicus zu einigen Verbesserungen der

Sprechmotorik führen würde. Letztendlich lasse aber die Verständlichkeit der Patienten nach dem Eingriff nach.

Moringlane et al. (2004a) berichten schließlich von den Auswirkungen der Stimulation bei einer Patientin mit Holmes-Tremor. Anhand akustischer und elektroglossographischer Analysen können die Autoren sowohl unter Stimulation als auch unter Nichtstimulation durch einen Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe zunächst die Tendenz eines hyperfunktionellen Phonationsablaufs nachweisen. Darüber hinaus berichten sie von einer Reduktion des Stimmtremors unter Stimulation.

In einer ebenfalls neueren Studie behandeln Putzke et al. (2004) die Nützlichkeit der Stimulation am Thalamus bei Patienten mit essentiellen Tremor. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Stimulation mit einer Verbesserung aller das tägliche Leben betreffenden Aktivitäten einhergeht. Eine Dysarthrophonie beobachten die Autoren häufiger bei bilateral implantierten Patienten.

Schließlich berichten Moringlane et al. (2004b) in einer aktuellen Fallstudie von einer Patientin mit multipler Sklerose, die erstmals 1998 eine Elektrodenimplantation in den Thalamus erhalten hat. Trotz fehlender elektrischer Impulse auf Grund einer leeren Batterie verbessern sich Tremor und Ataxie. Zudem können akustische und elektroglossographische Analysen weder negative noch positive Auswirkungen auf das Phonationsverhalten während der Impulsunterbrechung nachweisen. Die Autoren betonen auf Grund dieser außergewöhnlichen Ergebnisse die Notwendigkeit einer longitudinalen Betrachtung implantierter Patienten mit multipler Sklerose.

2. Aktuelle Konzeptualisierung

Innerhalb der in diesem Kapitel behandelten Fragestellung wird der Ansatz von Pützer et al. (2003a & 2003b) aufgegriffen. Dabei werden einerseits die bei den Autoren erwähnten pathologiespezifischen und intrasubjektiven Tendenzen anhand einer größeren Patientenpopulation mit gleichen Krankheitsbildern nach neurostimulativem operativem Eingriff evaluiert. Andererseits findet die angewandte Methodik bei Produktionen Berücksichtigung, die von longitudinal betrachteten Patienten mit neurogenen Stimm- und Sprechstörungen stammen.

Der in der vorliegenden Studie angewandte methodische Ansatz erfährt in zweifacher Hinsicht eine Erweiterung gegenüber der Untersuchung von Pützer et al. (2003a):

(1) Zum einen werden der pathologiebezogene und der individuelle Vergleich der Artikulationsmerkmale der Patienten mit denjenigen einer gesunden Kontrollgruppe vollzogen.

(2) Zum andern wird zusätzlich zur Analyse der glottal-supraglottalen Artikulation eine Stimmqualitätsanalyse unter Verwendung elektroglossographischer und akustischer Analysemethoden angegangen. Den Gegenstand der Analyse bilden dabei die innerhalb der KV-Silben vorhandenen Vokalproduktionen der Patienten und der Kontrollgruppe.

Durch diesen Ansatz wird die Möglichkeit eröffnet, (a) die Entwicklung der glottal-supraglottalen Artikulationsmechanismen und (b) die Entwicklung des Phonationsverhaltens unter Stimulationsbedingungen bzw. unter longitudinalem Gesichtspunkt auf ihre Parallelität hin zu untersuchen. Dies geschieht sowohl anhand von pathologiespezifischen Gruppendaten als auch anhand der individuellen Patientendaten. Die beschriebene aktuelle Konzeptualisierung macht es für die Gruppe der Stimulationspatienten möglich, der von Wang et al. (2003b) geäußerten Vermutung der unterschiedlichen Auswirkungen der Elektrostimulation auf die sprachlichen Subsysteme innerhalb einer Studie auf der Grundlage von synchron gewonnenen Daten zur Phonation und Artikulation weiter nachzugehen. Zudem bietet sie eine Betrachtung der longitudinalen Entwicklung dieser Subsysteme bei einzelnen Patienten während und nach logopädischer Therapie.

Wie in der obigen Studie von Pützer et al. (2003a) werden bei der Interpretation der Artikulationsmechanismen bei beiden Patientengruppen (Stimulationspatienten und longitudinal betrachtete Patienten) die quantitativen Ergebnisse mit qualitativen spektrographischen Beobachtungen in Verbindung gebracht.

3. Material und Methode

3.1. Patientengruppen und Kontrollgruppe¹

3.1.1. Stimulationspatienten

Bei den in dieser Studie berücksichtigten Stimulationspatienten handelt es sich um dieselben Patienten wie bei der isolierten Betrachtung von Stimmqualität im Kapitel IV (vgl. Kap. IV, Sektion 1.1.). Somit standen fünf Patienten (Alter: 53-71) und vier Patientinnen (Alter: 44-70) mit M. Parkinson bzw. zwei Patienten (Alter: 42; 45) und fünf Patientinnen mit MS (Alter: 37-45) für die Studie zur Verfügung. Die Patienten wurden wie bereits erwähnt nicht wegen Phonations- bzw. Artikulationsstörungen ausgewählt. Die OP-Indikation zur Behebung von extremitätenbezogenen Bewegungs- und

¹ Die im Folgenden angeführten Abkürzungen werden für die Patientengruppen im Text bzw. in den Abbildungen verwandt: M. Parkinson = Morbus Parkinson, MS = Multiple Sklerose.

Koordinationsstörungen war vielmehr der Grund ihres stationären Aufenthaltes, so dass ihre stimmliche bzw. artikulatorische Situation als gegeben angesehen wurde. Folglich interessieren die zusätzlichen Auswirkungen der operativen Maßnahmen auf die glottal-supraglottale Artikulation bzw. auf die Phonation unter den gegebenen Voraussetzungen. Bezüglich der Medikation herrschten dieselben Bedingungen wie bei den Aufnahmen, die zur isolierten Bewertung der Stimmqualität dienen (vgl. Kap. IV, Sektion 1.1.). Bei den berücksichtigten Patienten sind vor allem bei denjenigen mit MS präoperativ in unterschiedlicher Intensität sich supraglottal zeigende dysarthrophonische Symptomatiken aufgefallen. Die Patienten mit M. Parkinson waren diesbezüglich weniger auffällig. Die auditive Bewertung der Stimmqualität beider Patientengruppen nach dem RBH-System ergab keinen gravierenden pathologischen Befund. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem Ergebnis der Bewertung isolierter Vokalproduktionen im Kapitel IV, Sektion 1.1..

3.1.2. Longitudinal betrachtete Patienten

Auch bei dieser Gruppe wurde auf dieselben Patienten zurückgegriffen, die bei der alleinigen Betrachtung der Stimmqualität zur Verfügung standen (vgl. Kap. IV, Sektion 1.2.). Somit nahmen zwei Patienten und zwei Patientinnen mit unterschiedlichen Grunderkrankungen (Patient 1: Degenerative Kleinhirnerkrankung (Cerebelläre Ataxie); Patient 2: Cerebrovaskuläre Erkrankung (Ischämischer Infarkt); Patientin 1: Erkrankung der Myelinscheide (Pons sowie periventriculär); Patientin 2: Erkrankung des motorischen Neurons (Amyotrophische Lateralsklerose) an der Untersuchung teil (vgl. Kap. IV, Sektion 1.2.).

Ebenso wie bei den Aufnahmen zur Stimmqualitätsbetrachtung wurden von zwei Patienten und einer Patientin über einen Zeitraum von acht Monaten, innerhalb derer logopädische Therapiesitzungen stattgefunden haben, jeweils zehn Aufnahmen gemacht. Von einer Patientin konnte auf Grund der raschen Progredienz ihres Krankheitsverlaufs nur drei Aufnahmen über einen Zeitraum von drei Monaten gemacht werden.

3.1.3. Kontrollgruppe

Für die Daten der gesunden Kontrollgruppe wurden 20 erwachsene Personen (10 männliche und 10 weibliche Personen) mit einer geschlechtsspezifisch ausgeglichenen

Altersstruktur (22 bis 58 Jahre) ohne bekannte Stimm- bzw. Sprechstörungen ausgesucht.

3. 2. Untersuchungsgegenstand und Produktionsaspekte zur glottal-supraglottalen Artikulation

Neben der Präsentation des Untersuchungsgegenstandes soll die Darlegung der artikulatorischen Zusammenhänge und die durch sie erzeugten akustischen Ereignisse in dieser Sektion zum besseren Verständnis der ungestörten Abläufe bei den für diese Studie gewählten Silbenfolgen dienen. Für die Fragestellung wurden Silbenfolgen gewählt, zu deren Artikulation eine sich wiederholende Verbindung von supraglottalen Artikulationsgesten mit glottalen Abduktions- und Adduktionsgesten vonnöten ist. Es wurden für die labialen artikulatorischen Wechselbewegungen als Silbenfolgen die Konsonant-Vokalkombination /pa/, für die apikalen Bewegungen die Kombination /ta/ und für die dorsalen Bewegungen die Kombination /ka/ verwendet.

Zur Gewinnung der Signale wurden die Patienten und die zur Kontrollgruppe gehörenden Personen gebeten, jeweils mindestens 15 Wiederholungen der Plosiv-Vokal-Kombinationen auf einem Atemzug so schnell wie möglich zu produzieren. Durch die Verwendung dieser Kombinationen sollen die Artikulationsfertigkeiten beider Probandengruppen anhand dreier Produktionsaspekte untersucht werden.

Ein erster Aspekt betrifft die stimmhaften Anteile im Silbenzyklus, die auf Grund der Stimmlippenschwingungen vorhandenen sind.

Ein zweiter Aspekt behandelt die orale (supraglottale) Schließungs- und Öffnungsgeste für den bilabialen, für den dentalen bzw. alveolaren und für den velaren Plosiven sowie die sich anschließende Vokalproduktion. Durch diese Produktionsabschnitte wird das zyklische Vorhandensein der KV-Silbe bedingt.

Schließlich beinhaltet ein dritter Aspekt die intraartikulatorische Synchronisierung der glottalen Ab- und Adduktionsgeste sowie ihren Zusammenhang mit dem artikulatorischen und akustischen Ereignis der Stimmansatzzeit (VOT).¹

In Abbildung V.1 werden die beiden artikulatorischen Gesten (Glottale Geste; Orale Geste) mit Bezug zum akustischen Signal konkretisiert. Zudem wird ihre synchrone Abfolge innerhalb eines Silbenzyklus verdeutlicht.

¹ Zur zeitlichen Interaktion zwischen artikulatorischen Abläufen und akustischen Ereignissen vgl. Bell-Berti und Harris (1981). Im Rahmen ihres *Temporal Model of Speech Production* formulieren sie dazu einige Grundprinzipien.

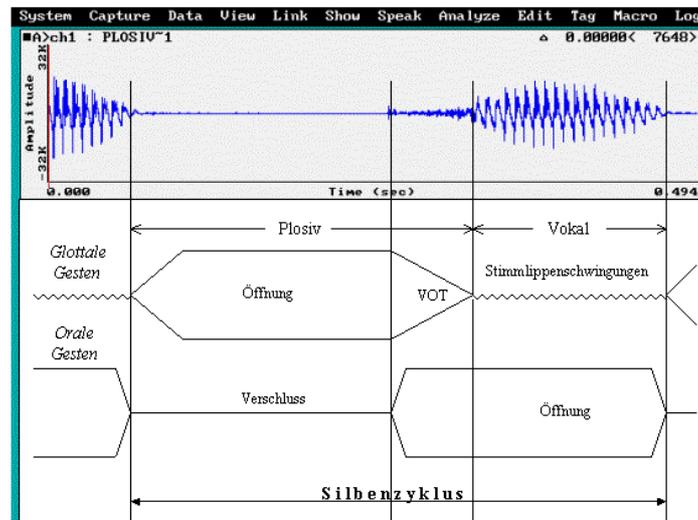


Abbildung V.1: Phonatorische und artikulatorische Gesten zur Plosiv-Vokal-Produktion.

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass die orale Schließung mit einer exakt synchronisierten glottalen Öffnung einhergeht. Es ist kaum perseveratorische Stimmhaftigkeit aus dem vorangehenden Vokal im Verschluss vorhanden. Der supraglottale (intraorale) Druckaufbau erfolgt schnell und regelrecht. Nach der oralen Lösung des Verschlusses und der parallel einsetzenden Adduktionsgeste der Stimmlippen führt der Druckabfall zu einer gut definierten VOT-Dauer sowie zu einer regelrechten Dauer des nachfolgenden Vokals.

3.3. *Asynchronie und Artikulationsbeeinträchtigungen bei der Plosiv-Vokal-Produktion*

In dieser Sektion werden Beispiele zu gestörten artikulatorischen Abläufen mit in der Folge abweichenden akustischen Ereignissen dargelegt. Sie sollen zum besseren Verständnis der bei den Silbenproduktionen möglichen bzw. bei den Patienten festgestellten sprechmotorischen Fehlsteuerungen dienen, die in den Sektionen 4 und 5 dieser Studie präsentiert und diskutiert werden.¹

Die Synchronisierung bzw. die Koordination sprechmotorischer Ereignisse verlangt die Aktivierung verschiedener Muskelgruppen. Die Koordinationsprozesse betreffen zum einen ein Artikulationssystem (intraartikulatorische Synchronisierung).

¹ Für die in dieser Studie behandelten Patienten sind Störungen festgestellt worden, die in den Abbildungen V.4 bis V.6 unten verdeutlicht werden. Bei der Präsentation der Ergebnisse bzw. bei ihrer Diskussion wird auf die jeweils relevanten Abbildungen verwiesen.

Zum andern sind sie auf zwei (oder mehr) verschiedene Artikulationssysteme (interartikulatorische Synchronisierung) zu beziehen.

Bei den in dieser Studie betrachteten Plosiv-Vokal-Produktionen erfordert die interartikulatorische Synchronisierung die zeitliche Koordination bzw. Interaktion zwischen laryngalen und supralaryngalen Abläufen wie beispielsweise bei der glottalen Öffnungs- und oralen Schließungsgeste (vgl. z. B. Löfquist & Yoshioka, 1981). Die intraartikulatorische Synchronisierung betrifft dabei die Realisierung verschiedener motorischer Befehle an einem Artikulator wie beispielsweise bei der glottalen Ab- und Adduktionsgeste der Stimmlippen.

Eine gestörte Koordination der interartikulatorischen Abfolgen bei Plosiv-Vokal-Produktionen kann eine Asynchronie bei der glottalen Öffnungs- und Schließungsgeste und der oralen Schließungs- und Öffnungsgeste beinhalten. In den Abbildungen V.2 und V.3 werden möglich asynchrone artikulatorische Abfolgen und durch sie erzeugte akustische Ereignisse dargelegt.

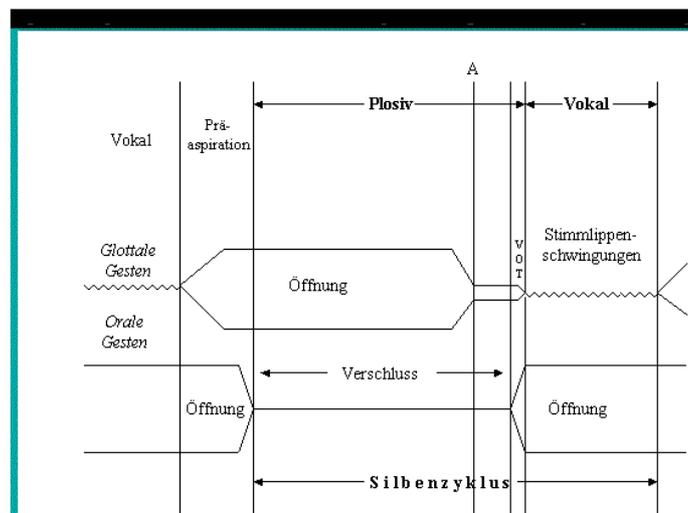


Abbildung V.2: Interartikulatorische Asynchronie bei der Plosiv-Vokal-Produktion.

Aus der Abbildung V.2 ist ersichtlich, dass ein zeitlich verspäteter supraglottaler Verschluss (orale Geste) bei bereits vorhandener glottaler Öffnung Präaspiration bedingt. Zudem kommen die Stimmlippen früher in Adduktionsposition (A). Durch die Präaspiration ist ein geringerer supraglottaler Druckaufbau mit in der Folge verkürzter VOT vorhanden.

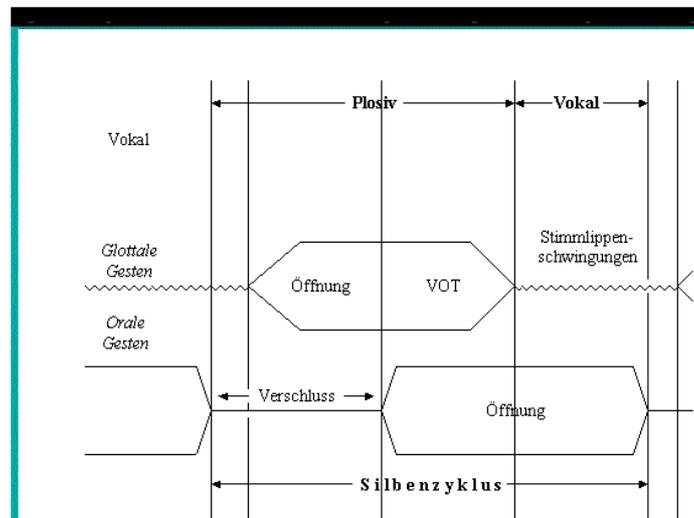


Abbildung V.3: Interartikulatorische Asynchronie bei der Plosiv-Vokal-Produktion.

Aus der Abbildung V.3 ist ein kurzer oraler Verschluss mit aus dem vorausgehenden Vokal kommenden stimmhaften Anteilen ersichtlich. Die zeitliche Koordination von oraler Öffnung (Plosivlösung) und glottalem Verschluss ist beeinträchtigt bzw. in ihrer Dauer verschoben, so dass akustisch daraus eine verlängerte VOT resultiert.

In den folgenden drei Abbildungen werden Beispiele für weitere artikulatorische Fehlfunktionen gegeben.

Abbildung V.4 verdeutlicht eine intraartikulatorische Asynchronie der glottalen Geste und ihre artikulatorische bzw. akustische Auswirkung. Durch eine lange partielle Perseveration der Stimmhaftigkeit während der oralen Verschlussphase mit mangelnder glottaler Abduktion ist der supraglottale Druckaufbau während der Verschlussphase geringer. Die VOT ist somit schwächer ausgeprägt bzw. in ihrer Dauer verkürzt vorhanden.

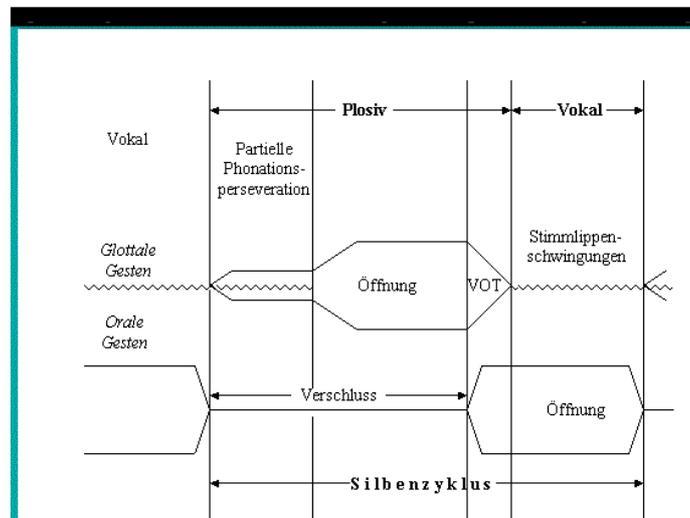


Abbildung V.4: Glottale intraartikulatorische Asynchronie bei der Plosiv-Vokal-Produktion.

In der Abbildung V.5 wird eine supraglottale Artikulationsbeeinträchtigung bei synchroner Abfolge der oralen und glottalen Artikulationsgeste verdeutlicht.

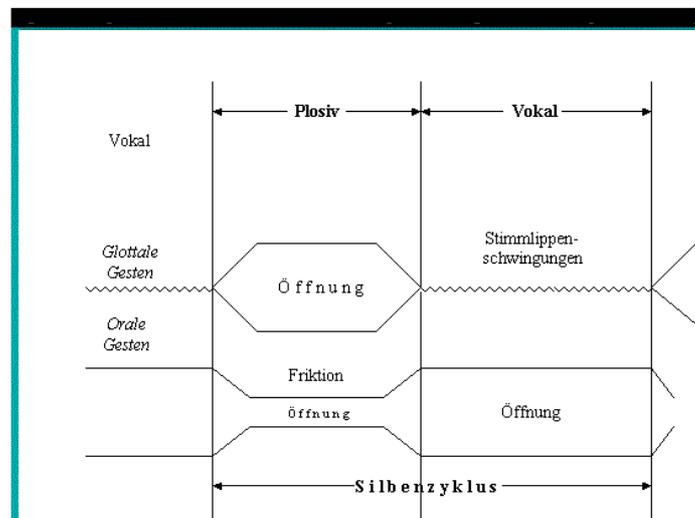


Abbildung V.5: Supraglottale Artikulationsbeeinträchtigung bei der Plosiv-Vokal-Produktion.

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass der orale Verschluss nicht vollständig zustande kommt. Die Verschlussdauer ist verkürzt und der Verschluss geht mit einer Frikativisierung einher. In der Folge dieses Artikulationsdefizits fehlt die Plosivlösung bzw. die nachfolgende Geräuschphase bis zu Beginn der Stimmlippen-schwingungen für den folgenden Vokal (VOT), und die Vokaldauer ist länger.

In der Abbildung V.6 wird schließlich eine glottale intraartikulatorische Asynchronie bei gleichzeitig vorhandener supraglottaler Artikulationsbeeinträchtigung angezeigt.

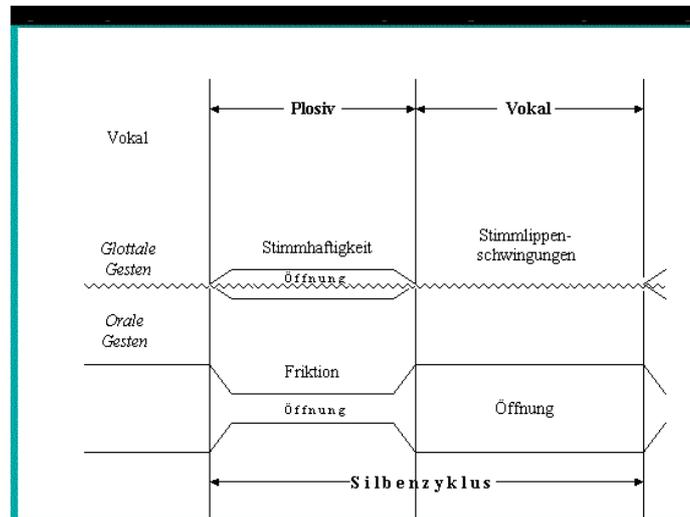


Abbildung V.6: Glottale intraartikulatorische Asynchronie und supraglottale Artikulationsbeeinträchtigung bei der Plosiv-Vokal-Produktion.

Neben durchgängiger Stimmhaftigkeit im kürzeren Verschluss ist Friktion auf Grund einer fehlenden oralen Verschlussbildung bzw. mangelnder Artikulationspräzision vorhanden. In der Folge davon wird keine Plosivlösung bzw. nachfolgende Geräuschphase bis zu Beginn der Stimmlippenschwingungen für den folgenden Vokal (VOT) angezeigt. Die Vokaldauer ist wiederum länger.

3.4. Aufzeichnungsmodus und glottal-supraglottale Analyseparameter

Die Aufzeichnungen wurden wie bei der in Kapitel IV dargelegten Studie mit dem kommerziell erhältlichen Sprachverarbeitungssystem "Computerized Speech Lab (CSL), Modell 4300B", der Firma Kay Elemetrics Corp. unter Verwendung eines Nacken-Kondensatormikrophons (NEM 192.15, beyerdynamic) und eines EGG-Systems der Firma Laryngograph Ltd. (Portable Laryngograph) gemacht. Die beiden Signale wurden auch hier mit einer Abtastrate von 50 KHz und einer Amplitudenauflösung von 16 Bit digitalisiert. Der Abstand des Mikrophons zum Mund des Probanden wurde während der Aufnahme bei den Stimulationspatienten unter den beiden Bedingungen nicht verändert, so dass diesbezügliche Artefakte ausgeschlossen werden können. Ebenso blieb die Platzierung der EGG-Elektroden unverändert. Bei den longitudinal untersuchten Patienten wurde versucht, den individuellen Mikrophonabstand von Sitzung zu Sitzung gleichzuhalten. Die EGG-Elektroden wurden bei ihnen nach Palpation

der Incisura thyroidea superior in gleichmäßigem Abstand von dieser Einkerbung auf die Haut über den beiden Schilddrüsenknorpelplatten angebracht. Somit kann auch hier von einer relativen Konstanz bei den Messungen ausgegangen werden kann. Die Aufzeichnungen erfolgten in einem schallbehandelten Therapieraum der Neurologischen Universitätsklinik des Saarlandes, Homburg bzw. im schallbehandelten klinisch phonetischen Labor der Arbeitsstelle „Klinische Phonetik“ der Universität des Saarlandes an der Caritasklinik St. Theresia, Saarbrücken. Bei der Datenerhebung für die Stimulationspatienten lag jeweils eine halbe Stunde zwischen den Aufnahmebedingungen (a) mit Stimulation und (b) ohne Stimulation. Die Parkinson-Patienten standen während der Aufnahmezeit wie oben erwähnt unter ihrer bisherigen Medikation.

Das akustische Signal wurde auf einer CSL-Station im Zeitsignal mit Bezug zum Spektrogramm und zum synchron vorhandenen elektrolottographischen Signal segmentiert. Als relevante Signalabschnitte wurden in ihrer Dauer jeweils (a) die von dem vorausgehenden Vokal /a/ stammende perseveratorische Stimmhaftigkeit im Verschluss (z. B. Stimm-Verschl_p), (b) der Verschluss (z. B. Verschl_t), (c) die Plosivlösung zusammen mit der darauf folgenden Geräuschphase bis zum Beginn der Stimmlippenschwingungen für den folgenden Vokal /a/ (= VOT (Voice Onset Time, z. B. VOT_k) und (d) schließlich die Dauer des folgenden Vokals /a/ (z. B. p_Vokald) gemessen. In Abbildung V.7 werden die relevanten Signalabschnitte, die als Produktionsparameter gelten, am Beispiel der /ka/-Silben verdeutlicht.

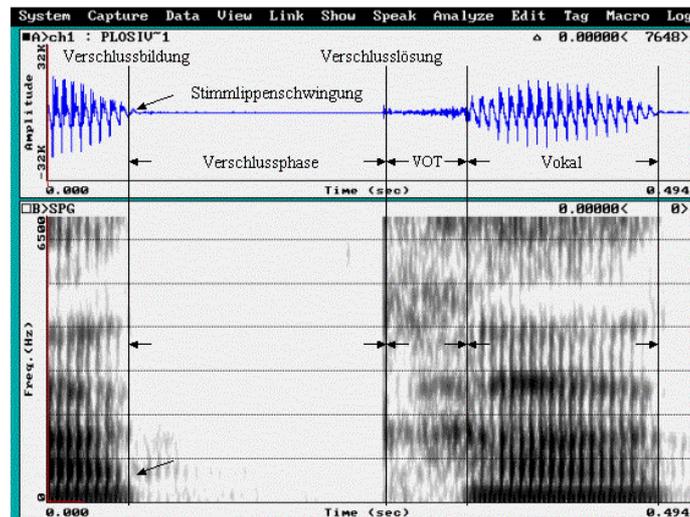


Abbildung V.7: Signalabschnitte zur Plosiv-Vokal-Produktion.

Zudem wurden in ihrer Dauer zwei weitere Produktionsparameter ermittelt, die (a) einen Kombinationswert bezüglich der stimmhaften Anteile innerhalb eines Silben-

zyklus (z. B. Stimm_Sil-Zyk_p) und (b) einen Kombinationswert bezüglich des gesamten Silbenzyklus (z. B. Sil-Zyk_t_gesamt) beinhalten.¹ Für die statistischen Berechnungen wurden für jeden Patienten und für jeden gesunden Probanden die Werte von 10 Wiederholungen zu den vier Produktionsparametern pro Konsonant-Vokalkombination herangezogen. Zudem gingen die Werte der beiden Kombinationsparameter pro Wiederholung und Konsonant-Vokal-Kombination in die Berechnungen ein. Die daraus errechneten Mittelwerte (mit Standardabweichung) für die einzelnen Produktionsparameter werden in Millisekunden angegeben.

3.5. Untersuchungsgegenstand und Analysen zur Stimmqualität

Zur Analyse der Stimmqualität wurde aus den jeweils 10 mal vorhandenen Plosiv-Vokal-Kombinationen /pa, ta, ka/ das akustische Signal der Vokale (30 Vokalsignale pro Bedingung bzw. Aufnahmesitzung) unter Ausschluss der Formanttransitionen und das simultan dazu vorhandene elektroglottographische Signal herausgeschnitten.

Die Analysen des akustischen Signals wurden mit der aktuellen Version der von Wokurek und Pützer erarbeiteten Stimmanalysemethode vollzogen (Wokurek & Pützer, 2003; Pützer & Wokurek, 2005). Für das elektroglottographische Signal wurde die Methode zur Quantifizierung der EGG-Einzelkurve von Marasek herangezogen (Marasek, 1997). Der bei den Analysen verwendete Parametersatz des EGG-Analyseprogramms enthält 7 Analyseparameter (vgl. Kap. I, Sektion 2.2.2.). Der Parametersatz der akustischen Stimmanalysemethode von Wokurek und Pützer enthält 5 Analyseparameter (vgl. Kap. I, Sektion 1.6.2.). Beide Parametersätze beinhalten die Parameter, die sich in bisherigen Untersuchungen unter Verwendung statistischer Verfahren (Korrelationsberechnungen, Faktorenanalysen) als die differenzierungskräftigsten Parameter der beiden Programme mit geringster Redundanz herausgestellt haben.

3.6. Funktionalitätsbewertung der Artikulationssysteme

Der direkte Vergleich der glottal-supraglottalen artikulatorischen Analysedaten mit den elektroglottographischen und akustischen Daten zur glottalen Anregungsqualität wird anhand der Produktionen zu den schnellen Silbenwiederholungen vollzogen. Insofern

¹ Bei diesem ersten Produktionsparameter (Stimm-Sil-Zyk) werden der jeweilige Wert des Parameters zu den stimmhaften Anteilen im Verschluss (Stimm-Verschl) und der jeweilige Wert des Vokals (Vokald) addiert. Bei dem zweiten Produktionsparameter dieser Art (Sil-Zyk_gesamt) werden der jeweilige Wert des Parameters zum Verschluss (Verschl), der jeweilige Wert zur VOT und der jeweilige Wert des Vokals (Vokald) addiert.

ist eine Grundlage für die Bewertung der Funktionalität dieser beiden Artikulationssysteme auf der Basis synchron gewonnener Daten ermöglicht worden.

3.7. Statistik

Die statistische Bearbeitung der Analysedaten, die mit SPSS Version 11.5 vollzogen wurde, beinhaltet mehrere Schritte. Sie sind sowohl bei der Betrachtung der glottal-supraglottalen Artikulation als auch bei der Stimmqualitätsbetrachtung relevant. Bei letzterer werden die beiden Geschlechter, wenn pathologiespezifische tendenzielle Aussagen angestrebt werden, getrennt analysiert. Die individuellen Patientendaten werden dabei mit den Daten der gleichgeschlechtlichen Kontrollgruppe verglichen.

Zudem werden die statistischen Prozeduren für die Stimulationspatienten und Longitudinalpatienten getrennt erwähnt.

3.7.1. Stimulationspatienten

(a) Multivariate Varianzanalysen (MANOVA) und ggf. Posthoc-Tests (Tukey's honestly significant differences) zum Nachweis von

(aa) pathologiespezifischen Gruppentendenzen der Stimulationsauswirkungen (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Mit Stimulation / Ohne Stimulation).

(bb) pathologiespezifischen Gruppentendenzen der Stimulationsauswirkungen im Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Mit Stimulation / Ohne Stimulation / Kontrollgruppe).

(cc) intrasubjektiven Auswirkungen der Stimulation (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Mit Stimulation / Ohne Stimulation).

(dd) intrasubjektiven Auswirkungen der Stimulation im Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Mit Stimulation / Ohne Stimulation / Kontrollgruppe).

(b) Korrelationsberechnungen (Pearson) mit den artikulatorischen Produktionsparametern zum Nachweis von Zusammenhängen zwischen der glottalen und oralen Öffnungs- und Schließungsgeste.

3.7.2. Longitudinalpatienten

(a) Multivariate Varianzanalysen (MANOVA) und Posthoc-Tests zum Nachweis der

(aa) intrasubjektiven Entwicklung der artikulatorischen Fertigkeiten und der Stimmqualität über den betrachteten Zeitraum (Unabhängige Variable enthält die Bedingung Aufnahmesitzungen 1 bis 10 bzw. 1 bis 3).

(bb) individuellen Entwicklung der artikulatorischen Fertigkeiten und der Stimmqualität im Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe über den betrachteten Zeitraum (Unabhängige Variable enthält die Bedingungen Aufnahmesitzungen 1 bis 10 bzw. 1 bis 3 und 11 = Kontrollgruppe).

3.8. Präsentation der Ergebnisse

Die Ergebnisse zur glottal-supraglottalen Fragestellung und zur Stimmqualitätsanalyse werden zueinander in Beziehung gesetzt. Deshalb werden sie bei der Beschreibung der pathologiebezogenen Gruppentendenzen und bei den individuellen Betrachtungen der einzelnen Patienten zusammen angeführt. Zunächst werden dabei die Stimulationspatienten berücksichtigt. Dann folgt die Präsentation der Ergebnisse zu den Longitudinalpatienten. Ein bewertender Vergleich zwischen beiden Gruppen wird schließlich in der Diskussion vollzogen.

Für die Stimulationspatienten werden die pathologiebezogenen Ergebnisse getrennt von den individuellen Ergebnissen angeführt. Zudem werden bei ihnen bei der Darstellung der phonatorischen Entwicklung beider Pathologien die Geschlechter getrennt betrachtet. Die glottal-supraglottalen Artikulationsgesten werden dabei nicht geschlechtsspezifisch präsentiert.

Die Ergebnisse werden in Tabellen im Anhang C angeführt. Dabei werden diejenigen Parameter berücksichtigt, die für eine signifikante Unterscheidung der jeweiligen Bedingungen bzw. für Tendenzen relevant sind.

Zur besseren Verdeutlichung wird im Text auf Abbildungen zu ausgewählten Aspekten (mit Verweis auf die relevante Tabelle) zurückgegriffen, um auf wesentliche Entwicklungen für das betrachtete Krankheitsbild bzw. für das Individuum hinzuweisen.

In die für die glottal-supraglottale Artikulation vollzogenen Korrelationsberechnungen werden nur die Parameter eingeschlossen, die sich für die jeweilige Fragestellung als relevant herausgestellt haben.

Die Ergebnisse zu den Korrelationsberechnungen werden, wenn sie die Argumentation unterstützen, im Text angeführt.

Die Interpretation der präsentierten Parameterwerteveränderungen bei den Stimmqualitätsparametern orientiert sich an den im Kapitel II, Sektion 2.7. dazu dargelegten beobachteten Tendenzen.

4. Stimulationspatienten

Bei der Betrachtung der glottal-supraglottalen Artikulation sind für die glottalen Gesten die stimmhaften Anteile im Silbenzyklus, für die oralen Gesten die Dauer des Silbenzyklus, die Verschlussdauer sowie die Vokaldauer und für die intraartikulatorische Synchronisierung der glottalen Ab- und Adduktion die stimmhaften Anteile im Verschluss sowie die VOT relevant (vgl. Sektion 3.4. oben).

Bei der Stimmqualitätsbetrachtung wird auf 7 elektrolottographische und 5 akustische Parameter zurückgegriffen (vgl. Kap. I, Sektion 1.6.2 & Sektion 2.2.2.).

4.1. Pathologiespezifische Gruppentendenzen zu Auswirkungen der Stimulation

(a) M. Parkinson

Bei den Patienten mit M. Parkinson sind durch 6 Produktionsparameter signifikante Unterschiede bei der glottal-supraglottalen Artikulation unter beiden Bedingungen (Mit Stimulation - Ohne Stimulation) zu belegen (vgl. Anhang C, Tabelle V.1).

Die für die Plosiv-Vokalkombinationen notwendige glottale intraartikulatorische Synchronisierung gelingt bei ihnen nicht immer. Unter Stimulation sind größere stimmhafte Anteile in den /k/-Verschlüssen und eine daraus resultierende geringere Dauer bei der VOT vorhanden (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.4 oben). Dies weist auf eine schwächere Abduktionsgeste hin. Bei den Produktionen ohne Stimulation ist der Mittelwert zur VOT signifikant höher und die stimmhaften Anteile im Verschluss sind signifikant geringer. In Abbildung V.8 wird dieses umgekehrt proportionale Verhältnis bei den beiden Produktionsparametern unter beiden Bedingungen verdeutlicht.

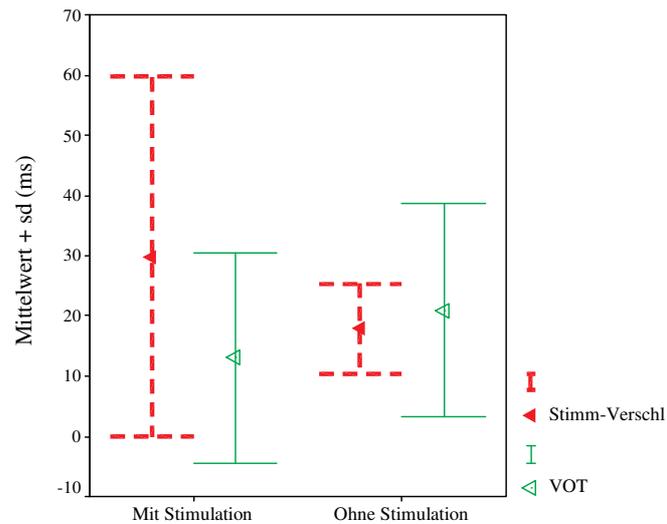


Abbildung V.8: Stimmhafte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl) und Voice Onset Time (VOT) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (/ka/-Silbe; beide Parameter: $p < 0,001$).

Neben diesem Produktionscharakteristikum ist zudem eine geringere Dauer der /t/-Verschlüsse unter Stimulation auffällig. Sie ist dadurch zu erklären, dass bei einigen Patienten an Stelle des Verschlusses Friktion vorhanden ist (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.5 oben). Diese frikativischen Produktionsanteile gehen mit einem Verschlussdauerwert von 0 in die Mittelwertberechnungen ein. Aus der Abbildung V.9 wird das Verhältnis der Verschlussdauerwerte unter beiden Bedingungen ersichtlich.

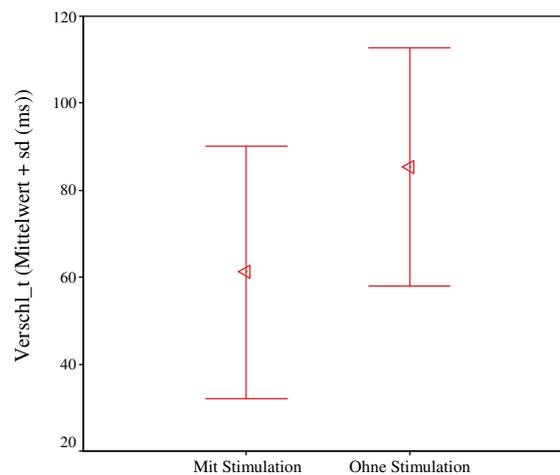


Abbildung V.9: Verschlussdauer (Verschl_t) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (/ta/-Silbe; $p < 0,001$).

Diese Beobachtungen deuten in der Tendenz auf eine artikulatorische Beeinträchtigung unter Stimulationseinwirkung bei den Patienten mit diesem Krankheitsbild hin.

Die Betrachtung der phonatorischen Tendenzen unter Stimulation lassen wegen unterschiedlicher Parameterentwicklungen bei den Männern (OQ1 deutet z. B. auf eine Verschlechterung des Adduktionsverhaltens hin; ECV lässt hingegen einen stabileren Schwingungsmodus erkennen) keine tendenziellen Aussagen zu. Hierzu sind die individuellen Unterschiede bei den Patientendaten zu groß (vgl. Anhang C, Tabelle V.2).

Bei den Frauen belegen hingegen der akustische Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) und derjenige zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) durch ihre in der Tendenz höheren Werte einen steileren spektralen Abfall unter Stimulation (vgl. Anhang C, Tabelle V.3). Dies weist auf einen Energieverlust bei den höheren Frequenzen im Signal hin. Somit muss ein schlechteres Adduktionsverhalten bei ihnen angenommen werden. In Abbildung V.10 wird diese Entwicklung verdeutlicht.

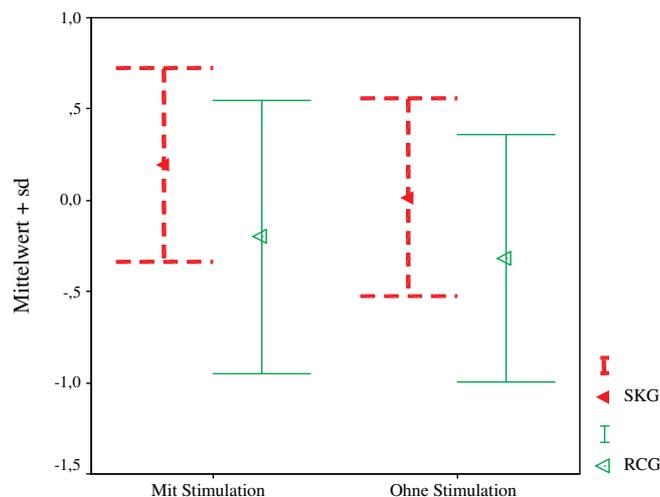


Abbildung V.10: Steilheit der Glottiswelle (SKG) und Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation.

Für das Krankheitsbild lässt sich insgesamt die Tendenz der Beeinträchtigung der glottal-supraglottalen Artikulation unter Stimulation herausstellen. Zudem belegt eine größere Streuung unter dieser Bedingung auch mehr Instabilität bei den artikulatorischen und phonatorischen Abläufen. Bezüglich der Phonation ist zudem unter dieser Bedingung bei den Frauen ein schlechteres Adduktionsverhalten vorhanden. Bei den männlichen Patienten sind die individuellen Entwicklungen zu konträr als dass eine Tendenzbeschreibung zum Phonationsverhalten sinnvoll erscheint.

(b) MS

Bei dieser Patientengruppe belegen 7 Produktionsparameter die glottal-supraglottalen Artikulationsunterschiede unter beiden Bedingungen (vgl. Anhang C, Tabelle V.4). Die bei Stimulationseinfluss höheren Anteile an stimmhaften Elementen innerhalb der /p/- und /k/-Silbenzyklen werden bei diesen Produktionen durch die größeren Dauerwerte der Vokale bedingt (Pearson: $r=0,989$; $p < 0,01$). Abbildung V.11 verdeutlicht diese Entwicklung am Beispiel der stimmhaften Anteile in den /k/-Silbenzyklen bzw. der Vokaldauerwerte für /k/.

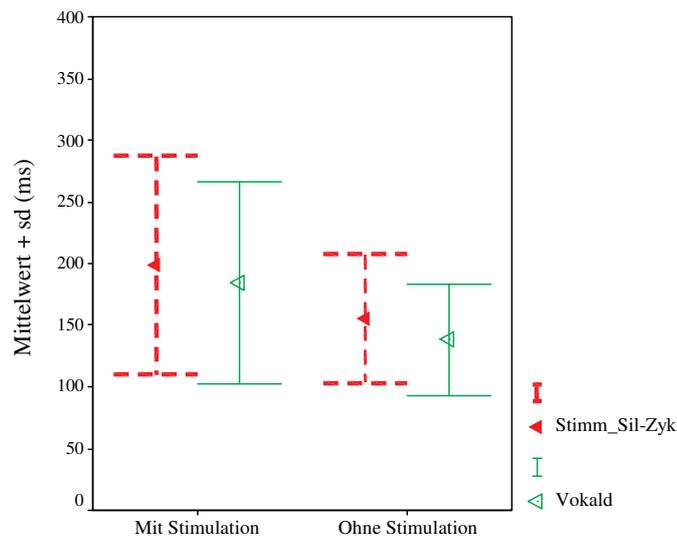


Abbildung V.11: Stimmhafte Anteile im Silbenzyklus (Stimm_Sil-Zyk) und Vokaldauer (Vokald) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (/ka/-Silbe; beide Parameter $p < 0,001$).

Zudem bedingen wiederum längere stimmhafte Anteile in den /t/-Verschlüssen die geringeren Dauerwerte der VOT für die /t/-Produktionen (Pearson: $r=-0,446$; $p < 0,01$) im Vergleich zu den ohne Stimulation erhobenen Werte (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.4 oben). Das ist aus der Abbildung V.12 zu ersehen.

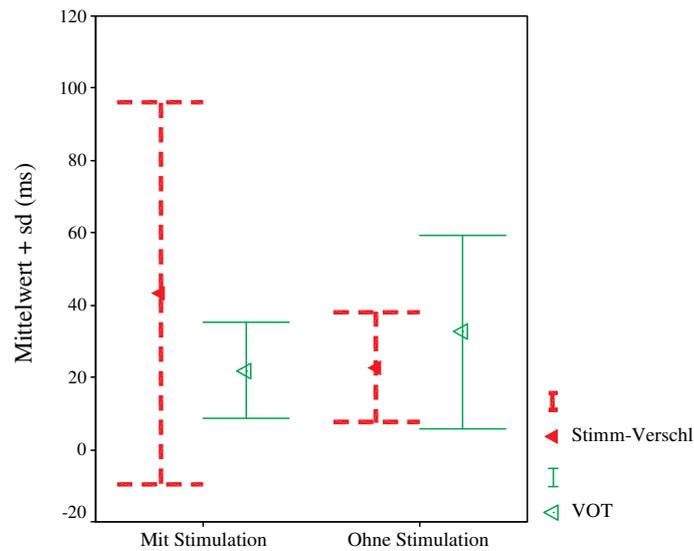


Abbildung V.12: Stimmhafte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl) und Voice Onset Time (VOT) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (/ta/-Silbe; beide Parameter: $p < 0,05$).

Bei den Männern erlauben die durch EGG und Akustik erfassten Anregungscharakteristika keine tendenzbezogene Aussage.

Bei den Frauen hingegen lassen mehrere Parameter Tendenzen einer glottal insgesamt angespannteren Phonationssituation unter Stimulation erkennen. Sie ist anhand des elektroglottographischen Parameters zur Startphase der Schließungsbewegung (SCV größer) bzw. des Parameters zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA geringer) sowie anhand des akustischen Parameters zur Steilheit der Glottisweile (SKG geringer) bzw. zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG geringer) zu belegen (vgl. Anhang C, Tabelle V.5).

In den Abbildungen V.13 (EGG) und V.14 (Akustik) wird diese Entwicklung gezeigt.

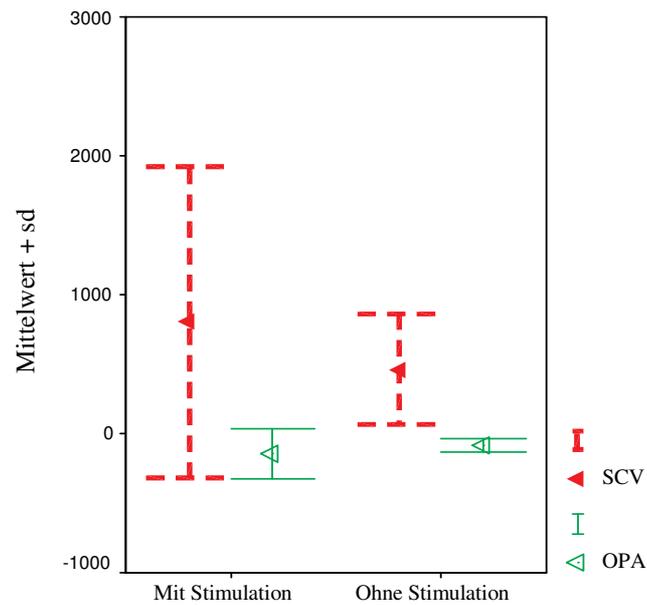


Abbildung V.13: Startphase der Schließungsbewegung (SCV) sowie Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation.

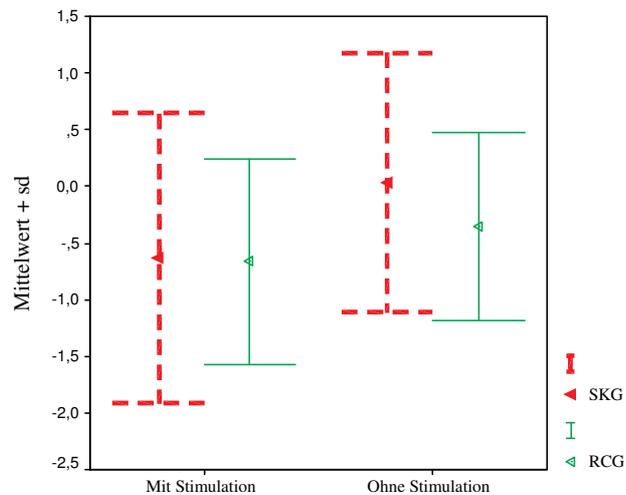


Abbildung V.14: Steilheit der Glottiswelle (SKG) und Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation.

Für dieses Krankheitsbild kann in der Tendenz für die Artikulationsabfolgen ebenso wie bei den Patienten mit M. Parkinson eine Beeinträchtigung festgehalten werden. Zudem wird wiederum eine größere Streuung unter dieser Bedingung offenkundig. Sie deutet auf mehr Instabilität bei den artikulatorischen und phonatorischen Abläufen hin. Die unter Stimulation gewonnenen Stimmqualitätsparameterwerte verweisen bei den Frauen auf eine angespannte Phonationssituation.

4.2. Referentielle Darlegung der pathologiespezifischen Gruppentendenzen

(a) M. Parkinson

Die Patienten mit M. Parkinson sind unter beiden Bedingungen (Mit und ohne Stimulation) anhand von 17 Produktionsparametern größtenteils höchst signifikant von der Kontrollgruppe zu unterscheiden (vgl. Anhang C, Tabelle V.6). Für die Unterscheidung sind (a) die stimmhaften Anteile in den Silbenzyklen, (b) die Gesamtdauer der Silbenzyklen, (c) teilweise die Verschlussphasen, (d) größtenteils die Vokaldauerwerte, (e) die stimmhaften Anteile in den Verschlüssen und schließlich (f) die Dauerwerte der VOT wichtig. Dieses Ergebnis weist auf die bereits bestehende artikulatorische Beeinträchtigung der Patienten vor der operativen Behandlung hin. Evidenz dafür wird dadurch gegeben, dass sich nur bei zwei Parametern unter Stimulation und bei einem Parameter unter Nichtstimulation keine signifikanten Unterschiede zur Kontrollgruppe nachweisen lassen.

Die Betrachtung des Phonationsverhaltens bringt bei den Männern anhand von 3 EGG-Parametern (CLA, OPA, CV) und 2 akustischen Parametern (OQG, GOG) unter beiden Bedingungen signifikante Unterscheidungen gegenüber der Kontrollgruppe zutage (vgl. Anhang C, Tabelle V.7). Mit zwei elektrolottographischen Parametern (OQ1, ECV) gelingt zudem eine signifikante Differenzierung zwischen den beiden Bedingungen und zwischen der Kontrollgruppe. Die Unterscheidungen deuten auf eine Verschlechterung der phonatorischen Leistungen gegenüber den gesunden Probanden hin. Abbildung V.15 zeigt dies am Beispiel des Parameters CLA, der die Steilheit der Schließungsbewegung betrifft.

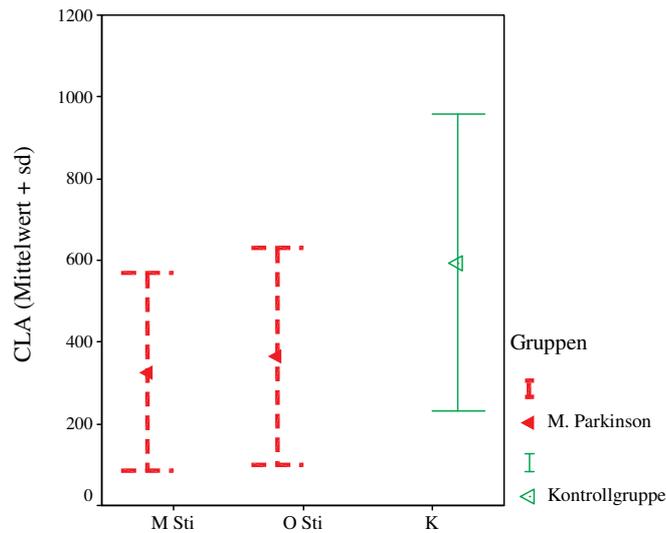


Abbildung V.15: Steilheit der Schließbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti & O Sti gegenüber K: $p < 0,001$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass geringere Werte bei den Patienten unter beiden Bedingungen im Vergleich zu der Kontrollgruppe vorhanden sind. Diese geringeren Werte stehen für einen flacheren Verlauf der gesamten Schließbewegung. Die Stimmlippen schließen langsamer. Der akustische Parameter zum Öffnungsquotienten (OQG) lässt diese Tendenz ebenfalls erkennen.

Bei den Frauen können die beiden Stimulationsbedingungen mit Hilfe von 2 EGG-Parametern (OPA, CV) und einem akustischen Parameter (GOG) von der Kontrollgruppe unterschieden werden. Diese Unterscheidungen stehen für eine Tendenz der Phonationsverbesserung (vgl. Anhang C, Tabelle V.8). Mit zwei weiteren akustischen Parametern (SKG, RCG) können tendenzielle Entwicklungen bei den Stimulationsbedingungen im Vergleich mit der Kontrollgruppe aufgezeigt werden. Dies wird in Abbildung V.16 am Beispiel des Parameters zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) gezeigt.

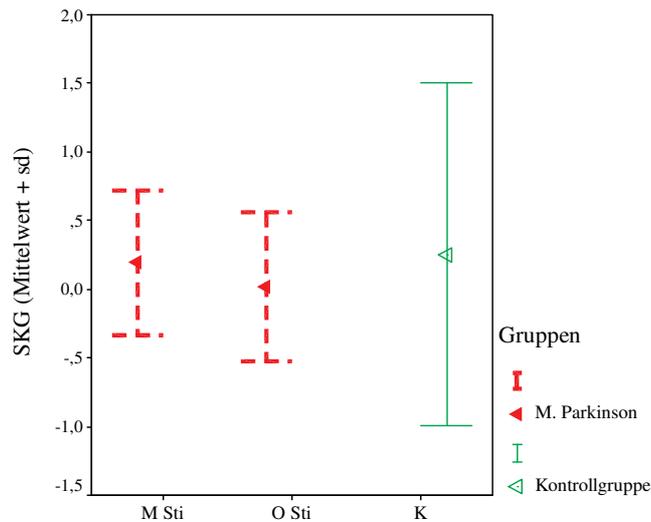


Abbildung V.16: Steilheit der Glottiswelle (SKG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation).

Die geringeren Parameterwerte bei den Patientinnen stehen für einen weniger steilen spektralen Abfall des Anregungsspektrums und somit für größere Energieanteile bei den höheren Frequenzen. Bei der Kontrollgruppe fällt eine überraschende phonatorische Instabilität durch eine große Streuung bei diesem Parameterwert auf.

Für die Patienten mit diesem Krankheitsbild weisen die artikulatorischen Parameter im Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe unter beiden Bedingungen auf eine Beeinträchtigung der artikulatorischen Abläufe hin. Die Parameterdaten zur Phonation belegen für die Männer ebenfalls unter beiden Bedingungen eher eine Verschlechterung des Schwingungsmodus der Stimmlippen; für die Frauen hingegen wird eine Verbesserung angezeigt. Folglich ist keine generelle Aussage bezüglich der Auswirkungen der operativen Maßnahmen auf das phonatorische System bei dieser Patientenkielntel möglich. Es kann vielmehr festgehalten werden, dass diese Maßnahmen eine phonatorische Variation mit sich gebracht haben, die entsprechend dem mehr oder minder bereits vorhandenen Schweregrad bezüglich der Beeinträchtigung eine positive oder negative Einschätzung verdient. Mit diesem Ergebnis wird auf die zwingend notwendige Betrachtung der einzelnen Patienten aufmerksam gemacht.

(b) MS

Bei diesen Patienten kann ebenfalls wie bei den M. Parkinson-Patienten generell von einer präoperativen Beeinträchtigung des Artikulationsverhaltens ausgegangen werden (vgl. Anhang C, Tabelle V.9). Belegt wird diese Feststellung durch signifikante Unterschiede in den Mittelwerten bei 17 Produktionsparametern im Vergleich mit der Kon-

trollgruppe. Bei 2 dieser Produktionsparameter gelingt nur jeweils unter einer Bedingung eine Abgrenzung gegenüber den Werten der Kontrollgruppe.

Das Phonationsverhalten der beiden Männer in dieser Gruppe zeichnet sich hingegen unter Stimulation durch eine angespannte, hyperfunktionelle Phonationssituation im Vergleich mit der Kontrollgruppe aus (vgl. Anhang C, Tabelle V.10). Dies kann am Beispiel anhand der Parameterwerteveränderung des EGG-Parameters zur Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung (SCA) gezeigt werden. Aus der Abbildung V.17 ist diese Entwicklung ersichtlich.

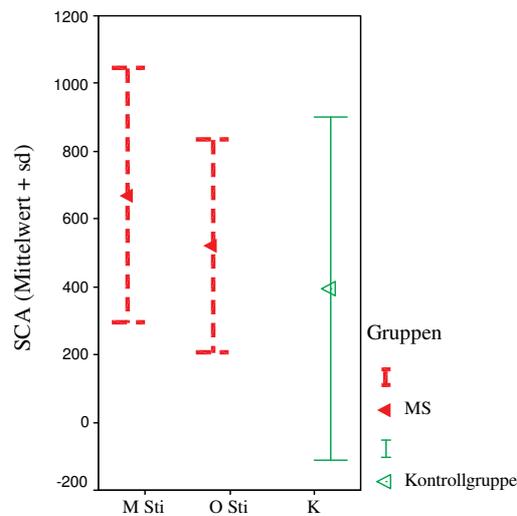


Abbildung V.17: Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung (SCA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber K: $p < 0,05$).

Hier wird durch einen höheren Parameterwert unter Stimulation deutlich, dass die Startphase der Anregung gegenüber der Kontrollgruppe und der Bedingung der Nichtstimulation steiler verläuft. Dadurch ist die angespannte Phonationssituation zu belegen.

Bei den Frauen ist ebenfalls durchweg unter Stimulation anhand der elektroglogographischen Parameter SCA, ECV, CV, CLA und OPA sowie der akustischen Parameter OQG, GOG, SKG und RCG eine hyperfunktionelle Komponente zu erkennen (vgl. Anhang C, Tabelle V.11). Durch sie ist offensichtlich das Phonationsverhalten dieser Patientengruppe zu charakterisieren. Am Beispiel des EGG Parameters zur Steilheit der Öffnungsbewegung wird dies in der folgenden Abbildung V.18 dargelegt.

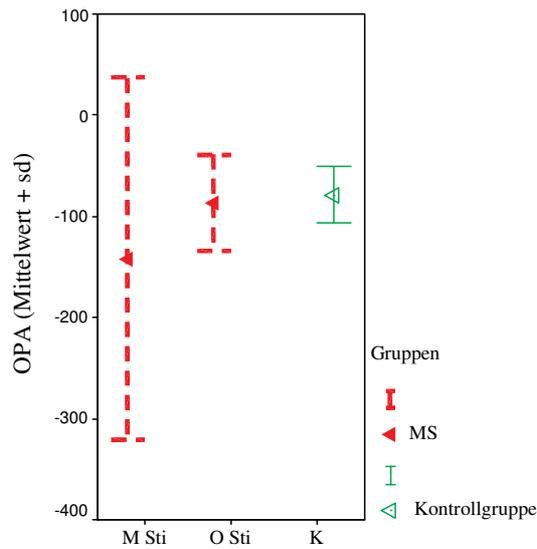


Abbildung V.18: Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber K: $p < 0,01$).

Hier ist zu ersehen, dass der Parameterwert der Öffnungsbewegung unter Stimulation im Vergleich mit demjenigen unter Nichtstimulation bzw. mit demjenigen der Kontrollgruppe geringer ist. Ein geringerer Parameterwert steht für eine steilere Öffnungsbewegung.

In der Abbildung V.19 wird am Beispiel des Parameters zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA größer) das tendenziell hyperfunktionelle Phonationsverhalten der Gruppe unter beiden Bedingungen verdeutlicht.

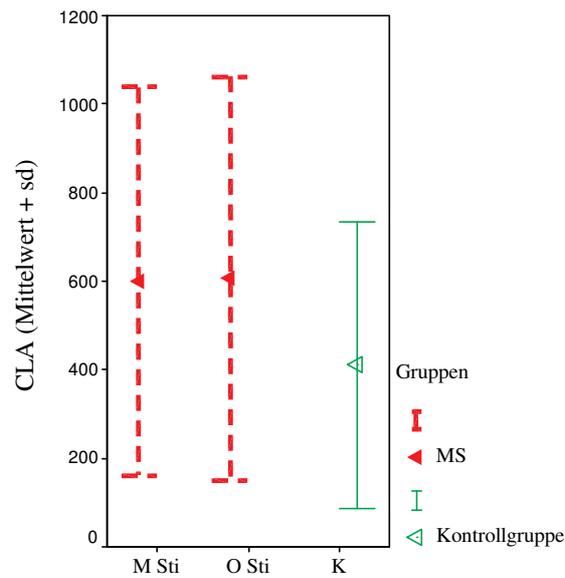


Abbildung V.19: Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti & O Sti gegenüber K: $p < 0,01$).

Größere Parameterwerte stehen für eine steilere Schließungsbewegung. Der akustische Analyseparameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG) verdeutlicht ebenfalls diese Entwicklung in Abbildung V.20 am Beispiel.

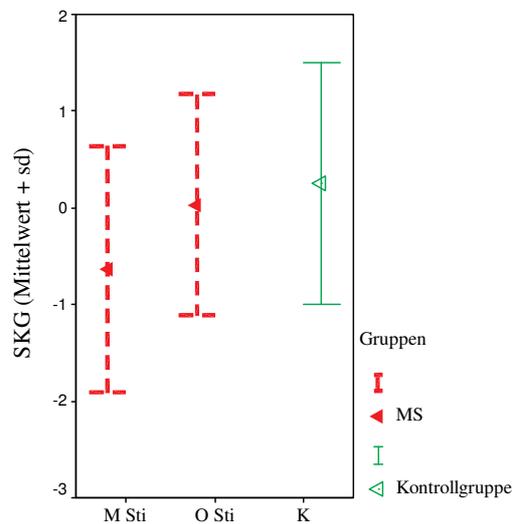


Abbildung V.20: Steilheit der Glottiswelle (SKG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber O Sti & K: $p < 0,01$).

Hier ist zu erwähnen, dass der Wert dieses Parameters sich unter Stimulation signifikant von dem ohne Stimulation gewonnenen Wert bzw. von demjenigen der Kontrollgruppe unterscheidet. Ein geringerer Wert steht für einen besseren Oberton-aufbau bei der Anregung.

Zusammenfassend kann für die Patienten mit MS festgehalten werden, dass durch den referentiellen Vergleich mit den Werten der Kontrollgruppe eine klar zu erkennende Tendenz einer unterschiedlichen bzw. konträren Entwicklung des artikulatorischen Systems gegenüber dem phonatorischen System zu belegen ist: Während einerseits die Bewegungskoordination bei den artikulatorischen Abfolgen gestört bzw. die Artikulationspräzision beeinträchtigt ist, zeigt sich andererseits eine hyperfunktionelle Phonationssituation. Auf dieses Ergebnis wird in der Diskussion zu dieser Studie näher einzugehen sein.

4.3. Intrasubjektive und individuell referentielle Darlegung der Stimulationsauswirkungen

Bei der folgenden Darlegung der Stimulationsauswirkungen wird in einem ersten Schritt auf die einzelnen individuellen Entwicklungen eingegangen. Schließlich werden in einem zweiten Schritt diese Entwicklungen durch einen Bezug zu den Daten der Kontrollgruppe bewertet. Diese Bewertung wird als referentielle Bewertung bezeichnet.

Bei beiden Schritten wird der individuelle Status anhand charakteristischer Ergebnisse dargelegt. Durch den Verweis auf die jeweiligen Tabellen stehen dem Leser ergänzend dazu weitere Analyseergebnisse zur Verfügung.

Mit den präsentierten Ergebnissen wird die Absicht verfolgt, die pathologiespezifischen Gruppentendenzen entweder am Individuum zu bestätigen oder gegebenenfalls auf individuelle Abweichungen von ihnen aufmerksam zu machen.

(a) M. Parkinson

(aa) Patientin 1

Bei der Betrachtung der glottal-supraglottalen Artikulation wird für diese Patientin zunächst deutlich, dass bei den Produktionen des /t/ unter Stimulation der Verschluss nicht zustande kommt (vgl. Anhang C, Tabelle V.12 & Sektion 3.3. Abbildung V.5 oben). Diese Phase wird bei ihr durch frikativische Anteile ersetzt, was in Abbildung V.21 an einem Beispiel gezeigt wird.

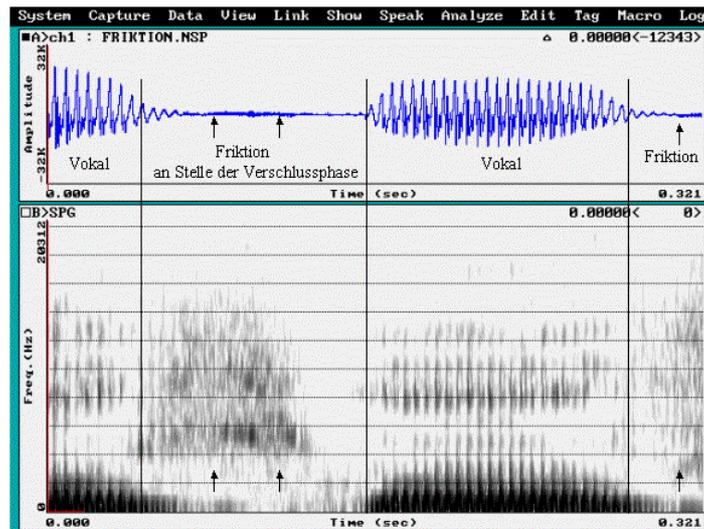


Abbildung V.21: /t/-Produktion mit frikativischen Anteilen im Verschluss.

Zudem existieren bei der Patientin unter Stimulation signifikant größere Vokaldauerwerte nach /p, t, k/, was sich auch auf die größeren stimmhaften Anteile innerhalb der Silbenzyklen auswirkt. Aus der Abbildung V.22 sind die Gesamtwerte der stimmhaften Anteile in den Silbenzyklen bzw. die Gesamtwerte für die Vokaldauer unter beiden Bedingungen zu ersehen.¹

¹ Bei dieser Patientin und bei weiteren Patienten werden zur zusätzlichen Illustration der Stimulationsauswirkungen auch Gesamtmittelwerte zu einzelnen Produktions- bzw. Kombinationsparametern in den Abbildungen präsentiert. Sie errechnen sich aus den in den Tabellen angeführten Werten zu den jeweiligen Parametern der /pa, ta, ka/-Produktionen; z. B. Gesamtmittelwert zu den unter Stimulation gewonnenen stimmhaften Anteilen im Silbenzyklus bei dieser Patientin: $\text{Stimm_Sil-Zyk_p} = 173,4 \text{ ms} + \text{Stimm_Sil-Zyk_t} = 172,4 \text{ ms} + \text{Stimm_Sil-Zyk_k} = 255,6 \text{ ms} = 200,4 \text{ ms}$.

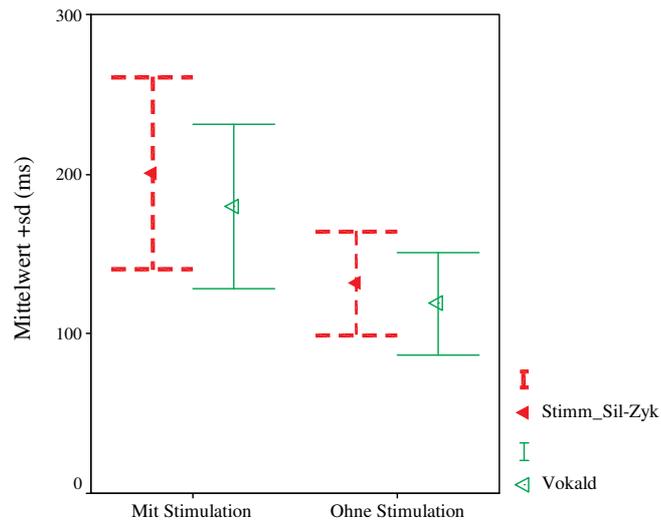


Abbildung V.22: Stimmhafte Anteile im Silbenzyklus (Stimm_Sil-Zyk) und Vokaldauer (Vokald) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (Gesamtwerte der /pa, ta, ka/-Silben; beide Parameter: $p < 0,01$).

Bei der referentiellen Bewertung der Analysedaten durch einen Vergleich mit den Werten der Kontrollgruppe imponieren unter Stimulation zunächst intraartikulatorische Synchronisierungsdefizite, die sich in signifikant längeren stimmhaften Anteilen in den /p/- und /k/-Verschlüssen mit in der Folge geringeren Werten bei der VOT zeigen (vgl. Anhang C, Tabelle V.13 & Sektion 3.3. Abbildung V.4 oben). Ohne Stimulationseinfluss ist dies nicht der Fall. Abbildung V.23 verdeutlicht diesen Zusammenhang anhand der Mittelwerte zu den /p/-Produktionen.

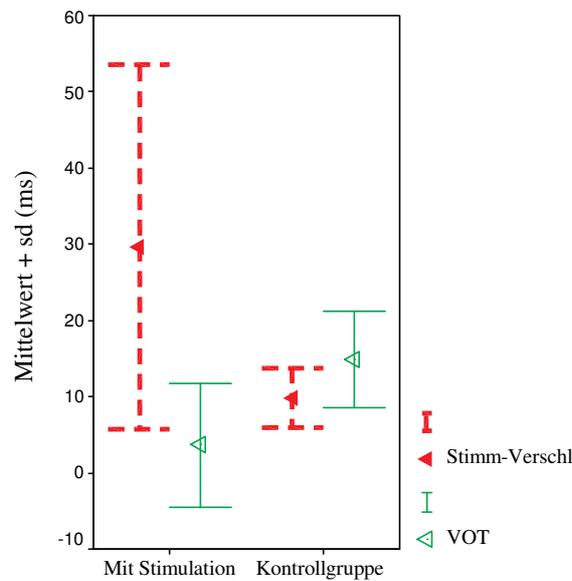


Abbildung V.23: Stimmhafte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl) und Voice Onset Time (VOT) (Mittelwert + Standardabweichung) unter der Bedingung mit Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (/pa/ Silbe; beide Parameter: $p < 0,001$).

Neben diesen Charakteristika weisen die Produktionsparameter in der glottalen und oralen Geste sowie die Produktionsparameter zum Verschluss und zur Vokaldauer unter beiden Bedingungen signifikant unterschiedliche Werte gegenüber der Kontrollgruppe bei dieser Patientin auf. Somit kann bereits vor der Elektrodenimplantation von einem artikulatorischen Defizit ausgegangen werden, das offensichtlich unter Stimulation größer geworden ist.

Bezüglich der Phonation kann anhand von Parameterwerteveränderungen unter Stimulation eine Verringerung des Öffnungsquotienten und eine steilere Öffnungsbewegung durch die EGG-Parameter OQ1 und OPA nachgewiesen werden. Diese Tendenz wird durch einen geringeren Wert bei dem akustischen Parameter zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) untermauert (vgl. Anhang C, Tabelle V.14). Folglich kann unter dieser Bedingung von einem stabileren phonatorischen Ablauf bei der Patientin ausgegangen werden. In Abbildung V.24 werden die Parameterentwicklungen anhand des EGG-Parameters zum Öffnungsquotienten (OQ1) aufgezeigt.

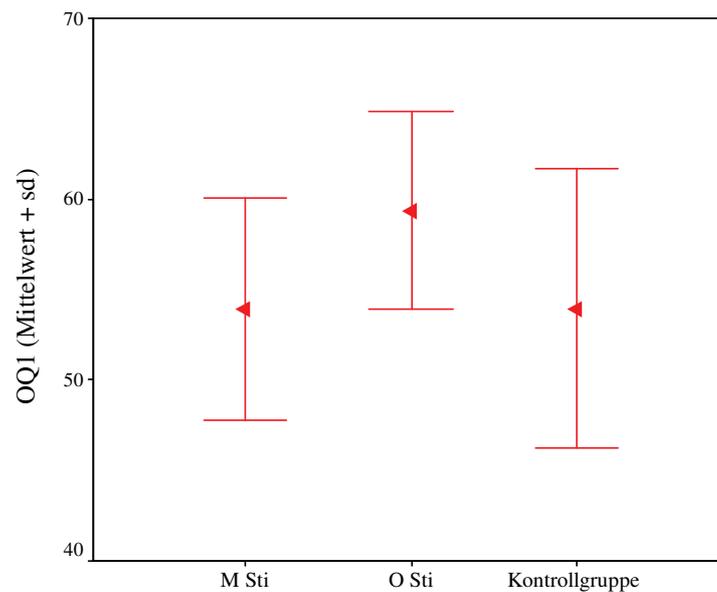


Abbildung V.24: Parameterwerte (Mittelwert + Standardabweichung) des Parameters zum Öffnungsquotienten (OQ1) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber O Sti: $p < 0,05$).

In der Abbildung wird weiter verdeutlicht, dass der Parameterwert unter Stimulation dem Wert der Kontrollgruppe gleichkommt.

Durch die weitere referentielle Bewertung wird diese Einschätzung zusätzlich bestätigt. Die elektrolottographischen Parameter SCA und CLA beinhalten nämlich ebenfalls im Vergleich mit den unter Nichtstimulation gewonnenen Werten eine Tendenz der Annäherung an die Daten der Kontrollgruppe unter Stimulation. Die Parameter OPA und RCG belegen darüber hinaus sogar einen steileren Phonationsablauf (vgl. Anhang C, Tabelle. V.14).

Für die Gesamtbewertung der Stimulationsauswirkungen kann festgehalten werden, dass bei dieser Patientin zunächst ohne Stimulation (bei geringerer Medikation) beide Systeme beeinträchtigt sind. Durch die referentielle Bewertung wird dies belegt. Darüber hinaus lassen die glottal-supraglottalen Abfolgen unter Stimulation eher die Tendenz einer Störung bei der Koordination und Präzision erkennen. Die phonatorischen Fertigkeiten verbessern sich im intrasubjektiven und referentiellen Vergleich unter Stimulation.

(bb) Patientin 2

Bei dieser Patientin ist ein Mangel an der für die Plosivbildung notwendigen Verschlussbildung unter Stimulation zu erkennen. Am Beispiel ihrer /t/-Produktionen ist dieser Mangel zu belegen. Auch hier sind frikativische Anteile in der Verschlussphase

vorhanden (vgl. Anhang C, Tabelle V.15, V.16 & Sektion 3.3. Abbildung. V.5 oben). Zudem ist unter dieser Bedingung keine VOT bei den /k/-Produktion zu finden. Das Fehlen der VOT ohne vorhandene durchgängige Periodizität während der Verschlussphase spricht ebenfalls für eine mangelnde Verschlussbildung. In Abbildung V.25 wird diese Produktionssituation anhand der Parametermittelwerte dargestellt.

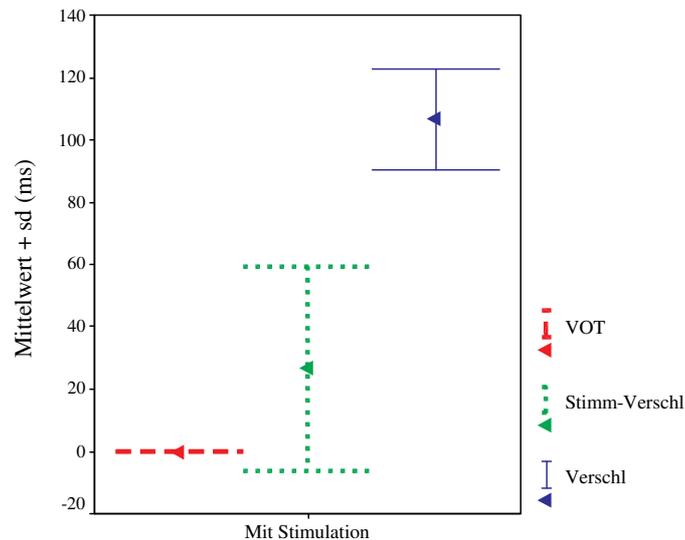


Abbildung V.25: Voice Onset Time (VOT), stimmhafte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl) und Verschlussdauer (Verschl) (Mittelwert + Standardabweichung) unter der Bedingung mit Stimulation (/ka/-Silbe).

In dieser Abbildung wird ein Mittelwert für die Periodizität im Verschluss (Stimm-Verschl) von 26,60 (sd 32,72) ms angezeigt. Die mittlere Verschlussdauer (Verschl) beträgt 106,60 (sd 16,13) ms; der VOT-Wert ist 0.

Die referentielle Bewertung der Analysedaten lässt anhand der Parameter eine bestehende artikulatorische Beeinträchtigung vor den operativen Maßnahmen durch den Vergleich mit den Daten der gesunden Kontrollgruppe erkennen (vgl. Anhang C, Tabelle V.16). Dies wird am Beispiel der unter beiden Bedingungen vorhandenen größeren mittleren Vokaldauerwerte nach /k/ in der Abbildung V.26 gezeigt.

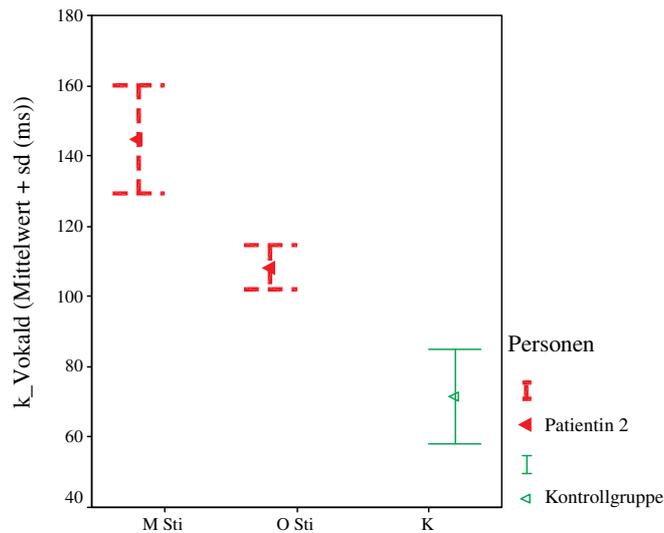


Abbildung V.26: Vokaldauer (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (/ka/-Silbe; M Sti & O Sti gegenüber K: $p < 0,001$).

Die Phonationsbewertung im Vergleich der beiden Bedingungen zeigt insgesamt eine Verschlechterung der Anregung unter Stimulation. Sie ist primär anhand einiger EGG-Parameterwerte (SCA, ECV, CLA) nachzuweisen (vgl. Anhang C, Tabelle V.17). Abbildung V.27 zeigt dies am Beispiel des Parameters zur Steilheit der Schließbewegung (CLA). Sein Wert wird geringer unter Stimulation. Die Schließbewegung verläuft somit flacher.

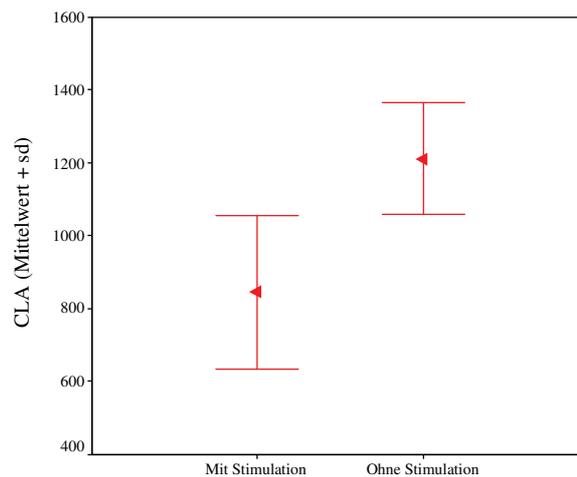


Abbildung V.27: Steilheit der Schließbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,001$).

Abweichend von der oben beschriebenen Tendenz für Patienten mit M. Parkinson legt die referentielle Bewertung der Patientendaten einen angespannten Phonati-

onsstatus an den Tag. Er lässt sich sowohl durch die EGG-Parameterwerte (ECV, CV CLA, OPA) als auch durch die akustischen Parameterwerte (SKG, RCG) belegen und ist unter beiden Bedingungen (Mit und ohne Stimulation) unterschiedlich vorhanden (vgl. Anhang C, Tabelle V.17).

Hier liegt die Vermutung nahe, dass das phonatorische System dieser Patientin bereits unter geringerer Medikation angespannt ist. Durch den Stimulationseinfluss ist zusätzlich eine Beeinträchtigung der glottal-supraglottalen Artikulation erworben worden.

(cc) Patient 3

Bei diesem Patienten wird bei der Betrachtung der glottal-supraglottalen Artikulation unter Stimulation deutlich, dass der Verschluss bei der Produktion des alveolaren /t/ und velaren /k/ nicht zustande kommt (vgl. Anhang C, Tabelle V.18 & Sektion 3.3. Abbildung V.5 & V.6 oben). In der Folge dieser artikulatorischen Fehlleistung erscheinen durchgängig Friktionsanteile im Signal. Diese überlagern zudem perseveratorische stimmhafte Anteile im Verschluss. Daraus resultiert ein fehlender oraler Druckaufbau bzw. eine fehlende Plosivlösung, so dass keine VOT-Werte gemessen werden können. In Abbildung V.28 wird diese Artikulationssituation für die Bedingung mit Stimulation am Beispiel der /k/-Produktionen verdeutlicht.

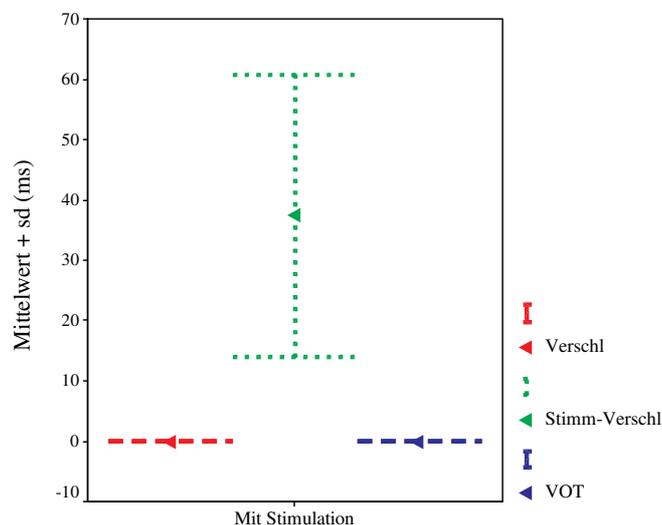


Abbildung V.28: Verschlussdauer (Verschl), stimmhafte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl) und Voice Onset Time (VOT) (Mittelwert + Standardabweichung) unter der Bedingung mit Stimulation (/ka/-Silbe).

Zusätzlich zu diesem Defizit sind bei dem Patienten unter Stimulation größere Vokaldauerwerte für die /k/-Produktionen vorhanden, was für eine Verlangsamung der arti-

kulatorischen Gesten spricht. Neben den Vokaldauerwerten tragen vor allem die stimmhaften Anteile in den Verschlüssen dieser Produktionen zu den hohen Gesamtanteilen von Periodizität in den /k/-Silbenzyklen bei. Das wird auch durch Korrelationsberechnungen zu diesen beiden Produktionsteilen bestätigt (Pearson: $r=0,941$; $p < 0,05$).

Die referentielle Bewertung legt die Tendenz zutage, dass unter Stimulation bei diesem Patienten mehr Kombinations- und Produktionsparameter signifikant unterschiedlich zur Kontrollgruppe sind (13) als ohne Stimulation (9) (vgl. Anhang C, Tabelle V.19). Die Artikulation ist unter dieser Bedingung stärker beeinträchtigt.

Parallel zu dieser Entwicklung gestaltet sich das Phonationsverhalten. Mit den EGG-Parametern OQ1 und SCV gelingt eine signifikante Unterscheidung zwischen den Bedingungen mit und ohne Stimulation. Zudem weist die Mittelwertentwicklung fast aller anderen Parameter auf eine Verschlechterung der Phonationssituation hin. Mit Hilfe der akustischen Parameter gelingt dieser Nachweis signifikant durch die Werte des Parameters zum Grad der Glottisöffnung (GOG), zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) und schließlich durch den Parameterwert zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) (vgl. Anhang C, Tabelle V.20).

Abbildung V.29 illustriert diese Entwicklung am Beispiel des GOG-Parameters, dessen höherer Wert für einen unvollständigeren glottalen Verschluss steht.

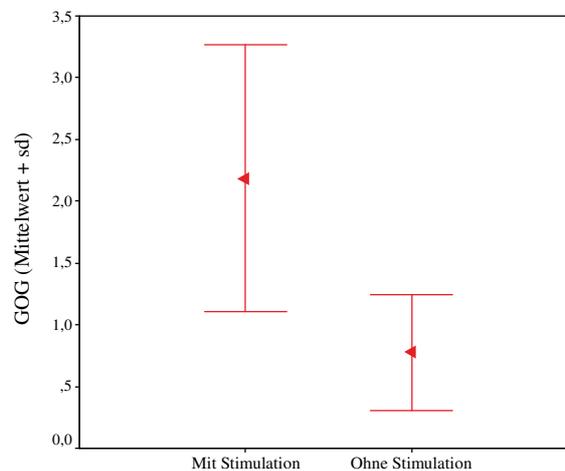


Abbildung V.29: Grad der Glottisöffnung (GOG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,001$).

Diese Tendenz der Phonationsverschlechterung bringt der Vergleich mit den Werten der Kontrollgruppe ebenfalls zutage. Anhand von EGG-Parameterwerten (CLA, OPA, CV, ECV, SCV) sind signifikante Unterschiede unter beiden Bedingungen im Vergleich mit den Werten der Kontrollgruppe nachzuweisen. Zudem unter-

scheidet sich der akustische Parameter zum Grad der Glottisöffnung (GOG) signifikant unter Stimulation von den Referenzwerten (vgl. Anhang C, Tabelle V.20).

Bei diesem Patienten weisen somit die Ergebnisse auf eine Verschlechterung bei beiden Systemen (Phonationssystem und Artikulationssystem) unter Stimulation hin.

(dd) Patient 4

Für diesen Patienten kann im Vergleich der beiden Bedingungen eine Verbesserung der artikulatorischen Abfolgen unter Stimulation festgehalten werden (vgl. Anhang C, Tabelle V.21). Diese Verbesserung ist am Beispiel einer signifikanten Verkürzung der Dauerwerte für die Silbenzyklen mit /ka/ nachzuweisen. In Abbildung V.30 wird dies gezeigt.

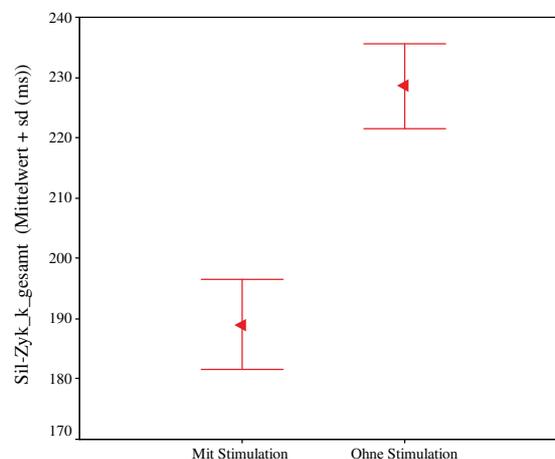


Abbildung V.30: Gesamtdauer des Silbenzyklus (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (/ka/-Silbe; $p < 0,001$).

Im Vergleich mit den Werten der Kontrollgruppe zeigt sich diese Verbesserungstendenz ebenfalls. Unter Stimulation unterscheiden sich weitaus weniger Parameter signifikant von den Kontrolldaten als unter Nichtstimulation. Zudem ist zu erkennen, dass sich einige Werte unter Stimulation mehr den Werten der Kontrollgruppe annähern als unter Nichtstimulation (vgl. Anhang C, Tabelle V.22). Abbildung V.31 zeigt dies am Beispiel der Vokaldauerwerte nach dem Plosiven /k/.

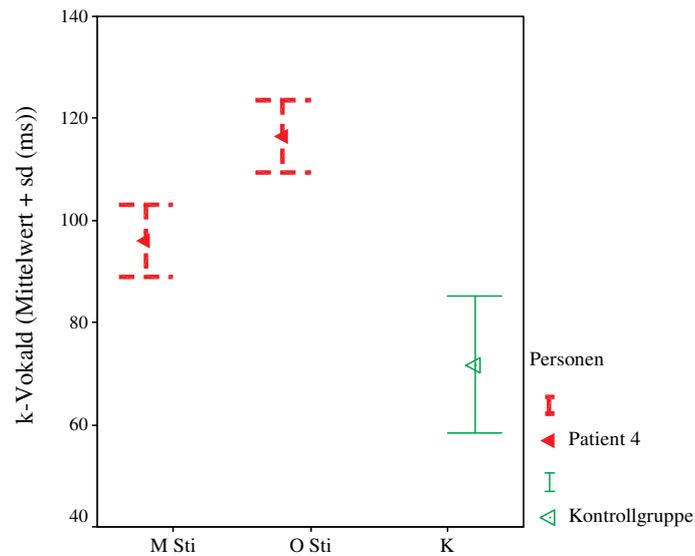


Abbildung V.31: Vokaldauer (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti= Ohne Stimulation; /ka/-Silbe; M Sti & O Sti gegenüber K: $p < 0,001$).

Bezüglich der Phonation ist unter Stimulation eine steilere Schließungsbewegung vorhanden, die sich durch die Parameterwerte zur Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung (SCA größer) und zur Endphase der Schließungsbewegung (ECV größer) belegen lässt (vgl. Anhang C, Tabelle V.23).

Die referentielle Bewertung zeigt darüber hinaus, dass sich die beiden Parameterwerte sogar im Vergleich mit den Parameterwerten der Kontrollgruppe durch höhere Werte unterscheiden. Abbildung V.32 zeigt dies am Beispiel des EGG-Parameters SCA.

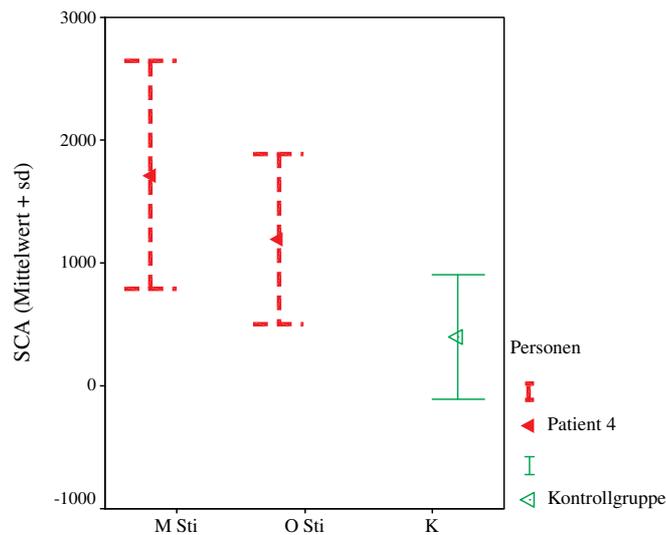


Abbildung V.32: Steilheit der Startphase der Schließungsbewegung (SCA) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber O Sti gegenüber K: $p < 0,001$).

Durch diese Unterscheidung wird wie bei der Patientin 2 (vgl. oben) auf einen angespannten Phonationsstatus verwiesen. Die akustischen Parameter SKG (Steilheit der Glottiswelle) und RCG (Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses) liegen mit ihren Werten in der gleichen Tendenz (vgl. Anhang C, Tabelle V.23).

Durch die Stimulation kann bei diesem Patienten eine relativ positive Beeinflussung beider Systeme erreicht werden, die phonatorisch allerdings eine angespannte Phonationssituation erkennen lässt.

(ee) Patient 5

Bei Patient 5 sind im Vergleich der artikulatorischen Produktionsmerkmale unter Stimulation gegenüber denjenigen unter Nichtstimulation zunächst geringere Mittelwerte der Vokaldauer nach /k/ vorhanden. Dies hat zu weniger stimmhaften Anteilen im gesamten Silbenzyklus bei den /k/-Silben geführt (Pearson: $r=0,932$; $p < 0,05$) (vgl. Anhang C, Tabelle V.24).

Beim referentiellen Vergleich der Produktionen unterscheiden sich unter Stimulation hingegen mehr Parameter (9) signifikant im Sinne einer Produktionsbeeinträchtigung von den Daten der Kontrollgruppe als unter Nichtstimulation (7). Deshalb kann für diesen Patienten festgehalten werden, dass durch den Stimulationseinfluss die bereits unter Nichtstimulation (bei geringerer Medikation) bestehende dysarthrophonische Artikulation zusätzlich beeinflusst wird (vgl. Anhang C, Tabelle V.25).

Die phonatorischen Leistungen unter beiden Bedingungen können elektroglogographisch nicht unterschieden werden (vgl. Anhang C, Tabelle V.26). Akustisch zeigen sich aber unter Stimulation ein größerer Öffnungsquotient (OQG) und ein steilerer spektraler Abfall mit entsprechend größerem Wert bei dem Parameter SKG. Dies ist aus der Abbildung V.33 zu ersehen.

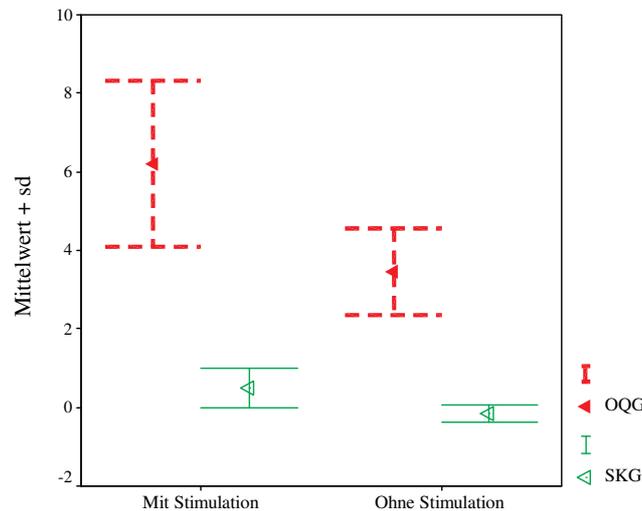


Abbildung V.33: Öffnungsquotienten (OQG) und Steilheit der Glottiswelle (SKG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (beide Parameter: $p < 0,001$).

Der referentielle Vergleich mit der Kontrollgruppe lässt bei vier EGG-Parametern (SCV, ECV, CV, OPA) sowie bei einem akustischen Parameter (OQG) schlechtere Werte unter beiden Bedingungen erkennen (vgl. Anhang C, Tabelle V.26). Insgesamt wird deutlich, dass bei diesem Patienten die Artikulation unter Stimulation mehr beeinträchtigt ist als die Phonation.

(ff) Patient 6

Der intrasubjektive Vergleich der artikulatorischen Parameterwerte zeigt unter Stimulation hohe stimmhafte Anteile in den Verschlüssen von /p, t, k/ bei diesem Patienten (vgl. Anhang C, Tabelle V.27). Die stimmhaften Anteile werden teilweise bei /t/ und /k/ von Friktionsgeräusch überlagert, das unter beiden Bedingungen zu finden ist (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.5 & V.6). In der Abbildung V.34 werden die signifikant unterschiedlichen Gesamtmittelwerte der Stimmhaftigkeitsanteile im Verschluss der drei Plosivproduktionen unter beiden Bedingungen verdeutlicht.

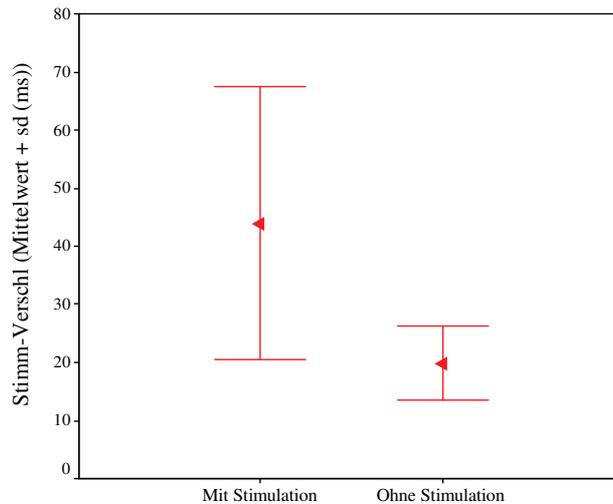


Abbildung V.34: Stimmhafte Anteile im Verschluss (Stimm_Verschl) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (/pa, ta, ka/-Silbe; $p < 0,01$).

Artikulatorische Fehlleistungen bei den Plosivproduktionen sind auch beim Vergleich mit den Daten der gesunden Kontrollgruppe zu finden. Bei den dental-alveolaren bzw. velaren Plosiven existieren unter beiden Bedingungen keine bzw. geringe VOT-Dauerwerte (vgl. Anhang C, Tabelle V.28 & Sektion 3.3. Abbildung V. 4 oben). Abbildung V.35 zeigt dies am Beispiel des Plosiven /t/.

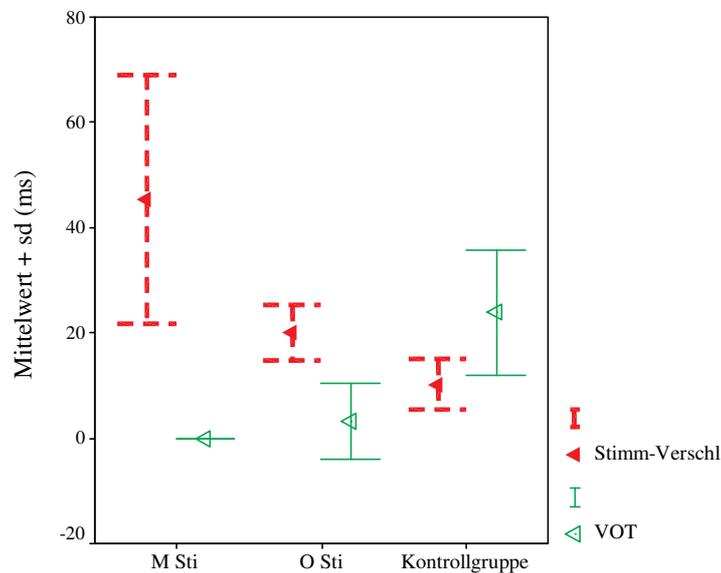


Abbildung V.35: Stimmhalte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl) und Voice Onset Time (VOT) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; /ta/-Silbe; beide Parameter gegenüber K: $p < 0,001$).

Die Dauerwerte der stimmhaften Anteile in den Silbenzyklen sind unter beiden Bedingungen größer als der Dauerwert der Kontrollgruppe.

Phonatorisch lassen sich anhand der EGG-Parameter und der akustischen Parameter unter Stimulation keine signifikanten Unterschiede festmachen (vgl. Anhang C, Tabelle V.29).

Eine elektrolottographisch und akustisch nachweisbare Abgrenzung des individuellen phonatorischen Ablaufs ist hingegen im referentiellen Vergleich möglich: Die Mittelwerte zu den Parametern CLA, CV, ECV (EGG) bzw. SKG und RCG (Akustik) unterscheiden sich bei der Kontrollgruppe signifikant von den unter beiden Bedingungen gewonnenen Werten. Die signifikanten Abweichungen stehen für eine unter Nichtstimulation (bei geringerer Medikation) vorhandene Beeinträchtigung des Phonationsverhaltens bei dem Patienten. Darüber hinaus gelingt eine signifikante Unterscheidung von den Werten der Kontrollgruppe anhand elektrolottographischer Parameter (OPA, SCA und SCV) unter der Bedingung der Nichtstimulation (vgl. Anhang C, Tabelle V.29).

Bei diesem Patienten kann durch den Vergleich mit den Referenzdaten gezeigt werden, dass die Artikulations- und Phonationsbedingungen bereits bei dem durch eine geringere Medikation gekennzeichneten Status der Nichtstimulation beeinträchtigt sind. Intrasubjektiv beeinflusst die Stimulation vor allem das Artikulationsverhalten.

(gg) Patient 7

Bei diesem Patienten werden unterschiedliche Tendenzen deutlich (vgl. Anhang C, Tabelle V.30): Zum einen zeigt sich unter Stimulation eine Artikulationsbeeinträchtigung, wenn bei der Verschlussphase der /t/-Produktionen neben vereinzelt Friktionsanteilen insgesamt mehr Stimmhaftigkeit mit in der Folge größeren stimmhaften Anteilen in den /t/-Silbenzyklen vorhanden sind (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.5 & V.6). Zum andern zeigt sich diese Beeinträchtigung bei einer anderen Silbe auch unter Nichtstimulation, wenn die /k/-Verschlüsse durchgängig durch frikative Anteile ersetzt werden (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V. 5 oben).

Die referentielle Bewertung bringt schließlich weniger signifikante Parameterabweichungen von der Kontrollgruppe unter Stimulation zutage als dies unter Nichtstimulation der Fall ist (vgl. Anhang C, Tabelle V.31).

Das Phonationsverhalten kann bei diesem Patienten elektrolottographisch im Vergleich der Bedingungen nicht signifikant voneinander abgegrenzt werden. Allerdings belegen die akustischen Parameter GOG und RCG eindeutig eine Verbesserung der Anregung unter Stimulation (vgl. Anhang C, Tabelle V.32). In Abbildung V.36

wird diese Tendenz am Beispiel des Parameters zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) durch eine Verringerung seines Wertes deutlich.

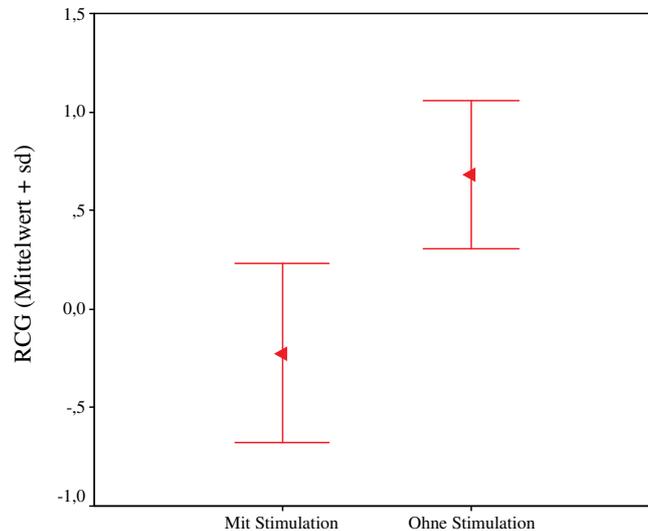


Abbildung V.36: Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation ($p < 0,001$).

Beim referentiellen Vergleich mit der Kontrollgruppe ist diese Einschätzung zu revidieren. Anhand der EGG-Parameter OQ1, SCV, CV und OPA zeigen sich jetzt unter beiden Bedingungen schlechtere phonatorische Leistungen (vgl. Anhang C, Tabelle V.32).

Offensichtlich ermöglicht bei diesem Patienten erst der referentielle Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe eine klarere Aussage bezüglich der Stimulationsauswirkungen.

(hh) Patientin 8

Der Vergleich der intrasubjektiven Stimulationsauswirkungen bezüglich der glottal-supraglottalen Artikulation lässt bei dieser Patientin keine Tendenzen erkennen. Die vorhandenen signifikanten Unterschiede ergeben kein einheitliches Bild im Vergleich der beiden Bedingungen (vgl. Anhang C, Tabelle V.33).

Referentiell zeigt sich hingegen, dass unter Stimulation anhand von Kombinations- bzw. Produktionsparameter eindeutig mehr signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe aufgewiesen werden können als unter Nichtstimulation (vgl. Anhang C, Tabelle V.34). So hat beispielsweise die VOT unter Stimulation bei den /k/-Produktionen eine geringere Dauer bei gleichzeitig hohen stimmhaften Anteilen in der Verschlussphase (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V. 4 oben). Dadurch wird ein Abduktionsdefizit aufgezeigt. Abbildung V.37 verdeutlicht dies.

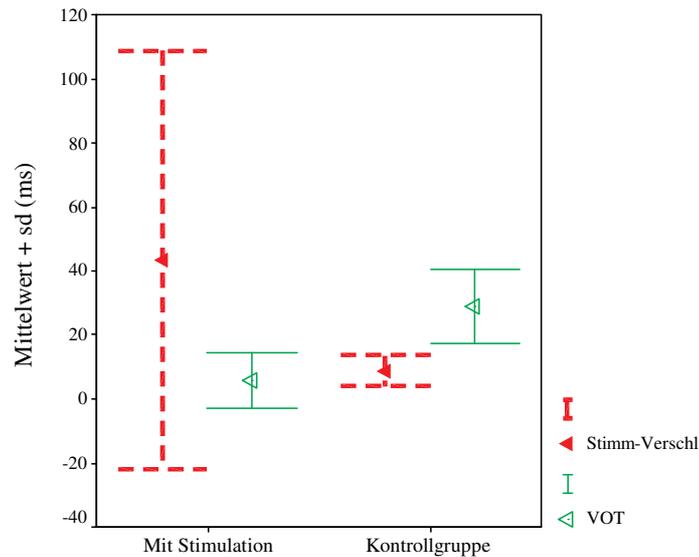


Abbildung V.37: Stimmhafte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl) und Voice Onset Time (VOT) (Mittelwert + Standardabweichung) unter der Bedingung mit Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (/ka/-Silbe; beide Parameter: $p < 0,001$).

Auffällig ist hier zudem die sehr große Variabilität bei den stimmhaften Anteilen im Verschluss der Patientin. Durch sie wird zusätzlich auf eine Instabilität bei der glottalen Abduktion aufmerksam gemacht.

Zwei elektroglottographische Parameter belegen im Vergleich der beiden Phonationsbedingungen eine steilere Schließungsbewegung unter Stimulation (SCA, CLA größer). Akustisch wird dieser Befund durch einen geringeren Wert beim Öffnungsquotienten (OQG) untermauert (vgl. Anhang C, Tabelle V.35).

Der Vergleich der beiden Stimulationsbedingungen mit den Daten der Kontrollgruppe beinhaltet ebenfalls bei zwei EGG-Parametern (SCA, CLA) bessere Werte unter Stimulation (vgl. Anhang C, Tabelle V.35).

Insgesamt können auch bei dieser Patientin erst durch den referentiellen Vergleich Aussagen bezüglich des Stimulationseinflusses getroffen werden. Sie beinhalten eine Verschlechterung der Artikulation. Die Phonation wird hingegen besser.

(ii) Patientin 9

Die unter Stimulation vorhandenen artikulatorischen Parameterwerte lassen für die Patientin geringe Unterschiede gegenüber den Werten erkennen, die unter Nichtstimulation vorhanden sind. Die Unterschiede zeigen sich in längeren stimmhaften Anteilen in den /p/-Verschlüssen und in längeren Vokaldauerwerten bei den /p/-Silbenproduktionen. Beide Produktionscharakteristika führen dazu, dass die stimmhaften An-

teile in den Silbenzyklen mit /p/ größer sind (vgl. Anhang C, Tabelle V.36). Abbildung V.38 weist darauf hin.

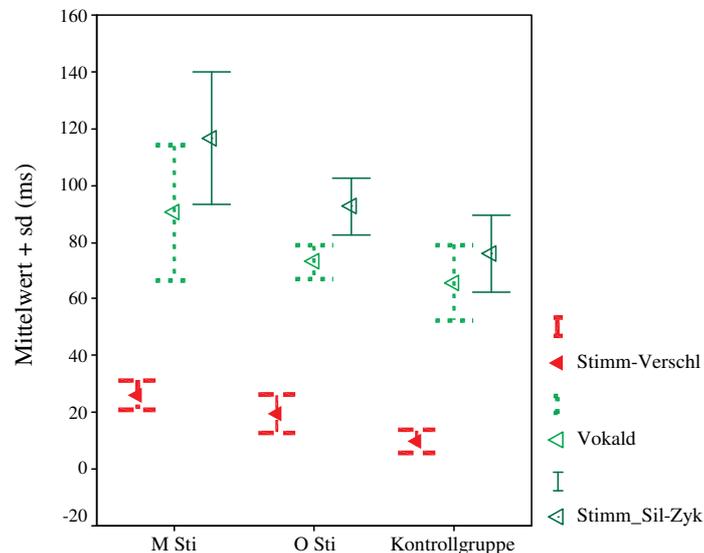


Abbildung V.38: Stimmhafte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl), Vokaldauer (Vokald) und stimmhafte Anteile im Silbenzyklus (Stimm_Sil-Zyk) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; /pa/-Silbe; Signifikante Unterscheidungen: M Sti gegenüber O Sti & Kontrollgruppe: $p < 0,001$).

Beim referentiellen Vergleich der Daten mit den Kontrollgruppendaten ist zu beobachten, dass unter Stimulation mehr Parameterwerte signifikant von der Kontrollgruppe abweichen als unter Nichtstimulation (vgl. Anhang C, Tabelle V.37). In der Abbildung V.38 wird diese Tendenz am Beispiel der Vokaldauer und der stimmhaften Anteile im Silbenzyklus bei der /pa/-Silbe zusätzlich verdeutlicht. Beide Parameterwerte unterscheiden sich unter Nichtstimulation nicht signifikant von den Werten der Kontrollgruppe.

Mit den EGG-Parametern können die beiden Bedingungen phonatorisch nicht unterschieden werden. Die akustischen Parameter legen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zutage.

Der Vergleich mit der Kontrollgruppe ergibt auch kein klares Bild einer Abgrenzung. Folglich können insgesamt für das phonatorische System keine Unterschiede im Vergleich der beiden Produktionsbedingungen und im Vergleich mit der Kontrollgruppe festgehalten werden (vgl. Anhang C, Tabelle V.38).

Bei der Patientin zeigen sich unter Stimulation intraindividuell und im referentiellen Vergleich nur signifikante Abweichungen bei der supraglottalen Artikulation.

(b) MS

(aa) Patientin 1

Eine qualitative Betrachtung der Produktionen unter Verwendung einer spektrographischen Darstellung zeigt auch bei dieser Patientin, dass unter Stimulation bei den /k/-Verschlüssen überlagernde Friktionsanteile vorhanden sind (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.5 oben). In Abbildung V.39 wird dies verdeutlicht.

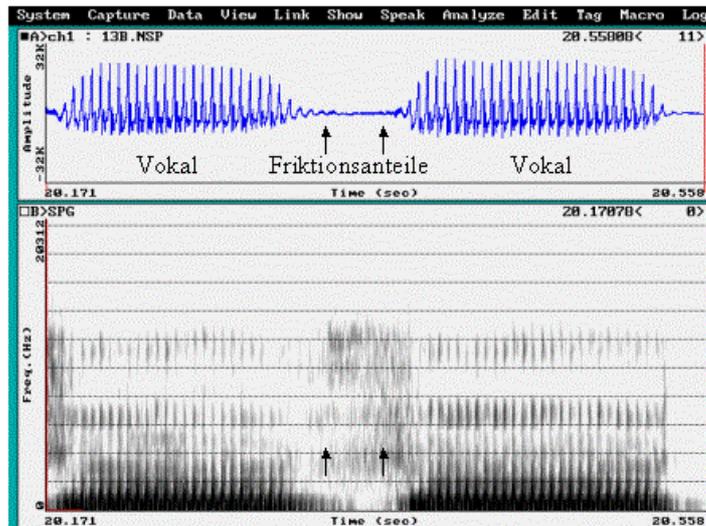


Abbildung V.39: /k/-Produktion mit frikativischen Anteilen im Verschluss.

Die Verschlussdauerwerte für die /ka/-Silbe sind folglich unter dieser Bedingung signifikant unterschiedlich zu den unter Nichtstimulation gewonnenen Werten (vgl. Anhang C, Tabelle V.39).

Der referentielle Vergleich der Patientendaten lässt unter beiden Bedingungen erkennen, dass sich die Produktionen anhand von 12 Parameterwerten jeweils signifikant von denjenigen der Kontrollgruppe unterscheiden. Somit kann von einer bereits präoperativ vorhandenen Beeinträchtigung ausgegangen werden, die sich durch die Stimulation weiter verschlechtert hat (vgl. Anhang C, Tabelle V.40).

Intrasubjektiv lassen sich die phonatorischen Leistungen unter beiden Bedingungen sowohl elektrolottographisch als auch akustisch nicht unterscheiden (vgl. Anhang C, Tabelle V.41).

Erst die referentielle Betrachtung gibt mehr Aufschluss über das Phonationsverhalten unter Stimulation. Durch die Annäherung elektrolottographischer (SCA, CLA) und akustischer (SKG, RCG) Parameterwerte an die Werte der gesunden Kontroll-

gruppe wird unter dieser Bedingung eine Verbesserung der Phonation angezeigt (vgl. Anhang C, Tabelle V.41).

Die Patientin legt offensichtlich bezüglich beider Subsysteme Tendenzen der artikulatorischen Verschlechterung und phonatorischen Verbesserung unter Stimulationseinfluss an den Tag. Diese können jedoch mehr durch qualitative Betrachtungen der Produktionsunterschiede (Artikulation) bzw. mehr durch positive Parameterwertveränderungen (Phonation) als durch prüfstatistische Verfahren belegt werden.

(bb) Patientin 2

Die intrasubjektiven Ergebnisse zur Artikulation beinhalten bei der Patientin unter Stimulation vor allem höhere stimmhafte Anteile in den Produktionen. Sie spiegeln sich in den Werten der Produktionsparameter zu den stimmhaften Anteilen im Silbenzyklus sowie in den Dauerwerten zweier Vokale (/p, k/) wider. Zudem sind die stimmhaften Anteile bei den /k/-Verschlüssen unter Stimulation signifikant größer (vgl. Anhang C, Tabelle V.42). In Abbildung V.40 wird diese Entwicklung am Beispiel der Dauerwerte zu den gesamten stimmhaften Anteilen in den Silbenzyklen /pa, ta, ka/ verdeutlicht. Sie werden zu einem Wert zusammengefasst präsentiert.

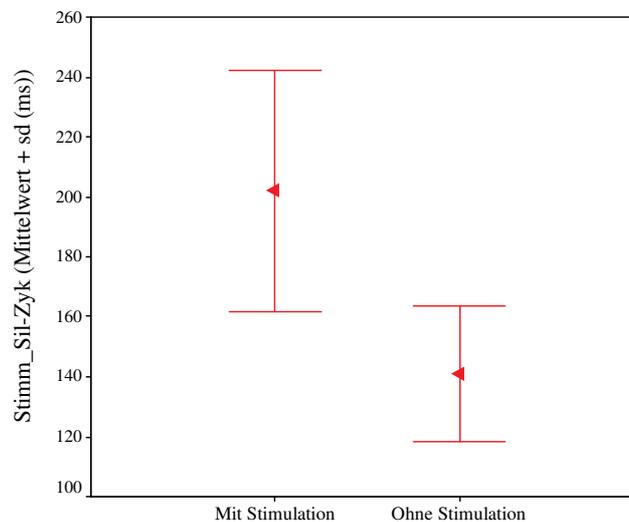


Abbildung V.40: Stimmhafte Anteile im Silbenzyklus (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation (/pa, ta, ka/-Silbe; $p < 0,001$).

Die referentielle Betrachtung zeigt, dass für die /t/-Produktionen mehr stimmhafte Anteile im Verschluss mit in der Folge geringeren Dauerwerten bei der VOT unter Stimulation vorhanden sind (vgl. Anhang C, Tabelle V.43). Diese Phonationsperseverationen zeugen von einem intraartikulatorischen Synchronisierungsdefizit, das sich in einer

beeinträchtigt die Ausführung der Abduktionsgeste zeigt (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.4. oben). Abbildung V.41 zeigt die Werte zu den beiden Parametern (Stimm-Verschl, VOT) unter Stimulation sowie die Werte der Kontrollgruppe.

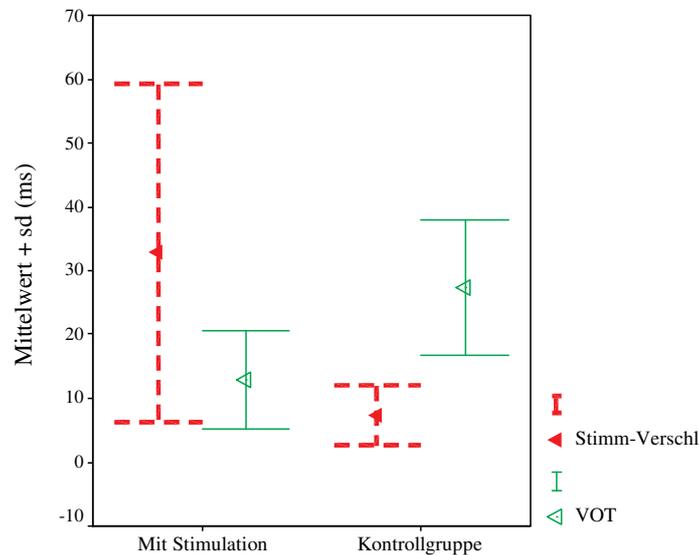


Abbildung V.41: Stimmhalte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl) und Voice Onset Time (VOT) (Mittelwert + Standardabweichung) unter der Bedingung mit Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (/ta/-Silbe; Stimm-Verschl: $p < 0,001$; VOT: $p < 0,01$).

Darüber hinaus wird die zusätzliche Artikulationsbeeinträchtigung bei dieser Patientin durch den Vergleich mit den Referenzdaten anhand von insgesamt 14 signifikant unterschiedlichen Parameterwerten unter Stimulation und anhand von 11 signifikant unterschiedlichen Werten unter Nichtstimulation belegt.

Das Phonationsverhalten im intrasubjektiven Vergleich lässt unter Stimulation elektroglottographisch für die Schließungsbewegung (SCV) und Öffnungsbewegung (OPA) positive Parameterwerteveränderungen erkennen (vgl. Anhang C, Tabelle V.44).

Referentiell lässt sich anhand der elektroglottographischen und akustischen Parameterwerteveränderungen bei dieser Patientin eine beginnende hyperfunktionelle Anregung nachweisen. Sie ist unter Stimulation teilweise deutlicher erkennbar (z. B. SCA, CLA, CV, GOG, SKG, RCG) (vgl. Anhang C, Tabelle V.44).

Bei der Einschätzung des Artikulations- und Phonationsverhaltens wird bei dieser Patientin die Wichtigkeit des Vergleichs ihrer Produktionsdaten mit den Daten der gesunden Kontrollgruppe deutlich. Mit Hilfe dieses Vergleichs kann eine Einordnung des aktuellen Status der motorischen Leistungen vollzogen werden.

(dd) Patientin 3

Bei der Patientin 3 ist unter Stimulation bei den Silbenzyklen mit /t/ und /k/ eine größere mittlere Gesamtsilbendauer vorhanden (vgl. Anhang C, Tabelle V.45). Die Patientin artikuliert bei den beiden linguale Konsonanten signifikant langsamer unter dieser Bedingung. Die Dauer wird mit bedingt durch ebenfalls größere Vokaldauerwerte bei den Vokalen, die den Plosiven folgen. Entsprechend länger sind auch die Stimmhaftigkeitsanteile in den beiden Silbenzyklen. Somit muss unter Stimulation von einer dauerbezogenen Beeinträchtigung der Produktion im Vergleich mit der Produktion bei Nichtstimulation ausgegangen werden.

Diese hohen Gesamtdauerwerte für die Silbenzyklen imponieren auch im referentiellen Vergleich mit der Kontrollgruppe (vgl. Anhang C, Tabelle V.46). Hierbei wird ersichtlich, dass die Patientin auch ohne Stimulation signifikant langsamer als die Kontrollgruppe artikuliert. Dies allerdings nicht in derselben Ausprägung. Abbildung V.42 verdeutlicht die Situation anhand von Gesamtmittelwerten zur Dauer der /pa, ta, ka/-Silbenzyklen unter beiden Bedingungen sowie bei der Kontrollgruppe.

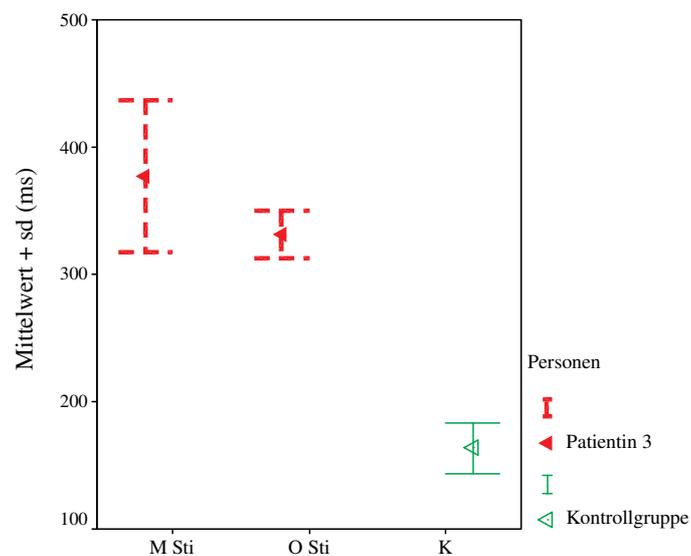


Abbildung V.42: Gesamtdauer der Silbenzyklen (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation (/pa, ta, ka/-Silbe; M Sti & O Sti gegenüber K: $p < 0,001$).

In der gleichen Tendenz entwickeln sich die Vokal- und Verschlussdauerwerte, so dass die artikulatorische Beeinträchtigung unter beiden Bedingungen insgesamt anhand von 16 Parameterwerten ausgedrückt werden kann.

Das Phonationsverhalten bei dieser Patientin beinhaltet im intrasubjektiven Vergleich eine Verbesserung unter Stimulation. Anhand des elektroglossographischen Parameters zur Startphase der Schließungsbewegung (SCV größer), des Parameters zur Endphase der Schließungsbewegung (ECV größer), des Parameters zur Verschlussphase (CV größer) bzw. des Parameters zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA geringer) ist dies zu belegen (vgl. Anhang C, Tabelle V.47).

Diese Entwicklung wird durch den referentiellen Bezug beim Vergleich mit der Kontrollgruppe relativiert, als dadurch die Verbesserung als hyperfunktionelles Phonationsverhalten charakterisiert werden kann. Zwei weitere EGG-Parameter (ECV, CV größer) geben durch ihre Werteveränderungen Evidenz dafür (vgl. Anhang C, Tabelle V.47).

Folglich kann auch für diese Patientin eine unterschiedliche, konträre Entwicklung der beiden Subsysteme mit einerseits vorhandenen dauerbezogenen artikulatorischen Beeinträchtigungen und andererseits beginnendem hyperfunktionellem Schwingungsverhalten bei der Phonation festgehalten werden.

(dd) Patientin 4

Der intrasubjektive Vergleich der unter beiden Bedingungen gewonnenen Daten zur Artikulation zeigt für diese Patientin unter Stimulation eine größere Gesamtdauer bei den Silbenzyklen für die /t/- und /k/-Silben. Zudem sind bei den /k/-Produktionen signifikant größere Vokaldauerwerte vorhanden. Dies spricht für eine Verlangsamung der Produktionsabläufe sowie für eine Beeinträchtigung der velaren Schließungs- und Öffnungsbewegung (vgl. Anhang C, Tabelle V.48).

Beim referentiellen Vergleich sind unter beiden Bedingungen jeweils 15 Parameter vorhanden, die sich in ihren Mittelwerten signifikant von denjenigen der Kontrollgruppe unterscheiden. Folglich ist eine Beeinträchtigung der artikulatorischen Abfolgen vor der Stimulationsbehandlung erwiesen. (vgl. Anhang C, Tabelle V.49). In Abbildung V.43 wird dies anhand der unterschiedlichen Vokaldauermittelwerte für die /t/-Silbenzyklen am Beispiel verdeutlicht.

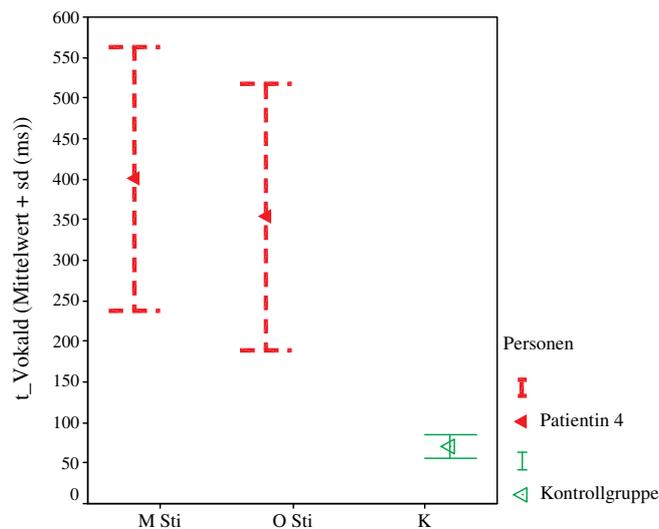


Abbildung V.43: Vokaldauer (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; /ta/-Silbe ; M Sti & O Sti gegenüber K: $p < 0,001$).

Auch hier fällt die Instabilität der artikulatorischen Abläufe durch eine große Streuung bei den Vokaldauerwerten der Patientin auf.

Die unter beiden Bedingungen gewonnenen Phonationsdaten lassen sich durch elektrolottographische Parameter (OQ1, OPA geringer; CV, CLA größer) sowie durch akustische Parameter (OQG, GOG, IC geringer) unterscheiden. Die Parameter beider Analysemethoden deuten durch ihre Werteveränderung auf eine verbesserte Phonationsbedingung unter Stimulation hin (vgl. Anhang C, Tabelle V.50).

Durch den referentiellen Vergleich mit den Kontrollgruppendaten ist diese Bedingung aber als hyperfunktioneller Phonationsablauf einzustufen. Sie kann sowohl akustisch (GOG, SKG, RCG) als auch elektrolottographisch (CLA, CV) nachgewiesen werden (vgl. Anhang C, Tabelle V.50). Die Phonationsbedingung bestand bei der Patientin ebenfalls bereits vor der OP. Sie wurde durch die Stimulation zusätzlich geprägt. Dies kann am Beispiel in der Abbildung V.44 gezeigt werden. Die Abbildung beinhaltet die Werteentwicklung für den akustischen Parameter zum Grad der Glottisöffnung (GOG). Eine Verringerung des Wertes unter beiden Bedingungen belegt einen vollständigeren glottalen Verschluss.

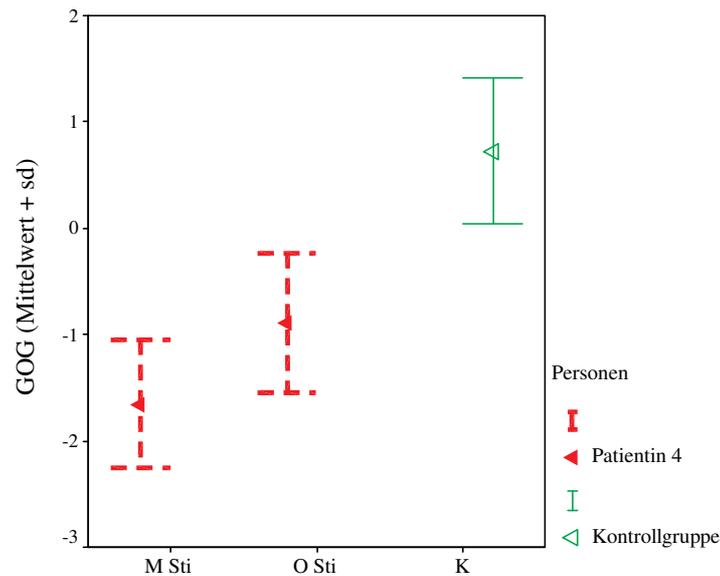


Abbildung V.44: Grad der Glottisöffnung (GOG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber O Sti gegenüber K: $p < 0,001$).

Folglich liegen die Ergebnisse für diese Patientin ebenfalls in der Tendenz der bisher beschriebenen Auswirkungen des Stimulationseinflusses für diese Pathologie.

(ee) Patient 5

Patient 5 zeigt ebenfalls eine deutliche Artikulationsbeeinträchtigung unter Stimulation. Bei ihm erscheinen bei den /t/-Produktionen Friktionsanteile an Stelle der Verschlüsse, was einen sehr geringen Mittelwert bei dem Parameter für die Verschlussdauer bedingt. Zudem gibt es auch /t/-Verschlüsse, die sowohl Stimmhaftigkeit als auch frikative Anteile aufweisen (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.6 oben). In Abbildung V.45 wird ein solcher Verschluss gezeigt.

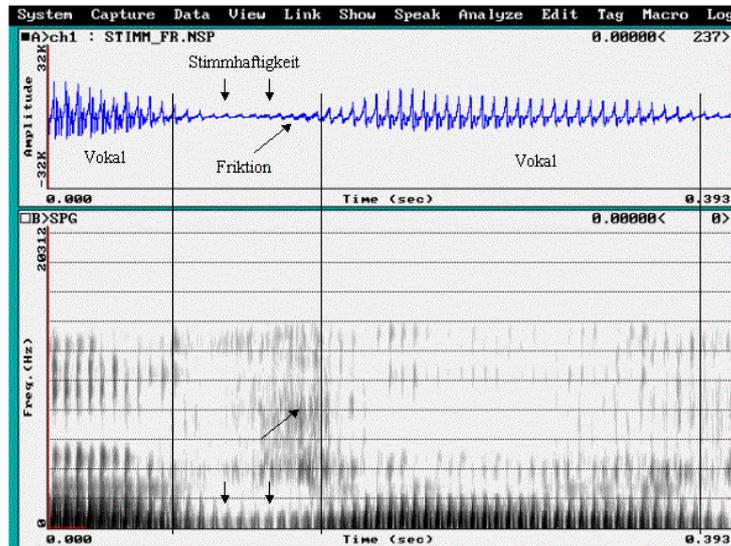


Abbildung V.45: /t/-Produktion mit frikativischen Anteilen und Stimmhaftigkeit im Verschluss.

Aus den hohen stimmhaften Anteilen innerhalb der /t/-Verschlüsse resultiert eine geringe VOT bei den Silbenproduktionen mit /t/ (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V. 4 oben). Neben diesen Charakteristika ist unter Stimulation die Vokaldauer nach den /p/, /t/ und /k/ -Plosiven signifikant höher. Dies zeigt sich auch in den größeren stimmhaften Anteilen bei den drei Silbenzyklen.

Frikation, Stimmhaftigkeit im Verschluss und eine längere Vokaldauer belegen bei diesem Patienten Beeinträchtigungen bezüglich der supraglottalen Artikulationspräzision sowie der intraartikulatorischen Synchronisierung der Ab- und Adduktionsgeste (vgl. Anhang C, Tabelle V.51).

Diese Artikulationssituation wird durch einen Vergleich mit der Kontrollgruppe umso deutlicher: Unter Stimulation weisen 16 Kombinations- bzw. Produktionsparameter signifikante Unterschiede auf, anhand derer eine Verschlechterung der artikulatorischen Fähigkeiten zu belegen ist (vgl. Anhang C, Tabelle V.52).

Das Phonationsverhalten entwickelt sich unter Stimulation hingegen konträr zum Artikulationsverhalten. Durch den EGG-Parameter zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) sowie durch den Parameter zur Steilheit der Startphase der Schließbewegung (SCA) kann eine Verbesserung des phonatorischen Ablaufs nachgewiesen werden (vgl. Anhang C, Tabelle V.53).

Im referentiellen Vergleich zeigt sich v. a. auf der Grundlage der akustischen Parameterwerteveränderungen (OQG, GOG, SKG, RCG) ein hyperfunktionelles Schwingungsbild, das bereits vor dem operativen Eingriff vorhanden war (vgl. Anhang C, Tabelle V.53). In Abbildung V.46 wird dies am Beispiel des Parameters zum Grad

der Glottisöffnung (GOG) verdeutlicht. Die geringeren Parameterwerte unter Nichtstimulation belegen diese Feststellung.

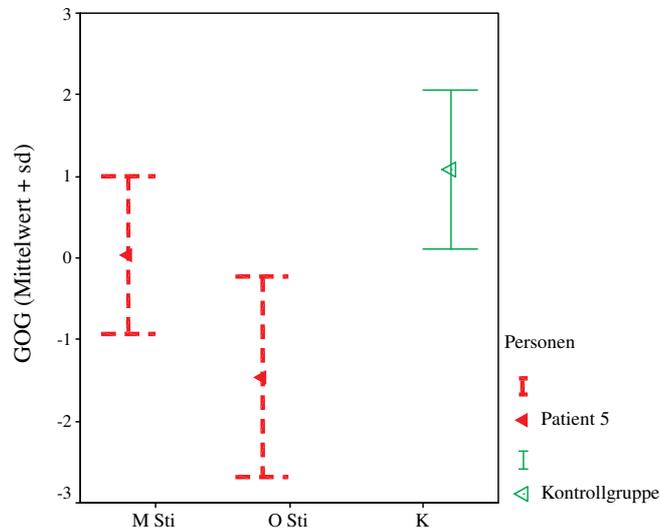


Abbildung V.46: Grad der Glottisöffnung (GOG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber O Sti gegenüber K: $p < 0,001$).

Offensichtlich hat der Patient also schon vor dem operativen Eingriff diese angespannte Phonationssituation an den Tag gelegt. Sie hat sich nach dem Eingriff unter Stimulation etwas verbessert. Das Artikulationsverhalten zeigt wie bei den anderen Patienten der Gruppe eine Verschlechterung unter Stimulation.

(ff) Patient 6

Die Artikulationsabläufe unterscheiden sich unter Stimulation bei diesem Patienten signifikant von denjenigen unter Nichtstimulation bezüglich der Parametermittelwerte zu den stimmhaften Anteilen in den Zyklen, der Dauer des Silbenzyklen insgesamt und der Dauer der Vokale. Zudem ist bezüglich der intraartikulatorischen Synchronisierung bei den /t/-Produktionen der bereits des Öfteren geschilderte Zusammenhang zwischen größeren stimmhaften Anteilen im Verschluss und geringerer VOT vorhanden (vgl. Anhang C, Tabelle V.54 & Sektion 3.3. Abbildung V.4 oben). Diese Tendenz der artikulatorischen Beeinträchtigung unter Stimulation ist auch bei einem Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe in vollem Umfang zu erkennen. Ohne Stimulation zeigen sich darüber hinaus weitere Beeinträchtigungen, so dass auch hier von einer bereits vorhandenen präoperativen Störung ausgegangen werden muss (vgl. Anhang C, Tabelle V.55).

Die Phonation ist unter Stimulation geringfügig verbessert. Anhand des EGG-Parameters zur Steilheit der Öffnungsbewegung (OPA) und des akustischen Parameters zum Öffnungsquotienten (OQG), zum Grad der Glottisöffnung (GOG) sowie desjenigen zur Unvollständigkeit des glottalen Verschlusses (IC) kann eine Verbesserung belegt werden. (vgl. Anhang C, Tabelle V.56). In der Abbildung V.47 werden die Werte des GOG-Parameters unter beiden Bedingungen sowie derjenige der Kontrollgruppe gegenübergestellt.

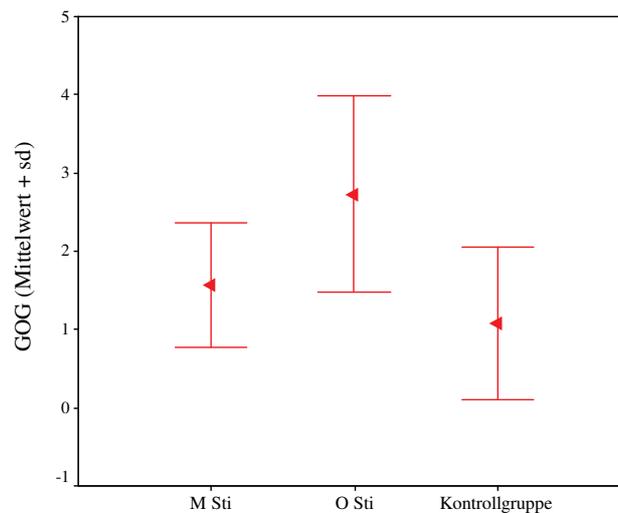


Abbildung V.47: Grad der Glottisöffnung (GOG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; (M Sti gegenüber O Sti: $p < 0,01$; O Sti gegenüber M Sti & Kontrollgruppe: $p < 0,001$).

Der geringere Wert unter Stimulation steht für diese Phonationsverbesserung. Er deutet auf einen vollständigeren glottalen Verschluss hin.

Im referentiellen Vergleich zeigt sich bei diesem Patienten vor allem anhand einer Veränderung der akustischen Parametermittelwerte (OQG, GOG, SKG, RCG) unter beiden Bedingungen eine Annäherung an die Mittelwerte der Kontrollgruppe (vgl. Anhang C, Tabelle V.56). Unter Stimulation kommt diese Annäherung deutlicher zum Vorschein. Dies ist ebenfalls aus der Abbildung V.47 am Beispiel ersichtlich.

Für den Patienten bleibt festzuhalten, dass die Artikulation durch den Stimulations Einfluss offensichtlich sehr gestört ist. Diese Störung ist phonatorisch nicht in demselben Ausmaß vorhanden. Hier zeigt sich bei einigen Parametern eine Verbesserung. Ihre Werte sind teilweise statistisch nicht mehr von den Werten der Kontrollgruppe zu unterscheiden.

(gg) Patientin 7

Artikulatorisch zeigt sich im Vergleich der beiden Aufnahmebedingungen unter Stimulation eine gemischte Symptomatik, die keine tendenzielle Aussage zulässt (vgl. Anhang C, Tabelle V.57). Diese wird erst durch den Vergleich mit der Kontrollgruppe möglich. Hier unterscheiden sich die Parameterwerte unter Stimulation mehr von denjenigen der Kontrollgruppe als die Parameterwerte, die unter Nichtstimulation gewonnen wurden. (vgl. Anhang C, Tabelle V.58).

Das Phonationsverhalten unter Stimulation zeigt eine steilere Öffnungsbewegung. Die Stimmlippen öffnen sich schneller. Dies ist anhand des EGG-Parameters zur Öffnungsbewegung (OPA geringer) nachzuweisen. Anhand des elektrolottographischen Parameters zur Verschlussphase (CV größer) sowie der akustischen Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG geringer) und Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG geringer) wird ein besseres Adduktionsverhalten angedeutet (vgl. Anhang C, Tabelle V.59). Abbildung V.48 zeigt die Parameterwerte des akustischen Parameters SKG unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie denjenigen der Kontrollgruppe.

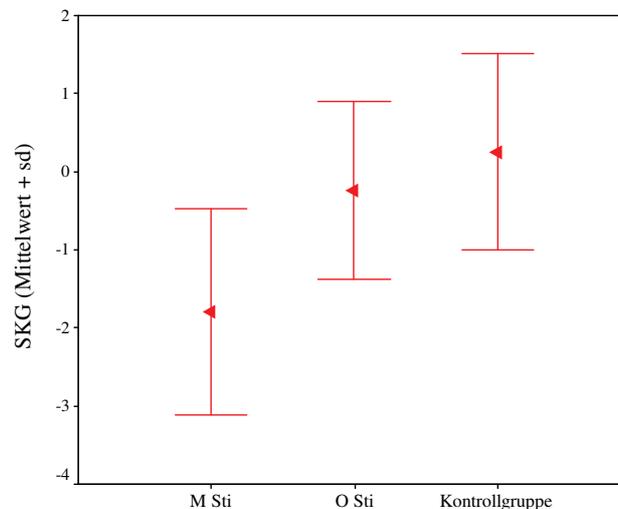


Abbildung V.48: Steilheit der Glottiswelle (SKG) (Mittelwert + Standardabweichung) unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation sowie bei der Kontrollgruppe (M Sti = Mit Stimulation, O Sti = Ohne Stimulation; M Sti gegenüber O Sti & Kontrollgruppe: $p < 0,001$).

Beide akustischen Parameter (SKG, RCG) sowie die elektrolottographischen Parameter OPA, CV und ECV weisen im referentiellen Vergleich mit der Kontrollgruppe unter Stimulation auf eine angespannte Phonationssituation hin (vgl. Anhang C, Tabelle V.59). Dies ist ebenfalls aus der Abbildung V.48 am Beispiel des SKG-Parameters zu entnehmen.

Im intrasubjektiven Vergleich ist bezüglich des Artikulationsverhaltens bei dieser Patientin keine eindeutige Tendenz unter Stimulation festzustellen. Erst die referentielle Einordnung gibt hier mehr Klarheit. Durch sie kann artikulatorisch eine Beeinträchtigung und phonatorisch ein angespannter Schwingungsmodus belegt werden.

4.4. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Unter Verwendung instrumentalphonetischer Untersuchungs- und Objektivierungsmethoden sowie unter Berücksichtigung elektrolottographischer und akustischer Analyseverfahren können in dieser Sektion des Kapitels die Auswirkungen neurostimulatorischer Eingriffe auf das glottal-supraglottale Artikulationsverhalten sowie auf den Phonationsablauf bei Patienten mit M. Parkinson und MS aufgezeigt werden.

Die unterschiedlichen Mittelwerte der artikulationsbezogenen Produktionsparameter zu den Plosiv- und Vokalproduktionen sowie die unterschiedlichen Mittelwerte der Stimmqualitätsparametern zu den Vokalproduktionen dienen zum einen dazu, pathologiespezifische Gruppentendenzen aufzuzeigen, interpretativ darzulegen und miteinander zu vergleichen. Zum andern besteht durch sie aber auch die Möglichkeit, intrasubjektive Auswirkungen der Stimulation bei den einzelnen Patienten nachzuweisen. Darüber hinaus gelingt es, die Abweichungen des pathologiespezifischen und individuellen Artikulations- und Phonationsverhaltens gegenüber den Analysedaten einer repräsentativen gesunden Kontrollgruppe zu charakterisieren und eine am physiologischen bzw. pathophysiologischen Ablauf der Artikulations- und Phonationsgesten orientierte Interpretation anzubieten.

Des Weiteren interessiert der auf Grund des Studiendesigns mögliche Vergleich der Entwicklung des Phonationssystems und des Systems der glottal-supraglottalen Artikulation. Die Entwicklung wird unter Bezug auf die beiden Bedingungen (mit und ohne Stimulation) sowohl bei beiden Pathologien als auch bei den einzelnen Patienten betrachtet. Dadurch wird ein tentativer Beitrag zur Frage der neuronalen Steuerung der beiden Systeme unter den vorhandenen Bedingungen gegeben.

Für die Patienten mit M. Parkinson wird zunächst die prinzipielle Notwendigkeit einer individuellen Betrachtung bei der Darlegung und Bewertung des Artikulationsverhaltens unter Stimulationseinwirkung durch die Unterschiede bei den einzelnen Patienten verdeutlicht: Bei fünf von neun Personen dieser Patientengruppe (Patientinnen 1, 2; Patienten 3, 6, 7) ist relativ häufig bei der apikalen Zungenbewegung für die Artikulation des /t/ und zweimal auch bei der dorsalen Zungenbewegung für diejenige des /k/ im Signal an Stelle der Verschlussphase Friktion vorhanden (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.5, Sektion 4.3. Abbildung V.21 oben & Pützer et al., 2003a). Dadurch

wird eine bei diesen Produktionen nicht vollzogene Verschlussbildung belegt. Dass diese fehlende Verschlussbildung bei den /t/-Produktionen häufiger zu finden ist als bei den /k/-Produktionen, ist artikulatorisch wie folgt zu erklären: Bei der apikalen Bewegung zur Verschlussbildung für ein /t/ ist eine größere feinmotorische Abstimmung der Zungenmuskulatur nötig als bei der dorsalen Bewegung zur Verschlussbildung für ein /k/. Bei der Artikulation des bilabialen /p/ ist keine Friktion während der Verschlussphase zu finden. Dies mag darin begründet liegen, dass die artikulatorischen Abläufe bei den Vokal-Plosiv-Vokal-Produktionen mit im vokalischen Kontext eingebettetem bilabialem /p/ (/apa/) im Vergleich zu den Abläufen mit eingebettetem /t/ (/ata/) bzw. /k/ (/aka/) keine Anforderungen an die Zungenmotorik stellen. Bei den Produktionen mit /p/ wird der Verschluss für den Plosiven an den Lippen gebildet und die Zunge kann während der schnellen artikulatorischen Abfolgen in der Vokalposition für /a/ bleiben. Die Lippenmotorik scheint zudem in ihrer Funktionalität bei Krankheitsbildern, bei denen eine Dysarthrophonie erworben wird, weniger in Mitleidschaft gezogen zu werden als die Zungenmotorik. Dies ist aus der jüngsten Literatur zu entnehmen (z. B. Hartelius & Lillvik, 2003). Bei den /t/- und /k/-Produktionen wird hingegen innerhalb der Artikulationsabfolge Vokal-Plosiv-Vokal von den Probanden eine bezüglich der Feinmotorik abzustufende zielgerichtete Zungengeste für den dental/alveolaren bzw. velaren Verschluss verlangt. Dieser an den artikulatorischen Ablauf gestellten Anforderung kommen die Probanden des Öfteren innerhalb der Wiederholungsaufgaben nicht genügend nach. Somit mag die im Signal nachzuweisende Frikativisierung der Verschlussphase für den auditiven Eindruck der Verschlechterung der Artikulation unter Stimulation bei den betroffenen drei Patienten selbst und bei ihren Kommunikationspartnern mit verantwortlich sein.

Mit der Frikativisierung innerhalb der Plosivproduktion zusammenhängend ist bei ebenfalls vier der Patienten der Gruppe die unter Stimulation oft fehlende bzw. schwach ausgeprägte Voice Onset Time (VOT) zu erwähnen (Patientinnen 1, 2; Patienten 3, 7). Dieses Artikulationscharakteristikum ist ein Produkt des nicht vorhandenen bzw. in seiner Dauer sehr gering ausgeprägten Verschlusses, der keine bzw. eine schwache Lösung mit entsprechend schwacher Explosions- und Aspirationsphase nach sich zieht (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.5 & Sektion 4.3. Abbildung V.21 oben). Andererseits bedingen hohe stimmhafte Anteile innerhalb der Verschlussphase geringere Dauerwerte bei der VOT, da aus dem partiellen Persistieren der Stimmlippenschwingungen während der oralen Verschlussphase ein geringerer supraglottaler Druckaufbau auf Grund mangelnder glottaler Abduktion resultiert (vgl. z. B. Ivry & Gopal, 1992; Ackermann & Hertrich, 1993). Die durch die Produktionsmittelwerte ausgedrückte geringe Verschlussdauer bzw. die Abduktionsdefizite erscheinen mit entsprechenden

individuellen Variationen bei fast allen Patienten unabhängig von der Plosivkategorie. Zudem findet man bei drei der Patienten eine größere Vokaldauer bei den den Plosiven folgenden Vokalen, die unter Stimulation registriert wurden (Patientinnen 1, 9; Patient 3). Die angeführten Artikulationscharakteristika sind innerhalb der Gruppe der Patienten mit M. Parkinson vor allem auf fünf Personen mit unterschiedlicher Gewichtung zu beziehen. Somit kann man nur bei vier Patienten von einer relativ positiven Beeinflussung der artikulatorischen Abläufe unter Stimulation ausgehen.

Die Entwicklung der phonatorischen Leistungen unter Stimulation lässt ebenso wie die artikulatorische Betrachtung kein einheitliches Bild bei den Patienten dieser Gruppe erkennen: Bei drei Patienten weist die Mittelwertentwicklung der EGG-Parameter bzw. diejenige der akustischen Parameter auf eine Verschlechterung der Anregungsfunktion mit mangelndem Aufbau von Obertönen hin (Patientin 2; Patienten 3, 5). Eine Verbesserung des Phonationsablaufs ist hingegen bei vier weiteren Patienten anhand der Parametrisierung nachzuweisen (Patientinnen 1, 8; Patienten 4, 7). Zwei Patienten der Gruppe (Patient 6; Patientin 9) lassen keine eindeutigen Tendenzen im Vergleich der Bedingungen erkennen.

Neben dieser intrasubjektiven Betrachtung der artikulatorischen und phonatorischen Entwicklung unter Stimulation erlaubt eine referentielle Betrachtung durch eine Bewertung der Abweichung der Analysedaten von den Mittelwerten der Kontrollgruppe eine Bestimmung der aktuellen individuellen Funktionalität der beiden Systeme. Durch diesen Vergleich können aber auch Aussagen über den durch eine geringere Medikation gekennzeichneten Status der einzelnen Patienten bezüglich einer bereits vorhandenen dysarthrophonischen Beeinträchtigung getroffen werden. Die Gruppe mit M. Parkinson lässt hierbei bei einigen Patienten eine unter Nichtstimulation (mit geringerer Medikation) bereits vorhandene artikulatorische Beeinträchtigung erkennen, wobei die Patientenzahl bei der individuellen Betrachtung variiert (Patientinnen 1, 2; Patienten 6, 7). Die Beeinträchtigung lässt sich bei einigen Patienten durch die Stimulation positiv beeinflussen. Bei anderen Patienten bringt die Stimulation eine weitere Verschlechterung der Situation (z. B. Patient 5) bzw. lässt der Vergleich unter beiden Bedingungen keine Veränderung erkennen (z. B. Patient 6). Auf der Grundlage dieses Ergebnisses kann nur auf den individuell unterschiedlichen Status und auf die unter Stimulationseinfluss sich vollziehende unterschiedliche individuelle Entwicklung verwiesen werden. Dies muss als eines der zentralen Ergebnisse der vorliegenden Studie betrachtet werden. Somit sind in der jüngsten Literatur beschriebene Gruppentendenzen für dieses Krankheitsbild, die eine generelle Verbesserung der Artikulationsfähigkeiten unter Stimulationseinfluss beinhalten, zu diskutieren (z. B. Gentil et al., 2003). Jedenfalls ist anzunehmen, dass sie durch eine Patientenkonstellation entstanden sind,

die abweichend von der in dieser Arbeit vorhandenen Konstellation mehr Homogenität bezüglich des Schweregrades und der Ausprägung der zugrundeliegenden Dysarthrophonie besitzt (vgl. Angaben zur klinischen Beurteilung bei den einzelnen Patienten im Kap. IV, Sektion 1.1.).

Die individuelle phonatorische Entwicklung unter Stimulation lässt bei vier Patientinnen (Patientinnen 1, 8; Patienten 4, 7) eine Verbesserung erkennen. Eine Verschlechterung ist hingegen bei drei Patienten (Patientin 2; Patienten 3, 5) festzustellen. Bei den restlichen zwei Patienten (Patient 6; Patientin 9) sind die Tendenzen nicht eindeutig zu bestimmen.

Im referentiellen Vergleich des Phonationsverhaltens mit den Daten der Kontrollgruppe sind unter beiden Bedingungen unterschiedliche Entwicklungen vorhanden. Somit ist auch diesbezüglich bei der Patientengruppe keine generelle Aussage über die Auswirkungen der operativen Maßnahmen auf das phonatorische System möglich. Vielmehr wird dadurch eine phonatorische Variationsbreite festgestellt, die entsprechend dem mehr oder minder vorhandenen Schweregrad der unter Nichtstimulation (bei reduzierter Medikation) konkretisierten Beeinträchtigung eine positive oder negative Einschätzung verdient. Der Verweis auf die dringend notwendige individuelle Betrachtung bezüglich der Auswirkungen der Stimulation und des damit eventuell verbundenen Beeinträchtigungsgrades hat somit auch bei dieser Fragestellung seine Berechtigung.

Bei dem Vergleich der Entwicklung der beiden Systeme (Phonationssystem und System der glottal-supraglottalen Artikulation) unter Stimulationseinfluss lässt sich pathologiebezogen und bei der individuellen Betrachtung in Anbetracht der obigen Ergebnisse keine einheitlich Tendenz herausstellen. Die Patienten legen eine Verbesserung, aber auch eine Verschlechterung der phonatorischen und glottal-supraglottal artikulatorischen Leistungen an den Tag. Dies stellt sich auch bei individueller Betrachtung heraus. Folglich basiert das dargelegte Ergebnis auf der für diese Patientengruppe konstatierten individuellen Variationsbreite, die eine generelle Aussage zur Entwicklung der Artikulationssysteme bei stimulativen Eingriffen verbietet.

Bei den Patienten mit MS werden bezüglich des glottal-supraglottalen Artikulationsverhaltens bei sechs von sieben Patienten ebenfalls Unterschiede durch die Stimulationseinwirkung deutlich. Sie betreffen die einzelnen Produktionsabschnitte. So sind bei zwei Personen einerseits bei einer Anzahl von /t/- und /k/-Produktionen wie bei den Patienten mit M. Parkinson frikative Anteile an Stelle des Verschlusses im Signal zu finden (Patientin 1; Patient 5; vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.5 oben). Zum andern erscheinen bei einer Personen bei /t/-Produktionen in Kombination mit den Friktionsanteilen erhöhte Anteile von Stimmhaftigkeit bzw. durchgehende Periodizität

in der Verschlussphase (Patient 5; vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.6 & Sektion 4.3. Abbildung V.45 oben). Dies weist auf Mängel bei der intraartikulatorischen Synchronisierung der glottalen Ab- und Adduktionsgeste hin.

Ebenfalls wie bei den Patienten mit M. Parkinson gehen hohe stimmhafte Anteile in den Verschlüssen von /t/ mit geringeren VOT-Werten innerhalb dieser Produktionen einher (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.4 oben). Auch dadurch wird eine Abduktionsverschlechterung unter Stimulation offenkundig (vgl. z. B. Patient 6). Die den Plosiven /p/ und /k/ nachfolgenden Vokale weisen unter dieser Bedingung bei fast allen Patienten eine größere Dauer im Vergleich zu den unter Nichtstimulation phonierten Vokalen auf. Zudem findet man bei einzelnen Patienten eine größere Gesamtsilbendauer unter Stimulationseinfluss (vgl. z. B. Patientin 4). Insgesamt gesehen kann man bei dieser Patientengruppe von einer Tendenz der artikulatorischen Beeinträchtigung unter neurostimulativem Einfluss ausgehen. Die instrumentell nachweisbare Beeinträchtigung trägt insgesamt zu den von den Patienten selbst und von ihren Kommunikationspartnern geäußerten artikulatorischen Erschwernisempfindungen unter Stimulation bei.

Die Bewertung der phonatorischen Entwicklung unter Stimulation bei den einzelnen Individuen dieser Gruppe lässt für sechs von sieben Patienten eine intrasubjektive Verbesserung des phonatorischen Ablaufs erkennen. Sie ist sowohl mit Hilfe der Elektroglottographie als auch mit Hilfe der akustischen Analyseverfahren statistisch nachweisbar. Mit einer unterschiedlichen Gewichtung bei den einzelnen Individuen kann insgesamt anhand der Parameter ein besseres Adduktionsverhalten mit in der Folge stabilerem Ablauf des Phonationszyklus nachgewiesen werden.

Die Bewertung der artikulatorischen Beeinträchtigung durch einen Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe lässt einmal die Tendenz der weiteren Verschlechterung der Artikulationssituation unter Stimulation erkennen (vgl. z. B. Patientin 2). Sie kann durch die bereits geschilderte Problematik der intraartikulatorischen Synchronisierung des Artikulationsverhaltens sowie durch daraus folgende größere Dauerwerte bei den Vokalproduktionen belegt werden (vgl. auch Ziegler & Wessel, 1996). Zum anderen wird aber auch durch den Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe offenkundig, dass einige der Patienten bereits vor den operativen Maßnahmen an Artikulationsstörungen gelitten haben (Patientinnen 1, 4; Patient 6). Sie lassen sich durch eine große Anzahl von signifikant unterschiedlichen Parametermittelwerten bei Nichtstimulation nachweisen.

Das intrasubjektive phonatorische Verhalten unter Stimulation zeigt bei sechs von sieben Patienten eine positive Entwicklung. Der dabei festgestellte stabilere Ablauf des Phonationszyklus stellt sich im referentiellen Vergleich mit den Daten der

Kontrollgruppe bei fünf von sieben Patienten allerdings als ein instrumentell nachweisbarer hyperfunktioneller Phonationsablauf heraus, der einen höheren muskulären Kraftaufwand verlangt. Dies wird einmal am Beispiel einer signifikanten Verringerung der akustischen Parameter zur Bewertung der glottalen Anregungsfunktion (SKG, RCG) gezeigt. Hieraus ist eine Verstärkung des Obertonaufbaus zu schließen. Zum andern weist aber auch die Entwicklung der elektrolottographischen Parameterwerte auf diese Phonationssituation hin. Bei ihnen belegt wie in der Literatur berichtet einmal die Verringerung des Öffnungsquotienten eine höhere Anspannung des muskulösen Teils der Stimmlippen (vgl. z. B. Pützer & Marasek, 2000). Andererseits können mit Hilfe der Parameter, die den Anstieg der Flanke der EGG-Kurve betreffen, Rückschlüsse auf den subglottalen Druckaufbau und somit auch auf die Adduktionsverhältnisse geschlossen werden (Marasek, 1997). Bei hyperfunktionellen Phonationsverhältnissen mit harten Stimmeinsätzen sind die subglottischen Druckverhältnisse höher als bei normalstimmlicher Phonation. Vor allem die EGG-Parameter des Gesamtparametersatzes, die die Schließungsbewegung betreffen (SCV, SCA, ECV, CLA) verdeutlichen hier diese Entwicklung durch ihre Werte. Sie belegen einen steileren Anstieg bzw. eine Dauerverringerung bei der Schließungsbewegung. Die EGG-Parameter zur Schließungsbewegung weisen also auf eine übertriebene Kontraktion der Phonationsmuskulatur hin. Auf Grund des vorhandenen hyperfunktionellen Phonationsablaufs kann also auch bei diesem Produktionsmodus wie bereits bei der isolierten Betrachtung von Stimmqualität zunächst eine Schädigung des ersten motorischen Neurons (supranukleär) mit einem beschleunigungsabhängigen Muskelhypertonus diskutiert werden. (vgl. auch Kap. IV, Sektion 5.). Die Ergebnisse zur glottal-supraglottalen Artikulation bei diesen Patienten lassen in Verbindung mit den hyperfunktionellen Komponenten vor allem an eine zugrundeliegende dysarthrophonische Mischform denken. Diese Mischformen werden in der Literatur für das Krankheitsbild ebenfalls erwähnt (z. B. Wendler et al., 1996; Ziegler et al., 1998). Sie können beispielsweise durch spastische bzw. hypertone und ataktische Komponenten¹ gekennzeichnet sein (vgl. Sektion 6. unten).²

Somit wird die Notwendigkeit, Stimulationsauswirkungen nicht nur intrasubjektiv, sondern auch im Vergleich mit Referenzdaten einer gesunden Kontrollgruppe zu

¹ Dem erhöhten Muskeltonus als Phonationscharakteristikum der spastischen bzw. hypertonen Komponente stehen Störungen der Bewegungskoordination bei der glottal-supraglottalen Artikulation als Charakteristikum der ataktischen Komponente gegenüber. Wie bereits erwähnt führen Läsionen kortikonukleärer Bahnen zu dysarthrophonischen Störungen, die mit einer Reihe von Anzeichen eines gliedmaßenbezogenen spastischen Störungsmusters einhergehen (vgl. Kap. IV, Sektion 5.).

² Neben spastisch-ataktischen Mischformen können z. B. bei Erkrankungen des motorischen Neurons auch spastisch-schlaffe Syndrome bzw. bei einer Multisystemerkrankung spastisch-ataktische sowie spastisch-hypokinetische Syndrome auftreten (Ziegler et al., 1998).

bewerten, bei dieser Patientenklientel umso mehr deutlich. Bei ihr können zwar intrasubjektiv signifikante Veränderungen durch Stimulationseinwirkungen im Sinne einer positiven Entwicklung festgehalten werden. Der Vergleich dieser Entwicklung mit den Daten der Kontrollgruppe lässt aber den erwähnten phoniatischen Zusatzbefund erkennen. Durch ihn wird eine eventuelle longitudinale Beobachtung des Phonationsverhaltens bei chronischer Stimulation zur Diskussion gestellt. Dabei sind Entscheidungen für ein therapeutisches Entgegenwirken mit einzukalkulieren. Die Begründung für eine longitudinale Beobachtung liegt in der Tatsache, dass bei länger bestehenden hyperfunktionellen Schwingungsverhältnissen mit einer Dekompensation im Glottisbereich zu rechnen ist. Auf Grund des hohen Tonus der Muskulatur ist diese Dekompensation zu erwarten.

Die instrumentellen Untersuchungen zu den beiden Systemen lassen also bei den Patienten mit MS unter Stimulation die Tendenz einer unterschiedlichen bzw. konträren Entwicklung erkennen: Die phonatorischen Komponenten signalisieren im intrasubjektiven Vergleich zunächst eine Verbesserung der Stabilität des Phonationsvorgangs. Diese Verbesserung erweist sich allerdings im Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe als ein hyperfunktioneller Anregungsmodus, der eine diesem Status entsprechende Abstimmung und Koordination der motorischen Befehle beinhaltet. Die glottal-supraglottalen artikulatorischen Abläufe weisen hingegen in ihrer Koordination sowie in ihrer Präzision Defizite auf. Diese waren zwar teilweise präoperativ auch vorhanden. Sie sind jedoch durch den Stimulationseinfluss noch verstärkt worden (vgl. z. B. Patientin 2).

Bei den Patienten beider Pathologien ist beim Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe die unter beiden Phonationsbedingungen vorhandene allgemein höhere Variabilität der Messwerte auffällig. Sie zeugt von einer generell größeren Instabilität der phonatorischen und artikulatorischen Abfolgen bei den Patienten. Im Einzelfall ist somit eine geringere Streuung bei den Werten bemerkenswert.

Die für die beiden Krankheitsbilder hier festgehaltenen Auswirkungen der Elektrostimulation auf das Artikulations- und Phonationsverhalten beinhaltet Parallelen zu den Beschreibungen, die vom Autor in zurückliegenden Studien zur Problematik angeführt werden (Pützer et al., 2003a; Pützer et al., 2003b). Die Parallelen zu diesen Arbeiten existieren trotz der berücksichtigten höheren Patientenzahlen und trotz eines anderen Studienaufbaus. Sie konzentrieren sich in der auch in dieser Studie bestätigten individuellen Variationsbreite bezüglich der Stimulationsauswirkungen. Mit ihr muss auch in zukünftigen Untersuchungen gerechnet werden. Im Einklang mit der neuesten Literatur (Wang et al., 2003a) ist auf diese Variationsbreite deutlich zu verweisen.

5. Longitudinalpatienten

5.1. Individuelle Entwicklung und referentielle Darlegung der individuellen Entwicklung unter longitudinaler Betrachtung

Die individuelle Entwicklung von drei Patienten ist über einen Zeitraum von etwa acht Monaten untersucht worden. Innerhalb dieses Zeitraums haben zehn Aufnahmesitzungen stattgefunden. Bei einer Patientin werden drei Aufnahmesitzungen herangezogen, die innerhalb eines Zeitraums von drei Monaten liegen. Nach Sichtung der Ergebnisse zu den einzelnen Aufnahmesitzungen hat sich die folgende Vorgehensweise als sinnvoll herausgestellt:

Bei den Patienten mit zehn vorhandenen Aufnahmesitzungen werden nur die Ergebnisse zu der ersten, fünften und zehnten Sitzung berücksichtigt. Dies kann deshalb gemacht werden, da zwischen diesen Sitzungen keine gravierenden Veränderungen der Parameterwerte zu beobachten sind. Bei der Patientin mit drei vorhandenen Aufnahmesitzungen werden diese drei Sitzungen berücksichtigt. Zwischen den Aufnahmesitzungen haben logopädische Therapien stattgefunden.

Die referentielle Bewertung erfolgt durch einen Vergleich der drei Aufnahmesitzungen oder nur durch einen Vergleich der zehnten Aufnahmesitzung mit den Daten der Kontrollgruppe.

Innerhalb der Vergleiche werden für die Longitudinalpatienten bei der Betrachtung der glottal-supraglottalen Artikulation die oben dazu dargelegten Produktionsaspekte ebenfalls berücksichtigt. In den erstellten Tabellen werden auch jeweils die aus 10 Produktionen pro Plosiv errechneten Mittelwerte (mit Standardabweichung) für die einzelnen Parameter in Millisekunden angegeben.

Die Darlegung zu den Stimmqualitätsparametern beinhaltet wie bei den Stimulationspatienten die Mittelwerte (mit Standardabweichung) auf der Grundlage von 10 Vokalproduktionen pro Silbenzyklus.

(a) Patient1

Bei der Betrachtung der glottal-supraglottalen Artikulation zeigen sich zunächst über die Aufnahmesitzungen bei den Silbenzyklen mit /k/ signifikante Unterschiede zwischen der ersten bzw. fünften und der letzten Sitzung. Diese Unterschiede sind anhand der Produktionsparameter zu den stimmhaften Anteilen im Zyklus (glottale Geste), der Gesamtdauer des Silbenzyklus, der Vokaldauer (orale Geste) sowie den Stimmhaftigkeitsanteilen im Verschluss (intraartikulatorische Synchronisierung) quantitativ nachweisbar (vgl. Anhang C, Tabelle V.60). Ein qualitativer Nachweis der durchgängigen

Stimmhaftigkeit kann ebenfalls geführt werden. In der Abbildung V.49 wird am Beispiel einer /k/-Produktion die durchgängige Stimmhaftigkeit im Verschluss gezeigt (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.4).

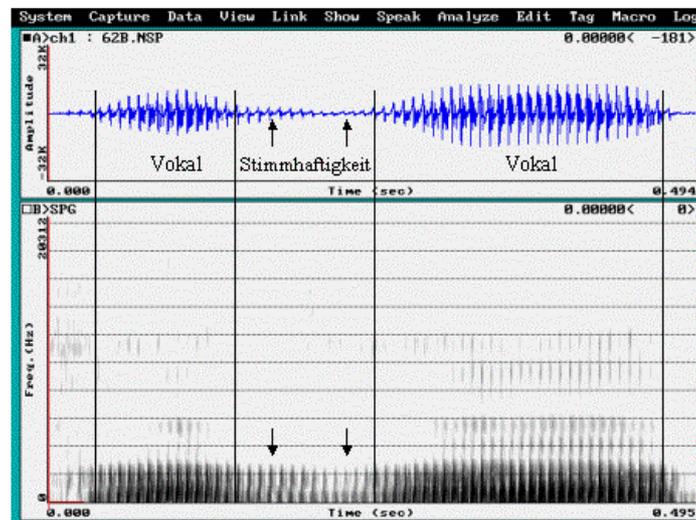


Abbildung V.49: /k/-Produktion mit Stimmhaftigkeit im Verschluss.

Die referentielle Bewertung der Analysedaten lässt durch einen Vergleich mit den Werten der Kontrollgruppe die artikulatorische Beeinträchtigung vor allem bei den Daten der zehnten Sitzung deutlich werden (vgl. Anhang C, Tabelle V.61). Die Daten der Sitzungen 1 und 5 weisen insgesamt weniger signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe auf.

In der Abbildung V.50 wird am Beispiel der Gesamtdauer der /k/-Silbenzyklen diese Beeinträchtigung gezeigt. Die Gesamtdauer fällt bei der Kontrollgruppe signifikant geringer aus.

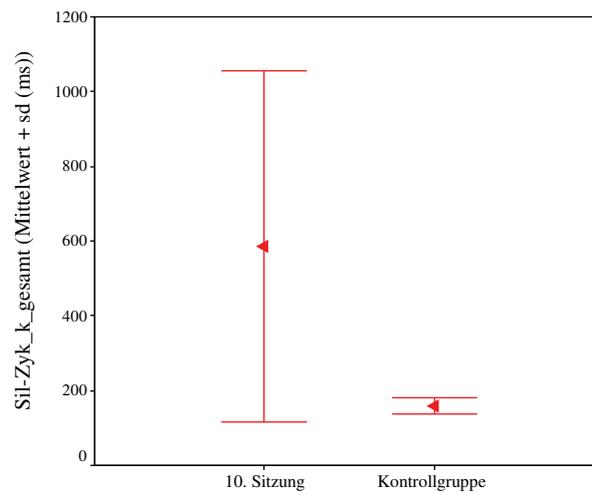


Abbildung V.50: Gesamtdauer des Silbenzyklus (Mittelwert + Standardabweichung) in der zehnten Sitzung sowie bei der Kontrollgruppe (/ka/-Silbe; $p < 0,001$).

Der Mangel, den artikulatorischen Ablauf bei den Silbenproduktionen dauerbezogen konstant zu halten, wird hier zudem durch die hohe Standardabweichung angezeigt.

Für das individuelle Phonationsverhalten können unter Verwendung der elektroglottographischen Parameterwerteveränderungen über den betrachteten Zeitraum anhand des Parameters zum Öffnungsquotienten (OQ1) im Vergleich der ersten mit der zehnten Aufnahmesitzung signifikante Unterschiede herausgestellt werden. Anhand zweier akustischer Parameter (GOG, SKG) gelingt dies ebenfalls. Die Unterschiede belegen eine Verbesserung des Phonationsvorgangs (vgl. Anhang C, Tabelle V.62). Abbildung V.51 zeigt diese Entwicklung am Beispiel des Parameters zur Steilheit der Glottiswelle (SKG). Die Abbildung beinhaltet eine Verringerung der Werte in der 5. und 10. Sitzung. Sie unterscheiden sich signifikant von dem Wert der 1. Sitzung. Die Werteverringerung deutet trotz vorhandener größerer Variabilität auf diese Verbesserung des Phonationsvorgangs hin.

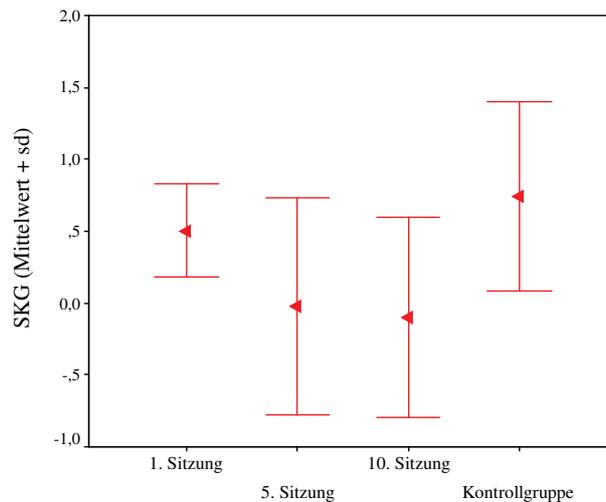


Abbildung V.51: Steilheit der Glottiswelle (SKG) (Mittelwert + Standardabweichung) in der ersten, fünften und zehnten Sitzung sowie bei der Kontrollgruppe (1 S. gegenüber 5. S. & 10. S.; 5. S. & 10. S. gegenüber Kontrollgruppe: $p < 0,01$).

Die referentielle Betrachtung der Stimmqualitätsentwicklung lässt diese intra-subjektiv beschriebene Tendenz der Verbesserung des Phonationsvorgangs anhand der Daten der zehnten Sitzung ebenfalls erkennen. Hier sind signifikante Unterschiede gegenüber der Kontrollgruppe beim Parameter zur Steilheit der Glottiswelle (SKG vgl. Abbildung V.51), beim Parameter zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) sowie beim Parameter zum Grad der Glottisöffnung (GOG) vorhanden (vgl. Anhang C, Tabelle V.62). Sie geben Evidenz für ein vorhandenes hyperfunktionelles Phonationsverhalten. In Abbildung V.52 wird dies am Beispiel des RCG-Parameterwertes verdeutlicht.

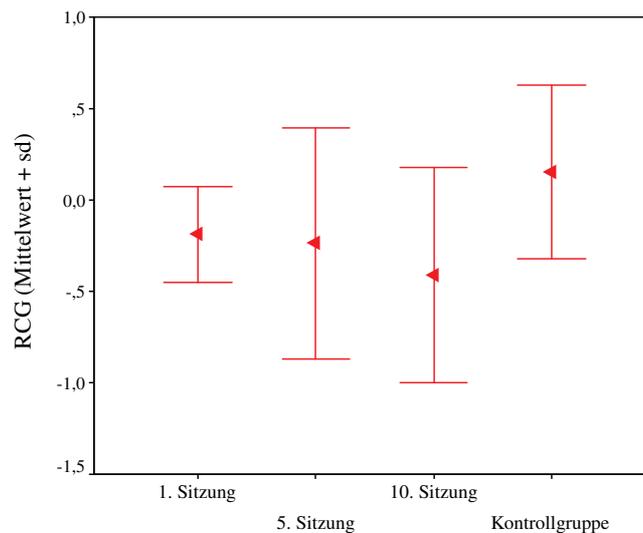


Abbildung V.52: Parameterwerte (Mittelwert + Standardabweichung) des Parameters zur Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses (RCG) in der ersten, fünften und zehnten Sitzung sowie bei der Kontrollgruppe (10. S. gegenüber Kontrollgruppe: $p < 0,01$;).

Der im Vergleich mit dem Wert der Kontrollgruppe geringere Parameterwert in der zehnten Sitzung belegt diese Entwicklung.

Insgesamt zeigt sich bei diesem Patienten wie bei den Stimulationspatienten mit MS eine konträre Entwicklung der beiden Artikulationssysteme bei Stimulationseinfluss: Während für die glottal-supraglottalen Artikulationsmechanismen eine Beeinträchtigung festzustellen ist, lässt die laryngale Entwicklung eine Verbesserung der Werte bis hin zur Hyperfunktion erkennen (vgl. Sektion 4.4. oben).

(b) Patient 2

Bei diesem Patienten ist ebenso wie bei dem Patienten 1 ein intraartikulatorischer Synchronisierungsdefizit bei einem Vergleich der Produktionsdaten zu den Aufnahmesitzungen nachzuweisen (vgl. Anhang C, Tabelle V.63). Die über die Sitzungen größer werdenden stimmhaften Anteile in den Verschlüssen zu den /p/-Silbenzyklen führen zu einem geringer ausfallenden mittleren Dauerwert für die VOT (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.4 oben). Abbildung V.53 zeigt diese Entwicklung am Beispiel der signifikanten Parameterunterschiede in den Sitzungen 1 und 10.

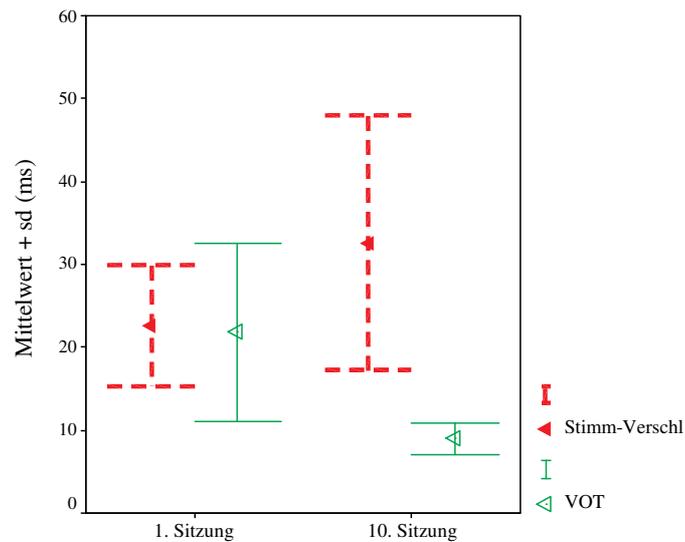


Abbildung V.53: Stimmhalte Anteile im Verschluss (Stimm-Verschl), und Voice Onset Time (VOT) (Mittelwert + sd) in der ersten und zehnten Sitzung (/pa/-Silbe; beide Parameter: $p < 0,001$).

Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass die Dauer der VOT in der 10. Sitzung bei einer gleichzeitigen Vergrößerung der stimmhaften Anteile im Verschluss abnimmt.

Durch einen Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe wird die Artikulationsbeeinträchtigung weiter untermauert (vgl. Anhang C, Tabelle V.64). Abgesehen von den VOT-Parameterwerten weisen die Mittelwerte aller anderen Parameter in den drei Sitzungen fast ausschließlich signifikante Unterschiede zu denjenigen der Kontrollgruppe auf. Somit kann von einer bleibenden artikulatorischen Beeinträchtigung bzw. von einer Verschlechterung eines schon beeinträchtigten Ausgangszustandes bei dem Patienten über den betrachteten Zeitraum ausgegangen werden (vgl. Abbildung V.53).

Der intrasubjektive Vergleich der Phonationsdaten beinhaltet keine signifikanten Veränderungen.

Erst der referentielle Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe erlaubt eine Bewertung der phonatorischen Entwicklung bei diesem Patienten: Mit Hilfe des EGG-Parameters zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA), des Parameters zur Verschlussphase (CV) und desjenigen zur Startphase der Schließungsbewegung (ECV) können die Daten der Sitzungen von den Daten der Kontrollgruppe abgegrenzt werden. Die akustische Parametrisierung liefert keine relevanten Ergebnisse (vgl. Anhang C, Tabelle V.65).

In Abbildung V.54 wird am Beispiel des EGG-Parameters zur Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) diese Abgrenzung verdeutlicht.

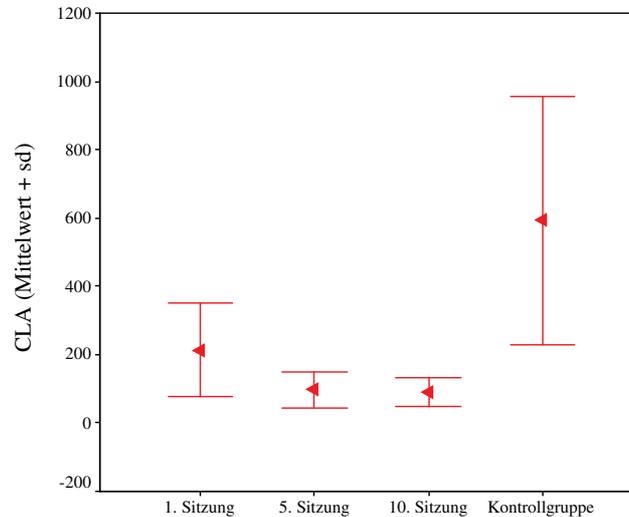


Abbildung V.54: Steilheit der Schließungsbewegung (CLA) (Mittelwert + Standardabweichung) in der ersten, fünften und zehnten Sitzung sowie bei der Kontrollgruppe (1. S., 5. S. & 10. S. gegenüber Kontrollgruppe: $p < 0,001$).

Die geringeren Parameterwerte in den Sitzungen zeigen im Vergleich mit dem Wert der Kontrollgruppe, dass die gesamte Schließungsbewegung bei dem Patienten flacher verläuft und die Stimmlippen sich somit langsamer schließen.

Insgesamt gesehen kann also für diesen Patienten festgehalten werden, dass sowohl seine artikulatorischen als auch seine phonatorischen Leistungen erst durch den referentiellen Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe eingeordnet werden können. Durch diesen Vergleich wird offenkundig, dass die beiden Systeme beeinträchtigt sind.

(c) Patientin 1

Anhand der Parameterwerteveränderungen der Produktionsparameter zur glottalen Geste (Stimme im Silbenzyklus), zur oralen Geste (Gesamtdauer des Silbenzyklus) sowie zur Vokaldauer nach /p, t, k/ ist eine Beeinträchtigung der artikulatorischen Abläufe ab der fünften Sitzung im Vergleich zur ersten Sitzung für diese Patientin zu erkennen (vgl. Anhang C, Tabelle V.66).

In Abbildung V.55 wird dies am Beispiel der Gesamtdauer zu den /p/-Silbenzyklen verdeutlicht.

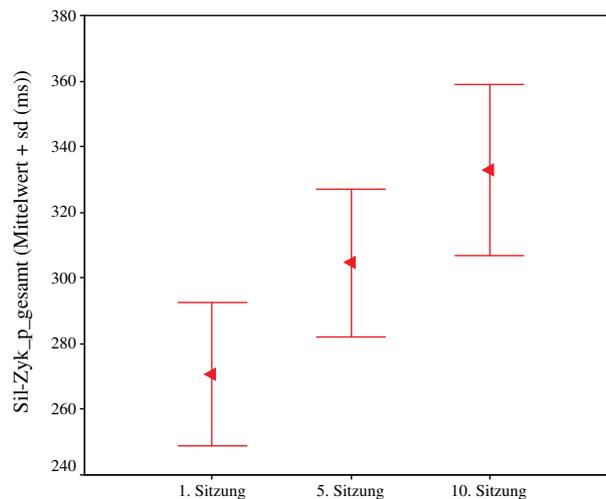


Abbildung V.55: Gesamtdauer des Silbenzyklus (Mittelwert + Standardabweichung) in der ersten, fünften und zehnten Sitzung (/pa/-Silbe; 1. S. gegenüber 10. S.: $p < 0,01$).

Unterstrichen wird diese Einschätzung durch den referentiellen Vergleich der artikulatorischen Produktionsdaten. Hier zeigen sich ebenfalls bei fast allen Parametern Unterschiede zur Kontrollgruppe. Die größte Anzahl signifikanter Parameterunterschiede findet sich dabei im Vergleich der letzten Sitzung mit den Kontrolldaten. (vgl. Anhang C, Tabelle V.67).

Die Phonation hat sich über die Aufnahmesitzungen individuell nicht wesentlich verändert, was anhand der elektrolottographischen und akustischen Parameterentwicklung nachgewiesen werden kann.

Im referentiellen Vergleich der Stimmqualität zeigen sich unter Verwendung der elektrolottographischen Parameter keine zu verwertenden Tendenzen. Die akustischen Parameter OQG und GOG belegen eine Annäherung an die normalstimmlichen Daten. Insgesamt kann bei dieser Patientin also von einer im Bereich der Normalstimme liegenden Phonation gesprochen werden (vgl. Anhang C, Tabelle V.68).

Offensicht sind bei ihr nur bezüglich der glottal-supraglottalen Artikulation im Vergleich der drei Aufnahmesitzungen bzw. im Vergleich mit der Kontrollgruppe Veränderungen feststellbar, die auf eine Verschlechterung hindeuten.

Somit kann festgehalten werden, dass nicht beide artikulatorischen Systeme von dysarthrophonischen Erscheinungen betroffen sind.

(d) Patientin 2

Bei dieser Patientin liegen nur Daten zu drei Aufnahmesitzungen vor. Dabei bestätigen die Daten zur glottal-supraglottalen Artikulation durch kontinuierlich signifikante Unterschiede zwischen den betrachteten Sitzungen die Progredienz des Krankheitsver-

laufs (vgl. Anhang C, Tabelle V.69). Anhand aller Parameter zur glottalen und oralen Geste sowie anhand von Parametern zur intraartikulatorischen Synchronisierung der glottalen Abduktion kann diese Bestätigung vollzogen werden. In der Abbildung V.56 wird die geschilderte Entwicklung am Beispiel der Mittelwerte zur Vokaldauer der Vokale nach /t/ verdeutlicht. Eine Verlängerung der Vokaldauer steht für die Beeinträchtigung.

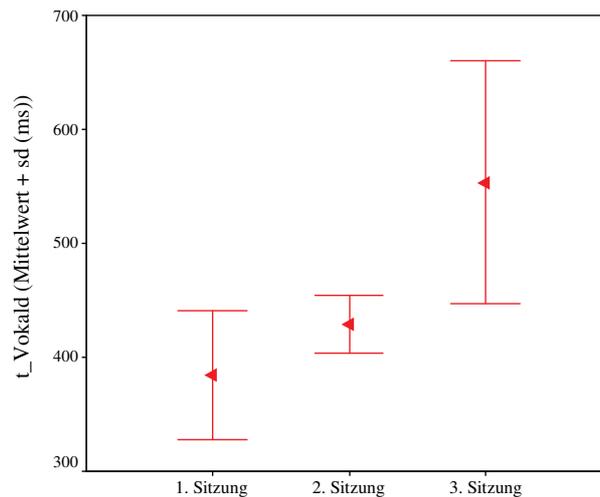


Abbildung V.56: Vokaldauer (Mittelwert + Standardabweichung) in der ersten, zweiten und dritten Sitzung (/ta/-Silbe; 1. S. gegenüber 2. S. gegenüber 3. S.: $p < 0,001$).

Entsprechend dieser Entwicklung fällt auch die referentielle Betrachtung aus. Bei ihr erscheinen mit einer Ausnahme alle Parameterwerte der drei Sitzungen signifikant unterschiedlich zur Kontrollgruppe, so dass die individuell erkennbare Verschlechterung der Artikulation auch durch den Vergleich mit der Kontrollgruppe bestätigt wird (vgl. Anhang C, Tabelle V.70).

Anhand der EGG-Parametrisierung sind in der dritten Aufnahmesitzung (z. B. OPA größer; ECV geringer; CLA geringer) Stabilitätsabweichungen bei den phonatorischen Leistungen nachzuweisen, die die Progredienz des Krankheitsverlaufs widerspiegeln (vgl. Anhang C, Tabelle V.71). Die akustischen Daten verweisen ebenfalls auf diese Entwicklung. Durch den referentiellen Vergleich mit den Mittelwerten der Kontrollgruppe belegen diese Abweichungen eine Beeinträchtigung des phonatorischen Ablaufs durch signifikante Unterschiede zu den Kontrollgruppendaten (vgl. Anhang C, Tabelle V.71). Die Parameterwerte sind in den Sitzungen jeweils geringer. In der Abbildung V.57 wird dies anhand der Parameter EVC und CLA verdeutlicht.

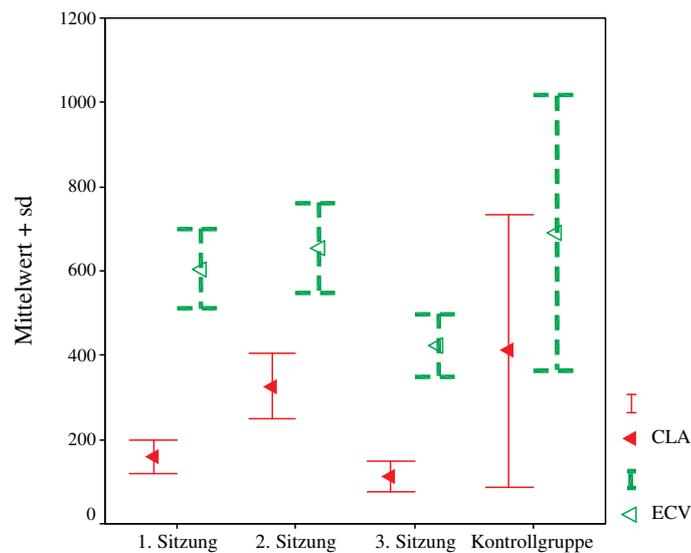


Abbildung V.57: Steilheit der Schließbewegung (CLA) und Endphase der Schließbewegung (ECV) (Mittelwert + Standardabweichung) in der ersten, zweiten und dritten Sitzung sowie bei der Kontrollgruppe (3. S. gegenüber Kontrollgruppe, beide Parameter: $p < 0,001$).

Insgesamt gesehen kann für diese Patientin vor allem durch den referentiellen Vergleich eine sich verschlechternde Situation bezüglich der artikulatorischen und phonatorischen Fähigkeiten anhand signifikanter Parameterabweichungen festgehalten werden.

5. 2. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

In diesem Gliederungspunkt wird die longitudinale Entwicklung der artikulatorischen und phonatorischen Fertigkeiten von vier Patienten mit unterschiedlichen Krankheitsbildern behandelt. Die Patienten haben zusätzlich zu ihrer Grunderkrankung eine Dysarthrophonie erworben. Drei Personen werden dabei über einen Zeitraum von acht Monaten auf der Grundlage von zehn Aufnahmesitzungen betrachtet. Bei einer Person werden nur drei Aufnahmesitzungen innerhalb von drei Monaten berücksichtigt. Neben der Bewertung der individuellen Entwicklung interessiert aber auch, ob diesbezüglich eventuelle Gemeinsamkeiten vorhanden sind oder ob es Unterschiede gibt. Darüber hinaus werden in einem weiteren Schritt die Daten zur individuellen Entwicklung in Bezug zu den Daten einer gesunden Kontrollgruppe gebracht. Auf diesem Hintergrund wird eine Bewertung des nach den Aufnahmesitzungen vorhandenen aktuellen Status der stimmlichen und artikulatorischen Leistungen der einzelnen Patienten vollzogen. Zwischen den einzelnen Sitzungen haben logopädische Therapien stattgefunden.

Auf der Grundlage der Parameterwerteveränderungen kann als Gemeinsamkeit bei der individuellen Entwicklung der Patienten eine Verschlechterung der Artikulationsfertigkeiten festgehalten werden. Diese Verschlechterung bezieht sich mit unterschiedlicher Gewichtung einmal auf den Produktionsaspekt des glottalen Ab- und Adduktionszyklus (Intraartikulatorische Synchronisierung), zum andern aber auch auf den Aspekt des oralen (supraglottalen) Schließungs- und Öffnungszyklus sowie auf deren Reflex im akustischen Signal (vgl. Sektion 3.3. Abbildung V.4-6 oben). Sie lässt sich im Vergleich der zehn (bzw. drei) Sitzungen über den betrachteten Zeitraum punktuell nachweisen. Der Nachweis kann (a) durch größere stimmhafte Anteile in den Zyklen (Patient 1; Patientin 2), (b) durch größere Vokaldauer- und Gesamtsilbendauerwerte (Patient 1; Patientin 1; Patientin 2), aber auch (c) durch persistierende stimmhafte Anteile in den Plosivverschlüssen und eine Verringerung der VOT (Patient 1; Patient 2; Patientin 2) geführt werden. Somit ist anhand dieses Ergebnisses die Progredienz der vorhandenen Artikulationsstörungen zu belegen, die vom Kommunikationspartner und von den einzelnen Patienten als eine Beeinträchtigung der kommunikativen Fähigkeiten empfunden werden. Schließlich weist das Ergebnis auf die Relevanz glottal-supraglottaler Betrachtungen im Zusammenhang mit der Einordnung dysarthrophonischer Symptome hin.

Die phonatorischen Charakteristika zu den Aufnahmesitzungen lassen sich bei den untersuchten Patienten nicht in gleichem Maße wie die artikulatorischen Fertigkeiten zusammenfassen und bezüglich ihrer Relevanz bei der Bewertung des dysarthrophonischen Gesamteindrucks herausstellen. Es kann aber generalisierend dazu bemerkt werden, dass die für die Aufrechterhaltung des Phonationsvorgangs verantwortliche motorische Befehlskette nicht in dem Ausmaß eine Beeinträchtigung erfahren hat wie dies bei den glottal-supraglottalen Gesten offenkundig festgestellt werden kann. Bei den Patienten ist über den betrachteten Zeitraum zunächst bezüglich der individuellen phonatorischen Entwicklung kein gravierender Phonationsmangel festzuhalten. Die elektrolottographischen Parameter sowie die akustischen Parameter belegen zum einen eine sich nicht verändernde phonatorische Situation (Patientin 1; Patient 2). Zum andern ist es anhand der Parametermittelwerteveränderungen möglich, eine Verbesserungstendenz beim Phonationsvorgang (Patient 1) bzw. mancherorts nur geringe Stabilitätsabweichungen festzumachen (Patientin 2).

Erst der referentielle Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe gibt schließlich nähere Auskunft über den aktuellen artikulatorischen und phonatorischen Status der einzelnen Patienten. Er lässt bezüglich der Artikulationsfertigkeiten bei den vier Patienten eine bleibende Beeinträchtigung erkennen. Sie lässt sich vor allem im Vergleich der Daten zur letzten Aufnahmesitzung mit den Daten der Kontrollgruppe

nachweisen. Diese Beeinträchtigung war einerseits bereits vorhanden, was sich anhand der ab der ersten Sitzung auftretenden signifikant unterschiedlichen Mittelwerte zeigt (Patient 2; Patientin 2). Andererseits hat sie sich über die Sitzungen mit Schwerpunkt ab der fünften Sitzung entwickelt (Patient 1; Patientin 1).

Bezüglich der Phonation beinhaltet der Vergleich mit der Kontrollgruppe kein einheitliches Bild: Während sich bei einem Patienten (Patient 1) die festgestellten positiven Tendenzen als eine Hyperfunktion bei der Stimmgebung herausstellen, gelingt bei einer Patientin (Patientin 1) keine wesentliche Abgrenzung gegenüber den gesunden Daten. Bei den beiden anderen Patienten (Patient 2; Patientin 2) bringt dieser Vergleich eine Beeinträchtigung des Phonationsablaufs durch signifikant unterschiedliche Mittelwerte bei den Parametern zutage.

Bei der Betrachtung der Entwicklung der beiden Systeme (Phonationssystem und System der glottal-supraglottalen Artikulation) über den beobachteten Zeitraum werden somit unterschiedliche Tendenzen für die einzelnen Patienten offenkundig: Bei Patient 1 legen die glottal-supraglottalen artikulatorischen Abläufe wie bei den Patienten mit MS eine Störung der Bewegungskoordination bei den artikulatorischen Abfolgen sowie eine reduzierte Artikulationspräzision an den Tag (vgl. z. B. Ackermann & Ziegler, 1992). Die Ergebnisse zum phonatorischen System lassen bei diesem Patienten hingegen eine angespannte, hyperfunktionelle Phonationssituation erkennen. Auf dem Hintergrund dieser Entwicklung lässt sich die cerebelläre Ataxie, unter der der Patient leidet, durch eine fehlende Synergie der glottal-supraglottalen Muskulatur instrumentell belegen. Dieser Zustand wird von einer Hyperfunktion bei der Phonation begleitet. Auf Grund des geschilderten Symptomkomplexes (hyperfunktionelle und ataktische Komponenten) kann also bei diesem Patienten ebenfalls eine dysarthrophonische Mischform diskutiert werden. Wie in der Literatur erwähnt, liegen cerebelläre Dysfunktionen in isolierter Form relativ selten vor. Ataktische Dysarthrophonien sind somit häufig mit anderen Symptomen (z. B. spastisch, hyperkinetisch) verbunden (Wendler et al., 1996). Folglich kann für die bei dem Patienten beschriebene Mischform ein zugrundeliegender Pathomechanismus angenommen werden, der auch mit cerebrocerebellären Fehlsteuerungen einhergeht. Auf diesen Aspekt wird in der Diskussion zur gesamten Studie im Zusammenhang mit der Charakterisierung des Phonations- bzw. Artikulationsverhaltens bei den MS-Patienten besonders eingegangen (vgl. Sektion 6. unten).

Bei Patient 2 verschlechtert sich die Artikulation ebenfalls, während die Phonation keine Beeinträchtigung über den beobachteten Zeitraum erkennen lässt. Diese Entwicklung ist auch bei der Patientin 1 zu beobachten. Bei beiden Patienten beinhaltet das zugrundeliegende Krankheitsbild Prozesse am Hirnstamm. Abweichend davon

wird bei der Patientin 2 eine beide Systeme betreffende Verschlechterung der Leistungen offenkundig. Sie leidet unter einer amyotrophischen Lateralsklerose, bei der offensichtlich der degenerative Prozess auf große Teile der die Phonation und Artikulation betreffenden motorischen Versorgungsgebiete übergegriffen hat.

Anhand dieser Ergebnisse wird also deutlich, dass entsprechend der zugrundeliegenden Pathologien auch bei den longitudinal betrachteten Patienten unterschiedliche bzw. konträre Entwicklungen (hyperfunktionell vs. ataktisch) der beiden Artikulationssysteme vorhanden sein können (vgl. Sektion 4.4. oben). Dabei wird bei den Individuen das glottal-supraglottale Artikulationssystem mehr in Mitleidenschaft gezogen als das phonatorische System. Diese Erkenntnis einer möglichen unterschiedlichen bzw. konträren Entwicklung der beiden Artikulationssysteme unterstreicht den Ansatz, bei der Beurteilung dysarthrophonischer Erscheinungen beide Systeme zu berücksichtigen.

6. Diskussion zur gesamten Studie

Die in diesem Kapitel behandelte Studie liefert Erkenntnisse bezüglich der glottal-supraglottalen Artikulation und Phonation bei den berücksichtigten Patientengruppen. Aus diesen Erkenntnissen erwachsen aber auch weitere verfolgungswürdige Aspekte, denen in dieser Arbeit nicht nachgegangen werden kann. Auf sie wird aber an entsprechender Stelle verwiesen.

Obwohl innerhalb der Studie zwei unterschiedliche Patientengruppen (sog. Stimulationspatienten und sog. Longitudinalpatienten) berücksichtigt werden und unterschiedliche Bedingungen vorhanden sind, unter denen ihr glottal-supraglottales Artikulationsverhalten sowie ihr Phonationsverhalten anhand der /pa, ta, ka/-Silben betrachtet wird, liefert ein Vergleich der Analyseergebnisse der Gruppen zunächst tendenzielle Gemeinsamkeiten:

Die Betrachtung der glottal-supraglottalen artikulatorischen Abfolgen bei den Patienten der beiden Gruppen zeigt, dass bei der Mehrzahl von ihnen vor allem das artikulatorische System in Mitleidenschaft gezogen worden ist. Hier wird eine reduzierte Artikulationspräzision anhand der Messwerte zu artikulatorischen Phasen der Plosiv-Vokal-Silben offenkundig. Sie ist quantitativ anhand von Analyseergebnissen zum akustischen Signal und qualitativ anhand von Visualisierungen des akustischen Signals (Oszillogramm; Sonagramm) zu belegen. Die reduzierte Artikulationsschärfe fällt den Kommunikationspartnern auf. Bei extremer Ausprägung kann sie für Verständlichkeitsprobleme sorgen.

Das phonatorische System lässt hingegen eine andere Entwicklung erkennen. Die bei den Patienten beider Gruppen instrumentell nachweisbaren Defizite sind einerseits im Vergleich zu den artikulatorischen Gegebenheiten von relativ geringerer Natur. Zum andern hat ihre auditive Bewertung nicht den Eindruck einer starken Beeinträchtigung hinterlassen. Folglich basieren die hier vorgestellten Ausführungen zur Stimmqualität auf dem Ergebnis einer unter der auditiven Wahrnehmungsschwelle operierenden instrumentellen Objektivierung. Durch diese Tatsache wird einerseits die Bedeutung der verwandten Analysemethoden zur Charakterisierung des Phonationsverhaltens unterstrichen. Andererseits werden dadurch aber auch in aktuellen Lehrbüchern zu findende auditiv begründete Stimmqualitätsmerkmale für einzelne Dysarthrophonieformen zur Diskussion gestellt (z. B. Poek, 1989, Wirth, 1994; Wendler et al., 1996; Sataloff, 1997; Ziegler et al., 1998; Probst et al., 2000). Anhand der vorliegenden Untersuchung kann nämlich gezeigt werden, dass das Vorhandensein dieser auditiven Merkmale bei den einzelnen Dysarthrophonieformen einer großen individuellen Variabilität unterliegt. Diese Erkenntnis einer großen individuellen phonatorischen Variabilität und damit eng verbunden die Erkenntnis der Notwendigkeit einer individuellen Betrachtung des Phonations- und Artikulationsverhaltens bei den berücksichtigten Krankheitsbildern stellt auch in dieser Studie ein wichtiges Ergebnis dar. Durch diese Erkenntnis wird Anlass zur kritischen Hinterfragung starr schematischer Klassifikationseinteilungen mit pauschalen Beschreibungs- und Merkmalscharakteristika für die Phonation und Artikulation bei neurogenen Sprechstörungen gegeben. Ein weiteres Fazit aus den Ergebnissen der Studie besteht in der Notwendigkeit einer referentiellen Betrachtung der individuellen artikulatorischen und phonatorischen Leistungen. Durch die Berücksichtigung von Referenzdaten einer gesunden Kontrollgruppe kann der jeweilige aktuelle Artikulations- bzw. Phonationsstatus des einzelnen Patienten ermittelt werden, der die Grundlage für weitere bzw. andere therapeutische Maßnahmen bildet. Diese Forderung ist also dem Prinzip verpflichtet, dass therapeutische Maßnahmen durch einen alleinigen intraindividuellen Bezug, d. h. durch eine prä- und posttherapeutische Betrachtung der phonatorischen bzw. artikulatorischen Leistungen des einzelnen Patienten nicht ausreichend bestimmt werden können. Sie können vielmehr besser durch einen Vergleich mit Produktionen bestimmt werden, die von gesunden Sprechern stammen. Dadurch können individuelle phonatorische und artikulatorische Leistungen in Relation zu diesen Daten konkretisiert und eventuell auszugleichende Defizite offengelegt werden. Dieser Aspekt stellt keinen methodischen Neuanfang in der Arbeit dar. Dennoch ist er in der jüngsten Literatur nicht immer zu finden (z. B. Gentil et al., 2000; Gentil et al., 2001), so dass seine punktuelle Erwähnung in der Arbeit durchaus berechtigt erscheint (vgl. dazu auch Kap. IV, Sektion 5).

Eine Stimmqualitätsuntersuchung wird im Gegensatz zu einer Untersuchung der glottal-supraglottalen artikulatorischen Fertigkeiten sowohl vom Patienten als auch vom Therapeuten eher als nicht dringend notwendig betrachtet. Dies mag darin begründet liegen, dass oft auditiv kaum Beeinträchtigungen bei der Stimmqualität registriert werden. Die vorliegende Studie zeigt aber, dass gerade die zusammen vorgenommene Untersuchung beider artikulatorischer Systeme bei der Charakterisierung der zugrundeliegenden Dysarthrophonie von Bedeutung sein kann. Es ist nämlich für die Patienten mit M. Parkinson unter Elektrostimulation eine pathologiebezogene Tendenz der weiteren Phonationsverschlechterung erkennbar. Darüber hinaus kann vor allem für die Patienten mit MS eine unterschiedliche bzw. konträre Entwicklung der beiden Systeme unter Stimulation vorhanden sein. Diese Entwicklung zeigt sich einerseits in einer Störung der Bewegungskoordination bei den artikulatorischen Abfolgen bzw. in einer reduzierten Artikulationspräzision und andererseits in einer in den meisten Fällen angespannten, hyperfunktionellen Phonationssituation. Die angespannte, hyperfunktionelle Phonationssituation erweist sich vor allem durch den Vergleich der individuellen Phonationsdaten mit den Analysedaten einer gesunden Kontrollgruppe als ein stimulationsbezogenes Charakteristikum für dieses Krankheitsbild. Dieses Phonationscharakteristikum lässt in Verbindung mit den Ergebnissen zur glottal-supraglottalen Artikulation bei den Patienten an eine zugrundeliegende dysarthrophonische Mischform denken, die auch von einer Schädigung des ersten motorischen Neurons (supranukleär) herrühren könnte (vgl. Kap. IV Sektion 4.4. & Sektion 5 oben). Bei Mischformen können beispielsweise sowohl hyperfunktionelle bzw. spastische als auch ataktische Komponenten in mehr oder minder starker Ausprägung vorhanden sein (vgl. Sektion 4.4. oben). Die nachgewiesenen hyperfunktionellen Komponenten geben Anlass zur Formulierung zusätzlicher Therapiestrategien für die betroffenen Patienten. Die Strategien gehen mit einer longitudinalen Betrachtung des Phonationsverhaltens einher (vgl. Moringlane et al., 2004b). Innerhalb dieser Betrachtung kann zu erwartenden Dekompensationen, die auf Grund des hohen Muskeltonus im Glottisbereich entstehen können, therapeutisch begegnet werden.

Wie die Ergebnisse zur Phonation und glottal-supraglottalen Artikulation bei den Patienten mit M. Parkinson zeigen, lassen sich bei einem Vergleich der Entwicklung beider artikulatorischer Systeme unter Stimulationseinfluss keine einheitlichen Tendenzen herausstellen. Die Patienten legen sowohl eine Verbesserung als auch eine Verschlechterung der phonatorischen bzw. artikulatorischen Leistungen an den Tag (vgl. Sektion 4.4. oben). Die diesbezüglichen Ergebnisse für die Patienten mit MS weisen hingegen auf ein anderes Produktionsverhalten hin. Es ist wie erwähnt durch eine unter Stimulation vorhandene verstärkte konträre Entwicklung der beiden Systeme zu

charakterisieren. Deshalb sollen auf der Grundlage dieses Produktionsverhaltens im Folgenden zunächst an der Physiologie der zentralen Steuerung phonatorischer bzw. artikulatorischer Gesten orientierte Erklärungsversuche für die festgestellte Entwicklung der beiden Systeme gegeben werden. In diesem Zusammenhang ist es durchaus realistisch, auf Grund von Parallelitäten bei einem Patienten mit cerebellärer Ataxie auch motorische Funktionsstörungen des Kleinhirns zu diskutieren (vgl. Sektion 5.2. oben). Auf diesen Erklärungsversuchen aufbauend werden dann Vorschläge für eine Weiterverfolgung der Problematik unter Verwendung anderer Methoden gemacht:¹

Auf Grund des unterschiedlichen Steuerungsverhaltens bei den betroffenen Patienten ist (a) eine unterschiedliche Beeinträchtigung innerhalb eines Hirnnervensystems (Vagus X) und darüber hinaus (b) eine unterschiedliche Beeinträchtigung im Vergleich zweier Hirnnervensysteme (Vagus X und Hypoglossus XII) zu erkennen. Beide Hirnnervensysteme sind primär für die motorische Steuerung der Phonation bzw. Artikulation verantwortlich (vgl. z. B. Bähr & Frotscher, 2003)². Die Feststellung einer unterschiedlichen Beeinträchtigung konkretisiert sich innerhalb eines Hirnnervensystems bei den Ästen des N. vagus (X), die für die motorische Versorgung des Kehlkopfes zuständig sind. Hierbei innerviert als ein Ast der N. laryngeus superior den einzigen außerhalb des Kehlkopfgerüsts liegenden M. cricothyroideus (äußerer Kehlkopfmuskel für die Grobspannung). Dem N. laryngeus inferior (N. recurrens) obliegt als ein anderer Ast die Versorgung der inneren Kehlkopfmuskulatur (M. transversus, M. vocalis, M. lateralis, M. posticus).

Die präsentierten Ergebnisse lassen erkennen, dass (a) einerseits die Innervation bzw. Kontraktion des zur Stimmlippenspannung neben dem M. vocalis (pars interna) relevanten M. cricothyroideus für einen gespannten, instrumentell nachgewiesenen hyperfunktionellen Phonationsstatus bei den Patienten sorgt. Dieser gespannte Status wird durch eine erhöhte Kontraktion des M. lateralis bzw. des M. vocalis (pars externa) beim Stimmritzenverschluss im Sinne einer Hyperadduktion der Processus vocales unterstützt. Zum andern setzt (b) der für die Koordination und intraartikulatorische

¹ Zu Beginn der Argumentation sei noch einmal bemerkt, dass bei der Charakterisierung der Art sprechmotorischer Störungen der Dysarthrophonie häufig eine Beeinträchtigung von Prozessen der *Bewegungsausführung* zugesprochen wird. Störungen von Prozessen der *Planung* oder *Programmierung* von Sprechbewegungen werden somit nicht zum Formenkreis der Dysarthrophonie gezählt, sondern eher dem sprechapraktischen Syndrom zugeordnet. Obwohl sich das klinische Erscheinungsbild der Apraxie in der Regel auch deutlich von den meisten Dysarthrophonieformen unterscheidet, fällt es *schwer*, überprüfbare Kriterien für eine *Abgrenzung beider Störungsformen* anzugeben. Eine mangelnde Überprüfbarkeit der Programmierungsstörungen trägt vor allem dazu bei (vgl. z. B. Ziegler et al., 1998).

² Zudem innervieren Äste des N. trigeminus (V) die Muskulatur des Unterkiefers, Äste des N. facialis (VII) die orofaciale Muskulatur. Das Gaumensegel, der Rachen und der Kehlkopf werden auch durch Äste des N. glossopharyngeus (IX) und des N. accessorius (XI) versorgt.

Synchronisierung der glottalen Geste der Stimmlippenabduktion verantwortliche *M. cricoarytaenoideus posterior* (*M. posticus*) offensichtlich die Stimmritzenöffnung nicht ausreichend um. Der gespannte hyperfunktionelle Phonationsstatus lässt sich anhand der elektroglottographischen und akustischen Parameterwerteveränderungen belegen (vgl. Sektion 4.3. & Sektion 5.1.). Dabei kann von einer stärkeren Kontraktion laryngaler Muskeln mit einer erhöhten Anzahl feuender Motoneuronen ausgegangen werden (vgl. z. B. Pützer et al., 2003b). Das mangelnde intraartikulaotrische Synchronisierungselement zeigt sich in der Studie in einer als charakteristisch festgehaltenen Phonationsperseveration während der Verschlussphase bei der Plosivproduktion (vgl. Sektion 4.3. und 5.1.). Somit kann von einer Störung beim intraartikulatorischen sprechmotorischen Timing ausgegangen werden.¹ Sie zeigt sich hier in einer mangelnden Koordination der glottalen Abduktions- und Adduktionsgesten (vgl. z. B. Munhall et al., 1985; Adams et al., 1993). Eine mögliche Ursache für die mangelnde Stimmlippenabduktion kann auch in dem hyperfunktionellen Ablauf der Stimmlippenschwingungen selbst gesehen werden. Dabei ist anzunehmen, dass in der Ausführung der glottalen Geste das exakte Zusammenspiel zwischen Stimmritzenöffner (*M. Posticus*) und Stimmlippenspanner (*M. cricothyroideus*, *M. vocalis pars interna*) bzw. Stimmritzenschließer (*M. transversus*, *M. vocalis pars externa*, *M. lateralis*) auf Grund des angespannten Phonationsablaufs gestört ist. Folglich ist die für die Abduktion notwendige Entspannung der Muskeln (Stimmlippenspanner und Stimmritzenschließer) nicht genügend vorhanden. Dies hat zur Folge, dass die Stimmlippen in der Verschlussphase des Plosivs weiterschwingen.

Bei dem Versuch, dieses unterschiedliche motorische Verhalten innerhalb eines Hirnnervensystems pathologiespezifisch zuzuordnen bzw. zu erklären, kann differentialdiagnostisch eine ursächlich neurologische Rekurrensparese nicht in Betracht gezogen werden. Von ihr wird zwar unter anderem bei einer Bulbärparalyse oder bei MS und weiteren zentralen Erkrankungen des Öfteren berichtet (Wendler et al., 1996). Die

¹ Der Timing-Begriff umfasst bei der Sprachproduktion die zeitliche Kontrolle bzw. Koordination von artikulatorischen und akustischen Ereignissen, die zueinander in Beziehung stehen (z. B. Scharf, 1999). Es ist davon auszugehen, dass jede artikulatorische Bewegung sowohl von *zentralen* als auch von *peripheren* Timing-Faktoren bestimmt wird (z. B. Heuser, 1991). Somit können sprechmotorische Timing-Defizite sowohl von Störungen der motorischen Planung als auch von Störungen der motorischen Ausführung bzw. von Störungen der ihr zwischengeschalteten Ebene der sprechmotorischen Programmierung herrühren (vgl. Bell-Berti & Chevrie-Muller, 1991; Van der Meuwe, 1997). Scharf (1999) kommt in ihrer fundierten und umfassenden Diskussion zu Aspekten des gestörten Timings bei Dysarthrophonien in Anbetracht dieser Sichtweise zum Schluss, dass es zur Zeit nicht möglich sei, „das sprechmotorische Timing-Defizit bei Dysarthrophonien einer – motorischen, neurologischen oder linguistischen – Kontrollebene zuzuordnen.“ Als Voraussetzung für diese Zuordnung formuliert die Autorin, dass zunächst die Timingprozesse bei gesunden Sprechern hinreichend bekannt sein müssten (S. 160).

so motivierte Parese geht aber in der Regel mit einer auditiv und vor allem instrumentell feststellbaren Beeinträchtigung der Phonations- bzw. Adduktionsqualität einher (vgl. z. B. Koreman & Pützer, 1997; Pützer & Marasek, 2000; Koreman et al., 2004). Zudem sind für sie Koordinationsstörungen nicht charakteristisch. Eine weitere Erklärung für dieses unterschiedliche motorische Steuerungsverhalten bei den einzelnen Ästen des Vagus könnte in verschiedenartig ausgeprägten entzündlichen Läsionen innerhalb ihres Verlaufs gesehen werden. Supranukleäre entzündliche Läsionen kortikobulbärer Bahnen, die mit einer Variante des klinischen Bildes einer spastischen Dysarthrophonie einhergehen, sind ebenfalls zu diskutieren (vgl. z. B. Wendler et al., 1996; Kap. IV, Sektion 4.4. & Sektion 5. oben).

Bei einem Vergleich der beiden Artikulationssysteme ist bezüglich der für die Innervation ihrer Muskulatur verantwortlichen beiden Hirnnerven Folgendes zu erkennen: Zum einen bewirken (a) zwei Äste des N. vagus (X) (N. laryngeus superior; N. laryngeus inferior) offensichtlich wie oben berichtet eine von hyperfunktionellen Muskelaktivitäten gekennzeichnete Phonationssituation sowie ein Abduktions- bzw. intraartikulatorisches Synchronisierungsdefizit bei den meisten betroffenen Patienten. Zum andern sorgt (b) der primär für die Zungenmotorik zuständige N. hypoglossus (XII) bei der Innervation der für die Artikulationsbewegungen der Zunge wichtigen Muskeln (M. styloglossus, M. hyoglossus; M. genioglossus) wiederum für einen defizitären artikulatorischen Ablauf mit gestörter Feinmotorik und folglich reduzierter Artikulationspräzision (vgl. Sektion 4.4. oben).

Bei der Suche nach einer möglichen Erklärung für diese insgesamt paradoxe Steuerungssituation kann bezüglich der Zungenmotorik zunächst auch an entzündliche Läsionen in der inneren Kapsel gedacht werden. Bei solchen Läsionen (sowie bei Ischämien) ist die kortikonukleäre Bahn in Mitleidenschaft gezogen, so dass in der Regel eine zentrale Hypoglossusparese besteht. Bei einer doppelseitigen supranukleären Lähmung des Nerven treten neben Artikulationsstörungen auch Schluckstörungen auf (Suprabulbärparalyse). Davon haben die betroffenen Patienten nicht berichtet. Bei ihnen sind die reflektorischen Funktionen (z. B. Schlucken, Würgen) erhalten. Auch bei einer Schädigung im Kerngebiet des N. hypoglossus (Bulbärparalyse) sind in fortgeschrittenen Fällen das Schlucken und die Artikulation schwer gestört. Die Zunge liegt zudem schlaff im Mundboden und faszikuliert stark, d. h., es sind blitzartig auftretende Zuckungen einzelner Muskelbündel oder Muskelfasern vorhanden (vgl. z. B. Wendler et al., 1996; Bähr & Frotscher, 2003). Diese Symptome (Faszikulationen, eventuell auch Muskelatrophien auf Grund fehlender Innervation) fehlen ebenfalls bei den Patienten, so dass man nicht von einer nukleären Schädigung des N. hypoglossus ausgehen kann. Auf der Grundlage dieser Erwägungen bietet es sich also wie oben bereits er-

wähnt an, eine dysarthrophonische Mischform anzunehmen, die sich durch weniger spastische, sondern eher hyperfunktionelle und ataktische Komponenten auszeichnet. (vgl. z. B. Wendler et al., 1996; Ziegler et al., 1998; Kap. IV, Sektion 4.4. & Sektion 5. oben). Bei dysarthrophonischen Mischformen (sowie auch bei spastischen Dysarthrophonien) wird einerseits von Hyperadduktion, zum andern aber auch von einer Einschränkung und/oder Verlangsamung der Abduktionsfähigkeit berichtet (vgl. z. B. Wendler et al., 1996).

Wie bei einem Patienten mit cerebellärer Ataxie bei gleicher Symptomatik bereits angedeutet (vgl. Sektion 5.2. oben), sind bei den Stimulationspatienten mit MS cerebrocerebelläre Fehlsteuerungen als Erklärung für das bei der dysarthrophonischen Mischform festgehaltene Produktionsverhalten durchaus realistisch.¹ Dafür sprechen nicht zuletzt die mit dem Kleinhirn zusammenhängenden Regelmechanismen zur Aufrechterhaltung konstanter motorischer Leistungen bzw. feinmotorischer Prozesse.² Auf diese Regelmechanismen wird durch die Elektrostimulation eingewirkt.³ Das Ergebnis der instrumentalphonetischen Untersuchung zeigt, dass die Stimulation für eine Verstärkung der beschriebenen Symptomatik bei den betroffenen Patienten sorgt. Es kann deshalb angenommen werden, dass die objektivierten Veränderungen beim Phonations- und Artikulationsverhalten der Patienten mit den Auswirkungen der Stimulation auf die im Folgenden geschilderten Zusammenhänge zu tun haben:

¹ Diskutiert werden können aber auch Läsionen in einem Kern innerhalb der ventrolateralen Kerngruppe des *Thalamus dorsalis* (Nucleus ventralis lateralis = V.o.p.-Kern). Der *Thalamus dorsalis* (= Teil des Zwischenhirns) besteht aus zahlreichen Kerngebieten unterschiedlicher Funktion. Er ist Umschaltstation für einen Großteil der afferenten (hinführenden) Bahnen auf ihrem Weg zum Kortex (= Hirnrinde). Bei Läsionen in diesem Kern sind die vom Kleinhirn kommenden und zum motorischen Kortex (Area 4) führenden Projektionen unterbrochen. In diesem Fall beobachtet man u. a. kontralaterale Hemiataxie (= einseitige Störungen der Bewegungskoordination) mit Aktionstremor, Dysdiadochokinese etc., was zu *Verwechslungen* mit cerebellären Läsionen Anlass geben kann (vgl. Bähr & Frotscher, 2003).

² Das Kleinhirn ist in drei Abschnitte (Vestibulo-, Spino-, Cerebrocerebellum) aufzuteilen. Den einzelnen Abschnitten kommen bei der Koordination der Motorik jeweils unterschiedliche Aufgaben zu: Das Vestibulocerebellum sorgt dafür, dass bei jeder Haltung und Bewegung das Gleichgewicht erhalten bleibt. Das Spinocerebellum dient der Kontrolle des Muskeltonus. Es gewährleistet ein reibungsloses Zusammenspiel antagonistischer Muskelgruppen beim Gehen und Stehen. Das *Cerebrocerebellum* ist mit einer *präzisen* und *zeitgerechten* Ausführung aller zielmotorischen Aktivitäten betraut.

³ Der Wirkungsmechanismus ist jedoch dabei weitgehend *ungeklärt* (z. B. Nguyen & Degos, 1993; Whittle et al., 1998). Diskutiert werden in der neuesten Literatur die folgenden *möglicherweise* durch tiefe Hirnstimulation erreichten verschiedenen Mechanismen: (a) eine Blockade spannungsabhängiger Ionenkanäle an Nervenzellmembranen nahe der Elektrode (Depolarisationsblock). (b) eine Maskierung krankhaft veränderter Nervenzellaktivitäten durch unphysiologische Hochfrequenzsignale (Jamming). (c) eine Hemmung der synaptischen Übertragung im Projektionskern durch Erschöpfung des Neurotransmitterpools (synaptische Depression). (d) eine synaptisch vermittelte Hemmung der Neurone im stimulierten Kerngebiet durch Erregung hemmender Afferenzen und Freisetzung von GABA (= hemmender Transmitter; GABAerge Hemmung) (vgl. z. B. Volkmann & Kupsch, 2004; Breit et al., 2004; Benabid et al., 2005).

Das Cerebrocerebellum als Abschnitt für zielmotorische Aktivitäten erhält den Großteil seiner Efferenzen von ausgedehnten Gebieten der Großhirnrinde (v. a. motorischer und prämotorischer Kortex) indirekt über die Brückenkerne bzw. einen geringeren Anteil indirekt über die Oliven (vgl. z. B. Bähr & Frotscher, 2003). Des Weiteren ist anzunehmen, dass aus den Trigemuskernen des Hirnstamms (primär: Nucleus sensorius principalis n. trigemini) für die sprechmotorischen Bewegungen afferente Informationen übermittelt werden (vgl. z. B. Nieuwenhuys et al., 1980; Schmidt & Wiesendanger, 1987; Gracco & Abbs, 1987; Huber, 1989). Somit erhält es wie die anderen Kleinhirnabschnitte von allen in der Großhirnrinde geplanten Willkürbewegungen im voraus Meldung. Es erfolgt daraufhin ein kontinuierliches Abgleichen zwischen dem sprechmotorischen Modell des Kortex und dem des Cerebrocerebellums. Diese Kontrollinformationen werden dann (über die durch den Thalamus verlaufende Bahn) zurück zu den prämotorischen und motorischen Regionen geführt. Dadurch kann das Cerebrocerebellum sofort auf alle motorischen Bewegungsimpulse modifizierend und korrigierend einwirken, bevor sie im prämotorischen Kortex (BA 6 & 8) im Bewegungsprogramm integriert und dann an die motorischen Regionen der Sprechorgane (primär im BA 4) zur Aktivierung der Sprechmuskulatur weitergegeben werden (z. B. Lindblom, 1968 & 1983; Perkell, 1969 & 1980; McNeilage 1970; McNeilage & Ladefoged, 1976; Ghez, 1991).¹

Die cerebrocerebellären Fehlsteuerungen sind insofern plausibel als keine Lähmung, sondern eine Störung der Durchführung von Willkürbewegungen mit fehlenden feinmotorischen Abstimmungen besteht, die auf eine Dyssynergie der glottal-supraglottalen Sprechmuskulatur hinweist (vgl. Ghez, 1991; Bähr & Frotscher, 2003). Die Dyssynergie macht ein exaktes Zusammenspiel verschiedener Muskelgruppen unmöglich. Dabei werden die an einer Bewegung beteiligten Muskelgruppen jede für sich, aber nicht gemeinsam innerviert. Offensichtlich wird aber davon der vokalproduktionsbezogene Phonationsvorgang, d. h. der zyklische Ablauf der Stimmlippenschwingungen bei den betroffenen Patienten nicht berührt. Beim Phonationsvorgang kommt

¹ Die Modifikation bzw. die Korrektur verläuft über den Nucleus dentatus zu der *ventrolateralen Kerngruppe* des *Thalamus* und von dort aus über den Tractus thalamocorticalis (= dentato-thalamo-kortikale Bahn) zum motorischen bzw. prämotorischen Kortex (Areae 4 und 6).

Bei einer möglichen Schädigung des Kleinhirns (Pedunculus cerebellaris superior) fehlen die von dort kommenden Impulse oder werden schlecht verarbeitet. Ebenso fehlen die Impulse bei einer Schädigung der Verbindungen aus dem Kleinhirn.

Bei Stimulation des Nucleus ventralis intermedius (V.i.m.) innerhalb der ventrolateralen Kerngruppe des Thalamus werden bei Patienten mit MS unterschiedliche Auswirkungen offenkundig:

Zum einen werden Ataxie und Intentionstremor der oberen Extremitäten günstig beeinflusst (z. B. Moringlane, 2000). *Zum andern* sorgt die Stimulation für die hier geschilderte *Verdeutlichung* bzw. *Verstärkung* der artikulatorischen Steuerungsparadoxie. Somit kann angenommen werden, dass für die Artikulationsbewegungen verantwortliche Impulse durch die Stimulation gestört werden.

es zu der beschriebenen Hyperfunktion. Die instrumentell festgestellten Produktionsdefizite weisen also auf eine möglicherweise vorhandene Störung der Regelkreise und komplizierten Rückkopplungsmechanismen des Kleinhirns mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Sprechmotorik hin. Wie auch in Studien der letzten Jahre wiederum hervorgehoben, spielt das Kleinhirn eine sehr wichtige Rolle bei der räumlichen und zeitlichen Regulierung der verschiedenen Artikulationsorgane (vgl. z. B. Gentil, 1990; Murphy et al., 1997; Ackermann et al., 1997; Wildgruber et al., 1998; Wise et al., 1999; Ackermann & Hertrich, 2000; Indefrey & Levelt, 2000; Dogil et al., 2002).

Der vorgestellte Interpretationsansatz bietet sich als eine zu diskutierende Erklärung für die unter Stimulation weiter zunehmenden Steuerungsdefizite beim laryngalen intraartikulatorischen Timing, d. h. beim komplementären Zusammenspiel der Ad- und Abduktionsmuskeln sowie bei den apikalen und dorsalen Artikulationsgesten der Zunge an. Zudem kann er zur Erklärung der hyperfunktionellen Muskelaktivitäten bei der Phonation herangezogen werden. Er kann jedoch mit den in dieser Arbeit vorhandenen methodischen Herangehensweisen nicht nachgewiesen bzw. zusammenhängend erklärt werden. Somit kann er nur als spekulativ angesehen werden. Auf der Grundlage dieser Spekulation ist aber ein Desiderat zu erkennen. Seine Verfolgung kann unter Zuhilfenahme anderer methodischer nichtinvasiver Ansätze wie z. B. der funktionellen Magnetresonanztomographie (= fMRT) oder der in der nuklearmedizinischen Diagnostik verwandten sog. PET (= Positronenemissionstomographie) angegangen werden (z. B. Ceballos-Baumann, 2003; Volkmann & Kupsch, 2004).¹ Die Durchführbarkeit der fMRT unter Stimulation wird neben der Praktikabilität der Magnetresonanztomographie (= MRT; z. B. Rezai et al., 2002; Sharan et al., 2003; Rezai et al., 2004; Baker et al., 2005) in neuesten Studien als ebenfalls möglich dargestellt, wenn gewisse Voraussetzungen beachtet werden (z. B. Rezai et al., 1999; Zonenshayn et al., 2000; Georgi et al., 2004). Die zeitliche Auflösung ist bei der fMRT ein wenig genauer als bei der PET. Ebenfalls genauer ist die räumliche Auflösung bei dieser Methode. Man kann Areale zwischen 1-3 mm genau zuweisen (Frese, 2004). Dennoch ist die PET ebenfalls als eine gute quantitative Methode der funktionellen Bildgebung zu betrachten (Hopf et al., 1999). Zwar wird sie in der klinischen Diagnostik noch sehr selten eingesetzt. Innerhalb von neuesten Studien zu Auswirkungen der tiefen Gehirnstimulation wird aber zunehmend auf sie zurückgegriffen (z. B. Ceballos-Baumann et al., 2001; Perlmutter et al., 2002; Schröder et al., 2003; Thobois et al., 2004, Pinto et al., 2004). In

¹ Volkmann und Kupsch (2004) schätzen beispielsweise die Untersuchung der Effekte der tiefen Hirnstimulation mittels der funktionellen Bildgebung (fMRT, PET, SPECT (=Single Photon Emission Computed Tomography)) bei Patienten mit implantierten Thalamuselektroden zur Behandlung des essentiellen Tremors positiv ein.

der zuletzt genannten Arbeit von Pinto et al. wird wie von den Autoren erwähnt erstmals der Effekt der Stimulation bei zehn dysarthrischen Patienten mit M. Parkinson im Hinblick auf Hirnaktivitätsveränderungen bei durchgeführter und gedanklicher Produktion eines Satzes untersucht. Die Ergebnisse der Studie beinhalten eine Vergleichbarkeit der unter Stimulation gewonnenen Daten mit den Daten der ebenfalls untersuchten Kontrollgruppe. Somit weichen sie von den Ergebnissen der vorliegenden Studie mancherorts ab. Deshalb scheint es umso mehr sinnvoll zu sein, eine Kombination der in der vorliegenden Studie berücksichtigten Methodik mit den erwähnten bildgebenden Verfahren (fMRT; PET) unter Berücksichtigung komplexerer sprachlicher Aufgaben anzugehen.¹ Dabei kann zumindest die instrumentelle Quantifizierung der physiologischen bzw. pathophysiologischen Vorgänge beim Phonationsablauf in Verbindung mit den dafür verantwortlichen neuronalen Aktivitäten gebracht werden.² Hieraus werden weitere Aufschlüsse über die komplizierten Zusammenhänge innerhalb der motorischen Steuerung bei Patienten mit Dysarthrophonien erwartet.

Die Vermutung cerebrocerebellärer Fehlsteuerungen als eine mögliche Ursache der dysarthrophonischen Erscheinungen bei der Gruppe der Stimulationspatienten wird in der hier besprochenen Studie durch das bereits geschilderte parallele Ergebnis bei einem der longitudinal betrachteten Patienten (Patient 1) mit cerebellärer Ataxie weiter untermauert (vgl. z. B. Diener, 1993). Bei ihm entwickelt sich die Phonation bzw. Artikulation wie bei den meisten Patienten unter Stimulationseinfluss.

Für die in dieser Studie betrachteten Patienten mit ausgeprägtem Extremitätentremor und für die behandelnden Therapeuten erscheint es verständlich, dass eine Reduktion der motorischen Beeinträchtigung durch operative Maßnahmen als ein wichtiger Erfolg der Behandlung gewertet wird. Deshalb werden artikulatorische Defizite von beiden zunächst als unerwünschte Nebenwirkungen betrachtet. Dennoch wird im Umgang und in Gesprächen mit den Patienten mancherorts deutlich, dass eine durch die therapeutischen Maßnahmen provozierte Einschränkung ihrer kommunikativen Fähigkeiten nicht nur als eine lästige Nebenwirkung, sondern als eine neue Dimension ihrer Behinderung empfunden wird. Die Beseitigung dieser Behinderung gewinnt für sie im Laufe der postoperativen Phase immer mehr an Bedeutung.

¹ Auf diese Notwendigkeit weisen Gracco und Abbs bereits vor fast zwanzig Jahren im Zusammenhang mit der Verifizierung der Timing-Funktion bei subkortikalen Strukturen hin, wenn sie betonen: „New brain imaging techniques, combined with the kinematic measures (...) may permit more rigorous development of brain-behavior models for speech motor control“ (Gracco & Abbs, 1986, S. 165).

² Die bei der Quantifizierung der glottal-supraglottalen Artikulationsvorgänge hier angewandte Methodik ist mit bildgebenden Verfahren weniger aussichtsreich zu kombinieren. Die Begründung dafür liegt in der Verzögerungskomponente bei der hämodynamischen Antwort auf Bewegungsvorgänge bei diesen Verfahren. Somit ist keine zufriedenstellende Basis für dauerbezogene Korrelationsberechnungen unter Verwendung der Ergebnisse beider Methoden vorhanden.

In Anbetracht dieser Tatsache sollten die in der vorliegenden Studie formulierten Ergebnisse und vor allem die aus ihnen erwachsenen Fragestellungen und Desiderate auf Grund ihrer Aktualität und Brisanz zur weiteren Beschäftigung mit dem Gegenstandsbereich in zukünftigen Untersuchungen anhalten.

Kapitel VI. Zusammenfassung und Diskussion

In diesem Kapitel werden zunächst die wichtigsten Ergebnisse der Arbeit zusammenfassend dargestellt (1.). Daraufhin werden die aus den Ergebnissen herzuleitenden Erkenntnisse diskutiert (2.). Schließlich werden zum Ende des Kapitels Schlussfolgerungen aus den Erkenntnissen und ein Ausblick präsentiert (3.).

1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Behandlung der Thematik der vorliegenden Arbeit geht mit einer Orientierung an drei Schwerpunkten einher.

Der erste Schwerpunkt beinhaltet die instrumentelle Erfassung von Stimmqualität (Kap. II), bei der auf eine große Stichprobe normalstimmlicher und pathologischer Signale zurückgegriffen wird. Die Stimmqualitätserfassung wird unter Verwendung zweier Untersuchungsmethoden vollzogen, die in der phonetischen und medizinisch-phoniatrischen Forschung oft eingesetzte Verfahren aus zwei Analysebereichen darstellen: Zum einen handelt es sich um das glottographische Analyseverfahren der Elektroglottographie (EGG), mit Hilfe dessen einzelperiodische Gegebenheiten erfasst werden können; zum anderen um elektroakustische Verfahren, die am akustischen Zeitsignal und seinen analytischen Derivaten orientiert sind (vgl. Kap. I, Sektion 1.6. & 2.2.). Die dabei berücksichtigten Parameter wurden wegen ihrer Differenzierungskraft aus einer größeren Anzahl von Parametern ausgewählt. Mit ihnen wird innerhalb dieses Schwerpunktes sowohl die geschlechtsbezogene instrumentelle Charakterisierung der beiden Phonationsgruppen (Phonationsgruppe der Normalstimmen; Phonationsgruppe der pathologischen Stimmen) als auch diejenige ihrer Subgruppen (= Stimmprofilgruppen) vollzogen. Sie dienen darüber hinaus zur Definition sog. Referenzprofile. Es werden Referenzprofile definiert, die sich aus Kombinationen der bei der Subgruppenbildung jeweils relevanten Parameter der beiden Analyseansätze zusammensetzen. Auf dieselben Analyseparameter wird auch bei der Erfassung von Stimmqualität im zweiten und dritten Schwerpunkt zurückgegriffen.

Zunächst gelingt es im ersten Schwerpunkt anhand der instrumentellen Analyse geschlechtsübergreifend auf die individuelle Variabilität stimmlicher Ausprägungen bei Normalstimmen und pathologischen Stimmen durch eine breite Streuung der Parameterwerte (mit hohen Variabilitätskoeffizienten) hinzuweisen. Die Notwendigkeit einer geschlechtsdifferenzierten Bearbeitung der Signale wird dabei unterstrichen. Auf Grund dieser individuellen Variabilität ist bei einer Überprüfung der ursprünglichen Zuordnung der Probanden zu den beiden Phonationsgruppen (Normalstimmen und pa-

thologische Stimmen) ein Phonationskontinuum konkretisiert worden. Es erstreckt sich von der normalstimmlichen Phonationsgruppe bis hin zur pathologischen Gruppe. Eine sich anschließende differenzierte Stimmqualitätserfassung beinhaltet die Präsentation signifikant unterschiedlicher Stimmprofilgruppen für die Normalstimmen und pathologischen Stimmen. Auch innerhalb dieser Stimmprofilgruppen kann die noch vorhandene Variation der Individualstimme verdeutlicht werden. Sie zeigt sich wiederum in Zuordnungsüberlappungen der Probanden bei den Stimmprofilgruppen der Normalstimmen im Vergleich mit pathologischen Stimmprofilgruppen. Folglich ist das bei der Differenzierung der Normalstimmen von den pathologischen Stimmen postulierte Phonationskontinuum auch für die differenzierte Subgruppenbildung gültig. Hier werden geschlechtsübergreifend manche Probanden der normalstimmlichen und pathologischen Profilgruppen im Modell der Diskriminanzanalyse eng beieinander liegend dargestellt (vgl. Kap. II, Sektion 2.6.).

Die elektrolottographischen und akustischen Analyseparameter erweisen sich bei der Dimensionierung normalstimmlicher und pathologischer Phonation als ein valides Instrumentarium. Dies ist zunächst dadurch zu belegen, dass bei einem Vergleich der Parameterwerte beider Phonationsgruppen bei der Gruppe der pathologischen Stimmen eine Beeinträchtigung des Phonationsvorgangs offenkundig wird. Darüber hinaus wird deutlich, dass die verwendete Parametrisierung unterschiedliche Bereiche des phonatorischen Ablaufs charakterisiert. Somit sind die EGG-Analyse und die akustische Analyse als sich ergänzende Analyseansätze mit Potential zur feineren Differenzierung von Stimmen zu verstehen. Diese komplementäre Analyseausrichtung beider Analyseansätze zeigt sich auch bei der Definition der Referenzprofile. Sie werden auf der Grundlage der Stimmprofilgruppen zu den beiden Phonationsgruppen gebildet und stellen einen wichtigen Bezugspunkt bei der individuellen Betrachtung von Stimmqualität in der Arbeit dar.

Im zweiten Schwerpunkt steht diese individuelle Stimmqualitätsbetrachtung im Mittelpunkt (Kap. IV). Die stimmlichen Produktionen von zwei Patientengruppen, die zusätzlich zu ihrer neurologischen Grunderkrankung eine mehr oder minder stark ausgeprägte Dysarthrophonie erworben haben, stellen dabei den Untersuchungsgegenstand dar. Eine Patientengruppe wird von sog. Stimulationpatienten (Patienten mit M. Parkinson oder MS) gebildet. Sie haben sich einer Elektrodenimplantation in den Thalamus unterzogen. Die andere Patientengruppe wird von sog. Longitudinalpatienten mit unterschiedlichen Krankheitsbildern gebildet. Bei den Stimulationpatienten werden zunächst eine pathologiespezifische Stimmqualitätsbetrachtung und ein Vergleich pathologiespezifischer Daten mit normalstimmlichen Daten unter den Bedingungen mit und ohne Stimulation vollzogen. Dann folgt eine intrasubjektive und schließlich

eine referentielle Bearbeitung der individuellen Daten durch einen Vergleich mit den Daten der Referenzprofile. Den Gegenstand der Stimmqualitätsbetrachtung bei den Longitudinalpatienten bilden stimmliche Produkte aus bis zu zehn Aufnahmesitzungen. Die Aufnahmesitzungen erfolgten über einen längeren Zeitraum, innerhalb dessen logopädische Therapien stattgefunden haben. Bei dieser Patientenklientel wird für die betrachtete Zeitspanne sowohl eine intrasubjektive als auch eine individuell referentielle Darlegung der Stimmqualitätsentwicklung durch den Vergleich mit den Daten der Referenzprofile präsentiert.

Für beide Patientengruppen wird deutlich, dass sich die stimmlichen Produkte bei ihren einzelnen Mitgliedern auf Grund unterschiedlicher Bedingungen bzw. auf Grund therapeutischer Ansätze nicht einheitlich verändern bzw. entwickeln. Somit kann bei den Patientengruppen weder von einer generellen Verbesserung noch von einer generellen Verschlechterung ihrer Stimmqualität unter den genannten Umständen ausgegangen werden. Allerdings sind zunächst für die Stimulationspatienten pathologiebezogen unterschiedliche Tendenzen zu erkennen. Sie bestehen in einer relativen Verschlechterung des Phonationsvorgangs bei den Patienten mit M. Parkinson unter Stimulation. Bei den Patienten mit MS wird hingegen unter dieser Bedingung ein ansatzweise besseres Phonationsverhalten offenkundig, das sich in Einzelfällen als hyperfunktionell herausstellt.

Bei den Longitudinalpatienten sind auf Grund ihrer unterschiedlichen Pathologien keine Gruppentendenzen zu erkennen. Ihnen ist aber ebenso wie den Stimulationspatienten eine individuelle phonatorische Variabilität zuzuerkennen.¹ Sie ist charakteristisch für das Phonationsverhalten beider Patientengruppen. Patientenbezogene Abweichungen einzelner Parameterwerte von Werten der Referenzprofile und Abweichungen von den Tendenzbeschreibungen für das Krankheitsbild bei den Stimulationspatienten belegen diese postulierte Variabilität. Unterschiedliche Phonationsbedingungen bzw. therapeutische Bemühungen können somit offensichtlich zu individuell unterschiedlichen Resultaten führen, die eine Verbesserung oder eine Verschlechterung des Phonationsvorgangs beinhalten.

Diese Ergebnisse werden vor allem durch den innerhalb des Schwerpunktes verfolgten methodischen Ansatz zur Bearbeitung der individuellen Stimmqualitätsentwicklung erzielt. Er beinhaltet in seiner Fokussierung eine Zuordnung individueller Analyseer-

¹ Die produktionsbezogene individuelle Variabilität spiegelt sich nicht zuletzt in dem Element der interindividuellen Variabilität bei der auditiven Bewertung von Stimmqualität wider. Sie beinhaltet eine individuell unterschiedliche Schwerpunktsetzung bezüglich der Bewertung der akustischen Cues (vgl. Pützer & Barry, 2004). Somit liefert die Variabilität in den Produktionen die Voraussetzung für die interindividuelle Variabilität bei der auditiven Bewertung von Stimmqualität.

gebnisse zu Daten sog. Referenzprofile. Die Referenzprofile definieren begrenzte Ausschnitte aus der gesamten Variationsbreite der normalstimmlichen bzw. der pathologischen Phonation. Durch ihre Definition ist folglich eine solide Basis zur Beurteilung von Veränderungen individueller Stimmqualität auf Grund unterschiedlicher Phonationsbedingungen bzw. therapeutischer Maßnahmen geschaffen worden. Es zeigt sich für die Stimulationspatienten, dass diese nicht allen, sondern nur einer Auswahl von Referenzprofilen zugeordnet werden. Bei dieser Auswahl handelt es sich um Profile, die entsprechend den für die Pathologien festgehaltenen Tendenzen bei der phonatorischen Entwicklung entweder relativ bessere bzw. einen angespannten Phonationsablauf andeutende Parametermittelwerte (MS) oder relativ schlechtere Parametermittelwerte (M. Parkinson) im Vergleich mit den anderen Profilen aufweisen. Bei den Longitudinalpatienten ist die Auswahl der Profile begrenzter. Offensichtlich wird aber bei beiden Patientengruppen für die Zuordnung nicht die gesamte Breite des normalstimmlichen und pathologischen Phonationsrahmens beansprucht. Da die Stimulationspatienten einen größeren Anteil davon benötigen, kann für sie eine größere individuelle Variabilität festgestellt werden. Die Elektrostimulation bewirkt also insgesamt eine breiter gestreute Veränderung beim Phonationsverhalten als dies bei erworbenen Dysarthrophonien nach logopädischen Therapieansätzen beobachtet werden kann. Durch die Zuordnung zu den Referenzprofilen wird auch die Möglichkeit gegeben, patientenspezifische Daten innerhalb des normalstimmlichen bzw. pathologischen Phonationskontinuums einzuordnen. Diese Einordnung wird vom Grad der Annäherung individueller Daten an die Daten eines Referenzprofils bestimmt. Veränderungen bei der Einordnung geben Auskunft über den Einfluss unterschiedlicher Phonationsbedingungen bzw. über die Wirksamkeit therapeutischer Maßnahmen. Auf diese Weise ist unter Verwendung des vorgestellten methodischen Ansatzes eine Einschätzung externer Wirkungsmechanismen auf das individuelle Phonationsverhalten möglich. Vollzogen wird diese Einschätzung auf der Grundlage von individuellen Parameterunterschieden beim Vergleich mit den Parameterwerten der Referenzprofile. Es hat sich gezeigt, dass die für die Zuordnung relevanten Analyseparameter etwa dieselben sind wie diejenigen, die für die Dimensionierung normalstimmlicher und pathologischer Phonation verwandt werden. Bei ihrer Verwendung in diesem Schwerpunkt wird die komplementäre Ausrichtung der beiden Analysemethoden durch die Parameterauswahl zudem wiederum bestätigt. Auch hier sind bei der Darlegung von signifikanten Unterschieden bei der individuellen Phonation im Vergleich mit den Referenzdaten nur Analyseparameter des jeweiligen Analyseansatzes zu finden, die sich bezüglich ihrer Analyseausrichtung ergänzen. Folglich kann für die beiden Analyseansätze neben ihrer Relevanz bei der Definition von Stimmprofilgruppen bzw. Referenzprofilen auch ein Anspruch

auf Bedeutsamkeit bei der Betrachtung individueller Stimmqualitätsentwicklung formuliert werden.

Innerhalb des dritten Schwerpunkts werden sowohl glottal-supraglottale Artikulationsgesten und ihre Koordination als auch Stimmqualität bei denselben dysarthrophonischen Patientengruppen sowie bei einer gesunden Kontrollgruppe betrachtet (Kap. V). Dabei werden die glottal-supraglottalen Artikulationsabläufe anhand von schnellen Einzelsilbenwiederholungen mit Plosiv-Vokalkombinationen untersucht. Den Gegenstand der Stimmqualitätsuntersuchung bilden die Vokale in den Einzelsilben. Die Untersuchung erfolgt ebenfalls unter pathologiespezifischen, intrasubjektiven und referentiellen Gesichtspunkten.

In dieser Schwerpunktsetzung lassen sich für beide Patientengruppen zunächst ebenfalls tendenzielle Gemeinsamkeiten formulieren. Anhand der glottal-supraglottalen artikulatorischen Abfolgen kann bei der Mehrzahl der Patienten beider Gruppen eine Beeinträchtigung des artikulatorischen Systems durch eine reduzierte Artikulationsschärfe nachgewiesen werden. Dieser Nachweis gelingt quantitativ anhand von Analyseergebnissen und qualitativ anhand von Visualisierungen des akustischen Signals sowie auditiv. Das phonatorische System wird hingegen weniger in Mitleidenschaft gezogen. Hier nachgewiesene Defizite sind insgesamt bewertet im Vergleich mit den artikulatorischen Beeinträchtigungen von geringerem Ausmaß. Auditiv hat die Stimmqualitätsbetrachtung aber bei allen Patienten keinen Eindruck einer starken Beeinträchtigung hinterlassen. Die quantitativen Ergebnisse konkretisieren somit Bereiche des Phonationsvorgangs, die einer auditiven Bewertung nicht zugänglich sind. Zum einen unterstreicht dieses Fazit die Validität der hier verwandten instrumentellen Analysemethoden. Zum andern verweist es aber auch auf die Problematik bei pauschalen Zuweisungen auditiv begründeter Stimmqualitätsmerkmale zu einzelnen Dysarthrophonieformen. Diesen pauschalen Zuweisungen widerspricht die auch für diese Studie als weiteres wichtiges Ergebnis festzuhaltende individuelle phonatorische Variabilität. Auf sie wird somit in beiden Studien der Arbeit mit Nachdruck verwiesen. Neben diesem Ergebnis einer vorhandenen großen individuellen phonatorischen Variabilität bei den untersuchten Patienten beinhaltet ein weiteres Ergebnis die Notwendigkeit einer referentiellen Bearbeitung ihrer Daten. Die Leistungen der Patienten können nämlich durch einen Vergleich mit den Daten einer gesunden Kontrollgruppe besser bestimmt werden. Vor allem bei diesem Vergleich hat sich herausgestellt, dass es wichtig ist, beide artikulatorische Systeme zusammen zu betrachten. Dies ist in der Literatur der letzten Jahre nicht oft vollzogen worden (Gentil et al., 2003). Bei den Stimulationspatienten ist eher die supraglottale Artikulation untersucht worden (z. B. Gentil et al., 2000). Das glottale Schwingungsverhalten wird hingegen nur in wenigen

Studien dokumentiert (z. B. Pützer et al., 2003b). Evidenz für eine gleichzeitige Betrachtung beider Artikulationssysteme wird in dieser Studie durch die bei den Patienten mit MS mancherorts vorhandene unterschiedliche bzw. konträre Entwicklung der beiden Systeme gegeben. Diese Entwicklung wird bei ihnen einerseits durch eine Störung der Bewegungskoordination bei den artikulatorischen Abfolgen bzw. durch eine reduzierte Artikulationspräzision, andererseits durch eine in den meisten Fällen angespannte, hyperfunktionelle Phonationssituation aufgezeigt. Elemente eines hyperfunktionellen Phonationsablaufs lassen sich für sie bei der isolierten Stimmqualitätsbetrachtung ebenfalls nachweisen (vgl. Kap. IV, Sektion 3.4.). Somit ist durch die zusätzliche Betrachtung des phonatorischen Systems für manche Patienten mit MS ein unter Stimulation vorhandener phoniatischer Zusatzbefund zu konkretisieren. Er gibt Anlass zur Formulierung zusätzlicher Therapiestrategien für die betroffenen Patienten. Die Strategien implizieren eine longitudinale Betrachtung des Phonationsverhaltens. Durch diese kann länger bestehenden hyperfunktionellen Schwingungsverhältnissen mit einer auf Grund des hohen Muskeltonus zu erwartenden Dekompensation im Glottisbereich entgegengewirkt werden. Bei einem longitudinal untersuchten Patienten mit cerebellärer Ataxie ist die geschilderte konträre Entwicklung mit phoniatischem Zusatzbefund ebenfalls vorhanden. Als mögliche Ursache für diese insgesamt paradoxe Steuerungssituation können bei einer anzunehmenden dysarthrophonischen Mischform mit hyperfunktionell-ataktischen Komponenten neben Läsionen der kortikonukleären Bahnen auch cerebrocerebelläre Fehlsteuerungen postuliert werden. Diese verstärken sich offensichtlich unter Stimulationseinfluss bei den Patienten mit MS (vgl. Kap. V, Sektion 6.).

2. Diskussion der Erkenntnisse

Auf der Grundlage der dokumentierten Ergebnisse zu den drei Schwerpunkten ergeben sich einige Erkenntnisse, die im Folgenden zu diskutieren sind.

Zunächst wird in der Arbeit unter Verwendung eines parameter- und methodenbezogen multidimensionalen Ansatzes ein instrumenteller Beitrag zur Definition des phonetischen Stimmbildes in seiner Variation innerhalb der sog. Normalstimme bis hin zu unterschiedlichen Ausprägungen der pathologischen Stimme gegeben. Anhand dieses Beitrages kann bestätigt werden, dass das „Phänomen Stimme“ ein sehr komplexes Gebilde ist, das sich aus verschiedenen Dimensionen zusammensetzt. Die Existenz dieser Dimensionen, vor allem aber ihre Interaktion machen Stimmqualität aus. In Anbetracht dieser geschilderten Sichtweise eines komplexen Gebildes „Stimme“ ist zu erwarten, dass der Definitionsbeitrag auf ein Phonationskontinuum innerhalb der nor-

malstimmlichen und innerhalb der pathologischen Stimmqualität aufmerksam macht. Dieses Kontinuum ist von individueller phonatorischer Variabilität gekennzeichnet und nicht im Sinne einer binären Abgrenzung zwischen normal und pathologisch als an einer Stelle unterbrochen dazustellen (vgl. Kap. II, Sektion 2.6.). Aus dieser Einschätzung ergebenden sich Schlussfolgerungen für den klinisch praxisbezogenen Umgang mit Stimmqualität bei der Stimmbefunderhebung und bei der Bewertung therapeutischer Maßnahmen. Sie bestehen in einer Relativierung pauschaler Etikettierungen von Stimmqualität als normalstimmlich bzw. als pathologisch. Darüber hinaus verpflichten sie zu einer individuellen Betrachtung und Bewertung stimmlicher Entwicklungen während und nach therapeutischen Ansätzen. Eine dabei zu vollziehende Beurteilung der individuellen phonatorischen Leistungen ist durch einen Bezug zu stabileren Auszügen aus diesem Phonationskontinuum fundierter und steht auf einem solideren Fundament. In der vorliegenden Arbeit wird ein methodisches Vorgehen, das diesen Überlegungen Rechnung trägt, vorgestellt und in seiner Durchführbarkeit anhand einer begrenzten Patientenpopulation exemplarisch getestet.

Neben dem Beitrag zur Definition des phonetischen Stimmbildes wird in der Arbeit ein Beitrag zu den Zusammenhängen zwischen glottaler Anregungsqualität und glottal-supraglottalen Artikulationsabläufen gegeben. Dieser Beitrag ist dem Komplex der neuronalen Steuerung von Phonations- und Artikulationsverhalten unter den vorhandenen Bedingungen zuzurechnen. Er wird auf der Grundlage synchron gewonnener Daten zu beiden Artikulationssystemen erarbeitet und beinhaltet somit eine Erweiterung zu den bisher in der Forschung vorhandenen Vorgehensweisen (vgl. z. B. Gentil et al., 2003). Die Zusammenhänge werden sowohl bei dysarthrophonischen Patienten mit unterschiedlichen neurologischen Grunderkrankungen als auch bei einer gesunden Kontrollgruppe untersucht. Aus der Untersuchung sind Erkenntnisse für die berücksichtigte Patienten Klientel zu gewinnen, die die bisher in der Literatur dazu angeführten allgemeineren bzw. auf einer anderen Methodik basierenden Ausführungen nur teilweise bestätigen (vgl. z. B. Weisner, 1984; Ackermann & Ziegler, 1991; Lieberman et al., 1993; Stelzig et al., 2002; Gentil et al., 2003). Es zeigt sich nämlich, dass bei den Patienten für beide Artikulationssysteme (Phonationssystem und System der glottal-supraglottalen Artikulation) auch eine unterschiedliche bzw. konträre Entwicklung bezüglich der feinmotorischen Abstimmungen vorhanden sein kann. Auf der Grundlage dieses Ergebnisses lassen sich verfolgungswürdige Aspekte bestimmen, die in prospektiven Untersuchungen unter Anwendung neuroradiologischer bildgebender Verfahren (fMRT, PET) in Kombination mit hier angewandten Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung des Phonationsablaufs bearbeitet werden können. Dabei kann der Hypothese nachgegangen werden, dass die beiden Artikulationssysteme bei

einer Schädigung des ersten (zentralen) oder möglicherweise auch des zweiten (peripheren) motorischen Neurons nicht immer (wie hier exemplarisch nachgewiesen) eine parallele Entwicklung aufzeigen müssen. Bei einer Verifizierung dieser Annahmen ist einzukalkulieren, dass die motorische Steuerung von Phonations- und Sprechbewegungen zum einen bei beiden Systemen gleichzeitig mit einer Beeinträchtigung ihrer Funktionen einhergehen kann; zum andern aber auch die Möglichkeit besteht, dass die Systeme funktional unterschiedlich beeinträchtigt sind.

Bei der Stimmqualitätsbetrachtung in der zweiten und dritten Schwerpunktsetzung wird einmal auf Analysedaten zu isoliert gehaltenen Vokalproduktionen zurückgegriffen. Zum andern werden Daten herangezogen, die von innerhalb schneller Silbenwiederholungen phonierten Vokalen stammen. Die berücksichtigten Vokale sind somit unter unterschiedlichen Produktionsbedingungen entstanden: Zum einen sind sie innerhalb eines Produktionsmodus mit komplexen artikulatorischen Anforderungen unter zeitlichen Vorgaben phoniert worden (Diadochokinese). Zum andern war der Produktionsmodus einfacher und nicht an eine zeitliche Vorgabe geknüpft (isolierte Produktion). Der Vergleich des Phonationsverhaltens unter Stimulationseinfluss bei beiden Produktionsbedingungen bringt für die Gruppen der Stimulationpatienten unterschiedliche Ergebnisse: Für die Patienten mit M. Parkinson ist pathologiebezogen eine Tendenz der weiteren Phonationsverschlechterung bei der komplexeren Aufgabenstellung zu verzeichnen. Bei den Patienten mit MS wird das für sie charakteristische angespannte, hyperfunktionelle Phonationsverhalten bei dieser Aufgabenstellung noch deutlicher. Eine Betrachtung der individuellen Analysedaten zeigt bei dieser Gruppe, dass die Tendenzbeschreibung von den Daten der meisten Patienten gestützt wird. Der hyperfunktionelle Phonationsstatus ist bei ihnen vor allem anhand von Parameterwerteveränderungen im Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe nachzuweisen. Bei den Patienten mit M. Parkinson werden die beschriebenen Tendenzen einer Phonationsverschlechterung bei der komplexen Aufgabenstellung von einer geringeren Anzahl individueller Betrachtungen getragen. Hier ist patientenbezogen mehr Variabilität vorhanden. Diese Variabilität ist zunächst auch bei drei der Longitudinalpatienten zu finden, so dass bei ihnen keine tendenzielle Aussage beim Vergleich der beiden Produktionsbedingungen möglich ist. Bei einem vierten Patienten dieser Gruppe ist hingegen unter der komplexen Aufgabenstellung ebenfalls eine angespannte Phonationssituation feststellbar. Sie hat sich bei der isolierten Vokalproduktion nicht gezeigt. Zur Artikulation der produzierten schnellen Silbenwiederholungen (vom Typ Plosiv-Vokal) bei der komplexen Aufgabenstellung ist eine sich wiederholende Verbindung von supraglottalen Artikulationsgesten mit glottalen Abduktions- und Adduktionsgesten vonnöten. Die Artikulationsfertigkeiten lassen sich dabei anhand dreier

Produktionsaspekte untersuchen. Ein erster Aspekt betrifft die stimmhaften Anteile im Silbenzyklus. Ein zweiter Aspekt behandelt die orale (supraglottale) Schließungs- und Öffnungsgeste für den bilabialen, für den dentalen bzw. alveolaren und für den velaren Plosiven sowie die sich anschließende Vokalproduktion. Schließlich beinhaltet ein dritter Aspekt die intraartikulatorische Synchronisierung der glottalen Ab- und Adduktionsgeste (vgl. Kap. V, Sektion 3.2.). In Anbetracht der festgestellten Tendenzen bei der Vokalproduktion innerhalb dieser Aufgabenstellung sorgt die Koordination und Intensität der dafür notwendigen motorischen Befehle zum einen für eine höhere Anspannung des muskulösen Teils der Stimmlippen mit harten Stimmeinsätzen und höheren subglottischen Druckverhältnissen (bei den meisten MS-Patienten und bei einem Longitudinalpatienten). Zum andern bedingt sie eine mangelnde Adduktionsbewegung mit einer Einschränkung der Anregungsfunktion in der Folge (bei einer Anzahl von M. Parkinson-Patienten). Offensichtlich treten also die für die meisten Stimulationspatienten beider Gruppen (und die für einen Longitudinalpatienten) unter einfachem Produktionsmodus festgehaltenen Phonationscharakteristika durch die komplexere Aufgabenstellung verstärkt auf bzw. werden weiter untermauert. Die Charakteristik der neuronalen Steuerung erfährt also durch den komplexen Produktionsmodus mit seinen artikulatorischen Wechselbewegungen keine Veränderung, sondern vielmehr eine Verdeutlichung der für den einfachen Produktionsmodus bestimmten Symptomatik.

Die tendenziell dargelegten Entwicklungen für die behandelten Patientengruppen gelten wie bereits angedeutet nicht für alle Mitglieder der Gruppen. Somit entbinden sie nicht von der Pflicht einer individuellen Gewichtung bei der Beurteilung von Stimmqualität und Artikulation bei Dysarthrophonien. Diese Erkenntnis konkretisiert einen auf Grund der Ergebnisse vorhandenen zentralen Aspekt innerhalb der Arbeit.¹

Die Umsetzung dieser Erkenntnis in zukünftigen Untersuchungen wird zunächst durch die Sichtweise gefördert, dass der Gegenstand des phonetisch-medizinischen bzw. pathophonetischen Wissens von auf individuellen Reaktionen bzw. Verhaltensweisen basierenden Erfahrungswerten verkörpert wird. Diese oft als allgemeingültig postulierten Erfahrungswerte werden in der Regel im konkreten Umgang mit dem Individuum angewandt. Das heißt, es wird ein Parametersystem an das Individuum herangebracht, mit Hilfe dessen sein Anliegen bewertet wird. Dass dabei aber der indivi-

¹ Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass diese Erkenntnis ebenso wie die Erkenntnis der Notwendigkeit eines referentiellen Vergleichs von Patientendaten mit den Daten einer Kontrollgruppe *nicht* als eine methodische Neuerung zu verstehen ist. Beide Erkenntnisse finden hier vielmehr deshalb eine nachdrückliche Erwähnung, weil man ihnen in der jüngsten Literatur nicht immer Beachtung schenkt (vgl. Kap. IV, Sektion 5. und Kap. V, Sektion 6.).

duelle dispositionsbedingte Rahmen des Individuums nicht genügend beachtet bzw. ernst genommen wird, ist keine Ausnahme. Die Problematik der Individualvariation gegenüber der Gruppenvariation stellt somit wie in der Medizin auch ein theoretisches Problem in der Phonetik (auf verschiedenen Ebenen) dar. Wegen der Notwendigkeit der Beachtung des dispositionsbedingten individuellen Rahmens des Einzelnen ist in der vorliegenden Arbeit im Schwerpunkt eine Fokussierung auf das Individuum zu finden. Durch diese Fokussierung können in der Literatur angeführte Prädiktionen bezüglich der Charakteristika, des Ausmaßes und der Intensität phonations- und artikulationsbezogener dysarthrophonischer Symptome bei den behandelten Krankheitsbildern relativiert werden. Die hier festgestellte individuelle Variationsbreite spricht für diese Relativierung.

Letzte Erkenntnisse aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit betreffen den ihr zugrundeliegenden theoretischen Ansatz bzw. die auf ihm basierenden Hypothesen (vgl. Einleitung, Sektion 1.). Für die Patientengruppen (und für die Phonationsgruppen der Normalstimmen bzw. der pathologischen Stimmen) können anhand von Parameterwerten bzw. Parameterwerteveränderungen Eigenschaften des Quellensignals (EGG-Signal) und des auf ihm aufbauenden akustischen Signals konkretisiert werden, die mit physiologischen bzw. pathophysiologischen Vorgängen beim Phonationsablauf zusammenhängen. Sie dienen bei der Befunderhebung und bei der Bewertung therapeutischer Bemühungen zur Charakterisierung des individuellen Phonationsstatus bei den berücksichtigten Patienten. Unter ihrer Verwendung können zudem Aussagen zu pathologiespezifischen Tendenzen gemacht werden. Folglich ist zunächst für den einzelnen Patienten aus dieser Charakterisierung herzuleiten, ob sich seine phonatorischen Leistungen verbessert oder verschlechtert haben. Tendenzbeschreibungen für die Pathologien basieren dann auf den individuellen Charakterisierungen. Neben einer Charakterisierung des Phonationsvorgangs gelingt ebenfalls anhand von am akustischen Signal abgeleiteten Parameterwerten bzw. Parameterwerteveränderungen eine nähere Bestimmung der Zusammenhänge und der Koordination zwischen laryngalen und oralen Artikulatoren. Auch hierbei können für den einzelnen Patienten (bzw. für Patientengruppen mit demselben Krankheitsbild) Aussagen über eine Verbesserung oder Verschlechterung seiner (bzw. ihrer) Artikulationsabläufe gemacht werden. Die in diesem Zusammenhang formulierte und beide Artikulationsbereiche betreffende Hypothese ist somit als verifiziert zu betrachten. Unter Verwendung der angegebenen Analyseverfahren kann nämlich ein Beitrag zur Beurteilung der motorischen Steuerung und Ausführung von Phonations- und Artikulationsbewegungen bei erworbenen neurogenen Sprechstörungen unter verschiedenen Produktionsbedingungen bzw. innerhalb eines zeitlichen Rahmens nach Therapieansätzen geleistet werden. Auf seiner Grund-

lage können die von den Patienten selbst und von ihren Kommunikationspartnern vor allem geäußerten artikulatorischen Erschwernisempfindungen instrumentell belegt und die Fähigkeit zur mündlichen Kommunikation mit beurteilt werden. Folglich sind instrumentalphonetische Methoden bei der Diagnosefindung und Objektivierung therapeutischer Maßnahmen in der Phoniatrie und Neurologie nicht nur als zuträglich zu verstehen. Vielmehr kann durch die vorgelegte Arbeit gezeigt werden, dass diese Methoden einen festen Platz im Katalog der zur Verfügung stehenden Objektivierungsmöglichkeiten verdienen.

3. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die zunächst in dieser Arbeit vollzogene Betrachtung von Stimmqualität sowie die Untersuchung ihrer Zusammenhänge mit glottal-supraglottalen Artikulationsabläufen sind und bleiben ein spannendes Thema. Beide Bereiche werden hier keineswegs erschöpfend behandelt. Der mit ihnen zusammenhängende Formenkreis ist zu umfangreich und zu vielfältig, als dass er in einer Arbeit abschließend umrissen werden kann. Auch bei einer intensiven Beschäftigung mit ihm können weitere interessante und verfolgungswürdige Aspekte formuliert werden. Somit sind die Erkenntnisse aus der vorliegenden Arbeit nur als Beitrag zur Thematik zu verstehen. Mit diesem Beitrag kann folglich auch nur beabsichtigt werden, das komplexe „Phänomen Stimme“ sowie seine funktionalen Zusammenhänge mit weiteren an der Artikulation beteiligten Systemen einmal mehr zu charakterisieren. Beide Systeme (Phonationssystem und System der glottal-supraglottalen Artikulation) präsentierten sich hier nämlich in einer der menschlichen Existenz ureigenen Vielfalt, die es weiter zu erkunden gilt. Somit kann dieser Beitrag auch als Anregung für eine Weiterbeschäftigung mit dieser Vielfalt verstanden werden. Dabei sollte neben den bereits erwähnten verfolgungswürdigen Aspekten (vgl. Kap. V, Sektion 6.) der Aspekt der auditiven Bewertung von Stimmqualität und Artikulationsverhalten in Kombination mit instrumentellen Ergebnissen nicht außer Acht gelassen werden. Die auditive Komponente wird in dieser Arbeit nicht systematisch berücksichtigt. Dies geschieht nicht deshalb, weil ihr vielleicht im Gegensatz zur instrumentellen Vorgehensweise keine Wichtigkeit beizumessen ist. Sie ist vielmehr aus phonetischer und auch aus phoniatischer bzw. neurologischer Sicht in Anbetracht der in der klinischen Praxis zu vollziehenden auditiven Einschätzung von Stimmqualität und Artikulationsfertigkeit ein wichtiger Faktor bei der Dimensionierung neurologisch bedingter Phonations- und Artikulationsstörungen (vgl. Sektion 2. oben). Auf diese Tatsache wird auch in der jüngsten Literatur des Öfteren hingewiesen. Dort wird von der Notwendigkeit perzeptiver Studien zur Entwicklung von The-

rapieansätzen berichtet, die zu einer Erhöhung der Verständlichkeit beitragen können (z. B. Scharf, 1999). Ebenso ist aus der Literatur zu erkennen, dass Studien zur Beziehung zwischen den artikulatorischen und akustischen Merkmalen und perzeptiven Beurteilungen durch den gesunden Hörer bei Dysarthrophonien bzw. bei anderen neurologisch bedingten Störungen fehlen (z. B. Ziegler & Hoole, 1989; Scharf, 1999).

Diesem Desiderat kann in der vorliegenden Arbeit wie bereits erwähnt nicht nachgekommen werden. Es wird aber beabsichtigt, ihm in Zukunft in einer ersten Studie größeren Umfangs durch einen Beitrag Rechnung zu tragen. In der Studie sollen die hier vorgestellten instrumentellen Analysemethoden in Verbindung mit auditiven Klassifikationen von Stimmqualität auf der Grundlage des RBH-Systems betrachtet werden. Dabei werden die in einer aktuellen Studie zu methodischen Aspekten der auditiven Beurteilung von Stimmqualität gewonnenen Erkenntnisse (Pützer & Barry, 2004; vgl. auch Kap. I, Sektion 3) in die Konzeption einfließen.

Literaturverzeichnis

- Ackermann, H. & Hertrich, I. (2000): Cerebellum and speech processing. *J Neuroling* 15: 95-116.
- Ackermann, H. & Hertrich, I. (1993): Dysarthria in Friedreich's ataxia: Timing of speech segments. *Clinical Linguistics and Phonetics* 7: 75-91.
- Ackermann, H., Hertrich, I., Daum, I., Scharf, G. & Spieker, S. (1997): Kinematic analysis of articulatory movements in central motor disorders. *Mov Disord* 12: 1019-1027.
- Ackermann, H., Hertrich, I. & Hehr, T. (1995a): Oral diadochokinesis in neurological dysarthrias. *Folia Phoniatr Logop* 47: 15-23.
- Ackermann, H., Hertrich, I. & Ziegler, W. (1995b): Stimmstörungen bei zentral-motorischen Erkrankungen (Morbus Parkinson, Chorea Huntington, Ataxien). In: M. Gross (Hrsg.): *Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte 1994*, Band 2. Berlin: 138-140.
- Ackermann, H. & Ziegler, W. (1994): Acoustic analysis of vocal instability in cerebellar dysfunctions. *Ann Oto Rhino Laryngol* 103: 98-104.
- Ackermann, H. & Ziegler, W. (1991a): Articulatory deficits in Parkinsonian dysarthria: an acoustic analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 54: 1093-1098.
- Ackermann, H. & Ziegler, W. (1991b): Cerebellar voice tremor: an acoustic analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 54: 74-76.
- Ackermann, H. & Ziegler, W. (1992): Die cerebelläre Dysarthrie – eine Literaturübersicht. *Fortschritte der Neurologie – Psychiatrie* 60: 28-40.
- Adams, S.G., Weismer, G. & Kent, R.D. (1993): Speaking rate and speech movement velocity profiles. *J Speech Hear Res* 36: 41-54.
- Alajouanine, T., Sabourand, O. & Gremy, F. (1964): Etude oscillographique de la parole dans la maladie de Parkinson. Effets precoces de la coagulation pallidale. *Rev Franc Clin Biol* 9: 411-419.
- Alajouanine, T., Sabourand, O. & Gremy, F. (1959): Etude oscillographique de la parole dans les syndrome bulbaires et pseudobulbaires. *Rev Franc Clin Biol* 4:911-917.
- Alexander, G.E. & Crutcher, M.D. (1990): Functional architecture of basal ganglia circuits: Neural substrates of parallel processing. *Trends in Neuroscience* 13: 266-271.
- Alwan, A.A., Bangayan, P., Gerratt, B.R., Kreiman, J. & Long, C. (2000): Analysis by Synthesis of Pathological Voices Using the Klatt Synthesizer. In: R.D. Kent,&

- M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego: 307-335.
- Anders, L.C., Hollien, H., Hurme, P., Sonninen, A. & Wendler, J. (1988): Perception of hoarseness by several classes of listeners. *Folia Phoniatr* 40: 91-100.
- Arndt, H.J. (1994): Stimmstörungen. In: P. Biesalski & F. Frank (Hrsg.): *Phoniatrie-Pädaudiologie*. In 2 Bänden. Stuttgart New York: 175-248.
- Askenfelt, A.G. & Hammarberg, G.B. (1986): Speech waveform perturbation analysis: A perceptual comparison of seven measures. *J Speech Hear Res* 29: 50-64.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R.: *Multivariate Analysemethoden – Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin Heidelberg 2003.
- Bähr, M. & Frotscher, M.. Unter Mitarbeit von W. Küker: *Duus` Neurologisch-topische Diagnostik. Anatomie – Funktion – Klinik*. Würzburg 2003.
- Baken, R.J.: *Clinical measurement of speech and voice*. London 1987.
- Baken, R.J. (1992): Electroglottography. *J Voice* 6: 98-110.
- Baker, K.B., Nyenhuis, J.S., Hrdlicka, G., Rezai, A.R., Tkach, J.A. & Shellock, F.G. (2005): Neurostimulation systems: assessment of magnetic field interactions associated with 1.5-and 3-Tesla MR systems. *J Magn Reson Imaging* 21: 72-77.
- Banci, G., Monini, S., Falaschi, A. & Sario, N. (1986): Vocal fold disorder evaluation by digital speech analysis. *J Phonet* 14: 495-499.
- Baudelle, E., Vaissière, J., Renard, J.L., Roubeau, B. & Chevrie-Müller, C. (2003): Caractéristiques vocaliques intrinsèques et co-intrinsèques dans les dysarthries cérébelleuse et parkinsonienne. *Folia Phoniatr Logop* 55: 137-146.
- Bell-Berti, F. & Chevrie-Müller, C. (1991): Motor levels of speech timing: Evidence from studies of ataxia. In: H.F.M. Peters, W. Hulstijn & C.W. Starkweather (eds.): *Speech motor control and stuttering*. Amsterdam: 293-301.
- Bell-Berti, F. & Harris, K.S. (1981): A temporal model of speech production. *Phonetica* 38: 9-20.
- Benabid, A.L., Wallance, B., Mitrofanis, J., Xia, C., Piallat, B., Fraix, V., Batir, A., Krack, P., Pollak, P. & Berger, F. (2005): Therapeutic electrical stimulation of the central nervous system. *C R Biol* 328: 177-186.
- Berke, G.S., Gerratt, B.R. & Hanson, D.G. (1983): An acoustic analysis of the effects of surgical therapy on voice quality. *Otolaryngology* 91: 502-508.
- Bhuta, T., Patrick, L. & Garnett, J.D. (2004): Perceptual evaluation of voice quality and its correlation with acoustic measurements. *J Voice* 18: 299-304.
- Blomgren, M., Chen, Y., Ng, M.L. & Gilbert, H.R. (1998): Acoustic, aerodynamic, physiologic, and perceptual properties of modal and vocal fry registers. *J Acoust Soc Am* 103: 2649-2658.

- Boyanov, B., Doskov, D., Ivanov, T. & Hadjitodorov, S. (1991): PC based system for analysis of the voice of patients with laryngeal disease. *Ear, Nose, Throat-Journal* 70; 767-772.
- Böhme, G.: *Untersuchungsmethoden der Stimme und Sprache*. Leipzig 1972.
- Breit, S., Schulz, J.B. & Benabid, A.-L. (2004): Deep brain stimulation. *Cell Tissue Res* 318: 275-288.
- Buder, E.H. (2000): Acoustic Analysis of Voice Quality: A Tabulation of Algorithms 1902-1990. In: R.D. Kent & M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego :119-244.
- Cannito, M.P. & Woodson, G.E. (2000): The Spasmodic Dysphonias. In: R.D. Kent & M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego: 411-430.
- Carlson, E. (1995): Electrolaryngography in the assessment and treatment of incomplete mutation (puberphonia) in adults. *European Journal of Disorders of Communication* 30: 140-148.
- Carpenter, M.A., Pahwa, R., Miyawaki, K.L., Wilkinson, S.B., Searl, J.P. & Koller, W.C. (1998): Reduction in voice tremor under thalamic stimulation. *Neurology* 50: 796-798.
- Caruso, A.J. & Burton, E.K. (1987): Temporal acoustic measures of dysarthria associated with amyotrophic lateral sclerosis. *J Speech Hear Res* 30: 80-87.
- Ceballos-Baumann, A.O. (2003): Functional imaging in Parkinson's disease: activation studies with PET, fMRI and SPECT. *J Neurol* 250 Suppl 1: I 15-23.
- Ceballos-Baumann, A.O., Boecker, H., Fogel, W., Alesch, F., Bartenstein, P., Conrad, B., Diederich, N., von Falkenhayn, I., Moringlane, J.R. & Schwaiger, M. (2001): Thalamic stimulation for essential tremor activates motor and deactivates vestibular cortex. *Neurology* 56: 1347-1354.
- Chernobelsky, S. (1995): EGG in the Assessment and Diagnosis of Organic Voice Disorders. XXIIIrd World Congress of IALP, Cairo, Egypt, August 6-10, 1995, Abstract. *Folia Phoniatr* 47:62.
- Childers, D.G., Alsaka, Y.A., Hicks, D.M. & Moore, G.P. (1987): Vocal Fold Vibrations: An EGG Model. In: T. Baer, C. Sasaki & K.S. Harris (eds.): *Laryngeal function in phonation and respiration*: 181-202.
- Childers, D.G., Hicks, D.M., Moore, G.P. & Alsaka, Y.A. (1986): A model for vocal fold vibratory motion, contact area, and the electroglottogram. *J Acoust Soc Am* 80: 1309-1320.
- Childers, D.G. & Krishnamurthy, A.K. (1985): A critical review of electroglottography. *Crit Rev Biomed Engin* 12: 131-161.

- Childers, D.G., Krishnamurthy, A.K., Naik, J.M., Larar, J.N. & Moore, G.P. (1983): Laryngeal function: Glottography and ultra-high speed cinematography. In: Proc. 19th IALP. Edinburgh 1983.
- Childers, D.G. & Lee, C.K. (1991): Vocal quality factors: Analysis, synthesis, and perception. *J Acoust Soc Am* 90: 2394-2410.
- Childers, D.G., Moore, G.P., Naik, J.M., Larar, J.N. & Krishnamurthy, A.K. (1982): Assessment of laryngeal function by simultaneous, synchronized measurement of speech, electroglottography and ultra-high speed film. In: V.L. Lawrence (ed.): *Transcripts of the eleventh symposium care of the professional voice, part II, Medical / Surgical sessions: Papers: 234-244.*
- Cieslar-Rakus, W., Janke, W. & Henneberg, C. (1997): Dysarthrophoniesymptome beim Parkinson-Syndrom. In: M. Gross & U. Eysholdt (Hrsg.): *Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte 1996, Band 4.* Berlin: 145-146.
- Claßen, K., Dogil, G., Jessen, M., Marasek, K. & Wokurek, W. (1998): Stimmqualität und Wortbetonung im Deutschen. *Linguistische Berichte* 174: 202-245.
- Colton, R.H. & Conture, E.G. (1990): Problems and Pitfalls of Electroglottography. *J Voice* 4: 10-24.
- Connor, N.P., Ludlow, C.L. & Schulz, G.M. (1989): Stop consonant production in isolated and repeated syllables in Parkinson's disease. *Neuropsychologica* 27: 829-838.
- Cooley, J.W. & Tukey, J.W. (1965): An algorithmus for the machine calculation of complex Fourier series. *Math of Comput* 19: 297-301.
- Cornut, G. (1971): Vibrations normales et pathologiques des cordes vocales étudiées à l'aide du Sonagraph. *Folia Phoniatr* 23: 234-238.
- Cox, N.B. & Morrison, M.D. (1983): Acoustic analysis of voice for computerized laryngeal pathology assessment. *J Otolaryngol* 12: 295-301.
- Crevier-Buchman, L., Laccourreye, O., Monfrais-Pfauwandel, M.-C., Menard, M., Jouffre, V. & Brasnu, D. (1994): Evaluation informatisée des paramètres acoustiques da la voix et de la parole après laryngectomie partielle supracricoidienne avec cricohyoïdoepiglottopexie. *Annales d'oto-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale* 111: 397-401.
- Crevier-Buchman, L., Monfrais-Pfauwadel, M.-C., Begue, D., Lauga-Houdoyer, L., Laccourreye, O. & Brasnu, D. (1993): Le bilan acoustique et l'utilisation de l'informatique. *Rev Laryngol* 4: 311-314.
- Darley, F.L., Aronson, A.E & Brown, J.R.: *Motor Speech Disorders.* Philadelphia 1975.

- Davis, S.B. (1978): Acoustic characteristics of normal and pathological voices. *Speech Research* 54: 133-164.
- Deal, R.E. & Emanuel, F.W. (1978): Some waveform and spectral features of vowel roughness. *J Speech Hear Res* 21: 250-264.
- Deger, K. : Sprechmotorisches Lernen mit Feedback. Grundlagen und therapeutische Anwendung. Pfaffenweiler 1994.
- Dejonckere, P.H. & Cuvelier, F. (1983): Spectrographic myogennée de longue durée de la parole. Discrimination entre la voix normale et la voix pathologique. *Acta otorhinolaryngol Belg* 37: 784-795.
- Dejonckere, P.H. & Lebacqz, J. (1985): Electroglottography and Vocal Nodules. An Attempt to Quantify the Shape of the Signal. *Folia Phoniatr* 37: 195-200.
- Dejonckere, P.H., Remacle, M., Fresnel-Elbaz, E., Woisard, V., Crevier, L. & Millet, B. (1998): Reliability and clinical relevance of perceptuel evaluation of pathological voices. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 119: 247-248.
- Dejonckere, P.H., Remacle, M., Fresnel-Elbaz, E., Woisard, V., Crevier-Buchman, L. & Millet B. (1996): Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: reliability and correlations with acoustic measurements. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 117: 219-224.
- Dejonckere, P.H. & Villarosa, D. (1986): Analyse spectrale myogennée de la voix. *Acta otorhinolaryngol Belg* 40: 426-435.
- de Krom, G. (1995): Some spectral correlates of pathological breathy and rough voice quality for different types of vowel fragments. *J Speech Hear Res* 38: 794-811.
- DeLong, M.R. (1990): Primate models of movement disorders of basal ganglia origin. *Trends in Neuroscience* 13: 281-285.
- Depner, M.M.: Echtzeitspektrographische Therapiekontrolle bei organischen und funktionellen Stimmstörungen. Dissertation. Medizinische Hochschule Hannover 1986.
- Diener, H.C., Hore, J., Ivry, R. & Dichgans, J. (1993): Cerebellar dysfunction of movement and perception. *The Canadian Journal of Neurological Science* 20 Suppl 3: 62-69.
- Dogil, G., Ackermann, H., Grodd, W., Haider, H., Kamp, H., Mayer, J., Riecker, A. & Wildgruber, D. (2002). The speaking brain: a tutorial introduction to fMRI experiments in the production of speech, prosody and syntax. *Journal of Neurolinguistics* 15: 59-90.
- Dromey, C., Kumar R., Lang E.A. & Lozano, A.M. (2000): An investigation of the effects of subthalamic nucleus stimulation on acoustic measures of voice. *Mov Disord* 15: 1132-1138.

- Duffy, J.R.: *Motor speech Disorders: Substrates, Differential Diagnosis, and Management*. St. Louis, Mosby 1995.
- Emanuel, F.W. & Sansone, F.E. (1969): Some spectral features of 'normal' and simulated rough vowels. *Folia Phoniatr* 21: 401-415.
- Eskénazi, L., Childers, D.G. & Hicks, D.M. (1990): Acoustic correlates of vocal quality. *J Speech Hear Res* 33: 298-306.
- ESPS Programs Version 5.3.1 (1999) Entropic Inc.
- Fabre, P. (1957): 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* 141: 66-69.
- Fant, G. (1970): *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton. Gleichungen 1.3-5b: 53.
- Feijoo, S. & Hernández, C. (1990): Short-term stability measures for the evaluation of vocal quality. *J Speech Hear Res* 33: 324-334.
- Flanagan, K.P. & Dembowski, J.S. (2002): Kinematics of normal lingual diadochokinesis. *J Acoust Soc Am* 111: 2476.
- Forrest, K., Weismer, G. & Turner, G.S. (1989): Kinematic, acoustic, and perceptual analysis of connected speech production by Parkinsonian and normal geriatric adults. *J Acoust Soc Am* 85: 2608-2622.
- Fourcin, A.J. (2000): Voice Quality and Electroglottography. In: R.D. Kent & M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego: 285-306.
- Fourcin, A.J. & Abberton, E. (1971): First applications of a new laryngograph. *Med Biol Illustr (London)* 21: 172-182.
- Fourcin, A.J. & Abberton, E. (1974): Laryngograph and Voiscope in speech therapy. 16th Int. Congr. Logoped. Phoniatr. Interlaken. *Folia Phoniatr* 26: 185.
- Fourcin, A.J. & Abberton, E. (1977): Laryngograph studies of vocal-fold vibration. *Phonetica* 34: 313-315.
- Fourcin, A.J., Abberton, E., Miller, D. & Howells, D. (1995): Laryngograph: speech pattern element tools for the therapy, training and assessment. *European Journal of Disorders of Communication* 3: 101-115.
- Frank, F. (1971): Die Stimme vor und nach Laryngektomie im Sonagramm. *Folia Phoniatr* 23: 295-307.
- Frank, F. (1984): Funktionelle Stimmstörung bei Sängern in der sonographischen Analyse. *Folia Phoniatr* 36: 250-256.

- Frese, I.: Phrasenstruktur im Gehirn: neuroanatomische Korrelate syntaktischer Konstituentenanalyse. Arbeitspapiere des Instituts für Maschinelle Sprachverarbeitung Vol. 10 (1). Dissertation. Stuttgart 2004.
- Froekjaer-Jensen, B. (1969): Construction and comparative tests of two different types of glottographs: (1) the photo-electric glottograph and (2) the Fabre glottograph. 17th Natl. Congr. Otolaryngol. Denmark.
- Froekjaer-Jensen, B. & Prytz, S. (1974): Evaluation of speech disorders by means of long-time average-spectra. ARIPUC 8: 227-237.
- Gamboa, J., Jimenez- Jimenez F.J., Mate, M.A. & Cobeta I. (2001): Voice disorders caused by neurological diseases. Rev Neurol 33: 153-168.
- Gentil, M.: Organisation of the articulatory system: peripheral mechanisms and central coordination. In: W.J. Hardcastle & A. Marchal (eds.): Speech production and speech modelling. Dordrecht: 1990: 1-22.
- Gentil, M., Chauvin, P., Pinto, S., Pollak, P. & Benabid, A.L. (2001): Effect of Bilateral Stimulation of the Subthalamic Nucleus on Parkinsonian Voice. Brain Lang 78: 233-240.
- Gentil, M., Gracia-Ruiz, P., Pollak, P. & Benabid, A.L. (2000): Effect of bilateral deep-brain stimulation on oral control of patients with Parkinsonism. European Neurology 44: 147-152.
- Gentil, M. Gracia-Ruiz, P., Pollak, P. & Benabid, A.L. (1999a): Effect of stimulation of the subthalamic nucleus on oral control of patients with Parkinsonism. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 67: 329-333.
- Gentil, M., Pinto, S., Polak, P. & Benabid, A.L. (2003): Effect of bilateral stimulation of the subthalamic nucleus on parkinsonian dysarthria. Brain Lang 85: 190-196.
- Gentil, M., Tournier, C.L., Pollak, P. & Benabid, A.L. (1999b): Effect of Bilateral Subthalamic Nucleus Stimulation and Dopatherapy on Oral Control in Parkinson's Disease. Eur Neurol 42: 136-140.
- Georgi, J.D., Stippich, C., Tronnier, V.M. & Heiland, S. (2004): Active deep brain stimulation during MRI: a feasibility study. Magn Reson Med 51: 380-388.
- Gerratt, B.R., Till, J., Rosenbek, J.C., Wertz, R.T. & Boysen, A.E. (1991): Use and perceived value of perceptual and instrumental measures in dysarthria management. In: C.A. Moore, K.M. Yorkston & D.R. Beukelman (eds.): Dysarthria and apraxia of speech: 77-93.
- Gerull, G., Giesen, M., Mrowinski D. & Rudolph, N. (1972): Einsatz der Frequenzanalyse zur objektiven Untersuchung von Stimmstörungen. Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie, Otologie und ihre Grenzgebiete 51: 815-820.

- Gerull, G., Giesen, M., Mrowinski D. & Schweers, H. (1977): Untersuchung verschiedener Gruppen von Stimmstörungen durch statistische Spektralanalyse. *HNO* 25: 14-22.
- Gerull, G., Mrowinski, D. & Zieger, K. (1992): Objektive Quantifizierung des Heiserkeitsgrades durch Cepstrumanalyse. *Sprache Stimme Gehör* 16: 156-160.
- Ghez, C. (1991): The cerebellum. In: E. Kandal, J. Schwarz & T. Jessell (eds.): *Principles of Neural Science*. Amsterdam.
- Giovanni, A., Molines, V., Nguyen, N., Teston, B., Robert, D., Cannoni, M. & Pech, A. (1992): Une méthode multiparamétrique d'évaluation vocale objective assistée par ordinateur. *Annales d'oto-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale* 109: 200-206.
- Gonzalez, J., Cervera, T. & Miralles J.L. (2002): Acoustic voice analysis: reliability of a set of multi-dimensional parameters. *Acta Otorrinolaringol Esp* 53: 256-268.
- Gracco, V.L. & Abbs, J.H. (1987): Programming and execution processes of speech movement control: Potential neural correlates. In: E. Keller & M. Gopnik (eds.): *Symposium on Motor and Sensory Language Processes*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.: 163-201.
- Gracco, V.L. & Abbs, J.H. (1986): Variant and invariant characteristics of speech movements. *Experimental Brain Research* 65: 156-166.
- Grehl, H. & Reinhardt, F.. Unter Mitarbeit von J. Neuberger et al.: *Checkliste Neurologie*. Stuttgart New York 2002.
- Günther, C.: *Prosodie und Sprachproduktion*. Tübingen 1999.
- Haggard, M.P. (1969): Speech waveform measurements in multiple sclerosis. *Folia Phoniatr* 21: 307.312.
- Hall, K.D. (1995): Variations across time in acoustic and electroglottographic measures of phonatory function in women with and without vocal nodules. *J Speech Hear Res* 38: 783-793.
- Hammarberg, B., Fritzell, B., Gauffin, J. & Sundberg, J. (1986): Acoustic and perzeptuel analysis of vocal dysfunction. *J Phonet* 14: 533-548.
- Hammarberg, B. & Gauffin, J. (1995): Perceptual and acoustic characteristics of quality differences in pathological voices as related to physiological aspects. In: O. Fujimura & M. Hirano (eds.): *Voice Quality Control*: 283-303.
- Hanson, H.M. & Chuang, E.S. (1999): Glottal characteristics of male speakers: Acoustic correlates and comparison with female data. *J Acoust Soc Am* 106: 1064-1077.
- Hardcastle, W.J.: *Physiology of Speech Production. An Introduction for Speech Scientists*. London 1976.

- Hartelius, L., Buder, H.E. & Strand, E.A. (1997): Long-term phonatory instability in individuals with multiple sclerosis. *J Speech Lang Hear Res* 40: 1056-1072.
- Hartelius, L., Nord, L. & Buder, H.E. (1995): Acoustic Analysis of dysarthria associated with multiple sclerosis. *Clinical Linguistics & Phonetics* 9: 95-120.
- Hartelius, L. & Lillvik, M. (2003): Lip and Tongue Function Differently Affected in Individuals with Multiple Sklerosis. *Folia Phoniatr Logop* 55:1-9.
- Hartje, W. & Poeck, K. (Hrsg.): *Klinische Neuropsychologie*. 5. Auflage. Stuttgart New York 2002.
- Hartmann, E. & von Cramon, D. (1984a): Acoustic measurement of voice quality in central dysphonia. *J Commun Disord* 17:425-440.
- Hartmann, E. & von Cramon, D. (1984b): Acoustic measurement of voice quality in dysphonia after severe closed head trauma: a follow-up study. *Brit J Dis Comm* 19: 253-261.
- Henrich, N., d'Alessandro, C., Doval, B. & Castellengo, M. (2004): On the use of the derivative of electroglottographic signals for characterization of nonpathological phonation. *J Acoust Soc Am* 115: 1321-1332.
- Hertrich, I. & Ackermann, H. (1995): Elektroglottographische Analysen der Dysphonie bei Morbus Parkinson und Kleinhirnerkrankungen. In: M. Gross. (Hrsg.): *Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte 1994*, Band 2. Berlin: 135-137.
- Hertrich, I., Lutzenberger, W., Spieker, S. & Ackermann, H. (1997): Fractal dimension of sustained vowel productions in neurological dysphonias: an acoustic and electroglottographic analysis. *J Acoust Soc Am* 102: 652-654.
- Hertrich, I., Lutzenberger, W., Spieker, S. & Ackermann, H. (1998): Fraktale Dimension angehaltener Vokale bei neurogenen Dysphonien: Akustische und elektroglottographische Analyse. In: M. Gross (Hrsg.): *Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte 1997/98*, Band 5. Heidelberg: 37-42.
- Hess, W.: *Pitch determination of speech signals - algorithmus and devices*. Berlin Heidelberg New York Tokyo 1983.
- Heuser, H. (1991): Invariant relative timing in motor-program theory. In: J. Fagard & P.H. Wolff (eds.): *The development of timing control and temporal organization in coordinated action*. Amsterdam.
- Hiki, S., Imaizumi, S., Hirano, M., Matsushita, H. & Kakita, Y. (1976): Acoustical analysis for voice disorders. *Proc. IEEE ICASSP*, Rome: 613-616.
- Hillenbrand, J., Cleveland, R.A., & Erickson, R.L. (1994): Acoustic correlates of breathy vocal quality. *J Speech Hear Res* 37: 769-778.
- Hillenbrand, J. & Hoode, R.A. (1996): Acoustic correlates of breathy vocal quality: Dysphonic voices and continuous speech. *J Speech Hear Res* 39: 311-321.

- Hirano, M.: *Clinical Examination of Voice*. New York 1981.
- Hirano, M. (1989): Objective evaluation of human voice. *Folia Phoniatr* 41: 89-144.
- Hirano, M., Hibi, S., Terasawa, R. & Fujiu, M. (1986): Relationship between aerodynamic, vibratory, acoustic and psychoacoustic correlates in dysphonia. *J Phonet* 14: 445-456.
- Hirano, M., Hibi, S., Yoshida, T., Hirade Y., Kasuya, H. & Kikuchi, Y. (1988): Acoustic analysis of pathological voice. *Acta Otolaryngol* 105: 432-438.
- Hiraoka, N., Kitazoe, Y., Ueta, H., Tanaka, S. & Tanabe, M. (1984): Harmonic-intensity analysis of normal and hoarse voice. *J Acoust Soc Am* 76: 1648-1651.
- Hirose, H., Kiritani, S. & Tatsumi, I.F. (1982): On the nature of bradylalia — a preliminary study of the acoustic characteristics of dysarthric speech. *Ann Bull RILP* 16: 229-234.
- Hoasjoe, D. K., Martin, G.F., Doyle, P.C. & Wong, F.S. (1992): A comparative acoustic analysis of voice production by near-total laryngectomy and normal laryngeal speakers. *J Otolaryngol* 21: 39-43.
- Höfler, H. (1984): Vergleichende Langzeitspektraluntersuchungen der Stimme mit Hilfe des Lombard-Effekts. *Laryng Rhinol Otol* 63: 589-595.
- Höhn, M. & Yahr, M. (1967): Parkinsonism. Onset, progression and mortality. *Neurology* 17: 427-442.
- Hopf, H.C., Günther, D., Diener, H.C. & Reichmann, H. (Hrsg.): *Neurologie in Praxis und Klinik*. Bd 1. Stuttgart New York 1999.
- Horii, Y. (1979): Fundamental frequency perturbation in sustained vowels. *J Speech Hear Res* 22: 5-19.
- Houbon, G.B., Buekers, R. & Kingma, H. (1992): Characterisation of the Electroglottography Waveform: A Primary Study to Investigate Vocal Fold Functioning. *Folia Phoniatr* 44: 269-281.
- Huber, W. (1998): Dysarthrie. In: K. Poeck (Hrsg.): *Klinische Neuropsychologie*. Stuttgart New York: 137-164.
- Hurme, P. & Sonninen, A. (1986): Acoustic, perceptual and clinical studies of normal and dysphonic voice. *J Phonet* 14: 489-492.
- Indefrey, P. & Levelt, W.J.M. (2000): The neural correlates of language production. In: M. Gazzaniga (ed.): *The new cognitive neurosciences*. Cambridge: 845-865.
- Instruction Manual "Electroglottograph (EGG), Model 4338". Issue A. Kay Elemetrics Corp. Lincoln Park 1995.
- Isshiki, N. & Takeuchi, Y. (1970): Factor analysis of hoarseness. *Stud Phonol* 5: 37-44.

- Ivry, R.B. & Gopal, H.S. (1992): Speech production and perception in patients with cerebellar lesions. In: D.E. Meyer & S. Kornblum (eds.): *Attention and Performance Vol XIV; Synergies in Experimental Psychology, Artificial Intelligence and Cognitive Neuroscience*. Cambridge: 771-802.
- Iwata, S. & v. Leden, H. (1970a): Acoustic studies and computer techniques in the diagnosis of laryngeal disorders. *Proc. IXth Int. Congr. Oto-Rhino-Laryng. Mexiko*: 350-355.
- Iwata, S. & v. Leden, H. (1970b): Voice prints in laryngeal disease. *Arch Otolaryngol* 91: 346-351.
- Jaeger, M., Fröhlich, M., Hertrich, I. & Ackermann, H. (2001a): Dysphonie nach schwerem Schädel-Hirn Trauma: akustische, elektrolottographische und perzeptive Analyse. In: M. Gross & E. Kruse (Hrsg.): *Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte 2000/2001, Band 8*. Heidelberg: 87-89.
- Jaeger, M., Fröhlich, M., Hertrich, I., Ackermann, H. & Schonle P.W. (2001b): Dysphonia Subsequent to Severe Traumatic Brain Injury: Comparative Perceptual, Acoustic and Electrolottographic Analyses. *Folia Phoniatr Logop* 53: 326-337.
- Jensen, P.J. (1965): Adequacy of terminology for clinical judgment of voice quality deviation. *The Eye, Ear, Nose and Throat Monthly* 44: 77-82.
- Jiang, J., Lin, E. & Hanson D.G. (2000): Acoustic and airflow spectral analysis of voice tremor. *J Speech Lang Hear Res* 43: 191-204.
- Jilek, C., Löhner, H. & Hacki, T. (2002): Anwendung elektrolottographischer Perturbationsparameter zur Differenzierung gesunder und funktionell gestörter, weiblicher Stimmen. In: M. Gross & E. Kruse (Hrsg.): *Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte 2001/2002, Band 9*: 15-20.
- Karlsson, I. (1992): Evaluations of acoustic differences between male and female voices: A pilot study. *Speech Trans. Lab. Q. Prog. Stat. Report 1*, Royal Institute of Technology. Stockholm: 19-31.
- Kasuya, H., Endo, Y. & Saliu, S. (1993): Novel acoustic measurements of jitter and shimmer characteristics from pathological voice. *Eurospeech '93 Volume 3*: 1973-1976.
- Kasuya, H., Masubuchi, K., Ebihara, S. & Yoshida, H. (1986a): Preliminary experiments on voice screening. *J Phonet* 14: 463-468.
- Kasuya, H., Ogawa, S. & Kikuchi, Y. (1986b): An acoustic analysis of pathological voice and its application to the evaluation of laryngeal pathology. *Speech Communication* 5: 171-181.

- Kasuya, H., Ogawa, S., Mashima, K. & Ebihara, S. (1986c): Normalized noise energy as an acoustic measure to evaluate pathologic voice. *J Acoust Soc Am* 80: 1329-1334.
- Kempster, G.B., Kistler, D. & Hillenbrand, J. (1991): Multidimensional scaling analysis of dysphonia in two speaker groups. *J Speech Hear Res* 34: 534-543.
- Kent, R.D. (1979): Isovowel lines for the evaluation of vowel formant structure in speech disorders. *J Speech Hear Dis* 19: 513-521.
- Kent, R.D.: *The Speech Sciences*. San Diego 1997.
- Kent, R.D. & Ball, M.J. (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego 2000.
- Kent, R.D., Duffy, J., Kent, F.J., Vorperian, H.K. & Thomas, J.E. (1999): Quantification of motor speech abilities in stroke: Time-energy analyses of syllable and word repetition. *J Med Speech Lang Pathol* 7: 83-90.
- Kent, R.D., Duffy, J., Thomas, J.E., Weismer, G. & Stuntebeck, S. (2000): Ataxic dysarthria. *J Speech Lang Hear Res* 43: 1275-1289.
- Kent, R.D., Netsell, R. & Abbs, J.H. (1979): Acoustic characteristics of dysarthria associated with cerebellar disease. *J Speech Hear Res* 22: 627-648.
- Kent, R.D. & Read, C.: *The Acoustic Analysis of Speech*. San Diego 1992.
- Kent, R.D., Vorperian, H.K., Kent, J.F. & Duffy, J.R. (2003): Voice dysfunction in dysarthria: application of the Multi-Dimensional Voice Program. *J Commun Disord* 36: 281-306.
- Kitajima, K. (1981): Quantitative evaluation of the noise level in the pathologic voice. *Folia Phoniatr* 33: 115-124.
- Kitajima, K., Tanabe, M. & Isshiki, N. (1975): Pitch perturbation in normal and pathologic voice. *Studia Phonologica* 9: 25-32.
- Kitzing, P. (1986): LTAS criteria pertinent to the measurement of voice quality. *J Phonet* 14: 477-482.
- Kitzing, P. & Akerlund, L. (1993): Long-Time-Average Spectrograms of Dysphonic Voices before and after Therapy. *Folia Phoniatr* 45: 53-61.
- Klabunde, R. & von Stutterheim, C. (eds.): *Representations and processes in language production*. Wiesbaden 1999.
- Klatt, D. & Klatt, L. (1990): Analysis, synthesis and perception of voice quality variations among female and male talkers. *J Acoust Soc Am* 87: 820-857.
- Klingholz, F. (1990): Beziehungen zwischen akustischem und stoboskopischem Befund bei Stimmstörungen. *Sprache Stimme Gehör* 14: 69-73.
- Klingholz, F. (1992): Computer aided evaluation of phonetograms. *Computer Methods Programs Biomed* 37: 127-135.

- Klingholz, F.: Die Akustik der gestörten Stimme. Stuttgart New York 1986.
- Klingholz, F. (1991): Jitter. *Sprache Stimme Gehör* 15: 79-85.
- Klingholz, F. (1987): The measurement of the signal-to-noise ratio (SNR) in continuous speech. *Speech Commun* 6: 15-26.
- Klingholz, F. & Martin, F. (1983): Speech wave a periodicities at sustained phonation in functional dysphonia. *Folia Phoniatr* 35: 323-327.
- Koenig, W., Dunn, H.K. & Lacy, L.Y. (1946): The sound spectrograph. *J Acoust Soc Am* 18: 19-49.
- Koike, Y. (1973): Application of some acoustic measures for the evaluation of laryngeal dysfunction. *Studia Phonologica* 7: 17-23.
- Koike, Y. & Takahashi, H. (1972): Glottal parameters and some acoustic measures in patients with laryngeal pathology. *Studia Phonologica* 6: 45-50.
- Kojima, G., Gould, W.J., Lambiase, A. & Isshiki, N. (1980): Computer analysis of hoarseness. *Acta Otolaryngol* 89: 547-554.
- Koreman, J. & Pützer, M. (1997): Finding correlates of vocal fold adduction deficiencies. In: W.J. Barry & J. Koreman (Hrsg.): *PHONUS 3*. Institut für Phonetik, Universität des Saarlandes. Saarbrücken: 155-178.
- Koreman, J. & Pützer, M. (2003): The usability of perceptual ratings of voice quality. *Proceedings of the 6th International Conference on Advances in Quantitative Laryngology, Voice and Speech Research Hamburg*, 3.-5. April 2003.
- Koreman, J., Pützer, M. & Just, M. (2004): Correlates of Varying Vocal Fold Adduction Deficiencies in Perception and Production: Methodological and Practical Considerations. *Folia Phoniatr* 56: 305-320.
- Kothe, C., Schade, G, Fleischer, S. & Hess, M. (2003): Endoskopische Beurteilungskriterien bei zentral laryngalen Bewegungsstörungen. *HNO* 51: 52-54.
- Krauss, J.K & Volkmann, J. (Hrsg.): *Tiefe Hirnstimulation*. Darmstadt 2004.
- Kreiman, J. & Gerratt, B.R. (2000a): Measuring Vocal Quality. In: R.D. Kent & M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego: 73-101.
- Kreiman, J. & Gerratt B.R. (2000b): Sources of listener disagreement in voice quality assessment. *J Acoust Soc Am* 108: 1867-1876.
- Kreiman, J. & Gerratt B.R. (1996): The perceptual structure of pathologic voice quality. *J Acoust Soc Am* 100: 1787-1794.
- Kreiman, J. & Gerratt B.R. (1998): Validity of rating scale measures of voice quality. *J Acoust Soc Am* 104: 1598-1608.
- Kreiman, J., Gerratt, B.R. & Berke, G.S. (1994): The multidimensional nature of pathologic vocal quality. *J Acoust Soc Am* 96: 1291-1302.

- Kreiman, J., Gerratt, B.R., Kempster, G.B., Erman, A. & Berke, G.S. (1993): Perceptual evaluation of voice quality: Review, tutorial, and a framework for future research. *J Speech Hear Res* 36: 21-40.
- Kreiman, J., Gerratt, B.R., & Precoda, K. (1990): Listener experience and perception of voice quality. *J Speech Hear Res* 33: 103-115.
- Kreiman, J., Gerratt, B.R., Precoda, K. & Berke, G.S. (1992): Individual differences in voice quality perception. *J Speech Hear Res* 35: 512-520.
- Kröger, B.J. (1991): Zur Auswirkung der Glottis-Sprechtrakt-Kopplung auf die Stimmreinheit. *Sprache Stimme Gehör* 15: 139-142.
- Künzel, H.J. & Borys, B.B. (1982): Farbige Schallspektrographie: Einige Anwendungsbeispiele einer neuen Technik in der Phoniatrie. *Sprache Stimme Gehör* 6: 74-78.
- Larson, K.K., Ramig, L.O. & Scherer, R.C. (1994): Acoustic and Glottographic Voice Analysis During Drug-Related Fluctuations in Parkinson's Disease. *J of Medical Speech-Language Pathology* 2: 227-239.
- Lass, N.J.: Principles of experimental phonetics. St. Louis 1996.
- Laver, J. (2000): Phonetic Evaluation of Voice Quality. In: R.D. Kent & M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego: 37-48.
- Laver, J.: The phonetic description of voice quality. Cambridge UK 1980.
- Laver, J., Hiller, S., Mackenzie, J. & Rooney, E. (1986): An acoustic screening system for the detection of laryngeal pathology. *J Phonet* 14: 517-524.
- LeBlance, G.R., Maves, M.D., Scalfia, T.M., Eitnier, C.M. & Steckol, K.F. (1992): Comparison of electroglottographic and acoustic analysis of pitch perturbation. *Otolaryngology, Head and Neck Surgery* 107: 617-621.
- Lehiste, I. (1965): Some acoustic characteristics of dysarthric speech. *Bibl phonet Basel*.
- Lehmann, W. (2002): Syndromklassifikation der Dysarthrophonie. In: E.-M. Krech (Hrsg.): *Sprach-, Sprech- und Stimmstörungen — interdisziplinäre Kooperation in der Therapie*. Festschrift zum 65. Geburtstag von Volkmar Clausnitzer. Frankfurt am Main.
- Leinonen, L., Kanga, J., Torkkola, K. & Juvas, A. (1992): Dysphonia detected by pattern recognition of spectral composition. *J Speech Hear Res* 35: 287-295.
- Liebermann, P. (1961): Perturbation in vocal pitch. *J Acoust Soc Am* 33: 597-603.
- Liebermann, P. (1963): Some acoustic measures of the fundamental periodicity of normal and pathologic larynges. *J Acoust Soc Am* 35: 344-353.

- Lieberman, P., Kako, E., Friedman, J., Taychman, G., Feldman, L.S. & Jiminez, E.B. (1993): Speech production, syntax comprehension and cognitive deficits in Parkinson's disease. *Brain Lang* 43: 169-189.
- Lindblom, B. (1983): Economy of speech gestures. In: P.F. MacNeilage (ed.): *The production of speech*. New York.
- Lindblom, B. (1968): Temporal organization of syllable production. *Quarterly Progress and Status Report* 2-3. Stockholm.
- Linville, S.E. (2000): The Aging Voice. In: R.D. Kent & M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego: 359-376.
- Lißmann, B., Kratzer, R. & Kob, M. (2003): Akustische Klassifikation von Stimmstörungen. *DAGA Aachen 2003*.
- Lively, M.A. & Emanuel, F.W. (1970): Spectral noise levels and roughness severity ratings for normal and simulated rough vowels produced by adult females. *J Speech Hear Res* 13: 503-517.
- Löfqvist, A. & Manderson, B. (1987): Long-time average spectrum of speech and voice analysis. *Folia Phoniatr* 39: 221-229.
- Löfqvist, A. & Yoshioka, H. (1981): Interarticulator programming in obstruent production. *Phonetica* 38: 21-34.
- Lowit-Leuschel, A. & Docherty, G. (2000): Dysprosody. In: R.D. Kent & M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego: 59-72.
- Ludlow, C.L. & Bassich C.J. (1983): The results of acoustic and perceptual assessment of two types of dysarthria. In: W.R. Berry (ed.): *Clinical dysarthria*. San Diego: 121-153.
- Ludlow, C.L., Bassich, C.J., Connor, N.P., Coulter, D.C. & Lee, Y.J. (1987): The validity of using jitter and shimmer to detect laryngeal pathology. In: T. Bear, C. Sasaki & K. Harris (eds.): *Laryngeal Function in Phonation and Respiration, Vocal Fold Physiology Series*, College-Hill, Boston: 492-508.
- Ludlow, C.L., Coulter, D.C. & Gentes, F. (1983): The differential sensitivity of frequency perturbation to laryngeal neoplasm's and neuropathologies. In: D. Bless & L. Abbs (eds.): *Vocal fold physiology conference: Contemporary research and clinical issues*. San Diego: 381-392.
- MacNeilage, P.F. (1970): Motor control and serial ordering of speech. *Psychological Review* 77: 182-196.
- MacNeilage, P.F. & Ladefoged, P. (1976): The production of speech and language. In: E.C. Carterette & M.P. Friedman (eds.): *Handbook of perception: Vol. 7*. New York.

- Mangold, M.: Sprachwissenschaft. Darmstadt 1973.
- Marasek, K. (1995): An attempt to classify Lx Signals. In: Proc. of Eurospeech'95 (4th European Conference on Speech Communication and Technology), Madrid, Spain 18-21 September 1995: 1729-1732.
- Marasek, K.: Electroglottographic Description of Voice Quality. Arbeitspapiere des Instituts für Maschinelle Sprachverarbeitung Vol. 3 (2). Habilitationsschrift. Stuttgart 1997.
- Marasek, K. & Pützer, M. (1997): Electroglottographical differentiation of pathological voice qualities. Proceedings of Larynx 1997: 91-94.
- Martin, D., Fitch, J. & Wolfe, V. (1995): Pathologic voice type and the acoustic prediction of severity. J Speech Hear Res 38: 765-771.
- Martin, D. & Wolfe, V. (1996): Effects on perceptual training based upon synthesized voice signals. Percept. Mot. Skills 83: 1291-1298.
- McNeil, M.R. & Rosenbek, J.C.: Clinical management of sensorimotor speech disorders. New York 1997.
- Michaelis, D.: Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm - Entwicklung und Prüfung eines akustischen Verfahrens zur objektiven Stimmgütebeurteilung pathologischer Stimmen. Göttingen 1999.
- Mignano, M., Acquaviva, G., Martini, F., Dominici, C. & Dellavalle, R. (1993): Phonetic rehabilitation after laryngectomy. Biomed & Pharmacother 47: 53-59.
- Miller, R.L. (1959): Nature of the vocal cord wave. J Acoust Soc Am 31: 667-677.
- Millet, B. & Dejonckere P.H. (1998): What Determines the Differences in Perceptual rating of Dysphonia between Experienced Raters? Folia Phoniatr 50: 305-310.
- Moringlane, J.R. (2000): Chronische Elektrostimulation zur Behandlung des Intentionstremors und der Ataxie der multiplen Sklerose. Nervenheilkunde 2000; 19: 330-334.
- Moringlane, J.R., Ceballos-Baumann A.O. & Alesch F. (1998): Long-Term Effect of Electrostimulation of the Subthalamic Nucleus in Bradykinetic-Rigid Parkinson's Disease. Minim Invas Neurosurg 41: 133-136.
- Moringlane, J.R., Pützer, M. & Barry, W.J. (2004a): Bilateral high-frequency electrical impulses to the thalamus reduce voice tremor: acoustic and electroglottographic analysis. A case report. Eur Arch ORL 261: 334-336.
- Moringlane, J.R., Spiegel, J., Fuss, G., Dillmann, U., Pützer, M. & Sittinger, H. (2004b): Improvement of upper limb ataxia and intention tremor allowing cessation of thalamic electrostimulation after four years. Multiple Sclerosis 10: 708-710.

- Moser, M & Kittel, G. (1977): Rechnergestützte Tonhöhenbestimmung. *Folia Phoniatr* 29: 119-126.
- Motta, G., Cesari, U., Iengo, G. & Motta, Jr. (1990): Clinical Application of Electroglottography. *Folia Phoniatr* 42: 111-117.
- Munhall, K.G., Ostry, D.J. & Parush, A. (1985): Characteristics of velocity profiles of speech movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 11: 457-474.
- Munoz, J., Mendoza, E., Fresneda, M.D., Carballo, G. & López, P. (2003): Acoustic and Perceptual Indicators of Normal and Pathological Voice. *Folia Phoniatr Logop* 55: 102-114.
- Murdoch, B.E. (2001): Subcortical Brain Mechanisms in Speech and Language. *Folia Phoniatr Logop* 53: 233-251.
- Murphy, K., Corfield D.R., Guz, A., Fink, G.W., Wise, R.J., Harrison, J. & Adams, L. (1997): Cerebral areas associated with motor control of speech in humans. *J Appl Physiol* 83: 1438-1447.
- Murry, T. & Doherty E.T. (1980): Selected acoustic characteristics of pathologic and normal speakers. *J Speech Hear Res* 23: 361-369.
- Murry, T., Singh, S. & Sargent, M. (1977): Multidimensional classification of abnormal voice qualities. *J Acoust Soc Am* 61: 1630-1635.
- Nawka, T. & Anders, L.C.: Die auditive Bewertung heiserer Stimmen nach dem RBH-System. Doppel-Audio CD mit Stimmbeispielen. Stuttgart New York 1996.
- Nawka, T., Anders, L.C. & Wendler J. (1994): Die auditive Beurteilung heiserer Stimmen nach dem RBH-System. *Sprache Stimme Gehör* 18: 130-133.
- Neil, W.F., Wechsler, E. & Robinson, J.M.P. (1977): Electrolaryngography in laryngeal disorders. *Clin Otolaryngol* 2:33-44.
- Nessel, E. (1960): Über das Tonfrequenzspektrum der pathologisch veränderten Stimme. In: *Acta Otolaryngol Suppl*: 157.
- Nguyen, J.P. & Degos, J.D. (1993): Thalamic stimulation and proximal tremor. A specific target in the nucleus ventrointermedius thalami. *Arch Neurol* 50: 498-500.
- Nieuwenhuys, R.J., Voogd, J. & van Huijzen, Ch.: *Das Zentralnervensystem des Menschen*. Berlin 1980.
- Nikolov, Z, Deliyski, D., Drumeva, L. & Boyanov, B. (1989): Computer system for analysis of pathological voices. *Proceedings of the 21th Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatics, Volume 2*: 341-343.
- Noll, A.M. (1964): Short-time spectrum and "cepstrum" techniques for vocal pitch detection: *J Acoust Soc Am* 36: 296-302.

- Operations Manual "Multi-Dimensional Voice Program (MDVP), Model 4305" Kay Elemetrics Corp. Pine Brook 1993.
- Orlikoff, R.F. (1991): Assessment of the Dynamics of Vocal Fold Contact from the Electroglottogram: Data From Normal Male Subjects. *J Speech Hear Res* 34:1066-1072.
- Orlikoff R.F. & Baken, R.J. (1990): Consideration of the Relationship between the Fundamental Frequency of Phonation and Vocal Jitter. *Folia Phoniatr* 42: 31-40.
- Ormezzano, Y. & Frachet, B. (1992): Électro-glotto-graphie: son utilisation actuelle en laryngologie. *J Fr Otorhinolaryng* 41: 127-133.
- Ott, S., Klingholz, F., Willich, N. & Kastenbauer, E. (1992): Die Bestimmung der Qualität der Sprechstimme nach Therapie von T₁- und T₂- Stimmlippenkarzinomen. *Laryngo Rhino Otol* 71: 263-241.
- Ozawa, Y., Shiromoto, O., Ishizaki, F. & Watamori, T. (2001): Symptomatic Differences in Decreased Alternating Motion Rates between Individuals with Spastic and with Ataxic Dysarthria: An Acoustic Analysis. *Folia Phonitar Logop* 53: 67-72.
- Painter, C. (1988): Electroglottogram waveform types. *Arch Otorhinolaryngol* 245: 116-121.
- Pechmann, T.: Sprachproduktion. Zur Generierung komplexer Nominalphrasen. Opladen 1994.
- Peppard, R.C., Bless, D.M. & Milenkovic, P. (1988): Comparison of young adult singers and nonsingers with vocal nodules. *J Voice* 2: 250-260.
- Perez, K.S., Ramig, L.O., Smith, M.E. & Dromey, C. (1996): The Parkinson Larynx: Tremor and Videostroboscopic Findings. *J Voice* 10: 354-361.
- Perkell, J.S. (1980): Phonetic features and the physiology of speech production. In: B. Butterworth (ed.): *Language Production*. Vol. 1. Speech and talk. London.
- Perkell, J.S.: *Physiology of speech production: Results and implications of a quantitative cineradiographic study*. Cambridge 1969.
- Perkins, W. (1971): Vocal Function: A behavioural analysis. In: L. Travis (ed.): *Handbook of speech pathology and audiology*. New York: 481-504.
- Perlmutter, J.S., Mink, J.W., Bastian, A.J., Zackowski, K., Hershey, T., Miyaswaki, E., Koller, W. & Videen, T.O. (2002): Blood flow responses to deep brain stimulation of thalamus. *Neurology* 58: 1388-1394.
- Perrin, A., Carruzzo, J., Ghika, J. -G., Villemure, J., Bogousslavsky, F., Vingerhoets, F. (2002): Effect of bilateral deep brain stimulation on subthalamic nucleus in Parkinson's disease on speech. *7th International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders*. Vol. 17, Suppl 5: 194.

- Peterson, K.L., Barkmeier, J.M., Verdolini-Marston, K. & Hoffman, H.T. (1994): Comparison of aerodynamic and electroglottographic parameters in evaluating clinically relevant voicing patterns. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 103: 335-346.
- Pinto, N.B. & Titze, I.R. (1990): Unification of perturbation measures in speech signals. *J Acoust Soc Am* 87: 1278-1289.
- Pinto, S., Gentil, M., Fraix, V., Benabid, A.L. & Pollak, P. (2003): Bilateral subthalamic stimulation effects on oral force control in Parkinson's disease. *J Neurol* 250: 179-187.
- Pinto, S., Ozsancak, C., Tripoliti, E., Thobios, S., Limousin-Dowsey, P. & Auzou, P. (2004): Treatments for dysarthria in Parkinson's disease. *Lancet Neurol* 9: 547-556.
- Pinto, S., Thobois, S., Costes, N., Le Bars, D., Benabid, A.L., Broussolle, E., Pollak, P., & Gentil, M. (2004): Subthalamic nucleus stimulation and dysarthria in Parkinson's disease: a PET study. *Brain*. Jan 21 (Epub ahead of print).
- Pitcairn, T.K., Clemie, S., Gray, J.M. & Pentland, B. (1990): Non-verbal cues in the self-presentation of Parkinsonian patients. *British Journal of Clinical Psychology* 29: 177-184.
- Poek, K. (Hrsg.): *Klinische Neuropsychologie*. Stuttgart New York 1989.
- Pompino-Marschall, B.: *Einführung in die Phonetik*. Berlin, New York 1995.
- Probst, R., Grevers, G. & Iro, H.: *Hals-Nasen-Ohrenheilkunde*. 1. Auflage. Stuttgart New York 2000.
- Pruszewicz, A., Obrebowski, A., Swidzinski, P., Demenko, G., Wika, T. & Wojciechowska, A. (1991): Usefulness of acoustic studies on the differential diagnostics of organic and functional dysphonia. *Acta Otolaryngol* 111: 414-419.
- Prytz, S. (1977): Longtime-average-spectra (LTAS) analysis of normal and pathologic voices. *Proc. 17th ICLP, Copenhagen*, 1: 457.
- Ptok, M. (1992): Die Fast-Fourier-Transformation des Elektrolottogramms zur Analyse der glottischen Impedanz. *Sprache Stimme Gehör* 16: 113-115.
- Ptok, M. (1990): Objektive Meßverfahren zur Bewertung der postoperativen Stimmqualität nach Kehlkopfoperationen bei Malignompatienten. *Sprache Stimme Gehör* 14: 11-17.
- Ptok, M. (1993): Pseudoglottis nach Kehlkopftrauma mit beidseitiger Rekurrensparese. *HNO* 41: 41-46.
- Ptok, M., Sesterhenn, G. & Arold, R. (1993): Bewertung der laryngalen Klanggeneration mit der FFT-Analyse der glottischen Impedanz bei Patienten mit Rekurrensparese. *Folia Phoniatr* 45: 182-197.

- Putzke, J.D., Wharen, R.E. Jr, Obwegeser A.A., Wszolek, Z.K., Lucas, J.A., Truk, M.F. & Uitti, R.J. (2004): Thalamic deep brain stimulation for essential tremor: recommendations for long-term outcome analysis. *Can J Neurol Sci* 31: 333-342.
- Pützer, M. (2001): Multiparametrische Stimmqualitätserfassung männlicher und weiblicher Normalstimmen. *Folia Phoniatr Logop* 53: 73-84.
- Pützer, M. & Barry, W.J. (2004): Methodische Aspekte der auditiven Bewertung von Stimmqualität. *Sprache Stimme Gehör* 28:1-10.
- Pützer, M., Barry, W.J., Fuß, G., Moringlane, J. R. (2003a): Instrumentalphonetische Untersuchung zu Auswirkungen der Elektrostimulation subkortikaler Hirnstrukturen auf die glottal-supraglottale Artikulation bei Patienten mit M. Parkinson und multipler Sklerose. *Sprache Stimme Gehör* 27:161-170.
- Pützer, M., Barry, W.J., Moringlane, J.R., Fuß, G., Spiegel, J., Dillmann, U. & Sittinger, H. (2003b): Auswirkungen der Elektrostimulation subkortikaler Hirnstrukturen auf das glottale Schwingungsverhalten bei Patienten mit M. Parkinson und multipler Sklerose. *Folia Phoniatr Logop* 55: 220-232.
- Pützer, M., Erriquez, A., Barry, W.J. & Just, M. (2001): Differenzierte Stimmprofile zur männlichen und weiblichen Normalstimme. In: M. Groß & E. Kruse (Hrsg.): Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte 2000/2001, Band 8: 71-75.
- Pützer, M. & Just M. (1999): Akustische und elektrophysiologische Stimmanalyse nach laserchirurgischer Larynxkarzinomresektion: Eine Fallstudie. In: W.J. Barry & J. Koreman (Hrsg.): PHONUS 4. Institut für Phonetik, Universität des Saarlandes. Saarbrücken: 103-121.
- Pützer, M. & Koreman J. (1997): A German database of patterns of pathological vocal fold vibration. In: W.J. Barry & J. Koreman (Hrsg.): PHONUS 3. Institut für Phonetik, Universität des Saarlandes. Saarbrücken: 143-153.
- Pützer, M. & Marasek, K. (2000): Differenzierung gesunder Stimmqualitäten und Stimmqualitäten bei Rekurrensparese mit Hilfe elektroglottographischer Messungen und RBH-System. *Sprache Stimme Gehör* 24: 154-163.
- Pützer, M. & Wokurek, W. (2006): Multiparametrische Stimmprofil-differenzierung zu männlichen und weiblichen Normalstimmen auf der Grundlage akustischer Analysen. *Laryngol Rhino Otol.* 85: 105-112.
- Ramig, L.A. (1986): Acoustic analyses of phonation in patients with Huntington's disease. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 95: 288-293.
- Ramig, L.A., Scherer, R.C., Titze, I.R. & Ringel, S.P. (1988): Acoustic analysis of voices of patients with neurologic disease: Rationale and preliminary Data. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 97: 164-172.

- Ramig, L.O., Gray, S., Baker, K., Corbin-Lewis, K., Buder, E., Luschei, E., Coon, H. & Smith, M. (2001): The Aging Voice: A review, Treatment Data and Familial and Genetic Perspectives. *Folia Phoniatr Logop* 53: 252-265.
- Rammage, L.A. Peppard, R. & Bless, D.M. (1992): Aerodynamic, laryngoscopic, and perceptual-acoustic characteristics in dysphonic females with posterior glottal chinks: A retrospective study. *J Voice* 6: 64-78.
- Reetz, H.: Artikulatorische und akustische Phonetik. Trier 1999.
- Rezai, A.R., Finelli, D., Nyenhuis, J.A., Hrdlicka, G., Tkach, J., Sharan, A., Rugieri, P., Stypulkowski, P.H. & Shellock, F.G. (2002): Neurostimulation systems for deep brain stimulation: in vitro evaluation of magnetic resonance imaging-related heating at 1.5 tesla. *J Magn Reson Imaging* 15: 241-250.
- Rezai, A.R., Lozano, A.M., Crawley, A.P., Joy, M.L., Davis, K.D., Kwan, C.L., Dostrovsky, J.O., Tasker, R.R. & Mikulis, D.J. (1999): Thalamic stimulation and functional magnetic resonance imaging: localization of cortical and subcortical activation with implanted electrodes. Technical note. *J Neurosurg* 90: 583-590.
- Rezai, A.R., Phillips, M., Baker, K.B., Sharan, A.D., Nyenhuis, J., Tkach, J., Henderson, J. & Shellock, F.G. (2004): Neurostimulation system used for deep brain stimulation (DBS): MR safety issues and implication of failing to follow safety recommendations. *Invest Radiol* 39: 300-303.
- Roch, J.B., Comte, F., Eyraud, A. & Dubreuil, C. (1990): Synchronisation of glottography and laryngeal stroboscopy. *Folia Phoniatr* 42: 289-295.
- Roch, J.B., Dubreuil, C. & André, L. (1995): Apport de l'électroglottographie aux troubles de la mobilité laryngée. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 116: 285-288.
- Rontal, E., Rontal, M. & Rolnick, M.I. (1975a): Objective evaluation of vocal pathology using voice spectrography. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 84: 662-667.
- Rontal, E., Rontal, M. & Rolnick, M.I. (1975b): The use of spectrograms in the evaluation of vocal cord injection. *Laryngoscope* 85: 47-56.
- Rosen, C.A., Lombard, L.E. & Murry, T. (2000): Acoustic, aerodynamic, and videostroboscopic features of bilateral vocal fold lesions. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 109: 823-828.
- Rosen, K.M., Kent, R.D. & Duffy, J.R. (2005): Task-Based Profile of Vocal Intensity Decline in Parkinson's Disease. *Folia Phoniatr Logop* 57: 28-37.
- Rothenberg, M. (1981): Some relations between glottal air flow and vocal fold contact area. *ASHA Reports* 11: 88-96.
- Sansone, F.E. & Emanuel F.W. (1970): Spectral noise levels and roughness severity ratings for normal and simulated rough vowels produced by adult males. *J Speech Hear Res* 13: 489-502.

- Sataloff, R.: Professional Voice. The Science and Art of Clinical Care. San Diego Singular Publishing Group, Inc. 1997.
- Sataloff, R., Heuer, J.R., Munz, M., Yoon, M.S. & Spiegel, J.R. (2002): Vocal tremor reduction with deep brain stimulation: a preliminary report. *J Voice* 16: 132-135.
- Scaramellini, G., Dacomo, G., Bossi, M. & Iudica, F. (1991): La neoplasia cordale: studio elettroacustico della voce prima e dopo terapia chirurgica e rieducativa. *Otorinolaringologia* 41: 323-326.
- Schalling, E. & Hartelius, L. (2004): Acoustic Analysis of Speech Tasks Performed by Three Individuals with Spinocerebellar Ataxia. *Folia Phoniatr Logop* 56: 367-380.
- Scharf, G.: Timing bei Dysarthrophonien. Arbeitspapiere des Instituts für Maschinelle Sprachverarbeitung Vol. 5 (2). Stuttgart 1999.
- Schoentgen, J. & de Guchteneere, R. (1991): An algorithm for the measurement of jitter. *Speech Commun* 10: 533-538.
- Schoentgen, J. & de Guchteneere, R. (1993): Auto-regressive linear models of jitter. *Eurospeech '93 Volume 3*: 2033-2036.
- Schmidt, R.F. & Thews, G.: Physiologie des Menschen. Berlin Heidelberg New York 1977.
- Schmidt, R.F. & Wiesendanger, M. (1987): Motorisches System. In: R.F. Schmidt & G. Thews (Hrsg.): Physiologie des Menschen. Berlin.
- Schönhärl, E. (1963): Beitrag zur qualitativen Stimmanalyse. *Laryng Rhinol Otol* 42: 130-138.
- Schönweiler, R., Wübbelt, P., Hess, M. & Ptok, M. (2001): Psychoakustische Skalierung akustischer Stimmparameter durch multizentrisch validierte RBH-Bewertung. *Laryngo Rhino Otol* 80: 117-122.
- Schröder, U., Kühler, A., Lange K.W., Haslinger, B., Tronnier, V.M., Krause, M., Pfister, R., Böcker, H. & Ceballos-Baumann, A.O. (2003): Subthalamic nucleus stimulation affects a frontotemporal network: a PET study. *Ann Neurol* 54: 445-450.
- Schröter-Morasch, H. & v. Deuster, Ch. (1998): Dysarthrien und zentrale Stimmstörungen. In: W. Pascher & H. Bauer (Hrsg.): Differentialdiagnose von Sprach-Stimm- und Hörstörungen. Frankfurt am Main: 403-436.
- Schultz-Coulon, H.-J. (1980): Die Diagnostik der gestörten Stimmfunktion. *Arch Otorhinolaryngo* 227: 1-169.
- Schultz-Coulon, H.-J. & Klingholz, F. (1988): Objektive und semiobjektive Untersuchungsmethoden der Stimme. In: G. Kittel & B. Schürenberg (Hrsg.): Objektiv-

- ve und semiobjektive Untersuchungsmöglichkeiten von Stimme, Sprache und Gehör. Köln.
- Schulz, G.M. & Grant, M.K. (2000): Effects on speech therapy and pharmacologic and surgical treatments on voice and speech in Parkinson's disease: a review of the literature. *J Commun Disord* 33: 59-88.
- Schulz, G.M., Peterson, T., Sapienza, C.M., Greer, M. & Friedman, W. (1999): Voice and speech characteristics of persons with Parkinson's disease pre- and post-pallidotomy surgery: preliminary findings. *J Speech Lang Hear Res* 42: 1176-1194.
- Secrest, B. G. & Doddington G. R. (1983): An integrated pitch tracking algorithm for speech systems. *Proceedings IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing ICASSP Vol. 8: 1352-1355.*
- Seidner, W., Wendler, J., Wagner, H. & Rauut, A. (1981): Spektrales Stimmfeld. *HNO-Praxis* 6: 187-191.
- Sharan, A., Rezai, A.R., Nyenhuis, J.A., Hrdlicka, G., Tkach, J., Baker, K., Turbay, M., Rugieri, P., Phillips, M. & Shellock, F.G. (2003): MR safety in patients with implanted deep brain stimulation systems (DBS). *Acta Neurochir Suppl* 87: 141-145.
- Shoji, D., Regenbogen, E., Yu, J.D. & Blaugrund, S.M. (1992): High-frequency power ratio of breathy voice. *Laryngoscope* 102: 267-271.
- Sluijter, A.: *Phonetic Correlation of Stress and Accent*. The Hague. Holland Academic Graphics 1995.
- Sodersten, M., Hertegard, S. & Hammarberg, G. (1995): Glottal closure, transglottal airflow, and voice quality in healthy middle-aged women. *J Voice* 9: 182-197.
- Stelzig, Y. & Gall, V. (2001): Kehlkopfbefunde beim Morbus Parkinson: Einflüsse der Erkrankungsdauer und des Alters sowie erste kymographische Befunde. In: M. Gross & E. Kruse (Hrsg.): *Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte 2000/2001, Band 8*. Heidelberg: 83-84.
- Stelzig, Y., Hochhaus, W. & Gall, V. (2002): Sprechstörungen und laryngale Dysfunktionen beim M. Parkinson. In: M. Gross & E. Kruse (Hrsg.): *Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte 2001/2002, Band 9*: 67-69.
- Stelzig, Y., Hochhaus, W., Gall, V. & Henneberg, A. (1999): Kehlkopfbefunde bei Patienten mit Morbus Parkinson. *Laryngo Rhino Otol* 78: 544-551.
- Stevens, K.N. & Hanson, H.M. (1994): Classification of glottal vibration from acoustic measurements. In: O. Fujimura & M. Hirano (eds.): *Vocal Fold Physiology: Voice Quality Control*. San Diego: 147-170.

- Strube, H.W., Michaelis, D., Lessing, J. & Anderson, S. (2003): Akustische Analyse pathologischer Stimmen in fortlaufender Sprache. DAGA Aachen 2003.
- Swoboda, H., Frank, F., Freudenreich, K. & Donner, F. (1987): Die Auswirkungen mikrolarynxchirurgischer Eingriffe bei gutartigen Stimmlippentumoren auf die stimmlichen Parameter. *Sprache Stimme Gehör* 11: 105-108.
- Taha, J.M., Janszen, M.A. & Favre, J. (1999): Thalamic deep brain stimulation for the treatment of head, voice, and bilateral limb tremor. *J Neurosurg* 91: 68-72.
- Takahashi, H. & Koike, Y. (1975): Some perceptual dimensions and acoustical correlates of pathologic voices. *Acta Otolaryngol Suppl* 338: 1-24.
- Takakura, M.M. & Nakatsuka, M. (1960): The quantitative measurement of degree of purity or of hoarseness of human voice. *J Otolaryngol Soc Jap* 63: 1259-1264.
- Tatsumi, I.F., Sasanumo, S., Hirose, H. & Kiritani, S. (1979): Acoustic properties of ataxic and Parkinsonian speech in syllable repetition tasks. *Ann Bull RILP* 13: 99-104.
- Thobois, S., Jahanshahi, M., Pinto, S., Frackowiak, R. & Limousin-Dowsey, P. (2004): PET and SPECT functional imaging studies in Parkinsonian syndromes: from the lesion to its consequences. *NeuroImage* 23: 1-16.
- Titze, I.R. (1990): Interpretation of the Electroglottographic Signal. *J Voice* 4: 1-9.
- Titze, I.R. (1989): Physiologic and acoustic differences between male and female voices. *J Acoust Soc Am* 85: 1699-1707.
- Titze, I.R.: *Principles of Voice Production*. Iowa 2000.
- Titze, I.R., Horii, Y. & Scherer, R.C. (1987): Some technical considerations in voice perturbation measurements. *J Speech Hear Res* 30: 252-260.
- Titze, I.R. & Liang, H. (1993): Comparison of f₀ extraction methods for high-precision voice perturbation measurement. *J Speech Hear Res* 36: 1120-1133.
- Titze, I.R. & Winholtz, W.S. (1993): Effect of microphone type and placement on voice perturbation measurements. *J Speech Hear Res* 36: 1177-1190.
- Tjaden, K. & Watling, E. (2003): Characteristics of Diadochokinesis in Multiple Sclerosis and Parkinson's Disease. *Folia Phoniatr Logop* 55: 241-259.
- Tomik, B., Krupinski, J., Glodzik-Sobanska, L., Bala-Slodowska, M., Wszolek, W., Kusiak, M. & Lechwacka, A. (1999): Acoustic analysis of dysarthria profile in ALS patients. *J Neurol Sci* 169: 35-42.
- Tomik, B., Wszolek, W., Lechwacka, A., Glodzik-Sobanska, L., Gryz E.A. & Szczudlik, A. (2000): Evaluation of dysarthria with the assistance of acoustic speech analysis in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Neurol Neurochir Pol* 34: 865-876.

- Troughear, R. & Davis, P.J. (1979): Real time, micro-computer-based voice feature extraction in a speech pathology clinic. *Austr J Human Commun Dis* 7: 4-21.
- Unger, E., Unger, H. & Tietze, G. (1981): Stimmuntersuchungen mittels der elektrolottographischen Einzelkurven. Eine kritische Wertung. *Folia Phoniatr* 33: 168-180.
- Urban, P.P., Hopf, H.C., Fleischer, S., Zorowka, P.G. & Müller-Forell, W. (1997): Impaired corticobulbar tract function in dysarthria due to hemispheric stroke. Functional testing using transcranial magnetic stimulation. *Brain* 120: 1077-1084.
- Van der Meuwe, A. (1997): A theoretical framework for the characterization of pathological speech sensorimotor control. In: M.R. McNeil (ed.): *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders*. New York: 1-25.
- Verstraete, J., Forrez, G., Mertens, P. & Debryne, F. (1993): The effect of sustained phonation at high and low pitch on vocal jitter and shimmer. *Folia Phoniatr* 45: 223-228.
- Vieira, M.N., McInnes, F.R. & Jack, M.A. (1997): Comparative assessment of electroglottographic and acoustic measures of jitter in pathological voices. *J Speech Lang Hear Res* 40: 170-182.
- Vieira, M.N., McInnes, F.R. & Jack, M.A. (2002): On the influence of laryngeal pathologies on acoustic and electroglottographic jitter measures. *J Acoust Soc Am* 111: 1045-1055.
- Volkman, J. & Kupsch, A. (2004): Mechanismen der tiefen Hirnstimulation. In: J.K. Krauss & J. Volkman (Hrsg.): *Tiefe Hirnstimulation*. Darmstadt: 82-94.
- Wang, E.Q., Verhagen Metman, L., Bakay, R., Arzbaecher, J. & Bernard, B. (2003a): Effect of unilateral electrostimulation of the subthalamic nucleus on different speech subsystems in Parkinson's disease. *ICPhS' 2003 Barcelona Spain*: 2373-2376.
- Wang, E.Q., Verhagen Metman, L., Bakay, R., Arzbaecher, J. & Bernard, B. (2003b): The Effect of unilateral electrostimulation of the subthalamic nucleus on respiratory/phonatory subsystem of speech production in Parkinson's disease – A preliminary report. *Clinical Linguistics and Phonetics*. 17: 283-289.
- Watson, C. (1995): Quality analysis of laryngography in a busy hospital ENT voice clinic. *European Journal of Disorders of Communication* 30: 132-139.
- Wechsler, E. (1977): A laryngographic study of voice disorders. *Brit J Dis Comm* 12: 9-22.
- Weismer, G. (1984): Articulatory characteristics of Parkinsonian dysarthria: Segmental and phrase-level timing, spirantization, and glottal-subglottal coordination. In:

- M.R. McNeill, J.C. Rosenbek & A.E. Aronson (eds.): The dysarthrias: physiology, Acoustics, Perception, Management. San Diego: 101-130.
- Weismer, G., Jeng, J.-Y., Laures, J.S., Kent, R.D. & Kent, J.F. (2001): Acoustic and Intelligibility Characteristics of Sentence Production in Neurogenic Speech Disorders. *Folia Phoniatr Logop* 53: 1-18.
- Wendahl, R.W. (1966): Laryngal analog synthesis of jitter and shimmer auditory parameters of harshness. *Folia Phoniatr* 18: 98-108.
- Wendler, J. (1971): Zur intraindividuellen spektralen Variabilität des menschlichen Stimmklangs. In: Papers in interdisciplinary speech research. Proc. speech symp. Szeged 1971: 197-200.
- Wendler, J. & Anders, L.C. (1986): Hoarse voice — on the reliability of acoustic and auditory classifications. Proc. XX- Congr. IALP, Tokyo: 438-439.
- Wendler, J., Doherty, E.T. & Hollien, H. (1980): Voice classification by means of Long-Term-Speech-Spectra. *Folia Phoniatr* 32: 51-60.
- Wendler, J., Rauut, A. & Krüger, H. (1986): Classification of voice qualities. *J Phonet* 14: 483-488.
- Wendler, J., Seidner, W., Kittel, G. & Eyshold, U.: Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie. 3. Auflage. Stuttgart New York 1996.
- Wheeldon, L. (ed.): Aspects of language production. Sussex 2000.
- Whittle, I.R., Hooper, J. & Pentland, B. (1998): Thalamic deep brain stimulation for movement disorders due to multiple sclerosis. *The Lancet* 351: 109-110.
- Wildgruber, D., Ackermann, H. & Groud, W. (1998): Cerebellar contribution to speech production evaluated by fMRI. *Neuroimage* 7. Proceedings of the 4th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain. Montreal, June 7-12 1998: 144.
- Wilson, F.B. (1977): Voice Disorders. Austin, TX: Learning Concepts.
- Wirth, G.: Sprachstörungen, Sprechstörungen, Kindliche Hörstörungen. 4. Auflage. Köln 1994.
- Wirth, G.: Stimmstörungen. Lehrbuch für Ärzte, Logopäden, Sprachheilpädagogen und Sprecherzieher. 4. Auflage. Köln 1995.
- Wise, R.J., Greene, J., Buchel, C. & Scott, S.K. (1999): Brain regions involved in articulation. *Lancet* 353: 1057-1061.
- Wokurek, W. & Pützer, M. (2003): Automated corpus based spectral measurement of voice quality parameters. ICPHS Barcelona Spain.
- Wolfe, F. & Bacon, M. (1976): Spectrographic comparison of two types of spastic dysphonia. *J Speech Hear Dis* 16: 325-332.

- Wolfe, F., Cornell, R. & Palmer, R. (1991): Acoustic correlates of pathologic voice types. *J Speech Hear Res* 34: 509-516.
- Wolfe, V., Fitch, J. & David, M. (1997): Acoustic Measures of Dysphonic Severity across and within Voice Types. *Folia Phoniatr* 49: 292-299.
- Yanagihara, N. (1967): Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness. *J Speech Hear Res* 10: 531-541.
- Yoon, M.S., Munz, M., Sataloff, R.T., Spiegel, J. & Heuer, R.J. (1999): Vocal Tremor Reduction with Deep Brain Stimulation. *Stereotact Funct Neurosurg* 72: 241-244.
- Yorkston, K.M., Beukelman, D.R., Minifie, F.D. & Sapir, S. (1984): Assessment of stress patterning. In: M.R. McNeill, J.C. Rosenbek & A.E. Aronson (eds.): *The dysarthrias: Physiology, Acoustics, Perception, Management*. San Diego: 131-162.
- Yorkston, K.M., Beukelman, D.R., Strand, E.A., & Bell, K.R.: *Management of Motor Speech Disorders in Children and Adults*. Austin, Pro-Ed, 1999.
- Yumoto, E. (1983): The Quatitative Evaluation of Hoarseness. A New Harmonics to Noise ration Method. *Arch Otolaryngol* 109: 48-52.
- Yumoto, E., Gould, W. & Baer, T. (1982): Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness. *J Acoust Soc Am* 71: 1544-1550.
- Yumoto, E., Sasaki, Y. & Okamura, H. (1984): Harmonics-to-noise-ratio and psychophysical measurement of the degree of hoarseness. *J Speech Hear Res* 27: 2-6.
- Zalesska-Krecicka, M. (1990): Acoustic Evaluation of Laryngeal Pathology. *Folia Phoniatr* 42: 170-172.
- Zemlin, W.R.: *Speech and Hearing Science – Anatomy and Physiology*. Englewood Cliffs 1988.
- Ziegler, W. (2002): Task-related factors in oral motor control: Speech and oral diadochokinesis in dysarthria and apraxia of speech. *Brain Lang* 80: 556-575.
- Ziegler, W., Hartmann, E., Hoole, P.H. & von Cramon, D.: *Entwicklung von diagnostischen Standards und von Therapieleitlinien für zentrale Stimm- und Sprechstörungen (Dysarthrophonien)*. Forschungsbericht des Projektträgers Gesundheitsforschung GfS 2/90, München 1990.
- Ziegler, W., Hartmann, E. & von Cramon, D. (1988): Word identification testing in the diagnostic evaluation of dysarthric speech. *Clin Linguist Phonet* 2: 291-308.
- Ziegler, W & Hoole, P. (1989): A combined acoustic and perceptual analysis of the tense-lax opposition in aphasic vowel production. *Aphasiology* 3: 449-463.
- Ziegler, W. & Hoole, P. (2000): Neurologic Disease. In: R.D. Kent & M.J. Ball (eds.): *Voice Quality Measurements*. Singular Publishing Group: San Diego: 397-410.
- Ziegler, W., Vogel, M., Gröne, B. & Schröter-Morasch, H.: *Dysarthrie. Grundlagen — Diagnostik — Therapie*. Stuttgart New York 1998.

- Ziegler, W. & von Cramon, D. (1983a): Vowel distortion in traumatic dysarthria: a formant study. *Phonetica* 40: 63-78.
- Ziegler, W. & von Cramon, D. (1983b): Vowel distortion in traumatic dysarthria: Lip rounding versus tongue advancement. *Phonetica* 40: 312-322.
- Ziegler, W. & Wessel, K. (1996): Speech timing in ataxic disorders. Sentence production and rapid repetitive articulation. *Neurology* 47: 208-214.
- Zonenshayn, M., Mogilner, A.Y. & Rezai, A.R. (2000): Neurostimulation and functional brain imaging. *Neurol Res* 22: 318-325.
- Zorowka, P. & Gall, V. (1995): Untersuchungen zur Korrelation von Stimmschallsignal und Elektrolottogramm. In: M. Gross (Hrsg.): Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte 1994, Band 2: 131-134.
- Zwirner, P. & Kruse, E. (1996): Wertigkeit der akustischen Stimmanalyse für die Qualitätssicherung in der Behandlung von Stimmstörungen. In: M. Gross (Hrsg.): Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte 1995, Band 3. Berlin: 29-32.
- Zwirner, P., Michaelis D., Fröhlich, M. & Kruse, E. (1998): Korrelationen zwischen perzeptueller Beurteilung von Stimmen nach dem RBH-System und akustischen Parametern. In: M. Gross (Hrsg.): Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte 1997/98, Band 5. Heidelberg: 63-67.
- Zwirner, P., Michaelis, D., Imhäuser, S. & Kruse, E. (1995): Akustische Stimmanalysen nach minimal invasiver laserchirurgischer Larynxkarzinomresektion und Stimmrehabilitation. In: M. Gross (Hrsg.): Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte 1994, Band 2. Berlin: 163-164.
- Zwirner, P., Michaelis, D. & Kruse, E. (1996): Akustische Stimmanalysen zur Dokumentation der Stimmrehabilitation nach laserchirurgischer Larynxkarzinomresektion. *HNO* 44: 514-520.

Anhang A

Im Anhang A werden die Referenzprofile von den gesunden und den pathologischen Sprechern vorgestellt. Sie sind auf der Basis der elektrolottographischen und akustischen Stimmprofilgruppenbildung entstanden. Bei jeder Phonationsgruppe sind pro Geschlecht und Methode 3 Stimmprofilgruppen erarbeitet worden (vgl. Kap. II, Sektion 2.3.1. und 2.3.2.).

Durch Kombination der drei elektrolottographisch definierten Stimmprofilgruppen mit den drei akustisch definierten Gruppen sind daraufhin (a) pro Phonationsgruppe und (b) pro Geschlecht jeweils 9 Referenzprofile erstellt worden. Sie setzen sich wie folgt zusammen:

Referenzprofil 1: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 1 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 1.

Referenzprofil 2: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 1 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 2.

Referenzprofil 3: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 1 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 3.

Referenzprofil 4: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 2 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 1.

Referenzprofil 5: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 2 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 2.

Referenzprofil 6: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 2 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 3.

Referenzprofil 7: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 3 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 1.

Referenzprofil 8: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 3 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 2.

Referenzprofil 9: EGG-Parameterwerte Stimmprofilgruppe 3 + Akustische Parameterwerte Stimmprofilgruppe 3.

1. Referenzprofile zur normalstimmlichen männlichen Phonation

Die Referenzprofile werden durch 8 Parameter gebildet. Fünf Parameter stammen aus dem elektrolottographischen und drei Parameter aus dem akustischen Parametersatz.

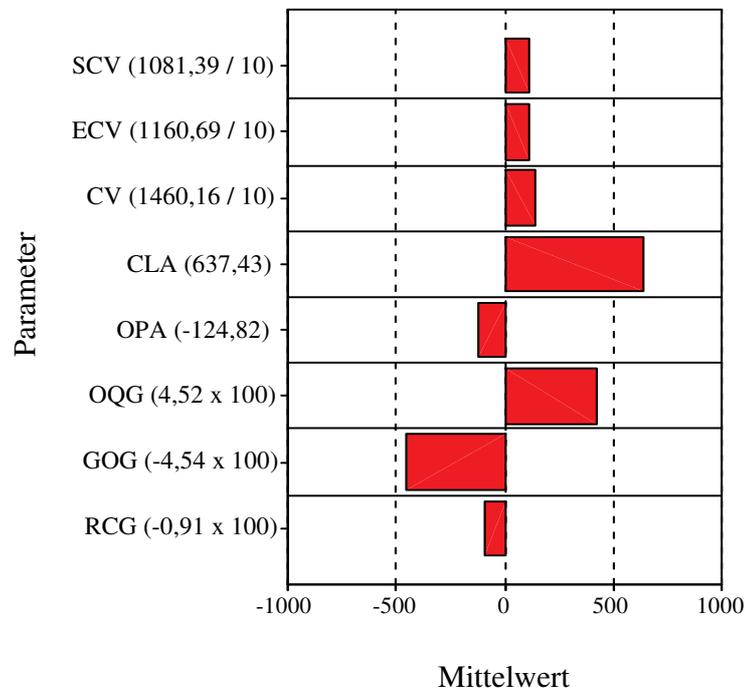
Elektrolottographische Parameter:

SCV (Startphase der Schließungsbewegung); ECV (Endphase der Schließungsbewegung); CV (Verschlussphase); CLA (Steilheit der gesamten Schließungsbewegung); OPA (Steilheit der gesamten Öffnungsbewegung).

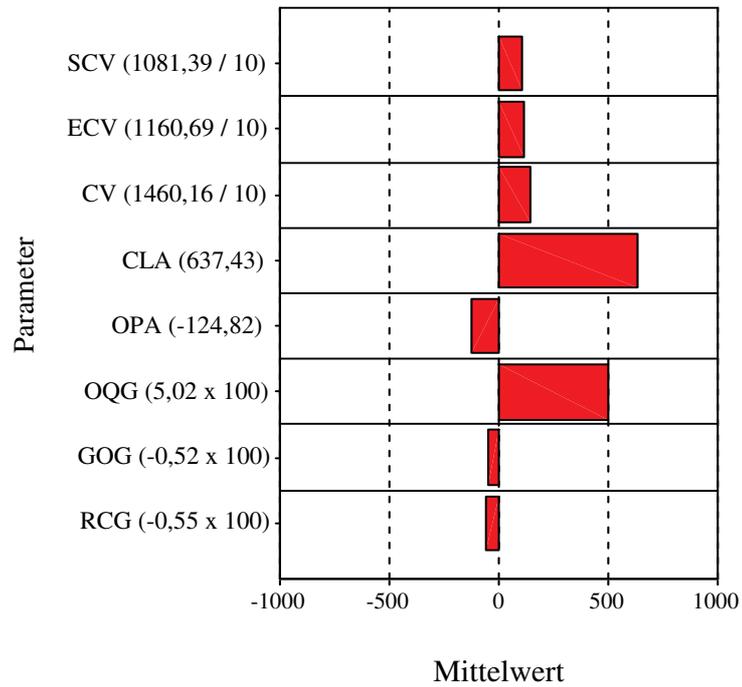
Akustische Parameter:

OQG (Öffnungsquotient); GOG (Grad der Glottisöffnung); RCG (Geschwindigkeit des glottalen Verschlusses).

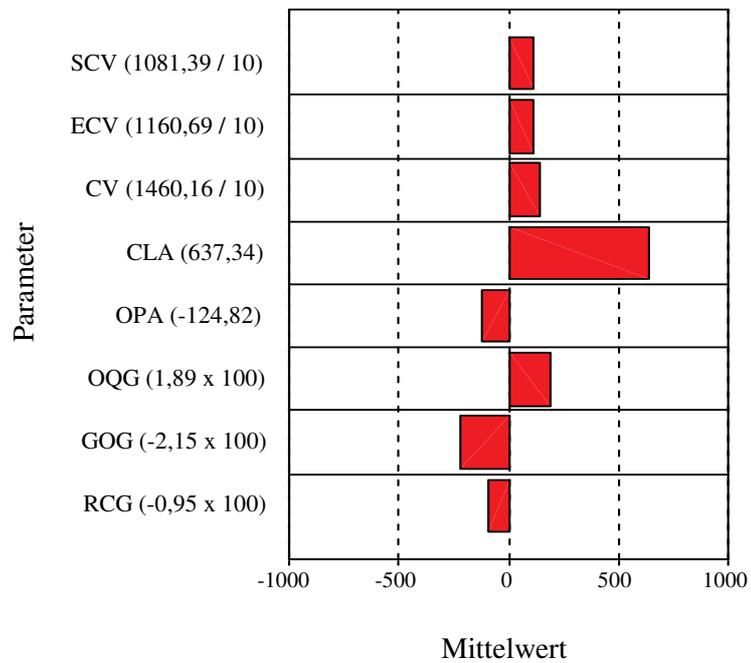
Referenzprofil Nr. 1 (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).



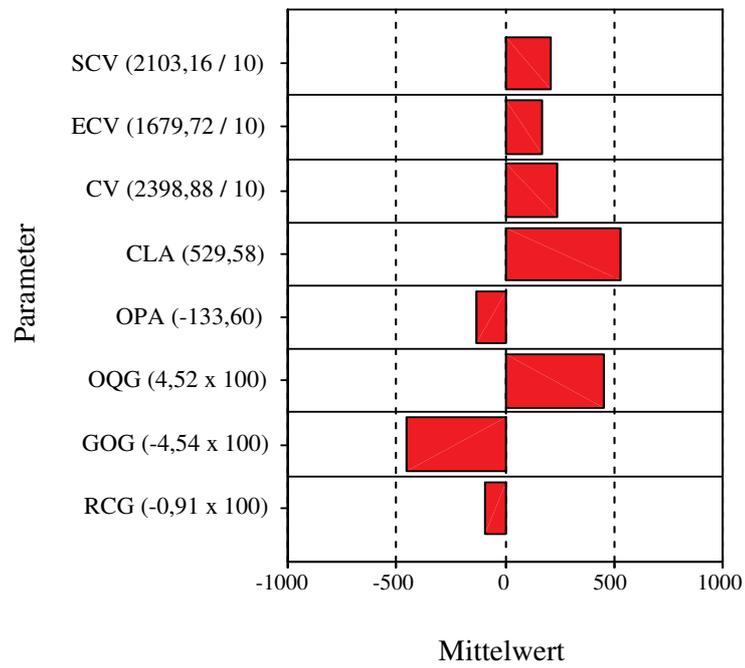
Referenzprofil Nr. 2 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



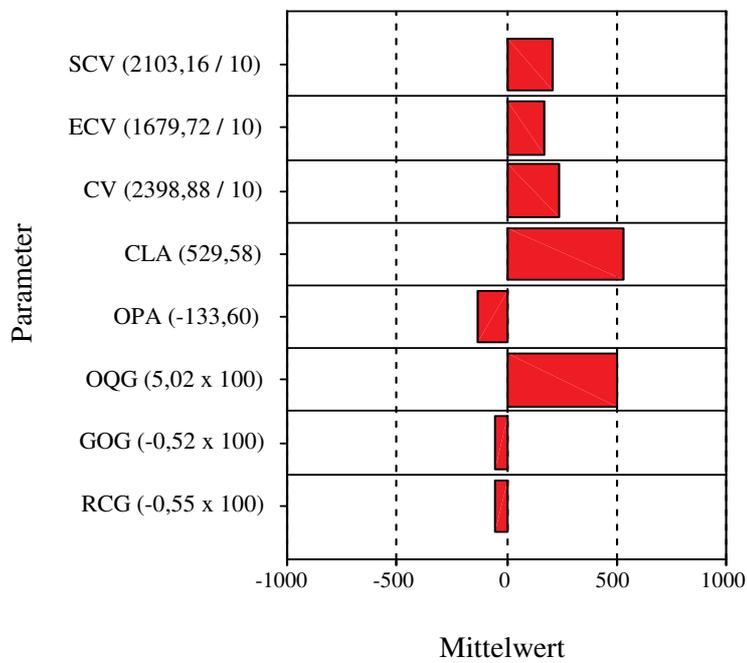
Referenzprofil Nr. 3 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



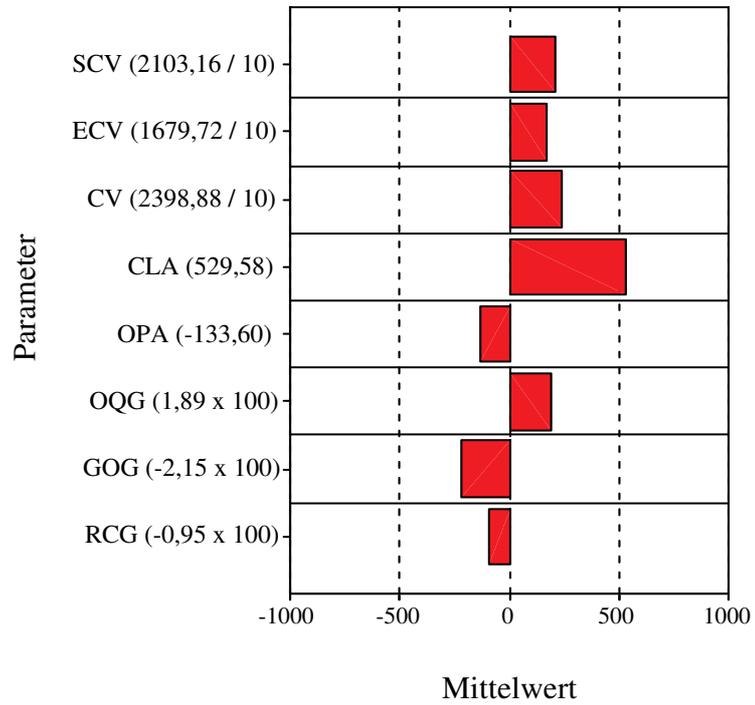
Referenzprofil Nr. 4 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



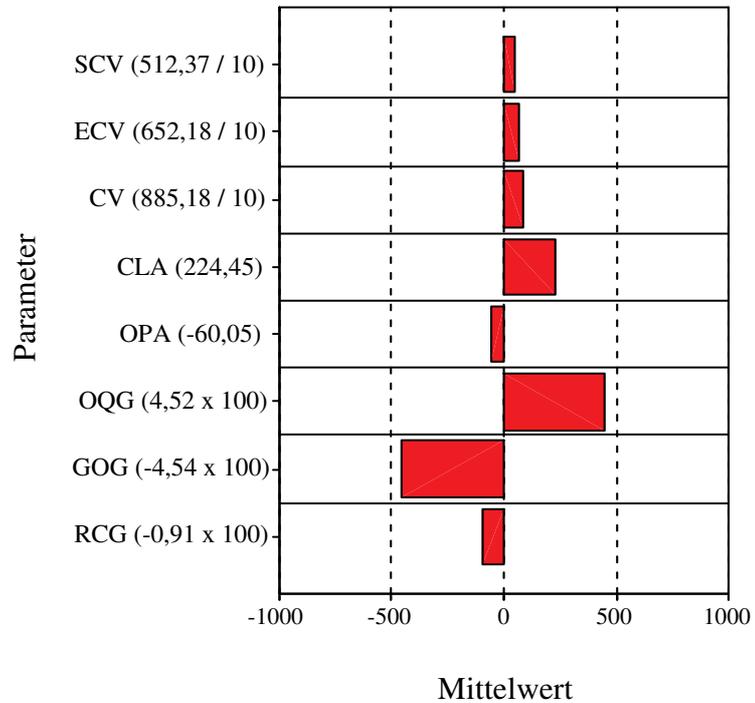
Referenzprofil Nr. 5 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



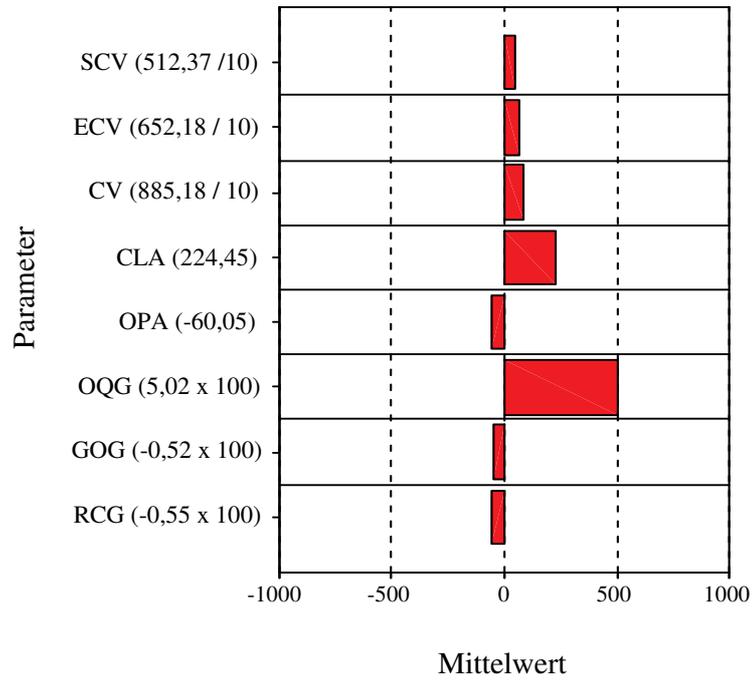
Referenzprofil Nr. 6 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



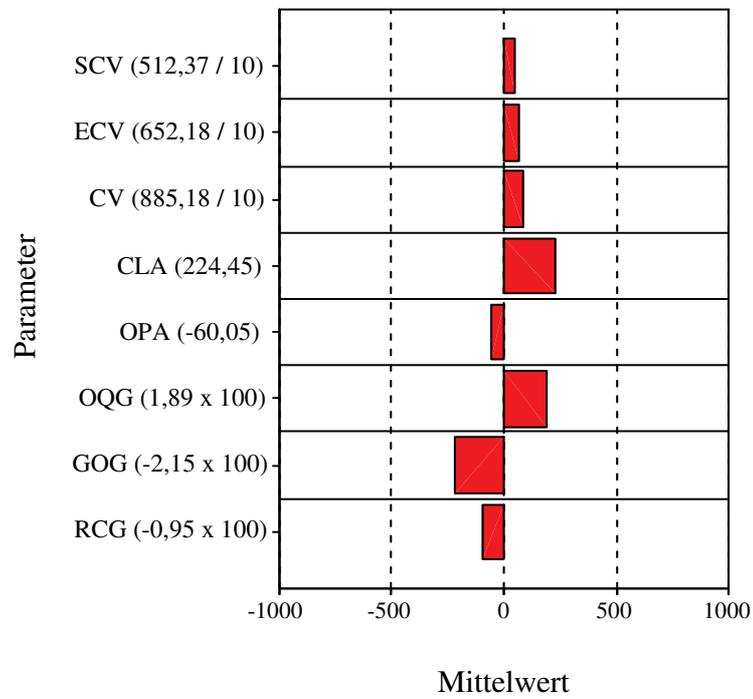
Referenzprofil Nr. 7 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Referenzprofil Nr. 8 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Referenzprofil Nr. 9 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



2. Referenzprofile zur pathologischen männlichen Phonation

Die Referenzprofile werden durch 6 Parameter gebildet. Vier Parameter stammen aus dem elektrolottographischen und zwei Parameter aus dem akustischen Parametersatz.

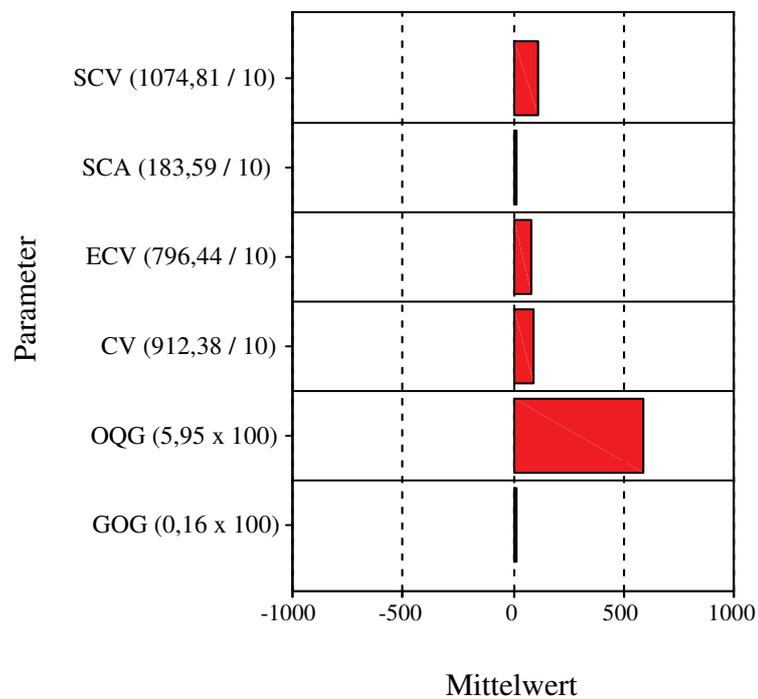
Elektrolottographische Parameter:

SCV (Startphase der Schließungsbewegung); SCA (Steilheit der Startphase); ECV (Endphase der Schließungsbewegung); CV (Verschlussphase).

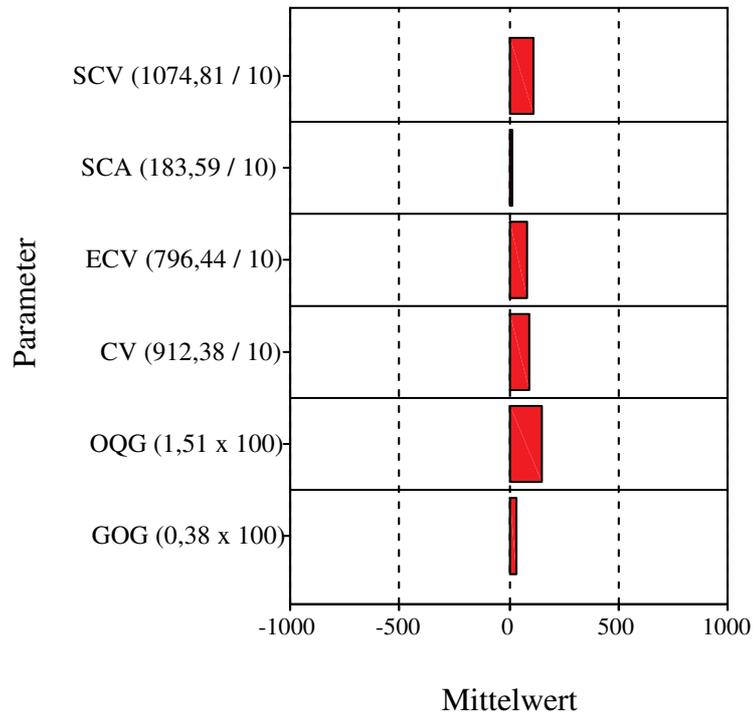
Akustische Parameter:

OQG (Öffnungsquotient); GOG (Grad der Glottisöffnung).

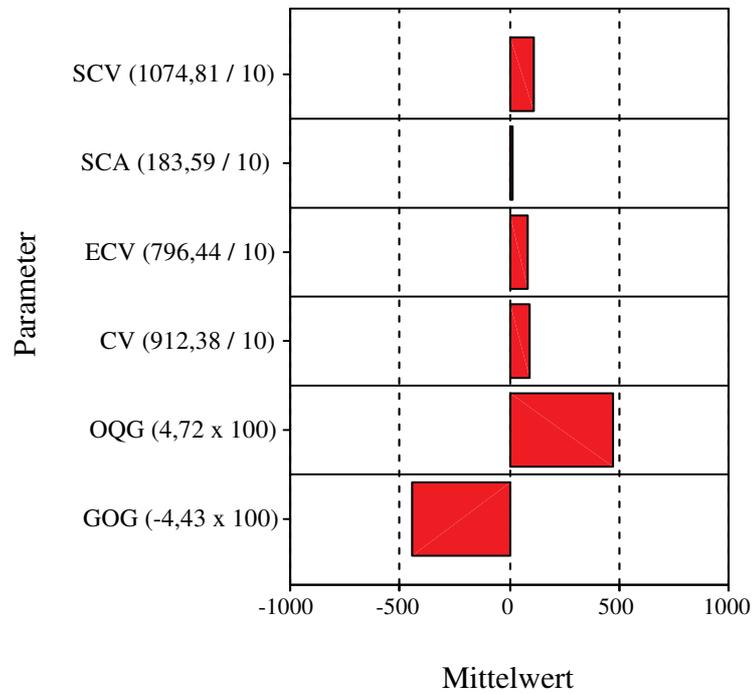
Referenzprofil Nr. 1 (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).



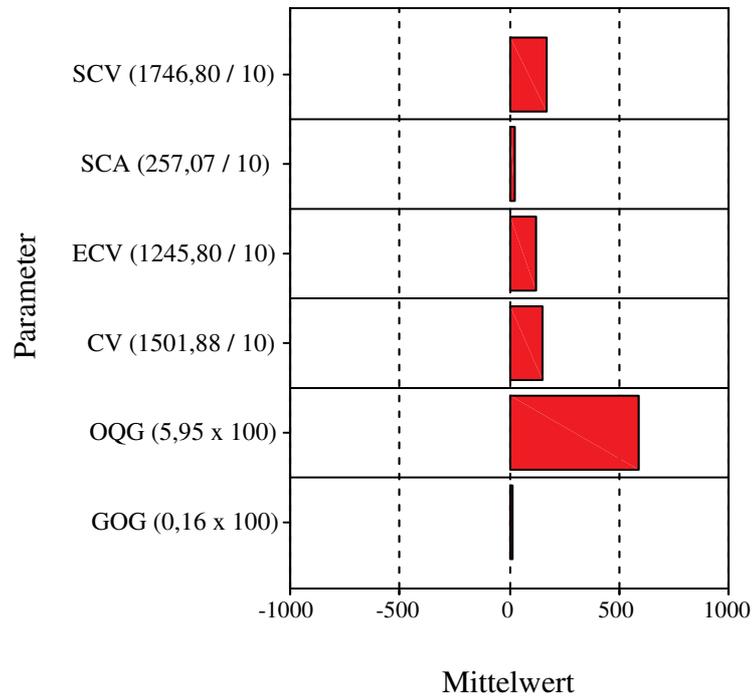
Referenzprofil Nr. 2 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



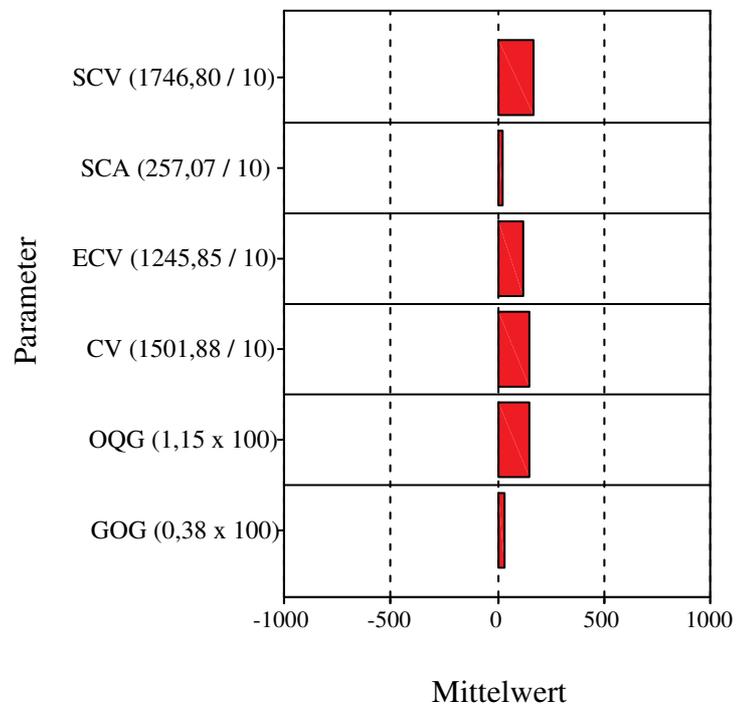
Referenzprofil Nr. 3 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



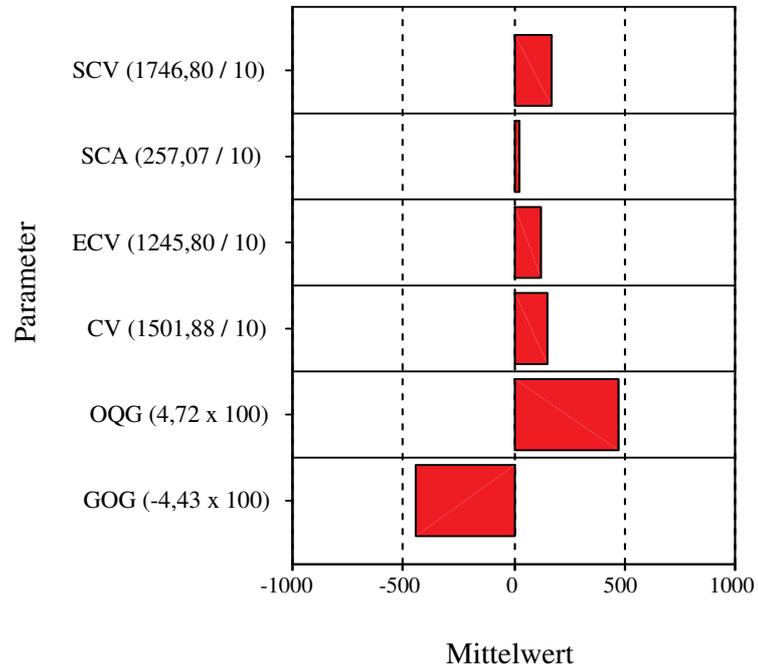
Referenzprofil Nr. 4 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



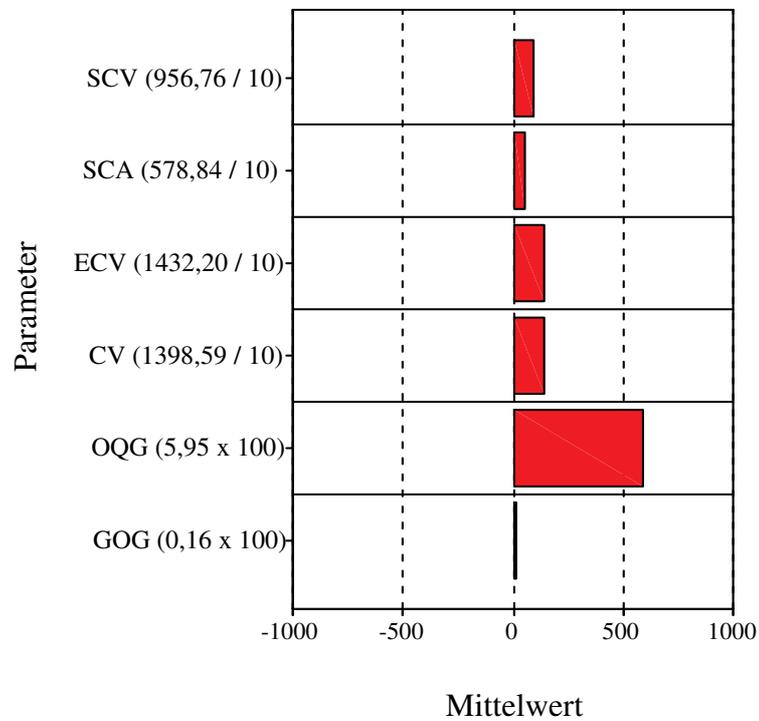
Referenzprofil Nr. 5 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



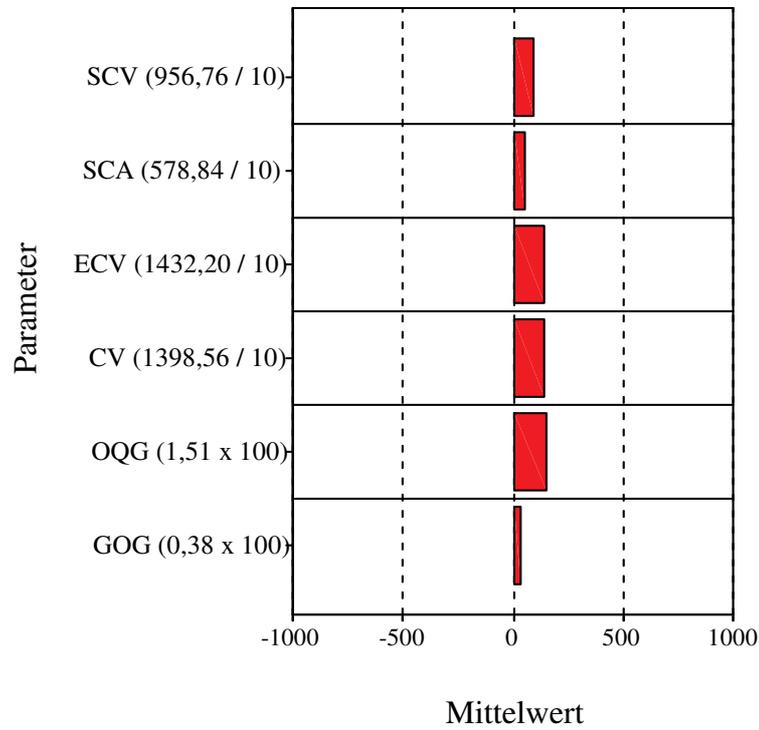
Referenzprofil Nr. 6 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



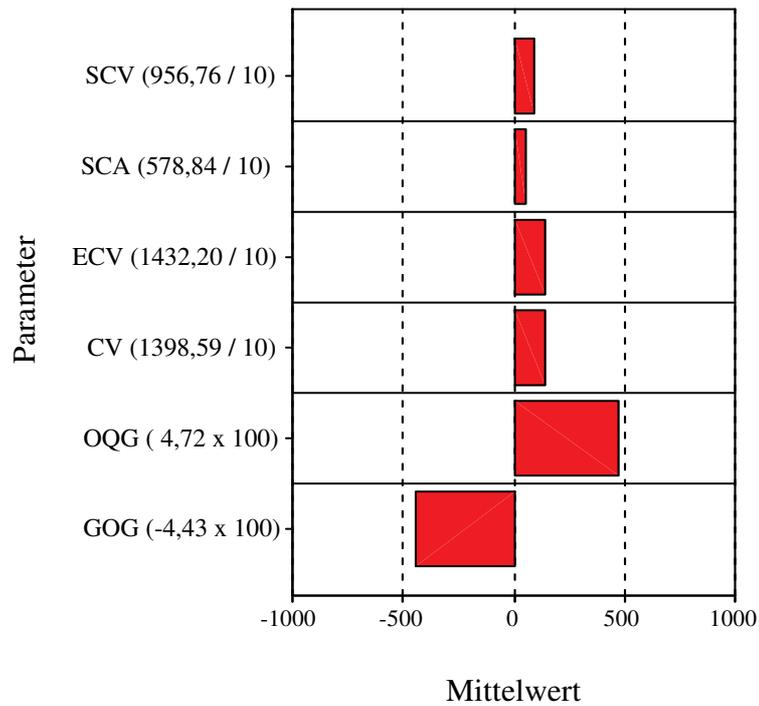
Referenzprofil Nr. 7 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Referenzprofil Nr. 8 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Referenzprofil Nr. 9 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



3. Referenzprofile zur normalstimmlichen weiblichen Phonation

Die Referenzprofile werden durch 7 Parameter gebildet. Vier Parameter stammen aus dem elektrolottographischen und drei Parameter aus dem akustischen Parametersatz.

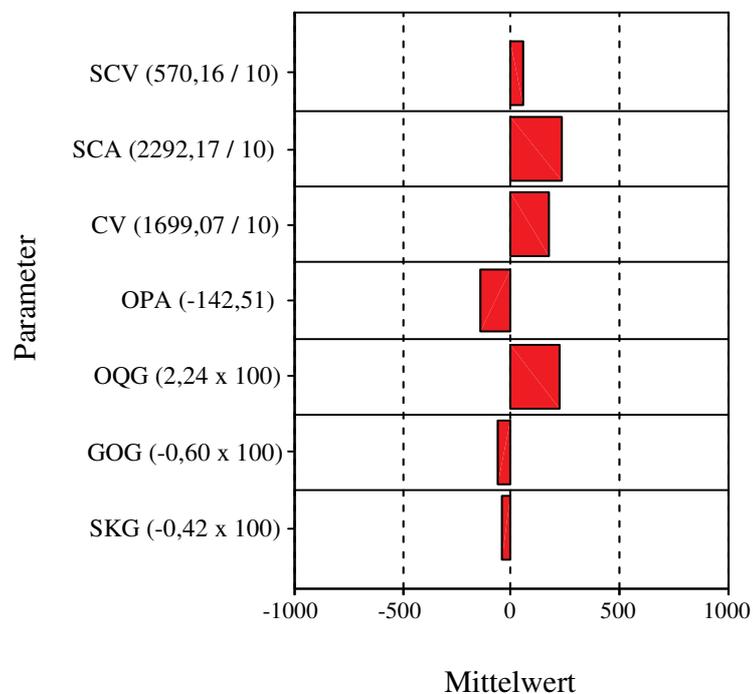
Elektrolottographische Parameter:

SCV (Startphase der Schließungsbewegung); SCA (Steilheit der Startphase); CV (Verschlussphase); OPA (Steilheit der gesamten Öffnungsbewegung).

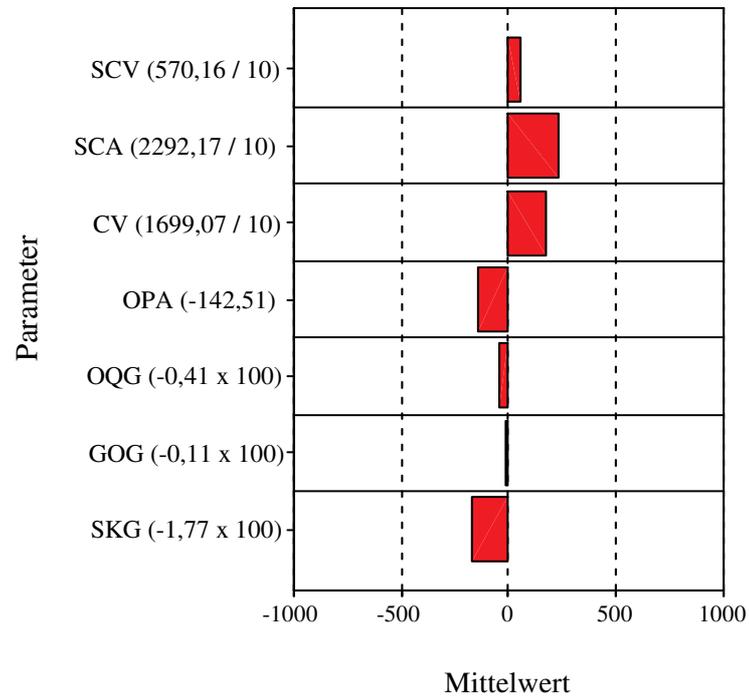
Akustische Parameter:

OQG (Öffnungsquotient); GOG (Grad der Glottisöffnung); SKG (Steilheit der Glottiswelle).

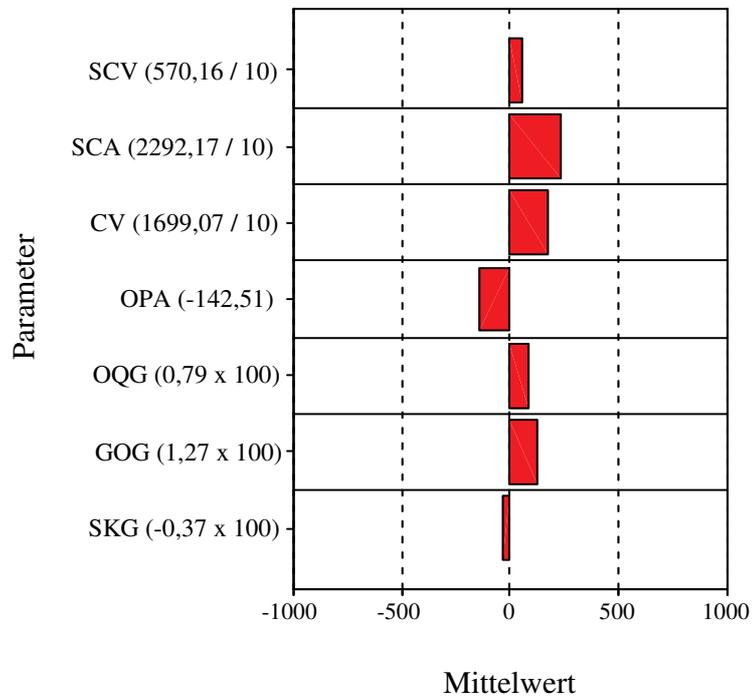
Referenzprofil Nr. 1 (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).



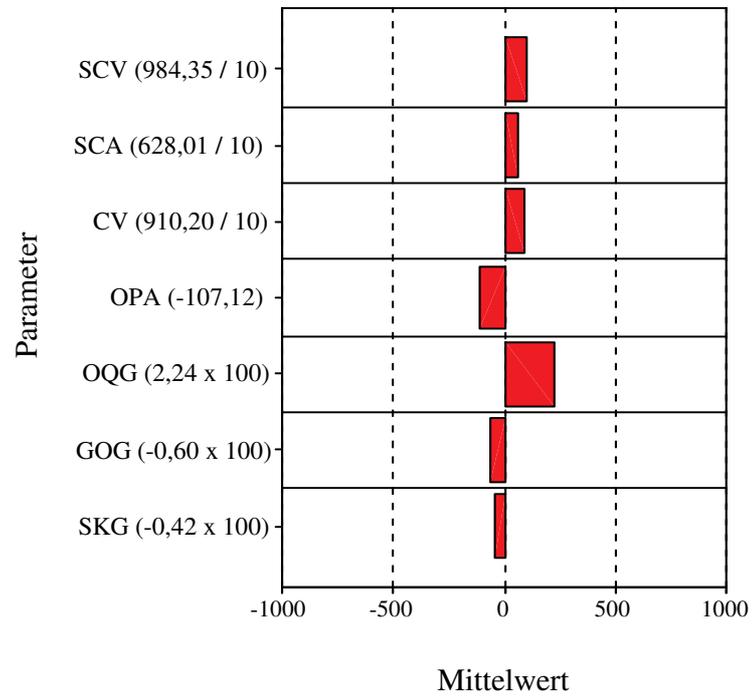
Referenzprofil Nr. 2 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



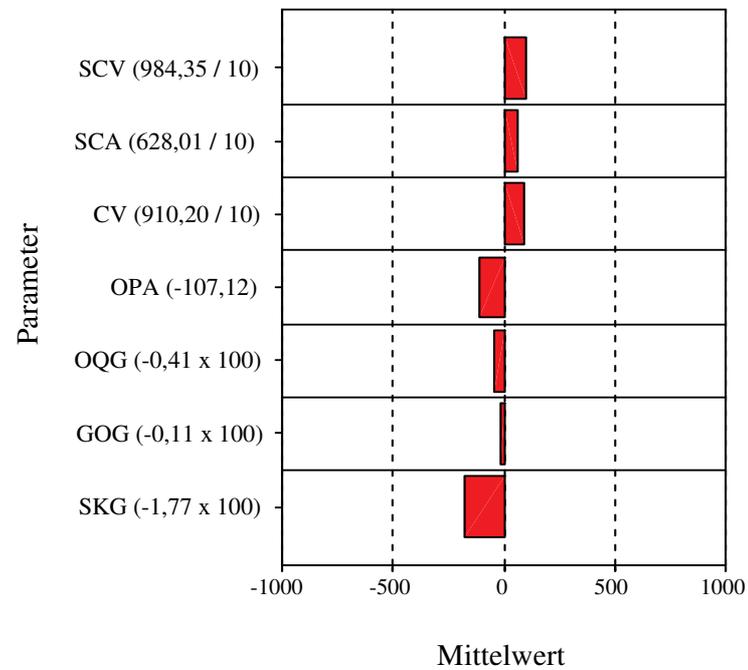
Referenzprofil Nr. 3 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



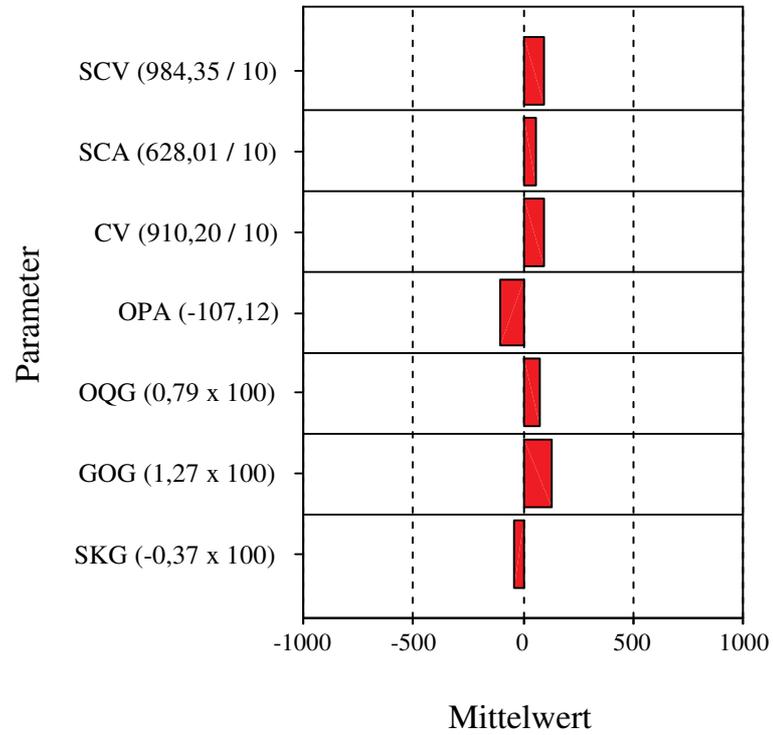
Referenzprofil Nr. 4 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



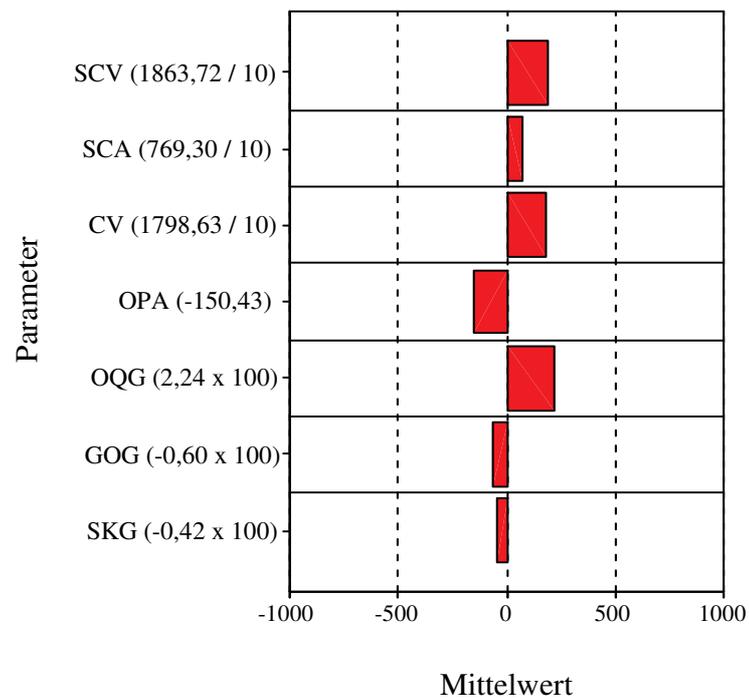
Referenzprofil Nr. 5 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



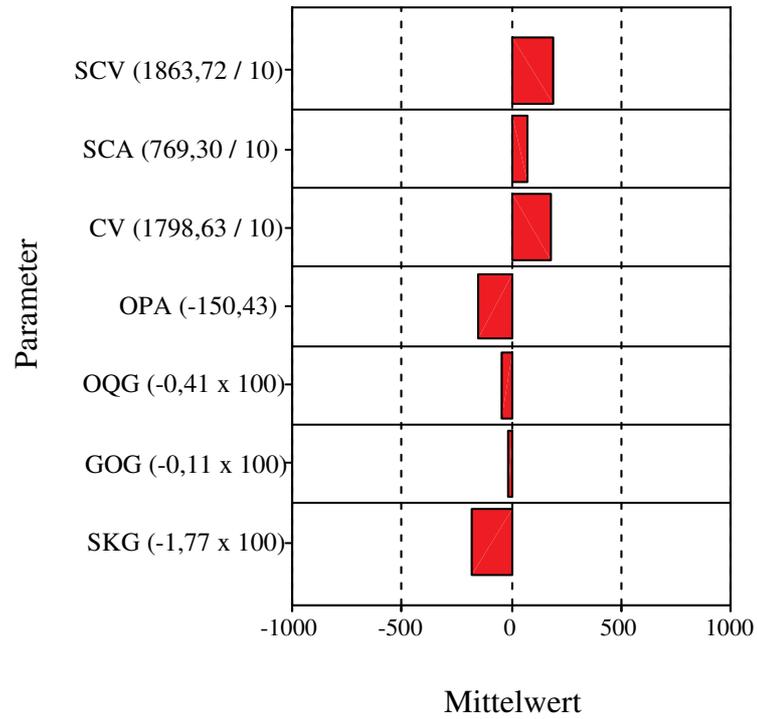
Referenzprofil Nr. 6 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



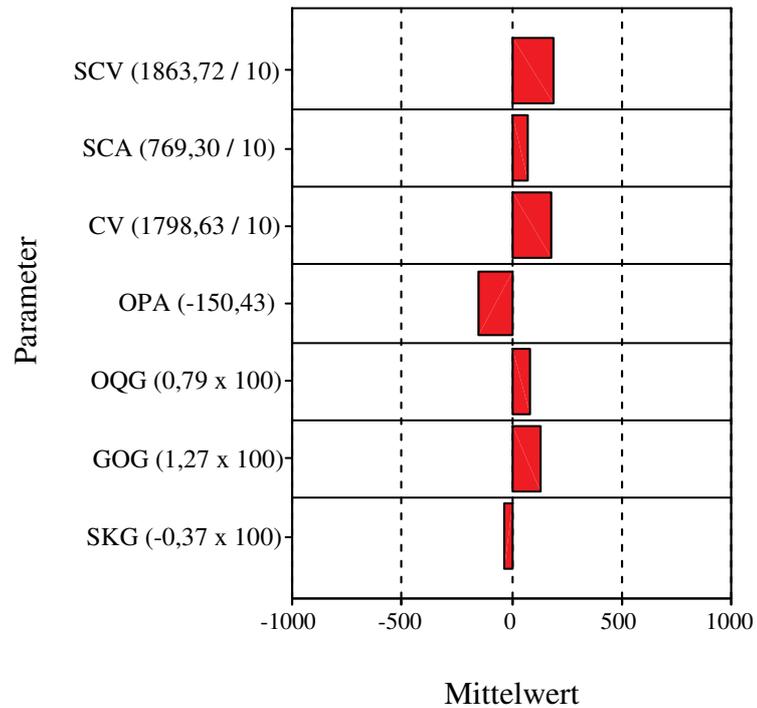
Referenzprofil Nr. 7 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Referenzprofil Nr. 8 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Referenzprofil Nr. 9 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



4. Referenzprofile zur pathologischen weiblichen Phonation

Die Referenzprofile werden durch 6 Parameter gebildet. Vier Parameter stammen aus dem elektrolottographischen und zwei Parameter aus dem akustischen Parametersatz.

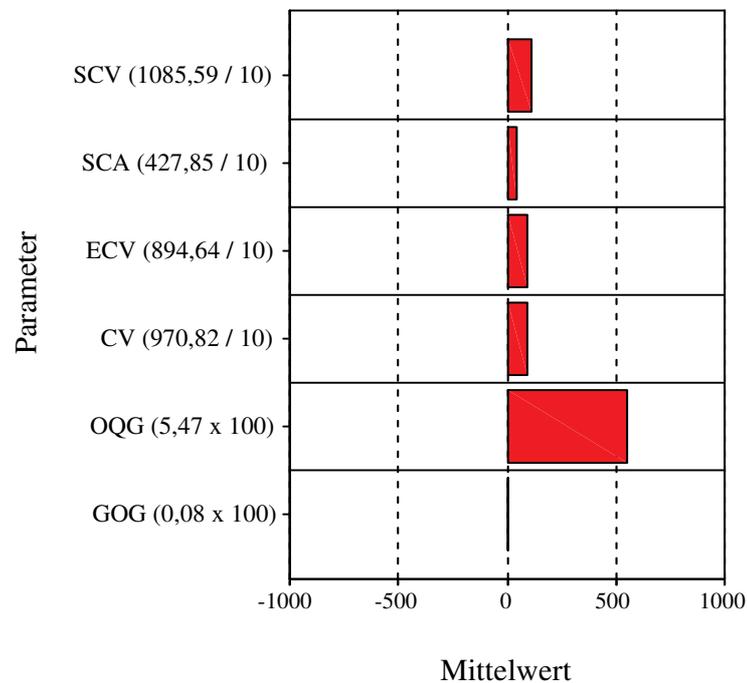
Elektrolottographische Parameter:

SCV (Startphase der Schließungsbewegung); SCA (Steilheit der Startphase); ECV (Endphase der Schließungsbewegung); CV (Verschlussphase).

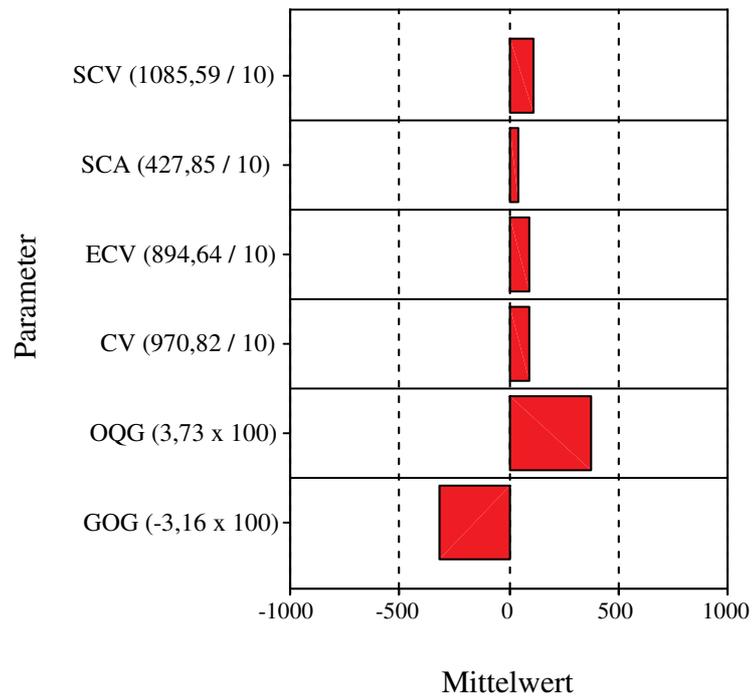
Akustische Parameter:

OQG (Öffnungsquotient); GOG (Grad der Glottisöffnung).

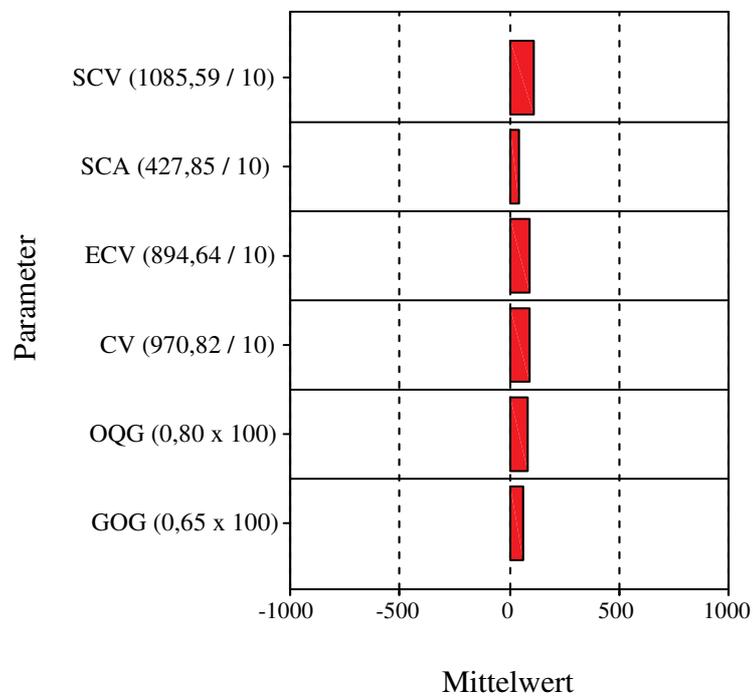
Referenzprofil Nr. 1 (Mittelwerte zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern).



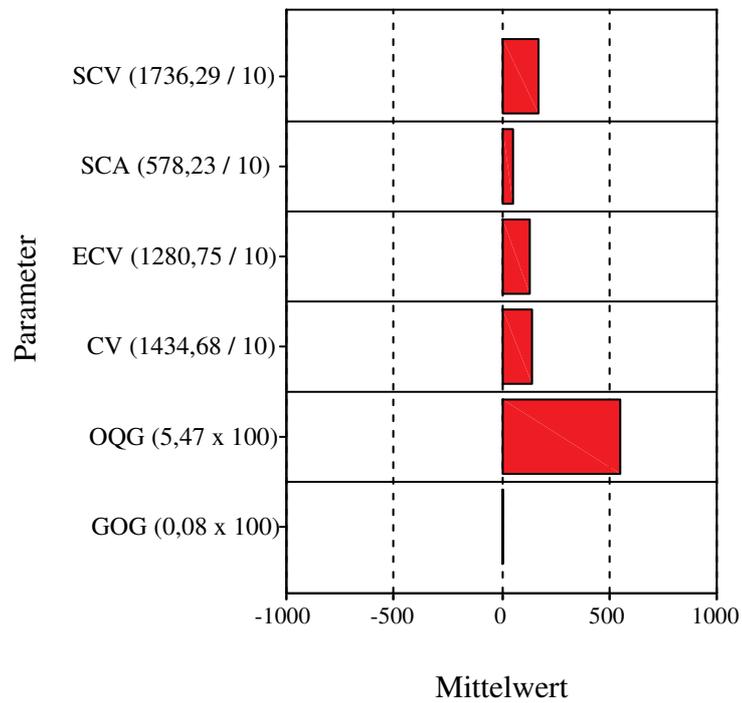
Referenzprofil Nr. 2 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



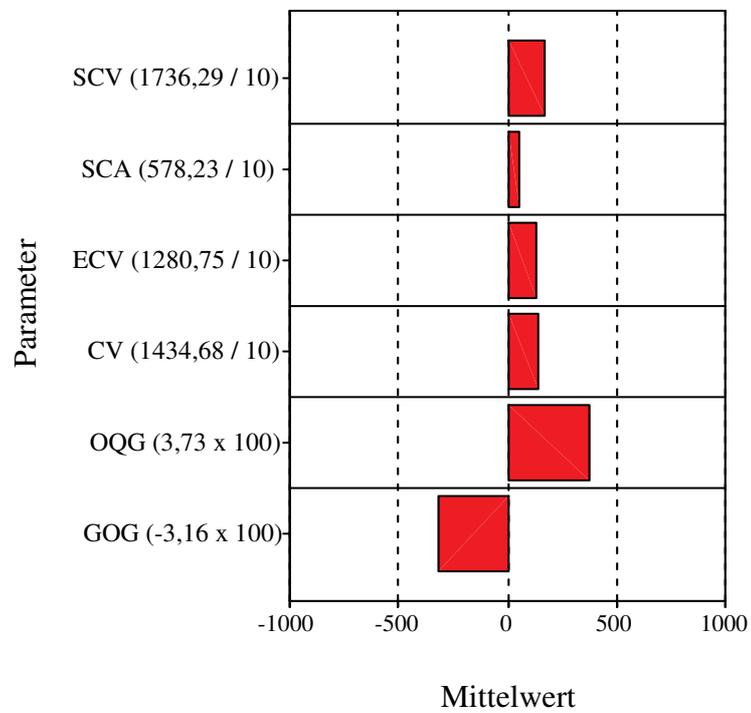
Referenzprofil Nr. 3 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



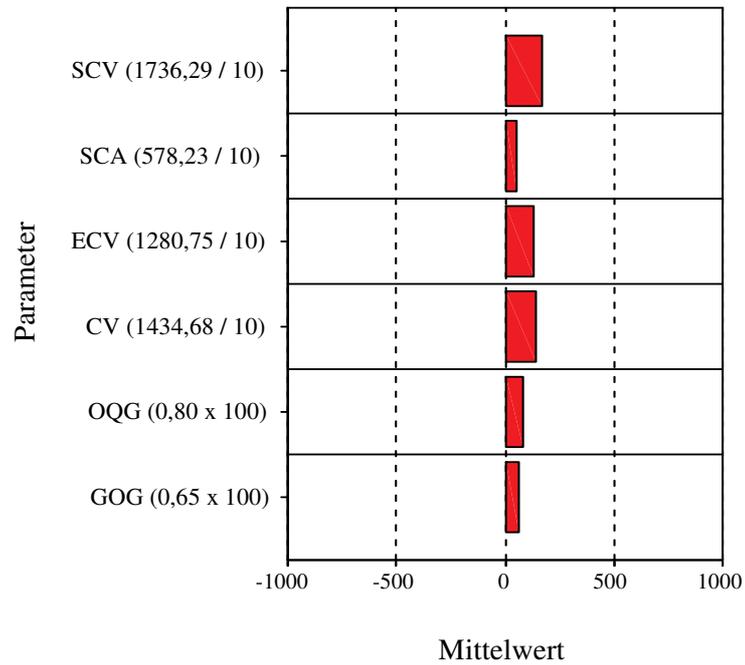
Referenzprofil Nr. 4 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



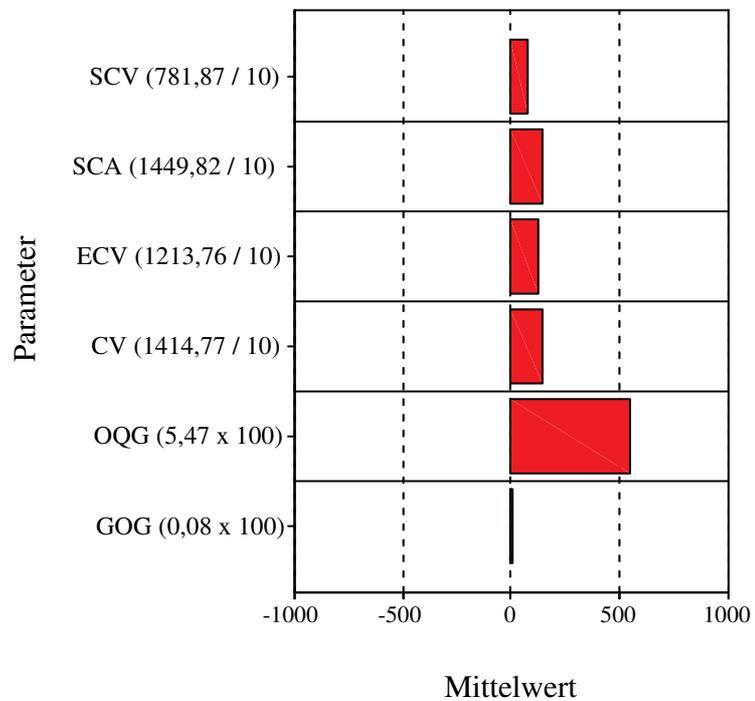
Referenzprofil Nr. 5 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



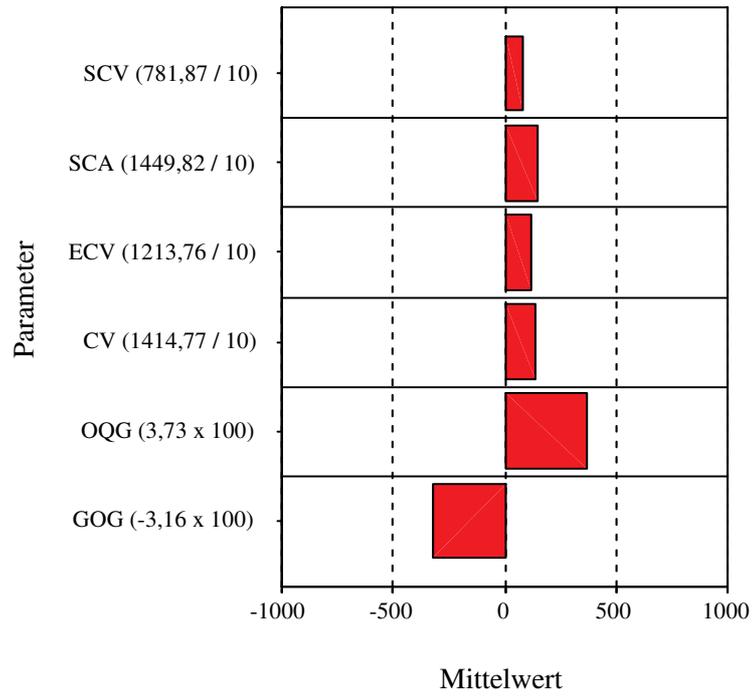
Referenzprofil Nr. 6 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



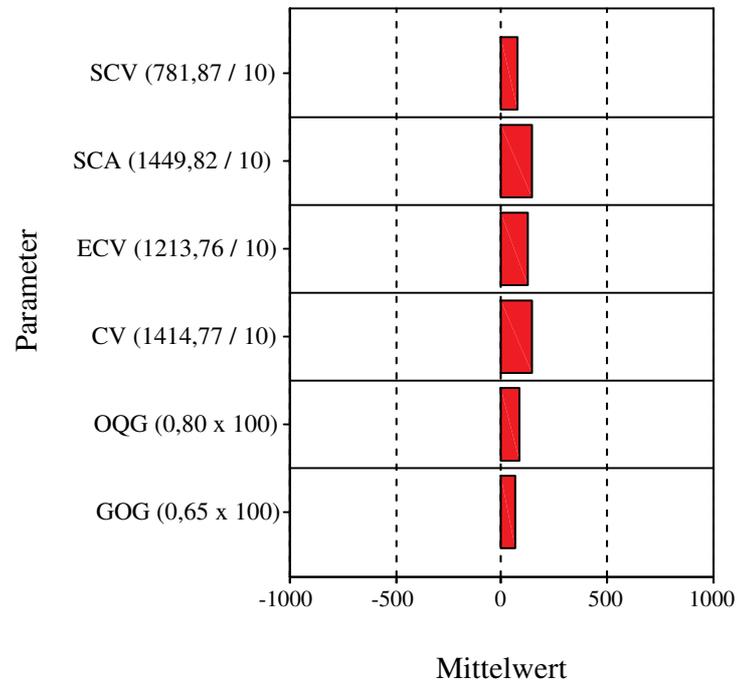
Referenzprofil Nr. 7 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Referenzprofil Nr. 8 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Referenzprofil Nr. 9 (Mittelwerte zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern).



Anhang B

Im Anhang B werden die Tabellen zur pathologiespezifischen und individuellen Stimmqualitätsbetrachtung präsentiert. In den Tabellen befinden sich die Mittelwerte mit Standardabweichung zu den elektroglottographischen und akustischen Parametern. Sie werden dem Analyseansatz bzw. den Analyseansätzen zugeordnet. Bei den Patientengruppen bzw. einzelnen Stimmationspatienten werden die Bedingungen mit und ohne Stimulation und wenn relevant die Normalstimmen bzw. die normalstimmlichen sowie die pathologischen Referenzprofile angegeben. Bei den Longitudinalpatienten werden die Aufnahmesitzungen (1,5,10 bzw. 1,2,3) und wenn relevant die Normalstimmen bzw. die normalstimmlichen sowie die pathologischen Referenzprofile angegeben.

Die verwendeten Zahlen/Symbole/Abkürzungen haben die folgende Bedeutung: 1 = Mit Stimulation; 2 = Ohne Stimulation, 3 = Normalstimmen; / = signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen bzw. zu den Normalstimmen; NS = Nicht signifikant; N = Normalstimmlich; P = Pathologisch; R = Referenzprofil; S = Sitzung.

Tabelle IV.1: Patienten MS (1/2: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	2,56 (5,02)	-2,90 (2,99)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG	-0,27 (0,91)	-2,36 (1,68)

Tabelle IV.2: Patienten M. Parkinson ($p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Normalstimmen (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV (1,2/3)	673,05 (475,82)	723,77 (401,41)	999,87 (440,57)
		CV (1/3)	1027,85 (657,78)	1080,99 (521,71)	1313,90 (589,85)
		CLA (1,2/3)	309,30 (313,75)	317,83 (210,30)	374,81 (262,44)
	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-67,50 (37,11)	-65,97 (29,75)	-98,54 (48,14)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/3)	-0,07 (0,93)	-0,24 (0,76)	-0,55 (0,69)
	Unvollständigkeit Glottaler Verschluss	IC (2/3)	0,27 (0,19)	0,20 (0,08)	0,27 (0,01)

Tabelle IV.3: Patientinnen M. Parkinson ($p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Normalstimmen (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA (1,2/3)	552,25 (722,44)	680,79 (871,13)	1192,20 (908,88)
		ECV (2/3)	961,04 (610,90)	951,94 (290,10)	1152,22 (394,69)
		CV (1,2/3)	1189,85 (499,76)	1152,13 (403,00)	1452,04 (489,18)
		CLA (1,2/3)	460,74 (300,84)	520,33 (340,01)	750,15 (335,25)
	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-90,38 (26,44)	-92,78 (28,01)	-128,93 (34,63)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1,2/3)	4,71 (1,54)	4,38 (1,76)	0,63 (1,30)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (1,2/3)	0,99 (0,85)	0,54 (0,79)	-0,91 (0,90)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1,2/3)	0,45 (0,63)	0,11 (0,50)	-0,78 (0,48)

Tabelle IV.4: Patienten MS ($p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Normalstimmen (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (1/3)	59,08 (4,63)	57,10 (3,79)	56,58 (3,32)
	Phase des Verschlusses	CLA (1/3)	664,56 (216,32)	518,97 (304,30)	374,81 (262,44)

Tabelle IV.5: Patientinnen MS (mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Normalstimmen (sd)
EKG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (1,2/3)	55,11 (4,93)	54,88 (4,60)	58,59 (3,47)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1,2/3)	2,44 (2,23)	3,01 (2,12)	0,63 (1,30)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (2/3)	-0,28 (1,37)	0,33 (1,06)	-0,91 (0,90)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1,3/2)	-0,57 (0,86)	-0,16 (0,51)	-0,78 (0,48)

Tabelle IV.6: Patientin 1 M. Parkinson (1/2: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EKG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	618,37 (100,61)	786,01 (124,43)
		CV	526,33 (32,02)	640,30 (43,22)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG	1,94 (0,27)	1,11 (0,04)

Tabelle IV.7: Patientin 2 M. Parkinson.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EKG-Analyse	Phase des Verschlusses	CV (NS)	1409,88 (234,79)	1526,02 (350,14)
	Phase der Öffnung	OPA (NS)	-81,65 (17,44)	-98,16 (22,47)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (NS)	1,10 (0,77)	0,48 (0,30)

Tabelle IV.8: Patient 3 M. Parkinson (1/2: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1	60,86 (3,81)	54,95 (1,41)
	Phasen des Verschlusses	SCA	107,65 (55,85)	191,57 (68,94)
		CLA	186,57 (98,26)	315,71 (94,87)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	6,61 (2,04)	4,38 (0,99)

Tabelle IV.9: Patient 4 M. Parkinson.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CLA (NS)	378, 14 (315,46)	301,08 (150,55)
	Phase der Öffnung	OPA (NS)	-83,54 (33,87)	-58,99 (28,97)

Tabelle IV.10: Patient 5 M. Parkinson.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	5,07 (3,09)	5,58 (3,25)
	Grad Glottisöffnung	GOG (NS)	-2,83 (2,78)	-2,43 (3,97)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (NS)	-0,43 (0,82)	-0,02 (0,83)

Tabelle IV.11: Patient 6 M. Parkinson (1/2: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	36,49 (18,03)	75,30 (48,30)
		CV	391,78(114,23)	736,73 (368,42)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG (NS)	0,75 (0,07)	-0,26 (1,09)

Tabelle IV.12: Patient 7 M. Parkinson (1/2: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EKG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	302, 14 (162,11)	600,27 (398,24)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	3,06 (2,63)	2,88 (2,34)

Tabelle IV.13: Patientin 8 M. Parkinson (1/2: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EKG-Analyse	Phase des Verschlusses	ECV	693,88 (196,26)	881,74 (172,57)
	Phase der Öffnung	OPA (NS)	-105,71 (23,00)	-113,01 (28,69)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	1,09 (0,25)	0,89 (0,02)

Tabelle IV.14: Patientin 9 M. Parkinson (1/2: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EKG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	1514,82 (738,20)	844,79 (254,70)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	4,28 (0,78)	4,67 (2,19)
	Grad Glottisöffnung	GOG (NS)	0,43 (1,57)	0,20 (1,36)

Tabelle IV.15: Patientin 1 MS (1/2: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CV	1204,39 (205,52)	905,95 (223,29)
	Phase der Öffnung	OPA	-94,74 (14,11)	-71,43 (13,00)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	6,08 (1,09)	6,79 (0,43)
	Grad Glottisöffnung	GOG (NS)	2,17 (0,21)	2,41 (0,15)

Tabelle IV.16: Patientin 2 MS (1/2: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1	54,74 (1,34)	57,66 (1,73)
	Phasen des Verschlusses	SCV (NS)	200,73 (290,50)	86,84 (43,32)
		SCA (NS)	3134,37 (758,22)	3067 (600,97)
		CV	1372,02 (152,14)	1722,48 (212,22)
	Phase der Öffnung	OPA	-126,63 (24,54)	-151,91 (24,21)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	1,19 (0,75)	2,95 (1,08)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (NS)	-1,19 (0,70)	-0,07 (0,66)
	Unvollständigkeit Glottaler Verschluss	IC (NS)	0,30 (0,01)	0,26 (0,07)

Tabelle IV.17: Patientin 3 MS.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CLA (NS)	669,99 (277,85)	564,01 (184,73)
	Phase der Öffnung	OPA (NS)	-170,21 (74,68)	-152,06 (44,57)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (NS)	-0,36 (1,20)	1,03 (0,51)

Tabelle IV.18: Patientin 4 MS.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CLA (NS)	1295,00 (414,24)	1089,26 (314,88)
	Phase der Öffnung	OPA (NS)	-130,45 (44,26)	-121,59 (37,90)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (NS)	-1,62 (0,63)	-1,13 (1,26)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (NS)	-1,47 (0,20)	-0,54 (0,67)

Tabelle IV.19: Patient 5 MS (1/2: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV (NS)	1078,81 (510,28)	802,00 (626,31)
		ECV (NS)	1063,55 (590,13)	922,37 (224,33)
		CV	1626,46 (445,19)	1273,44 (188,76)
		CLA (NS)	871,52 (517,27)	734,15 (416,40)
	Phase der Öffnung	OPA (NS)	-112,59 (56,12)	-88,66 (30,19)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	-5,81 (2,08)	0,72 (6,17)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (NS)	0,06 (0,07)	2,36 (1,68)

Tabelle IV.20: Patient 6 MS (1/2: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CLA	511,59 (278,39)	303,84 (133,19)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	-6,25 (2,55)	4,18 (0,20)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (NS)	-1,38 (0,99)	-0,98 (0,56)

Tabelle IV.21: Patientin 7 MS (1/2: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	ECV	792,47 (408,18)	1340,39 (555,24)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	0,15 (0,22)	0,91 (0,29)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (NS)	-0,26 (0,70)	0,02 (0,03)

Tabelle IV.22: Patientin 1 M. Parkinson (1,2/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 6 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	99,48 (96,53)	186,90 (227,53)	628,01 (427,31)
		CV	526,33 (32,02)	640,30 (43,22)	1080,02 (242,27)
	Phase der Öffnung	OPA	-69,15 (11,43)	-84,31 (26,43)	-107,12 (27,36)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	7,29 (1,15)	5,97 (0,65)	0,79 (0,84)
	Grad Glottisöffnung	GOG	1,99 (1,13)	1,50 (0,17)	1,27 (0,64)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	1,94 (0,27)	1,11 (0,04)	-0,37 (0,54)

Tabelle IV.23: Patientin 1 M. Parkinson (1,2/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 3 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	99,48 (96,53)	186,90 (227,53)	427,85 (260,83)
		ECV	618,37 (100,61)	NS	894,64 (190,29)
		CV	526,33 (32,02)	640,30 (43,22)	970,82 (195,50)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	7,29 (1,15)	5,97 (0,65)	0,80 (1,40)

Tabelle IV.24: Patientin 2 M. Parkinson (1/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 4 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCA	278,11 (145,46)	628,01 (427,31)
	Phase der Öffnung	OPA	-81,65 (17,44)	-107,12 (27,36)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG	1,10 (0,77)	-0,42 (0,69)

Tabelle IV.25: Patientin 2 M. Parkinson (2/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 7 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1384,42 (276,11)	1863,72 (539,82)
		SCA	301,66 (92,68)	769,30 (410,60)
	Phase der Öffnung	OPA	-98,16 (22,47)	-150,43 (29,05)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG	0,48 (0,30)	-0,42 (0,69)

Tabelle IV.26: Patientin 2 M. Parkinson (1/R: $p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CV	1409,88 (234,79)	970,82 (195,50)

Tabelle IV.27: Patientin 2 M. Parkinson (2/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 4 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1384,42 (276,11)	1736,29 (338,49)
		SCA	301,66 (92,68)	578,23 (310,48)
		ECV	924,57 (173,50)	1280,75 (293,63)

Tabelle IV.28: Patient 3 M. Parkinson (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 8 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	NS	867,12 (523,96)	652,18 (225,95)
		CV	NS	1221,31 (447,90)	885,18 (218,25)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	6,61 (2,04)	NS	5,02 (1,51)
	Grad Glottisöffnung	GOG	NS	-1,98 (2,14)	-0,52 (1,15)

Tabelle IV.29: Patient 3 M. Parkinson (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	531,88 (162,22)	649,74 (247,10)	1074,81 (324,47)
		SCA	107,65 (55,85)	191,57 (68,94)	183,59 (153,58)
		ECV	593,83 (278,17)	867,12 (523,96)	796,44 (218,78)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	NS	4,38 (0,99)	5,95 (1,81)
	Grad Glottisöffnung	GOG	NS	-1,98 (2,14)	0,16 (1,19)

Tabelle IV.30: Patient 4 M. Parkinson (1/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 5 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	1058,20 (607,54)	1679,72 (340,99)
		CV	1470,41 (671,97)	2398,88 (497,29)
	Phase der Öffnung	OPA	-83,54 (33,87)	-133,60 (38,67)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,20 (2,59)	-0,52 (1,15)

Tabelle IV.31: Patient 4 M. Parkinson (2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	814,08 (300,31)	1160,69 (301,94)
		CV	1115,65 (490,21)	1460,16 (297,25)
		CLA	301,08 (150,55)	637,43 (296,57)
	Phase der Öffnung	OPA	-58,99 (28,97)	-124,82 (39,05)

Tabelle IV.32: Patient 4 M. Parkinson (1/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 5 (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,20 (2,59)	1,51 (1,73)

Tabelle IV.33: Patient 4 M. Parkinson (2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1515,15 (851,26)	1074,81 (324,47)
		SCA	298,89 (272,91)	183,59 (153,58)
		CV	1115,65 (490,21)	912,38 (221,89)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	-1,54 (1,47)	0,16 (1,19)

Tabelle IV.34: Patient 5 M. Parkinson (1/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 7 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	993,06 (371,72)	512,37 (227,11)
		CV	1314,76 (429,32)	885,18 (218,25)
		CLA	393,61 (186,92)	224,45 (155,16)

Tabelle IV.35: Patient 5 M. Parkinson (2/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	ECV	839,53 (498,62)	1160,69 (301,94)
	Phase der Öffnung	OPA	-87,18 (44,27)	-124,82 (39,05)

Tabelle IV.36: Patient 5 M. Parkinson (1,2/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 3 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	NS	332,88 (196,06)	183,59 (153,58)
		ECV	587,23 (196,08)	NS	796,44 (218,78)
		CV	1314,76 (429,32)	1520,99 (551,41)	912,38 (221,89)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	-2,83 (2,78)	-2,43 (3,97)	-4,43 (1,66)

Tabelle IV.37: Patient 6 M. Parkinson (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 8 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	373,66 (68,77)	492,04 (247,76)	652,18 (225,95)
		CV	391,78 (114,23)	NS	885,18 (218,25)
		CLA	58,17 (29,34)	113,54 (81,84)	224,45 (155,16)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	NS	7,81 (0,42)	5,02 (1,51)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG	0,82 (0,70)	0,60 (0,06)	-0,55 (0,40)

Tabelle IV.38: Patient 6 M. Parkinson (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	641,26 (112,38)	619,96 (132,37)	1074,81 (324,47)
		SCA	36,49 (18,03)	75,30 (48,30)	183,59 (153,58)
		ECV	373,66 (68,77)	492,04 (247,76)	796,44 (218,78)
		CV	391,78 (114,23)	736,73 (368,42)	912,38 (221,89)

Tabelle IV.39: Patient 7 M. Parkinson (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 9 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	302,14 (162,11)	NS	512,37 (227,11)
		CLA	NS	380,63 (277,11)	224,45 (155,16)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	-1,10 (1,83)	NS	-2,15 (1,68)

Tabelle IV.40: Patient 7 M. Parkinson (1/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 8 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	302,14 (162,11)	956,76 (305,01)
		ECV	752,34 (682,21)	1432,20 (397,28)
		CV	891,54 (673,59)	1398,59 (279,18)

Tabelle IV.41: Patient 7 M. Parkinson (2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	600,27 (398,24)	1074,81 (324,47)
		SCA	507,20 (445,55)	183,59 (153,58)
		ECV	606,09 (296,88)	796,44 (218,78)

Tabelle IV.42: Patientin 8 M. Parkinson (1/R: $p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 5 (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	4,92 (1,14)	-0,41 (0,78)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	0,96 (0,68)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.43: Patientin 8 M. Parkinson (2/R: $p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	163,16 (171,12)	570,16 (370,01)
		CV	1105,95 (177,62)	1699,07 (379,25)
	Phase der Öffnung	OPA	-113,01 (28,69)	-142,51 (30,23)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	5,06 (0,08)	-0,41 (0,78)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	1,25 (0,26)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.44: Patientin 8 M. Parkinson (1,2/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 9 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	NS	163,16 (171,12)	781,87 (334,49)
		ECV	693,88 (196,26)	881,74 (172,57)	1213,76 (285,06)
		CV	1014,71 (212,80)	1105,95 (177,62)	1414,77 (328,24)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	4,92 (1,14)	5,06 (0,08)	0,80 (1,40)

Tabelle IV.45: Patientin 9 M. Parkinson (1/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 7 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCA	218,34 (160,95)	769,30 (410,60)
	Phase der Öffnung	OPA	-97,93 (33,60)	-150,43 (29,05)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	4,28 (0,78)	2,24 (1,01)
	Grad Glottisöffnung	GOG	0,43 (1,57)	-0,60 (1,03)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	0,48 (0,80)	-0,42 (0,69)

Tabelle IV.46: Patientin 9 M. Parkinson (2/R: mindestens $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 4 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	218,20 (191,13)	628,01 (427,31)
		CV	1336,25 (249,03)	1080,02 (242,27)
	Phase der Öffnung	OPA	-75,61 (22,36)	-107,12 (27,36)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	4,67 (2,19)	2,24 (1,01)

Tabelle IV.47: Patientin 9 M. Parkinson (1/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 6 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	218,34 (160,95)	578,23 (310,48)
		ECV	1644,85 (796,12)	1280,75 (293,63)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	4,28 (0,78)	0,80 (1,40)

Tabelle IV.48: Patientin 9 M. Parkinson (2/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 3 (sd)
EGG_Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	1215,43 (429,78)	894,64 (190,29)
		CV	1336,25 (249,03)	970,82 (195,50)

Tabelle IV.49: Patientin 1 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 6 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	NS	126,56 (91,10)	628,01 (427,31)
		CV	1204,39 (205,52)	905,95 (223,29)	1080,02 (242,27)
	Phase der Öffnung	OPA	NS	-71,43 (13,00)	-107,12 (27,36)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	6,08 (1,09)	6,79 (0,43)	0,79 (0,84)
	Grad Glottisöffnung	GOG	2,17 (0,21)	2,41 (0,15)	1,27 (0,64)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	1,68 (0,07)	1,58 (0,36)	-0,37 (0,54)

Tabelle IV.50: Patientin 1 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 3 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	763,04 (418,45)	NS	781,87 (334,49)
		SCA	121,18 (82,65)	126,56 (91,10)	1449,82 (496,62)
		CV	1204,39 (205,52)	NS	1414,77 (328,24)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	6,08 (1,09)	6,79 (0,43)	0,80 (1,40)
	Grad Glottisöffnung	GOG	2,17 (0,21)	2,41 (0,15)	0,65 (1,06)

Tabelle IV.51: Patientin 2 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	200,73 (290,50)	86,84 (43,32)	570,16 (370,01)
		CV	1372,02 (152,14)	NS	1699,07 (379,25)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	1,19 (0,75)	2,95 (1,08)	-0,41 (0,78)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	NS	-0,07 (0,66)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.52: Patientin 2 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 9 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	200,73 (290,50)	86,84 (43,32)	781,87 (334,49)
		SCA	3134,37 (758,22)	3067,04 (600,97)	1449,82 (496,62)
		ECV	883,08 (113,93)	NS	1213,76 (285,06)
		CV	NS	1722,48 (212,22)	1414,77 (328,24)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	NS	2,95 (1,08)	0,80 (1,40)
	Grad Glottisöffnung	GOG	-0,88 (0,75)	NS	0,65 (1,06)

Tabelle IV.53: Patientin 3 MS (1/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 8 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1348,20 (640,99)	1863,72 (539,82)
		SCA	300,94 (89,78)	769,30 (410,60)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,14 (2,57)	-0,41 (0,78)

Tabelle IV.54: Patientin 3 MS (2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 7 (sd)
EGG- Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1297,56 (562,56)	1863,72 (539,82)
		SCA	276,43 (57,07)	769,30 (410,60)

Tabelle IV.55: Patientin 3 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 6 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1348,20 (640,99)	1297,56 (562,56)	1736,29 (338,49)
		SCA	300,94 (89,78)	276,43 (57,07)	578,23 (310,48)
		CV	1699,94 (557,47)	1706,44 (364,95)	1434,68 (293,79)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,14 (2,57)	NS	0,80 (1,40)

Tabelle IV.56: Patientin 4 MS.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV (NS)	819,41 (529,66)	570,16 (370,01)
		SCA (NS)	2038,49 (952,14)	2292,17 (655,14)
		CV (NS)	1516,16 (483,42)	1699,07 (379,25)
	Phase der Öffnung	OPA (NS)	-130,45 (44,26)	-142,51 (30,23)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	-0,48 (0,66)	-0,41 (0,78)
	Grad Glottisöffnung	GOG (NS)	-1,14 (1,01)	-0,11 (0,96)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (NS)	-1,62 (0,63)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.57: Patientin 4 MS (2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 4 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	575,37 (299,63)	984,35 (433,52)
		SCA	1376,46 (585,86)	628,01 (427,31)
		CV	1582,76 (458,64)	1080,02 (242,27)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	0,50 (0,21)	2,24 (1,01)

Tabelle IV.58: Patientin 4 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 9 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	2038,49 (952,14)	NS	1449,82 (496,62)
		ECV	901,92 (366,36)	NS	1213,76 (285,06)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	-1,14 (1,01)	-1,27 (0,75)	0,65 (1,06)

Tabelle IV.59: Patient 5 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 3 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	NS	802,00 (626,31)	1081,39 (361,08)
		ECV	NS	922,37 (224,33)	1160,69 (301,94)
	Phase der Öffnung	OPA	NS	-88,66 (30,19)	-124,82 (39,05)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	-5,81 (2,08)	NS	1,89 (1,34)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG	NS	2,36 (1,68)	-0,95 (0,41)

Tabelle IV.60: Patient 5 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 8 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	NS	922,37 (224,33)	1432,20 (397,28)
		CV	1626,46 (445,19)	NS	1398,59 (279,18)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	-5,81 (2,08)	NS	1,51 (1,73)

Tabelle IV.61: Patient 6 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 3 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1459,23 (1191,51)	NS	1081,39 (361,08)
		ECV	1428,69 (652,71)	NS	1160,69 (301,94)
		CLA	NS	303,80 (133,19)	637,43 (296,57)
	Phase der Öffnung	OPA	NS	-77,96 (18,72)	-124,82 (39,05)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	-6,25 (2,55)	4,18 (0,20)	1,89 (1,34)
	Grad Glottisöffnung	GOG	NS	4,93 (0,02)	-2,15 (1,68)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG	-1,38 (0,99)	NS	-0,95 (0,41)

Tabelle IV.62: Patient 6 MS (1/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 9 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	1459,23 (1191,51)	956,76 (305,01)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	-6,25 (2,55)	-4,43 (1,66)

Tabelle IV.63: Patient 6 MS (2/R: mindestens $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 5 (sd)
EKG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	1302,66 (618,77)	1746,80 (331,16)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	4,18 (0,20)	1,51 (1,73)
	Grad Glottisöffnung	GOG	4,93 (0,02)	0,38 (1,49)

Tabelle IV.64: Patientin 7 MS (1/R: $p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 5 (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	2,53 (1,43)	-0,41 (0,78)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	0,72 (0,72)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.65: Patientin 7 MS (2/R: $p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil N: Nr. 8 (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	2,40 (0,15)	-0,41 (0,78)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	0,80 (0,22)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.66: Patientin 7 MS (1,2/R: mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Referenzprofil P: Nr. 6 (sd)
EKG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	NS	1089,39 (928,17)	578,23 (310,48)
		ECV	792,47 (408,18)	NS	1280,75 (293,63)
		CV	NS	1769,01 (731,58)	1434,68 (293,79)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	2,53 (1,43)	2,40 (0,15)	0,80 (1,40)

Tabelle IV.67: Patient 1 Longitudinal ($p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1/5,10)	6,27 (4,70)	5,83 (2,44)	3,90 (1,87)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/5,10)	0,50 (1,37)	-0,18 (0,67)	-0,18 (0,39)

Tabelle IV.68: Patient 2 Longitudinal ($p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)
EGG- Analyse	Phase des Verschlusses	SCV (1,10/5)	1700,10 (583,06)	952,15 (392,11)	1724,04 (448,24)

Tabelle IV.69: Patientin 2 Longitudinal ($p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	2. Sitzung (sd)	3. Sitzung (sd)
EGG- Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV (1,2/3)	727,19 (170,72)	555,85 (77,40)	334,38 (51,96)
		CV (1,2/3)	714,25 (116,95)	729,03 (169,02)	346,03 (159,49)
	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-87,35 (28,85)	-83,37 (23,57)	-37,14 (15,02)

Tabelle IV.70: Patient 1 Longitudinal (1.S/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CLA	319,77 (147,61)	637,43 (296,57)
	Phase der Öffnung	OPA	-60,20 (42,79)	-124,82 (39,05)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	8,16 (1,80)	5,02 (1,51)
	Grad Glottisöffnung	GOG	0,99 (1,40)	-0,52 (1,15)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG	0,16 (0,57)	-0,55 (0,40)

Tabelle IV.71: Patient 1 Longitudinal (5.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	5. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 8 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	869,48 (639,84)	512,37 (227,11)
		ECV	1041,79 (775,20)	652,18 (225,95)
		CV	1187,66 (565,95)	885,18 (218,25)
		CLA	330,48 (258,33)	224,45 (155,16)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	-1,67 (2,98)	-0,52 (0,40)

Tabelle IV.72: Patient 1 Longitudinal (10.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	10. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	1506,76 (1348,61)	1081,36 (361,08)
	Phase der Öffnung	OPA	-60,46 (33,30)	-124,82 (39,05)

Tabelle IV.73: Patient 1 Longitudinal (1.S/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	1. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 4 (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	8,16 (1,80)	5,96 (1,81)

Tabelle IV.74: Patient 1 Longitudinal (5.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	5. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG- Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	1041,79 (775,20)	796,44 (218,78)
		CV	1187,66 (565,95)	912,38 (221,89)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	-1,67 (2,98)	0,16 (1,19)

Tabelle IV.75: Patient 1 Longitudinal (10.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	10. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 4 (sd)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,89 (2,00)	5,96 (1,81)
	Grad Glottisöffnung	GOG	-0,89 (1,70)	0,16 (1,19)

Tabelle IV.76: Patient 2 Longitudinal (1.S/R: $p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
	Phasen des Verschlusses	ECV	562,29 (48,23)	1160,69 (301,94)
		CV	588,61 (123,64)	1460,16 (297,25)
		CLA	151,58 (98,54)	637,43 (296,57)
	Phase der Öffnung	OPA	-60,24 (23,25)	-124,82 (39,05)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	10,05 (1,97)	5,02 (1,51)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG	0,31 (0,14)	-0,55 (0,40)

Tabelle IV.77: Patient 2 Longitudinal (5.S/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	5. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 8 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	952,15 (392,11)	512,37 (227,11)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	7,31 (3,10)	5,02 (1,15)

Tabelle IV.78: Patient 2 Longitudinal (10.S/R: $p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	10. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	1724,04 (448,22)	1081,36 (361,08)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	-1,67 (1,48)	-0,52 (1,15)

Tabelle IV.79: Patient 2 Longitudinal (1.S/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1700,10 (583,08)	1074,01 (324,47)
		ECV	562,29 (48,23)	796,44 (218,78)
		CV	588,61 (123,64)	912,38 (221,89)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	10,05 (1,97)	5,96 (1,81)

Tabelle IV.80: Patient 2 Longitudinal (5.S/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	5. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG- Analyse	Phase des Verschlusses	ECV	796,44 (218,78)	535,06 (111,04)

Tabelle IV.81: Patient 2 Longitudinal (10.S/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	10. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1724,04 (448,22)	1074,01 (324,47)
		ECV	568,85 (191,00)	796,44 (218,78)
		CV	668,83 (223,88)	912,38 (221,89)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	-1,67 (1,48)	0,16 (1,19)

Tabelle IV.82: Patientin 1 Longitudinal (1.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 6 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCA	971,37 (524,80)	628,01 (427,31)
	Phase der Öffnung	OPA	-77,52 (33,65)	-107,12 (27,36)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,96 (0,57)	0,79 (0,84)

Tabelle IV.83: Patientin 1 Longitudinal (5.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	5. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 5 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	1299,73 (596,62)	984,35 (433,52)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,22 (2,55)	-0,41 (0,78)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	0,16 (0,45)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.84: Patientin 1 Longitudinal (10.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	10. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 5 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCA	1046,48 (706,469)	628,01 (427,31)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	2,82 (0,66)	-0,41 (0,78)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	0,04 (0,10)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.85: Patientin 1 Longitudinal (1.S/R: $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 3 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	759,06 (447,82)	1085,59 (302,64)
		SCA	971,37 (524,80)	427,85 (260,83)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,96 (0,57)	0,80 (1,40)

Tabelle IV.86: Patientin 1 Longitudinal (5.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	5. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 3 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	797,93 (798,68)	427,85 (260,83)
		ECV	719,36 (473,32)	894,64 (190,29)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	3,22 (2,55)	0,80 (1,40)

Tabelle IV.87: Patientin 1 Longitudinal (10.S/R: $p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	10. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 3 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCA	1046,48 (706,46)	427,85 (260,83)

Tabelle IV.88: Patientin 2 Longitudinal (1.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 4 (sd)
EGG- Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA	258,31 (119,40)	628,01 (427,31)
		CV	714,35 (116,95)	1080,02 (242, 27)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	5,78 (1,84)	-0,60 (1,03)

Tabelle IV.89: Patientin 2 Longitudinal (2.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	2. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 4 (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CV	729,03 (169,02)	1080,02 (242,27)
	Phase der Öffnung	OPA	-83,37 (23,57)	-107,12 (27,36)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	5,83 (1,65)	-0,60 (1,03)

Tabelle IV.90: Patientin 2 Longitudinal (3.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	3. Sitzung (sd)	Referenzprofil N: Nr. 5 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	452,23 (94,32)	984,35 (433,52)
		SCA	128,58 (93,88)	628,01 (427,31)
		CV	346,03 (159,49)	1080,02 (242,27)
	Phase der Öffnung	OPA	-37,14 (15,02)	-107,12 (27,36)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	4,03 (0,64)	-0,41 (0,78)
	Grad Glottisöffnung	GOG	4,25 (4,86)	-0,11 (0,96)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	-0,29 (0,18)	-1,77 (0,63)

Tabelle IV.91: Patientin 2 Longitudinal (1.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	1485,08 (399,13)	1085,59 (302,64)
		ECV	727,19 (170,72)	894,64 (190,29)
		CV	714,35 (16,95)	970,82 (195,50)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	5,78 (1,84)	-3,16 (1,40)

Tabelle IV.92: Patientin 2 Longitudinal (2.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	2. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 2 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV	555,85 (77,40)	894,64 (190,29)
		CV	729,03 (169,02)	970,82 (195,50)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG	2,09 (1,92)	3,73 (1,58)
	Grad Glottisöffnung	GOG	5,83 (1,65)	-3,16 (1,40)

Tabelle IV.93: Patientin 2 Longitudinal (3.S/R: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	3. Sitzung (sd)	Referenzprofil P: Nr. 1 (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV	452,23 (94,32)	1085,59 (302,64)
		SCA	128,58 (93,88)	427,85 (260,83)
		ECV	334,38 (51,96)	894,64 (190,29)
		CV	346,03 (159,94)	970,82 (195,50)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG	4,25 (4,86)	0,08 (1,27)

Anhang C

Im Anhang C werden die Tabellen zur pathologiespezifischen und individuellen glottal-supraglottalen Artikulation sowie zur Stimmqualitätsbetrachtung präsentiert. In den Tabellen befinden sich einmal die Mittelwerte mit Standardabweichung zu den Produktionsparametern, die den Produktionsaspekten zugeordnet werden. Zum andern diejenigen zu den elektrolottographischen und akustischen Parametern. Sie werden dem Analyseansatz bzw. den Analyseansätzen zugeordnet. Bei den Patientengruppen bzw. einzelnen Stimulationspatienten werden die Bedingungen mit und ohne Stimulation und wenn relevant die Kontrollgruppe angegeben. Bei den Longitudinalpatienten werden die Aufnahmesitzungen (1,5,10 bzw. 1,2,3) und wenn relevant die Kontrollgruppe angegeben.

Die verwendeten Zahlen/Symbole/Abkürzungen haben die folgende Bedeutung: 1 = Mit Stimulation; 2 = Ohne Stimulation, 3 = Kontrollgruppe; / = signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen bzw. zur Kontrollgruppe; NS = Nicht signifikant; S = Sitzung.

Tabelle V.1: Patienten M. Parkinson (1/2: $p < 0,001$).

Pathologie	Produktionsaspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Morbus Parkinson	Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_k	142,11 (59,97)	117,86 (25,29)
	Orale Geste	Sil-Zyk_t_gesamt	176,24 (35,01)	199,00 (47,43)
		Verschl_p	82,77 (26,72)	91,91 (16,77)
		Verschl_t	61,13 (29,19)	85,37 (27,33)
	Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_k	29,77 (19,88)	17,88 (7,53)
		VOT_k	13,08 (7,47)	20,88 (7,68)

Tabelle V.2: Patienten M. Parkinson (1/2: $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1	53,77 (6,87)	51,12 (6,22)
	Phase des Verschlusses	ECV	1011,89 (891,84)	658,99 (403,82)

Tabelle V.3: Patientinnen M. Parkinson.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG	0,19 (0,52)	0,01 (0,54)
	Geschwindigkeit Glot- taler Verschluss	RCG	-0,20 (0,74)	-0,31 (0,67)

Tabelle. V.4: Patienten MS (1/2: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Pathologie	Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Multiple Sklerose	Glottale Geste	Stimm_Sil- Zyk_p***	189,17 (71,14)	155,51 (58,33)
		Stimm_Sil- Zyk_k***	203,02 (87,18)	150,91 (50,01)
	Orale Geste	Sil-Zyk_k_gesamt	362,91 (146,40)	307,85 (86,35)
		p_Vokald***	167,62 (64,17)	132,77 (52,65)
		k_Vokald***	187,40 (81,49)	135,17 (43,44)
	Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_t*	44,31 (3,21)	21,62 (12,26)
		VOT_t*	20,88 (13,78)	33,56 (26,21)

Tabelle V.5: Patientinnen MS

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCV	696,95 (889,11)	570,89 (818,65)
	Phase der Öffnung	OPA	-125,24 (139,51)	-103,55 (127,16)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG	-0,57 (1,27)	-0,02 (1,18)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG	-0,59 (0,88)	-0,42 (0,86)

Tabelle V.6: Patienten M. Parkinson (1,2/3: p < 0,001).

Pathologie	Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Morbus Parkinson	Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	98,42 (33,20)	92,73 (17,70)	75,75 (13,50)
		Stimm_Sil-Zyk_t	119,28 (33,32)	115,77 (28,43)	81,11 (13,62)
		Stimm_Sil-Zyk_k	142,11 (59,97)	117,86 (25,29)	80,60 (12,93)
	Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	179,11 (46,91)	183,66 (35,78)	156,82 (18,58)
		Sil-Zyk_t_gesamt	176,24 (35,01)	199,00 (47,43)	158,49 (20,18)
		Sil-Zyk_k_gesamt	203,22 (78,50)	204,91 (46,12)	160,65 (18,42)
		Verschl_p	NS	91,91 (16,77)	76,04 (15,57)
		Verschl_t	NS	85,37 (27,33)	57,33 (11,70)
		Verschl_k	77,80 (41,42)	84,04 (22,91)	59,92 (14,08)
		p_Vokald	79,37 (27,89)	NS	65,88 (13,23)
		t_Vokald	95,84 (30,87)	95,53 (23,59)	73,86 (13,18)
		k_Vokald	112,33 (50,97)	99,97 (23,08)	71,71 (13,48)
	Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	19,04 (10,89)	18,68 (9,65)	9,87 (3,89)
		Stimm-Verschl_t	23,44 (17,38)	20,24 (12,02)	7,25 (4,69)
		Stimm-Verschl_k	29,77 (19,88)	17,88 (7,53)	8,89 (4,82)
VOT_t		19,26 (8,48)	18,08 (4,56)	27,30 (10,56)	
VOT_k		13,08 (7,47)	20,88 (7,68)	29,02 (11,50)	

Tabelle V.7: Patienten M. Parkinson ($p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG_Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (1,2/3)	53,77 (6,87)	51,12 (6,22)	47,29 (7,44)
	Phasen des Verschlusses	ECV (1,2/3)	1011,89 (891,84)	658,99 (403,82)	1483,58 (721,40)
		CV (1,2/3)	925,41 (454,62)	858,17 (431,01)	1595,43 (578,75)
		CLA (1,2/3)	326,50 (241,82)	364,50 (264,85)	593,80 (363,15)
Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-59,21 (26,31)	-51,53 (23,85)	-84,13 (28,44)	
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1,2/3)	4,85 (3,74)	4,84 (1,53)	3,10 (2,34)
	Grad Glottisöffnung	GOG (1,2/3)	0,56 (1,11)	0,64 (1,07)	1,09 (0,97)

Tabelle V.8: Patientinnen M. Parkinson ($p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	CV (1,2/3)	1075,78 (575,04)	997,35 (434,70)	815,52 (415,15)
	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-100,49 (108,01)	-95,63 (23,46)	-78,47 (28,47)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG (1,2/3)	-0,05 (0,87)	-0,16 (0,89)	0,72 (0,69)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (NS)	0,19 (0,52)	0,01 (0,54)	0,25 (1,25)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (2/3)	-0,20 (0,74)	-0,31 (0,67)	0,02 (0,85)

Tabelle V.9: Patienten MS (1,2/3: *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05).

Pathologie	Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Multiple Sklerose	Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	189,17 (71,14)	155,51 (58,33)	75,75 (13,50)
		Stimm_Sil-Zyk_t***	233,74 (128,31)	178,37 (109,34)	81,11 (13,62)
		Stimm_Sil-Zyk_k***	203,02 (87,18)	150,91 (50,01)	80,60 (12,93)
	Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	321,62 (90,97)	293,11 (131,78)	156,82 (18,58)
		Sil-Zyk_t_gesamt***	333,00 (188,93)	307,48 (132,01)	158,49 (20,18)
		Sil-Zyk_k_gesamt***	362,91 (146,40)	307,85 (86,35)	160,65 (18,42)
		Verschl_p***	111,94 (35,23)	143,48 (91,61)	76,04 (15,57)
		Verschl_t***	130,97 (121,04)	117,17 (48,04)	57,33 (11,70)
		Verschl_k***	140,57 (75,24)	132,25 (51,76)	59,92 (14,08)
		p_Vokald***	167,62 (64,17)	132,77 (52,65)	65,88 (13,23)
		t_Vokald***	189,42 (113,18)	156,74 (102,47)	73,86 (13,18)
		k_Vokald***	187,40 (81,49)	135,17 (43,44)	71,71 (13,48)
	Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	21,54 (13,96)	22,74 (13,40)	9,87 (3,89)
		Stimm-Verschl_t***	44,31 (3,21)	21,62 (12,26)	7,25 (4,69)
		Stimm-Verschl_k***	15,62 (10,38)	15,74 (10,79)	8,89 (4,82)
VOT_t*		20,88 (13,78)	NS	27,30 (10,56)	
VOT_k**		NS	40,42 (26,10)	29,02 (11,50)	

Tabelle V.10: Patienten MS (p < 0,05).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCA (1/3)	669,92 (374,74)	520,02 (314,39)	393,14 (506,27)
	Phase der Öffnung	OPA (1/3)	-105,73 (16,64)	-68,66 (26,05)	-84,13 (13,66)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/3)	0,36 (0,33)	0,45 (0,90)	0,75 (0,64)

Tabelle V.11: Patientinnen MS ($p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA (1,2/3)	965,18 (1191,51)	1004,39 (1200,09)	454,87 (557,36)
		ECV (1/3)	962,90 (336,39)	742,40 (251,73)	690,51 (325,76)
		CV (1/2/3)	1213,72 (341,40)	1000,46 (321,54)	815,52 (415,15)
		CLA (1,2/3)	607,08 (435,45)	608,36 (440,40)	410,27 (322,70)
	Phase der Öffnung	OPA (1/3)	-125,24 (139,51)	-103,55 (127,16)	-78,47 (28,47)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1/2,3)	2,01 (1,58)	2,18 (1,55)	2,96 (1,15)
	Grad Glottisöffnung	GOG (1/2,3)	-0,28 (1,58)	-0,08 (1,38)	0,72 (0,69)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/2,3)	-0,57 (1,27)	-0,02 (1,18)	0,25 (1,25)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1/2,3)	-0,59 (0,88)	-0,42 (0,86)	0,02 (0,85)

Tabelle V.12: Patientin 1 M. Parkinson (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	173,40 (25,54)	93,60 (14,55)
	Stimm_Sil-Zyk_t	172,40 (31,47)	149,00 (22,43)
	Stimm_Sil-Zyk_k	255,60 (73,33)	152,60 (16,24)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	265,00 (46,73)	194,00 (28,97)
	Sil-Zyk_t_gesamt	162,80 (31,37)	290,60 (21,05)
	Sil-Zyk_k_gesamt	387,20 (49,96)	293,80 (13,57)
	Verschl_t	0,00 (0,00)	132,80 (20,46)
	Verschl_k	149,00 (23,78)	109,40 (12,32)
	p_Vokald	143,80 (15,59)	80,40 (16,94)
	t_Vokald	162,80 (31,37)	135,83 (15,92)
	k_Vokald	232,60 (50,18)	141,00 (16,80)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	29,60 (23,91)	13,20 (9,20)
	Stimm-Verschl_k	23,00 (29,47)	11,60 (1,81)
	VOT_p	3,60 (8,04)	16,00 (11,40)
	VOT_t	0,00 (0,00)	22,00 (12,40)
	VOT_k	5,60 (12,52)	43,40 (14,90)

Tabelle V.13: Patientin 1 M. Parkinson (1,2/3: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	173,40 (25,54)	93,60 (14,55)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t	172,40 (31,47)	149,00 (22,43)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k	255,60 (73,33)	152,60 (16,24)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	265,00 (46,73)	194,00 (28,97)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt	NS	290,60 (21,05)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt	387,20 (49,96)	293,80 (13,57)	160,65 (18,42)
	Verschl_p	117,60 (37,60)	NS	76,04 (15,57)
	Verschl_t	0,00 (0,00)	132,80 (20,46)	57,33 (11,70)
	Verschl_k	149,00 (23,78)	109,40 (12,32)	59,92 (14,08)
	p_Vokald	143,80 (15,59)	NS	65,88 (13,23)
	t_Vokald	162,80 (31,37)	135,83 (15,92)	73,86 (13,18)
	k_Vokald	232,60 (50,18)	141,00 (16,80)	71,71 (13,48)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	26,60 (23,91)	NS	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_k	23,00 (29,47)	NS	8,89 (4,82)
	VOT_p	3,60 (8,04)	NS	14,90 (6,25)
	VOT_t	0,00 (0,00)	NS	27,30 (10,56)
	VOT_k	5,60 (12,52)	NS	29,02 (11,50)

Tabelle V.14: Patientin 1 M. Parkinson ($p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (1/2)	53,89 (6,16)	59,37 (5,47)	53,95 (7,72)
	Phasen des Verschlusses	SCA (1,2/3)	66,03 (33,10)	27,10 (22,19)	454,87 (557,36)
		CLA (1,2/3)	158,43 (53,15)	97,97 (24,70)	410,27 (322,70)
	Phase der Öffnung	OPA (1/2,3)	-131,16 (212,71)	-58,34 (10,07)	-78,47 (28,47)
Akustische Analyse	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (NS)	-0,29 (1,12)	0,38 (0,43)	0,02 (0,85)

Tabelle V.15: Patientin 2 M. Parkinson (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_k	171,40 (46,19)	126,00 (10,65)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	219,80 (13,16)	266,00 (32,87)
	Sil-Zyk_t_gesamt	223,20 (12,79)	251,40 (12,81)
	Verschl_t	93,60 (12,93)	119,80 (4,32)
	k_Vokald	144,80 (15,35)	108,20 (6,26)
Intraartikulatorische Synchronisierung	VOT_p	28,40 (17,34)	49,00 (17,44)
	VOT_k	0,00 (0,00)	18,00 (4,52)

Tabelle V.16: Patientin 2 M. Parkinson (1,2/3: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	111,00 (6,51)	121,40 (15,91)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t	116,80 (9,33)	119,40 (10,73)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k	171,40 (46,19)	126,00 (10,65)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	219,80 (13,16)	266,00 (32,87)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt	223,20 (12,79)	251,40 (12,81)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt	251,40 (12,81)	249,80 (8,61)	160,65 (18,42)
	Verschl_p	97,60 (13,01)	108,80 (13,75)	76,04 (15,57)
	Verschl_t	93,60 (12,93)	119,80 (4,32)	57,33 (11,70)
	Verschl_k	106,60 (16,13)	123,60 (11,54)	59,92 (14,08)
	p_Vokald	93,80 (5,06)	108,20 (15,80)	65,88 (13,23)
	t_Vokald	96,40 (6,61)	104,20 (10,56)	73,86 (13,18)
	k_Vokald	144,80 (15,35)	108,20 (6,26)	71,71 (13,48)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	17,20 (2,28)	NS	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t	20,40 (7,02)	15,20 (1,92)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k	26,60 (32,72)	NS	8,89 (4,82)
	VOT_p	28,40 (17,34)	49,00 (17,44)	14,90 (6,25)
	VOT_k	0,00 (0,00)	NS	29,02 (11,50)

Tabelle V.17: Patientin 2 M. Parkinson ($p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA (1/2)	779,32 (244,45)	2103,29 (146,66)	454,87 (557,36)
		ECV (1,2/3)	1167,80 (264,18)	1305,07 (171,38)	690,51 (325,76)
		CV (1,2/3)	1928,61 (326,60)	1649,40 (186,38)	815,52 (415,15)
		CLA (1/2/3)	845,71 (211,35)	1212,51 (152,99)	410,27 (322,70)
	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-122,42 (19,42)	-105,13 (14,59)	-78,47 (28,47)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (1,2/3)	-0,18 (0,48)	-0,28 (0,35)	0,25 (1,25)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1,2/3)	-0,73 (0,26)	-1,05 (0,19)	0,02 (0,85)

Tabelle V.18: Patient 3 M. Parkinson (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_k	146,20 (26,59)	97,60 (6,02)
Orale Geste	Sil-Zyk_k_gesamt	108,80 (9,12)	185,00 (9,79)
	Verschl_k	0,00 (0,00)	65,20 (10,10)
	k_Vokald	108,80 (9,12)	83,60 (9,88)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	12,20 (5,06)	22,00 (4,30)
	Stimm-Verschl_k	37,40 (23,43)	14,00 (3,93)
	VOT_k	0,00 (0,00)	36,20 (11,81)

Tabelle V.19: Patient 3 M. Parkinson (1,2/3: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_t	131,20 (44,63)	122,20 (39,82)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k	146,20 (26,59)	97,60 (6,02)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	183,40 (16,90)	NS	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt	197,00 (13,36)	185,60 (15,14)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt	108,80 (9,12)	185,00 (9,79)	160,65 (18,42)
	Verschl_p	95,60 (13,27)	NS	76,04 (15,57)
	Verschl_t	76,80 (16,45)	86,00 (15,49)	57,33 (11,70)
	Verschl_k	0,00 (0,00)	NS	59,92 (14,08)
	t_Vokald	100,60 (13,14)	93,20 (19,71)	73,86 (13,18)
	k_Vokald	108,08 (9,12)	NS	71,71 (13,48)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	NS	22,00 (4,30)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t	30,60 (22,98)	29,00 (23,63)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k	37,43 (23,43)	NS	8,89 (4,82)
	VOT_t	NS	6,40 (14,31)	27,30 (10,56)
	VOT_k	0,00 (0,00)	NS	29,02 (11,50)

Tabelle V.20: Patient 3 M. Parkinson (mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (1/2; 1,2/3)	56,24 (5,85)	51,69 (6,15)	47,25 (7,44)
	Phasen des Verschlusses	SCV (1/2; 1,2/3)	571,69 (173,29)	343,85 (309,14)	1314,44 (874,61)
		ECV (1,2/3)	326,94 (121,62)	371,61 (143,72)	1483,58 (721,40)
		CV (1,2/3)	602,56 (278,73)	570,81 (146,87)	1595,43 (578,75)
		CLA (1,2/3)	139,97 (132,33)	231,99 (141,35)	593,80 (363,15)
	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-36,67 (10,62)	-41,67 (36,79)	-84,13 (28,44)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG (1/2; 1/2,3)	2,18 (1,08)	0,77 (0,46)	1,09 (0,97)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1/2; 1/2,3)	0,57 (0,37)	0,23 (0,26)	0,16 (0,46)
	Unvollständigkeit Glottaler Verschluss	IC (1/2; 1/2,3)	0,48 (0,18)	0,30 (0,06)	0,40 (0,15)

Tabelle V.21: Patient 4 M. Parkinson (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_k	116,40 (7,82)	137,00 (6,74)
Orale Geste	Sil-Zyk_k_gesamt	189,00 (7,51)	228,60 (7,05)
	Verschl_p	70,00 (6,78)	96,80 (4,96)
	Verschl_t	55,60 (6,10)	77,00 (5,95)
	k_Vokald	96,00 (7,10)	116,60 (7,05)

Tabelle V.22: Patient 4 M. Parkinson (1,2/3: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	93,00 (3,39)	89,40 (4,72)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t	119,60 (2,40)	119,60 (8,76)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k	116,40 (7,82)	137,00 (6,74)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_t_gesamt	NS	188,20 (8,75)	158,49 (20,18)
	Sil- Zyk_k_gesamt	189,00 (7,51)	228,60 (7,05)	160,65 (18,42)
	Verschl_p	NS	96,80 (4,96)	76,04 (15,57)
	Verschl_t	NS	77,00 (5,95)	57,33 (11,70)
	Verschl_k	NS	79,80 (4,08)	59,92 (14,08)
	t_Vokald	96,80 (3,11)	96,20 (5,67)	73,86 (13,18)
	k_Vokald	96,00 (7,10)	116,60 (7,05)	71,71 (13,48)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	23,20 (3,96)	25,20 (1,92)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t	22,80 (2,68)	23,40 (3,78)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k	20,40 (2,07)	21,40 (1,14)	8,89 (4,82)

Tabelle V.23: Patient 4 M. Parkinson ($p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA (1/2 NS; 1/2/3)	1714,53 (924,82)	1193,88 (691,89)	393,14 (506,27)
		ECV (1/2; 1/2,3)	2448,30 (423,44)	1302,14 (324,73)	1483,58 (721,40)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/2 NS; 1/3)	0,21 (0,11)	0,57 (0,46)	0,75 (0,64)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (NS)	0,12 (0,20)	0,23 (0,26)	0,16 (0,46)

Tabelle V.24: Patient 5 M. Parkinson (1/2: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p**	68,40 (13,64)	94,60 (6,26)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	101,80 (20,31)	126,20 (18,57)
Orale Geste	k_Vokald***	82,80 (13,17)	104,80 (17,21)
Intraartikulatorische Synchronisierung	VOT-p***	27,40 (6,54)	18,00 (7,81)
	VOT-t***	49,60 (12,38)	24,40 (6,26)

Tabelle V.25: Patient 5 M. Parkinson (1,2/3: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p**	NS	94,60 (6,26)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	106,80 (11,00)	NS	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	101,80 (20,31)	126,20 (18,57)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_t_gesamt**	190,80 (28,42)	NS	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	192,40 (15,82)	199,40 (13,90)	160,65 (18,42)
	k_Vokald***	NS	104,80 (17,21)	71,71 (13,48)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	NS	25,20 (2,77)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	18,40 (8,50)	19,00 (5,14)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k***	19,00 (9,35)	21,40 (3,13)	8,89 (4,82)
	VOT_p***	27,40 (6,54)	NS	14,90 (6,25)
	VOT_t***	49,60 (12,38)	NS	27,30 (10,56)
	VOT_k*	44,20 (18,15)	NS	29,02 (11,50)

Tabelle V.26: Patient 5 M. Parkinson ($p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV (1,2/3)	464,14 (273,32)	721,27 (199,95)	1314,44 (874,61)
		ECV (1,2/3)	561,38 (263,58)	507,81 (226,18)	1483,58 (721,40)
		CV (1,2/3)	845,97 (253,36)	873,88 (168,32)	1595,43 (578,75)
	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-43,90 (13,83)	-46,04 (10,77)	-84,13 (28,44)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1/2)	6,20 (2,12)	3,45 (1,10)	3,10 (2,34)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/2)	0,49 (0,50)	-0,14 (0,22)	0,75 (0,64)

Tabelle V.27: Patient 6 M. Parkinson (1/2: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil- Zyk_k***	158,00 (6,36)	126,00 (6,89)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt*	152,20 (8,04)	177,00 (12,32)
	Sil-Zyk_t_gesamt**	137,60 (7,12)	183,80 (14,61)
	t_Vokald***	70,80 (6,68)	104,00 (9,40)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm- Verschl_p***	20,20 (1,92)	14,20 (2,77)
	Stimm-Verschl_t***	45,40 (23,62)	20,00 (5,29)
	Stimm- Verschl_k***	66,20 (6,26)	25,40 (5,59)

Tabelle V.28: Patient 6 M. Parkinson (1,2/3: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_t***	116,20 (26,70)	124,00 (12,10)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil- Zyk_k***	158,00 (6,63)	126,00 (6,89)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_t_gesamt**	NS	183,80 (14,61)	158,49 (20,18)
	Verschl_t**	NS	76,60 (13,63)	57,33 (11,70)
	Verschl_k*	NS	78,40 (19,44)	59,92 (14,08)
	t_Vokald***	NS	104,00 (9,40)	73,80 (13,18)
	k_Vokald***	91,80 (6,68)	100,60 (9,55)	71,71 (13,48)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm- Verschl_p***	20,20 (1,92)	NS	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	45,40 (23,62)	20,20 (5,29)	7,25 (4,69)
	Stimm- Verschl_k***	66,20 (6,26)	25,40 (5,59)	8,89 (4,82)
	VOT_t***	0,00 (0,00)	3,20 (7,15)	27,30 (10,56)
	VOT_k***	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	29,02 (11,50)

Tabelle V.29: Patient 6 M. Parkinson (mindestens $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV (2/3)	948,11 (169,61)	706,78 (79,06)	1314,44 (874,61)
		SCA (2/3)	77,81 (17,52)	56,92 (19,75)	393,14 (506,27)
		ECV (1,2/3)	575,13 (165,75)	406,50 (106,15)	1483,58 (721,40)
		CV (1,2/3)	789,04 (190,03)	499,93 (109,50)	1595,43 (578,75)
		CLA (1,2/3)	158,07 (43,38)	88,49 (16,79)	593,80 (363,15)
	Phase der Öffnung	OPA (2/3)	-80,20 (15,39)	-49,82 (7,97)	-84,13 (28,44)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (1,2/3)	-0,15 (0,27)	-0,51 (0,72)	0,75 (0,64)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1,2/3)	-0,45 (0,22)	-0,60 (0,64)	0,16 (0,46)

Tabelle V.30: Patient 7 M. Parkinson (1/2: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_t**	98,00 (16,85)	67,40 (11,80)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt*	154,20 (35,70)	180,00 (21,57)
	Verschl_p	73,47 (34,45)	97,60 (21,72)
	Verschl_k	84,60 (12,44)	0,00 (0,00)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	10,40 (3,78)	21,20 (24,50)
	Stimm-Verschl_t***	20,40 (4,56)	4,80 (4,54)
	VOT_k***	21,40 (6,18)	0,00 (0,00)

Tabelle V.31: Patient 7 M. Parkinson (1,2/3: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Orale Geste	Verschl_p*	NS	73,40 (34,35)	57,33 (11,70)
	Verschl_t***	82,00 (29,18)	90,00 (17,86)	57,33 (11,70)
	Verschl_k***	84,60 (12,44)	0,00 (0,00)	59,92 (14,08)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm- Verschl_p***	NS	21,20 (24,50)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	20,40 (4,56)	NS	7,25 (4,69)
	VOT_t***	13,80 (9,70)	7,00 (5,65)	27,30 (10,56)
	VOT_k***	NS	0,00 (0,00)	29,02 (11,50)

Tabelle V.32: Patient 7 M. Parkinson (mindestens $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (1,2/3)	56,24 (5,85)	51,69 (6,15)	47,25 (7,44)
	Phasen des Verschlusses	SCV (1,2/3)	571,69 (173,29)	343,85 (309,14)	1314,44 (874,61)
		CV (1,2/3)	602,56 (278,73)	570,81 (146,87)	1595,43 (578,75)
	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-36,67 (10,62)	-41,67 (36,79)	-84,13 (28,44)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG (1/2)	0,70 (0,54)	1,90 (1,01)	1,09 (0,97)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1/2)	-0,22 (0,45)	0,68 (0,37)	0,16 (0,46)

Tabelle V.33: Patientin 8 M. Parkinson (1/2: *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_t**	76,20 (5,21)	103,40 (2,07)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	115,80 (69,50)	85,00 (6,12)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt**	117,80 (5,26)	152,40 (9,81)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p**	19,80 (4,32)	14,40 (1,94)
	Stimm-Verschl_t***	11,60 (3,43)	28,20 (6,53)
	Stimm-Verschl_k***	43,40 (5,29)	11,80 (3,76)

Tabelle V.34: Patientin 8 M. Parkinson (1,2/3: *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_t***	NS	103,04 (2,07)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	115,80 (69,50)	NS	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	117,80 (5,26)	NS	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	124,60 (6,18)	NS	158,49 (20,18)
	Verschl_p**	49,20 (2,38)	NS	76,04 (15,57)
	Verschl_k*	82,60 (43,40)	NS	59,92 (14,08)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	19,80 (4,32)	NS	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	NS	28,20 (6,53)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k***	43,40 (5,29)	NS	8,89 (4,82)
	VOT_p**	6,20 (3,34)	4,80 (0,44)	14,90 (6,25)
	VOT_t***	14,00 (3,53)	NS	27,30 (10,56)
	VOT_k***	5,80 (4,55)	10,20 (3,45)	29,02 (11,50)

Tabelle V.35: Patientin 8 M. Parkinson (mindestens $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA (1/2; 1/2,3)	1451,11 (239,71)	212,04 (151,03)	454,87 (557,36)
		CLA (1/2; 1/2,3)	726,90 (104,52)	350,59 (123,42)	410,27 (322,70)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1/2)	1,95 (0,67)	2,76 (0,83)	3,02 (1,14)

Tabelle V.36: Patientin 9 M. Parkinson (1/2: *** $p < 0,001$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	116,60 (23,50)	92,60 (9,99)
	p_Vokald***	90,40 (23,68)	73,00 (5,87)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	26,20 (5,16)	19,60 (6,73)
	VOT_t*	19,00 (13,54)	34,40 (13,72)

Tabelle V.37: Patientin 9 M. Parkinson (1,2/3: *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	116,60 (23,50)	NS	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	136,40 (28,73)	139,40 (20,59)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	124,40 (24,58)	127,80 (7,46)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	198,60 (17,82)	180,60 (7,63)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	200,20 (30,43)	210,20 (28,87)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	205,40 (9,50)	204,80 (16,05)	160,65 (18,42)
	p_Vokald***	90,40 (23,68)	NS	65,88 (13,23)
	t_Vokald***	104,60 (21,52)	110,00 (18,05)	73,86 (13,18)
	k_Vokald***	101,00 (19,39)	100,60 (6,58)	71,71 (13,48)
	Verschl_t**	76,60 (17,05)	NS	57,33 (11,70)
	Verschl_k***	80,00 (13,78)	79,20 (14,83)	59,92 (14,08)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	26,20 (5,16)	19,60 (6,73)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	31,80 (17,06)	29,40 (10,85)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k***	23,40 (6,06)	27,20 (6,90)	8,89 (4,82)

Tabelle V.38: Patientin 9 M. Parkinson.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (NS)	50,25 (5,17)	52,43 (4,30)	53,95 (7,72)
	Phasen des Verschlusses	SCA (NS)	125,21 (50,48)	355,46 (269,76)	454,87 (557,36)
		ECV (NS)	706,76 (346,51)	801,28 (217,12)	690,51 (325,76)
		CV (NS)	1009,87 (233,10)	943,07 (138,15)	815,52 (415,15)
		CLA (NS)	382,76 (186,40)	574,34 (192,99)	410,27 (322,70)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	2,90 (0,82)	2,55 (0,91)	3,02 (1,14)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (NS)	0,49 (0,36)	0,52 (0,54)	0,82 (0,71)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (NS)	0,26 (0,38)	0,15 (0,31)	0,39 (0,57)

Tabelle V.39: Patientin 1 MS (1/2: *** $p < 0,001$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	92,80 (12,55)	126,00 (9,94)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	131,60 (10,11)	113,40 (26,67)
Orale Geste	Verschl_p***	105,80 (19,92)	61,80 (11,92)
	Verschl_k***	78,60 (6,73)	101,60 (17,98)
	p_Vokald***	83,40 (12,48)	119,00 (9,82)
	k_Vokald***	124,80 (10,94)	101,00 (25,44)
Intraartikulatrische Synchronisierung	VOT_p*	15,40 (7,23)	6,60 (2,70)

Tabelle V.40: Patientin 1 MS (1,2/3: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	92,80 (12,55)	126,00 (9,94)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	129,40 (12,70)	134,80 (23,70)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	131,60 (10,11)	113,40 (26,67)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	204,60 (11,32)	187,40 (12,07)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	214,40 (21,73)	213,40 (18,13)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	217,80 (12,55)	216,60 (18,04)	160,65 (18,42)
	p_Vokald***	83,40 (12,48)	119,00 (9,82)	65,88 (13,23)
	t_Vokald***	121,80 (14,99)	125,40 (22,41)	73,86 (13,18)
	k_Vokald***	124,80 (10,94)	101,00 (25,44)	71,71 (13,48)
	Verschl_p***	105,80 (19,92)	NS	76,04 (15,57)
	Verschl_k***	78,60 (6,73)	101,60 (17,98)	59,92 (14,08)
Intraartikulatorische Synchronisierung	VOT_p*	NS	6,60 (2,70)	14,90 (6,25)
	VOT_k**	14,40 (9,52)	14,00 (7,07)	29,02 (11,50)

Tabelle V.41: Patientin 1 MS ($p < 0,001$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA (1,2/3)	75,70 (33,09)	37,52 (11,74)	454,87 (557,36)
		ECV (NS)	586,59 (253,30)	514,77 (165,91)	690,51 (325,76)
		CV (2/3)	780,41 (107,41)	530,35 (19,43)	815,52 (415,15)
		CLA (1,2/3)	191,29 (67,02)	99,95 (30,82)	410,27 (322,70)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (2/3)	0,91 (0,73)	1,73 (0,37)	0,82 (0,71)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (NS)	0,46 (0,48)	0,57 (0,25)	0,39 (0,57)

Tabelle V.42: Patientin 2 MS (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	245,20 (30,51)	116,20 (9,09)
	Stimm_Sil-Zyk_t	171,80 (24,61)	148,40 (16,90)
	Stimm_Sil-Zyk_k	189,20 (20,74)	158,40 (13,66)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	318,60 (20,35)	189,60 (8,79)
	p_Vokald	225,00 (25,94)	97,20 (6,05)
	k_Vokald	170,00 (21,50)	149,20 (12,21)
Intraartikulatrische Synchronisierung	Stimm-Verschl_k	19,20 (3,56)	9,20 (1,48)

Tabelle V.43: Patientin 2 MS (1,2/3: *** p < 0,001; ** p < 0,01).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	245,20 (30,51)	116,20 (9,09)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	171,80 (24,61)	148,40 (16,90)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	189,20 (20,74)	158,40 (13,66)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	318,60 (20,35)	189,60 (8,79)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	226,80 (10,49)	214,60 (12,19)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	265,40 (18,32)	247,00 (9,51)	160,65 (18,42)
	p_Vokald***	225,00 (25,94)	97,20 (6,05)	65,88 (13,23)
	t_Vokald***	139,00 (6,96)	123,80 (8,16)	73,86 (13,18)
	k_Vokald***	170,00 (21,50)	149,20 (12,21)	71,71 (13,48)
	Verschl_t**	74,80 (11,51)	NS	57,33 (11,70)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	20,20 (5,93)	19,00 (4,00)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	32,80 (26,45)	24,60 (10,03)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k***	19,20 (3,56)	NS	8,89 (4,82)
	VOT_t**	13,00 (7,71)	NS	27,30 (10,56)

Tabelle V.44: Patientin 2 MS (mindestens p < 0,01).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV (1/2)	746,99 (165,69)	211,60 (116,88)	747,17 (505,86)
		SCA (1,2/3)	2595,54 (119,52)	2910,88 (653,38)	454,87 (557,36)
		CV (1,2/3)	1434,14 (147,12)	1635,58 (166,22)	815,52 (415,15)
		CLA (1,2/3)	1095,79 (453,79)	1283,66 (186,37)	410,27 (322,70)
	Phase der Öffnung	OPA (1/2)	-216,02 (243,41)	-132,19 (11,60)	-78,47 (28,47)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG (1,2/3)	-1,61 (0,72)	-1,39 (0,79)	0,72 (0,69)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (1,2/3)	-0,92 (0,47)	-0,63 (0,52)	0,82 (0,71)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1,2/3)	-1,14 (0,27)	-0,77 (0,38)	0,39 (0,57)

Tabelle V.45: Patientin 3 MS (1/2: *** p < 0,001; * p < 0,05).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_t***	212,60 (20,62)	172,00 (12,30)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	233,20 (78,81)	148,80 (28,70)
Orale Geste	Sil-Zyk_t_gesamt***	375,40 (17,03)	318,60 (16,93)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	424,80 (80,54)	349,20 (13,36)
	t_Vokald***	198,40 (21,45)	147,20 (14,65)
	k_Vokald***	221,20 (81,04)	140,40 (31,47)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl***_t	14,20 (5,67)	24,80 (6,14)
	VOT_p***	38,00 (30,53)	19,00 (7,41)
	VOT_t*	40,00 (12,74)	26,20 (5,97)

Tabelle V.46: Patientin 3 MS (1,2/3: *** $p < 0,001$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	167,60 (19,67)	180,60 (11,78)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	212,60 (20,62)	172,00 (12,30)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	233,20 (78,81)	148,80 (28,70)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	331,40 (18,47)	325,00 (10,17)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	375,40 (17,03)	318,60 (16,93)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	424,80 (80,54)	349,20 (13,36)	160,65 (18,42)
	p_Vokald***	148,20 (18,29)	156,00 (7,07)	65,88 (13,23)
	t_Vokald***	198,40 (21,45)	147,20 (14,65)	73,86 (13,18)
	k_Vokald***	221,20 (81,04)	140,40 (31,47)	71,71 (13,48)
	Verschl_p***	145,20 (2,16)	150,00 (10,86)	76,04 (15,57)
	Verschl_t***	137,00 (10,77)	145,20 (10,80)	57,33 (11,70)
	Verschl_k***	150,20 (17,65)	141,60 (10,35)	59,92 (14,08)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	19,40 (5,27)	24,60 (8,38)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	14,20 (5,67)	24,80 (6,14)	7,25 (4,69)
	VOT_t*	40,00 (12,74)	26,20 (5,97)	27,30 (10,56)
	VOT_k***	53,40 (26,99)	67,20 (24,52)	29,02 (11,50)

Tabelle V.47: Patientin 3 MS (mindestens $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	SCV (1/2)	1420,56 (162,34)	926,15 (453,26)	747,17 (505,86)
		ECV (1/2; 1/3)	1089,35 (270,14)	867,94 (244,04)	690,51 (325,76)
		CV (1/2; 1/3)	1137,91 (243,46)	939,17 (140,03)	815,52 (415,15)
	Phase der Öffnung	OPA (1/2)	-196,98 (299,88)	-69,35 (11,54)	-78,47 (28,47)

Tabelle V.48: Patientin 4 MS (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_k	343,00 (100,73)	222,80 (57,96)
Orale Geste	Sil-Zyk_t_gesamt	719,00 (132,16)	559,20 (162,66)
	Sil-Zyk_k_gesamt	607,60 (159,75)	398,00 (84,01)
	k_Vokald	315,80 (94,73)	183,80 (53,27)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	26,80 (7,52)	34,20 (2,94)
	Stimm-Verschl_t	27,80 (7,72)	37,40 (6,87)
	Stimm-Verschl_k	27,20 (16,75)	39,00 (7,00)
	VOT_p	11,00 (14,61)	21,80 (12,19)

Tabelle V.49: Patientin 4 MS (1,2/3: *** $p < 0,001$; * $p < 0,05$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	254,40 (37,81)	251,40 (69,64)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	428,40 (166,24)	390,80 (165,58)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	343,00 (100,73)	222,80 (5,96)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	461,60 (27,33)	553,40 (131,26)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	719,00 (132,16)	559,20 (162,66)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	607,60 (159,75)	398,00 (84,01)	160,65 (18,42)
	p_Vokald***	227,60 (34,95)	217,20 (70,33)	65,88 (13,23)
	t_Vokald***	400,60 (162,51)	353,40 (163,70)	73,86 (13,18)
	k_Vokald***	315,80 (94,37)	183,80 (53,27)	71,71 (13,48)
	Verschl_p***	223,00 (41,83)	314,40 (133,09)	76,04 (15,57)
	Verschl_t***	303,80 (212,36)	179,40 (64,58)	57,33 (11,70)
	Verschl_k***	272,40 (87,41)	187,60 (58,08)	59,92 (14,08)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	26,80 (7,52)	34,20 (2,94)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	27,80 (7,72)	37,40 (6,87)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k*	27,20 (16,75)	39,00 (7,00)	8,89 (4,82)

Tabelle V.50: Patientin 4 MS (mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (1/2)	49,06 (1,50)	50,59 (1,34)	53,95 (7,72)
	Phasen des Verschlusses	CV (1/2; 1/3)	1117,28 (166,47)	998,06 (73,44)	815,52 (415,15)
		CLA (1/2; 1,2/3)	995,24 (157,58)	898,38 (73,28)	410,27 (322,70)
	Phase der Öffnung	OPA (1/2)	-87,48 (16,46)	-69,92 (5,04)	-78,47 (28,47)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1/2)	0,33 (0,53)	0,58 (0,28)	3,02 (1,14)
	Grad Glottisöffnung	GOG (1/2; 1/2/3)	-1,65 (0,60)	-0,88 (0,65)	0,72 (0,69)
	Steilheit Glottiswelle	SKG	-1,04 (0,34)	-0,82 (0,26)	0,82 (0,71)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1,2/3)	-1,05 (0,39)	-0,97 (0,45)	0,39 (0,57)
	Unvollständigkeit Glottaler Verschluss	IC (1/3)	0,24 (0,16)	0,45 (0,26)	0,32 (0,17)

Tabelle V.51: Patient 5 MS (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	246,00 (26,56)	166,40 (6,42)
	Stimm_Sil-Zyk_t	319,80 (92,06)	149,40 (13,06)
	Stimm_Sil-Zyk_k	227,60 (49,22)	173,00 (13,05)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	341,40 (45,26)	297,60 (25,43)
	Sil-Zyk_t_gesamt	176,80 (38,30)	277,20 (32,78)
	Verschl_p	109,40 (9,28)	150,40 (26,51)
	Verschl_t	4,20 (0,60)	110,20 (27,61)
	p_Vokald	200,20 (22,28)	133,80 (9,75)
	t_Vokald	167,00 (37,99)	129,20 (17,99)
	k_Vokald	206,00 (42,94)	157,40 (15,51)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	45,80 (18,92)	32,60 (6,22)
	Stimm-Verschl_t	152,80 (56,01)	20,20 (6,09)
	VOT_p	31,80 (3,83)	13,40 (9,44)
	VOT_t	5,60 (1,25)	37,80 (16,66)

Tabelle V.52: Patient 5 MS (1,2/3: *** p < 0,001; ** p < 0,01).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	246,00 (26,56)	166,40 (6,42)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	319,80 (92,06)	149,40 (13,06)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	227,60 (49,22)	173,00 (13,05)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	341,40 (45,26)	297,60 (25,43)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	NS	277,20 (32,78)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	407,40 (55,05)	383,40 (35,98)	160,65 (18,42)
	p_Vokald***	200,20 (22,28)	133,80 (9,75)	65,88 (13,23)
	t_Vokald***	167,00 (37,99)	129,20 (17,99)	73,86 (13,18)
	k_Vokald***	206,00 (42,94)	157,40 (15,51)	71,71 (13,48)
	Verschl_p***	200,20 (22,28)	133,80 (9,75)	76,04 (15,57)
	Verschl_t***	167,00 (37,99)	129,20 (17,99)	57,33 (11,70)
	Verschl_k***	206,00 (42,94)	157,40 (15,51)	59,92 (14,08)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	45,80 (18,92)	32,60 (6,22)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	152,80 (56,01)	NS	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k***	21,60 (11,34)	15,60 (5,77)	8,89 (4,82)
	VOT_p***	31,83 (3,83)	NS	14,90 (6,25)
	VOT_t***	5,60 (1,25)	NS	27,30 (10,56)
	VOT_k**	NS	46,40 (31,95)	29,02 (11,50)

Tabelle V.53: Patient 5 MS (mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phase des Verschlusses	SCA (1/2)	495,04 (263,28)	307,73 (133,54)	393,14 (506,27)
	Phase der Öffnung	OPA (1/2)	-154,84 (222,96)	-83,84 (15,30)	-84,13 (28,44)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1,3/2)	2,72 (1,27)	-0,87 (8,71)	3,10 (2,34)
	Grad Glottisöffnung	GOG (1/2/3)	0,03 (0,96)	-1,39 (1,24)	1,09 (0,97)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/2/3)	-0,26 (0,63)	-0,78 (0,55)	0,75 (0,64)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1/2/3)	-0,43 (0,62)	-1,02 (0,32)	0,16 (0,46)

Tabelle V.54: Patient 6 MS (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	224,00 (30,90)	169,40 (22,95)
	Stimm_Sil-Zyk_t	278,00 (29,12)	162,00 (42,67)
	Stimm_Sil-Zyk_k	189,60 (17,55)	158,00 (32,30)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	389,80 (310,60)	310,60 (43,23)
	Sil-Zyk_t_gesamt	420,60 (19,08)	363,80 (18,37)
	Sil-Zyk_k_gesamt	394,80 (17,51)	359,20 (49,17)
	Verschl_p	167,60 (8,56)	146,20 (13,64)
	Verschl_t	174,00 (10,12)	149,60 (19,11)
	p_Vokald	209,60 (29,13)	141,20 (32,95)
	t_Vokald	214,20 (21,90)	135,80 (40,10)
	k_Vokald	177,20 (17,19)	142,00 (28,46)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	14,40 (2,60)	28,20 (24,38)
	Stimm-Verschl_t	63,60 (15,40)	26,20 (16,67)
	VOT_t	32,40 (7,63)	78,40 (42,27)

Tabelle V.55: Patienten 6 MS (1,2/3: *** p < 0,001; ** p < 0,01).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	224,00 (30,90)	169,40 (22,95)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	278,00 (29,12)	162,00 (42,67)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	189,60 (17,55)	158,00 (32,30)	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	389,80 (310,60)	310,60 (43,23)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	420,60 (19,08)	363,80 (18,37)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	394,80 (17,51)	359,20 (49,17)	160,65 (18,42)
	p_Vokald***	209,60 (29,13)	141,20 (32,95)	65,88 (13,23)
	t_Vokald***	214,20 (21,90)	135,80 (40,10)	73,86 (13,18)
	k_Vokald***	177,20 (17,19)	142,00 (28,46)	71,71 (13,48)
	Verschl_p***	167,60 (8,56)	146,20 (13,64)	76,04 (15,57)
	Verschl_t***	174,00 (10,12)	149,60 (19,11)	57,33 (11,70)
	Verschl_k***	170,40 (12,64)	155,40 (14,32)	59,92 (14,08)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	14,40 (2,60)	28,20 (24,38)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	63,60 (15,40)	26,20 (16,67)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k**	NS	16,00 (4,84)	8,89 (4,82)
	VOT_t***	NS	78,40 (42,27)	27,30 (10,56)
	VOT_k***	47,20 (10,28)	61,81 (30,77)	29,02 (11,50)

Tabelle V.56: Patient 6 MS (mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phase der Öffnung	OPA (1,2/3)	-56,63 (50,32)	-53,47 (26,03)	-84,13 (28,44)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (1/2; 1/2/3)	6,04 (1,68)	11,69 (5,96)	3,10 (2,34)
	Grad Glottisöffnung	GOG (1/2; 1,3/2)	1,56 (0,79)	2,72 (1,26)	1,09 (0,97)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (1,2/3)	1,23 (0,30)	1,60 (0,55)	0,75 (0,64)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1,2/3)	0,66 (0,55)	0,96 (0,87)	0,16 (0,46)
	Unvollständigkeit Glottaler Verschluss	IC (1/2)	0,29 (0,10)	0,42 (0,22)	0,40 (0,15)

Tabelle V.57: Patientin 7 MS (1/2: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_k	107,00 (15,28)	82,00 (8,12)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	204,00 (10,04)	188,20 (8,52)
	Sil-Zyk_t_gesamt	198,00 (13,74)	205,60 (14,85)
	Sil-Zyk_k_gesamt	222,60 (13,06)	201,60 (11,67)
	k_Vokald	96,80 (11,03)	72,40 (8,38)

Tabelle V.58: Patientin 7 MS (1,2/3: *** p < 0,001; * p < 0,05).

Produktions- aspekte	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontroll- gruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p*	94,20 (14,07)	NS	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	107,00 (15,28)	NS	80,60 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	204,00 (10,04)	188,20 (8,52)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	198,00 (13,74)	205,60 (14,85)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	222,60 (13,06)	201,60 (11,67)	160,65 (18,42)
	k_Vokald***	96,80 (11,03)	NS	71,71 (13,48)
	Verschl_p***	111,80 (6,76)	105,20 (2,28)	76,04 (15,57)
	Verschl_t***	94,20 (7,42)	86,40 (9,34)	57,33 (11,70)
	Verschl_k***	86,40 (9,34)	89,40 (6,84)	59,92 (14,08)

Tabelle V.59: Patientin 7 MS (mindestens p < 0,01).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	Mit Stimulation (sd)	Ohne Stimulation (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV (1/3)	1011,77 (266,01)	883,23 (320,78)	690,51 (325,76)
		CV(1/2; 1/2/3)	1397,41 (214,05)	1100,59 (180,27)	815,52 (415,15)
	Phase der Öffnung	OPA (1/2; 1/2,3)	-145,76 (28,50)	-96,51 (12,32)	-78,47 (28,47)
Akustische Analyse	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/2; 1/2,3)	-1,80 (1,31)	-0,24 (1,13)	0,25 (1,25)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (1/2; 1/2,3)	-1,05 (0,76)	-0,19 (0,69)	0,02 (0,85)

Tabelle V.60: Patient 1 Longitudinal ($p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_k (1,5/10)	166,40 (41,86)	212,80 (71,11)	430,80 (461,50)
Orale Geste	Sil-Zyk_k_gesamt (1,5/10)	315,80 (30,91)	298,20 (60,48)	585,40 (469,54)
	k_Vokald (1,5/10)	155,40 (44,19)	173,40 (52,32)	420,60 (459,84)
Intraartikulatori- sche Synchronisierung	Stimm-Verschl_t (1,5/10)	8,80 (1,92)	16,80 (8,28)	39,60 (23,54)
	Stimm-Verschl_k (1,5/10)	10,20 (4,76)	11,00 (2,82)	39,40 (31,59)

Tabelle V.61: Patient 1 Longitudinal (1.S,5.S,10.S/3: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)	Kontrollgruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	170,80 (11,51)	154,80 (56,45)	182,60 (39,39)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t	224,80 (3,70)	192,80 (42,54)	229,40 (49,30)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k	166,40 (41,86)	212,80 (71,11)	430,80 (461,50)	80,68 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	295,00 (13,96)	265,40 (44,21)	256,40 (33,44)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt	355,80 (8,95)	309,60 (52,29)	316,20 (11,77)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt	NS	NS	585,40 (469,54)	158,84 (20,18)
	p_Vokald	156,20 (11,51)	129,60 (31,21)	142,80 (40,97)	65,88 (13,23)
	t_Vokald	216,00 (2,34)	176,00 (43,53)	189,80 (29,62)	73,86 (13,18)
	k_Vokald	NS	NS	420,60 (459,84)	71,71 (13,48)
	Verschl_p	126,60 (5,98)	115,80 (13,14)	98,80 (32,75)	76,04 (15,57)
	Verschl_t	114,80 (6,18)	106,80 (44,69)	110,20 (36,07)	57,33 (11,70)
	Verschl_k	124,80 (7,62)	114,20 (29,14)	NS	58,11 (17,03)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	NS	NS	39,80 (18,26)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t	NS	NS	39,60 (23,54)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k	NS	NS	39,40 (31,59)	8,89 (4,82)

Tabelle V.62: Patient 1 Longitudinal (mindestens $p < 0,05$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG-Analyse	Öffnungsquotient	OQ1 (1/10)	56,11 (5,64)	52,66 (3,35)	48,90 (8,22)	47,29 (7,44)
Akustische Analyse	Grad Glottisöffnung	GOG (1/5,10; 10/1,11)	1,25 (0,31)	0,26 (0,96)	0,17 (1,09)	1,08 (0,97)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (1/10; 10/1,11)	0,50 (0,32)	-0,02 (0,75)	-0,09 (0,69)	0,74 (0,65)
	Geschwindigkeit Glottaler Verschluss	RCG (10/11)	-0,18 (0,26)	-0,23 (0,63)	-0,41 (0,58)	0,15 (0,47)

Tabelle V.63: Patient 2 Longitudinal ($p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)
Orale Geste	Verschl_t (1/5,10)	90,20 (12,81)	98,20 (23,38)	138,20 (34,80)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p (1/10)	22,60 (7,30)	25,00 (5,52)	32,60 (15,37)
	VOT_p (1/10)	21,80 (10,75)	14,60 (4,72)	9,00 (1,87)

Tabelle V.64: Patient 2 Longitudinal (1.S,5.S,10.S/3: *** p < 0,001; ** p < 0,01).

Produktions- aspekte	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)	Kontrollgruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p***	114,00 (11,24)	132,60 (17,24)	138,40 (11,28)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t***	125,40 (22,56)	159,60 (37,74)	148,00 (24,75)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k***	153,20 (64,94)	157,20 (38,77)	123,40 (21,82)	80,68 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt***	227,60 (8,53)	230,80 (12,27)	238,00 (10,17)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt***	268,60 (58,33)	237,40 (26,04)	252,00 (38,63)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt***	267,40 (40,82)	276,40 (36,73)	274,40 (28,47)	158,84 (20,18)
	p_Vokald***	NS	107,60 (14,09)	105,80 (15,99)	65,88 (13,23)
	t_Vokald***	103,20 (21,69)	121,20 (14,78)	119,20 (19,86)	73,86 (13,18)
	k_Vokald***	123,80 (43,28)	125,60 (30,16)	101,40 (19,19)	71,71 (13,48)
	Verschl_p***	127,20 (6,72)	108,60 (7,56)	25,00 (5,52)	76,04 (15,57)
	Verschl_t***	90,20 (12,81)	98,20 (23,38)	138,20 (34,80)	57,33 (11,70)
Verschl_k***	112,60 (43,09)	123,80 (20,72)	122,60 (28,72)	58,11 (17,03)	
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p***	22,60 (7,30)	25,00 (5,52)	32,60 (15,37)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t***	22,20 (7,15)	29,40 (23,45)	28,80 (13,14)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k**	29,40 (22,98)	31,60 (19,33)	NS	8,89 (4,82)

Tabelle V.65: Patient 2 Longitudinal (mindestens p < 0,05).

Analyse- methode	Analyseansatz	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG- Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV (1,5,10/11)	213,40 (135,65)	97,07 (51,67)	89,93 (42,48)	593,80 (363,15)
		CV (1,5,10/11)	497,69 (211,51)	588,06 (243,18)	578,52 (212,76)	1595,43 (578,75)
		CLA (1,5,10/11)	757,82 (399,23)	765,04 (576,28)	698,00 (341,11)	1483,58 (721,40)

Tabelle V.66: Patientin 1 Longitudinal (mindestens $p < 0,01$).

Produktions- aspekte	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p (1/5,10)	137,00 (12,28)	179,00 (15,44)	182,40 (8,38)
	Stimm_Sil-Zyk_t (1,10/5)	211,60 (23,46)	268,00 (16,85)	227,20 (14,70)
	Stimm_Sil-Zyk_k (1/5,10)	228,20 (11,30)	297,20 (42,61)	287,80 (27,28)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt (1/10)	270,60 (21,80)	304,60 (22,56)	332,80 (26,00)
	Sil-Zyk_t_gesamt (1/5,10)	324,20 (32,31)	385,20 (18,49)	358,00 (18,64)
	Sil-Zyk_k_gesamt (1/5)	371,40 (21,07)	435,20 (53,31)	426,40 (41,80)
	p_Vokald (1/5,10)	114,20 (13,98)	153,60 (15,37)	152,40 (9,68)
	t_Vokald (1,10/5)	198,20 (24,21)	253,00 (15,62)	210,60 (15,42)
	k_Vokald (1/5,10)	212,00 (9,24)	281,60 (43,37)	269,00 (25,48)
	Verschl_t (1/10)	102,00 (8,68)	104,80 (5,76)	124,00 (7,24)

Tabelle V.67: Patientin 1 Longitudinal (1.S,5.S,10.S/3: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)	Kontrollgruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	137,00 (12,28)	179,0 (15,44)	182,40 (8,38)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t	211,60 (23,46)	268,00 (16,85)	227,20 (14,70)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k	228,20 (11,30)	297,20 (42,61)	287,80 (27,28)	80,68 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	270,60 (21,80)	304,60 (22,56)	332,80 (26,00)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt	324,20 (32,31)	385,20 (18,49)	358,00 (18,64)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt	371,40 (21,07)	435,20 (53,31)	426,40 (41,80)	158,84 (20,18)
	p_Vokald	114,20 (13,98)	153,60 (15,37)	152,40 (9,68)	65,88 (13,23)
	t_Vokald	198,20 (24,21)	253,00 (15,62)	210,60 (15,42)	73,86 (13,18)
	k_Vokald	212,00 (9,24)	281,60 (43,37)	269,00 (25,48)	71,71 (13,48)
	Verschl_p	141,00 (11,76)	138,40 (6,80)	160,20 (27,16)	76,04 (15,57)
	Verschl_t	102,00 (8,68)	104,80 (5,76)	124,00 (7,24)	57,33 (11,70)
	Verschl_k	109,40 (16,86)	109,00 (18,05)	110,80 (23,14)	58,11 (17,03)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	22,80 (4,08)	25,40 (2,60)	30,00 (2,44)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t	NS	NS	16,60 (2,70)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k	NS	NS	18,80 (3,34)	8,89 (4,82)
	VOT_k	50,00 (5,56)	NS	NS	29,02 (11,50)

Tabelle V.68: Patientin 1 Longitudinal.

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	5. Sitzung (sd)	10. Sitzung (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG- Analyse	Phasen des Verschlusses	SCA (NS)	502,98 (370,89)	655,08 (350,00)	490,89 (110,78)	454,87 (557,36)
		ECV (NS)	710,78 (66,78)	879,65 (234,00)	790,77 (77,98)	690,51 (325,76)
		CLA (NS)	592,38 (103,88)	431,67 (93,10)	499,48 (132,68)	410,27 (322,70)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (NS)	2,09 (0,45)	2,64 (0,30)	2,16 (0,39)	2,96 (1,15)
	Grad Glottisöffnung	GOG (NS)	0,46 (0,54)	0,53 (0,34)	0,70 (0,89)	0,72 (0,69)

Tabelle V.69: Patientin 2 Longitudinal (p < 0,001).

Produktions- aspekte	Parameter	1. Sitzung (sd)	2. Sitzung (sd)	3. Sitzung (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p (1/2/3)	405,80 (73,35)	497,60 (68,14)	622,20 (31,61)
	Stimm_Sil-Zyk_t (1/2/3)	498,60 (42,32)	538,60 (24,69)	677,00 (73,97)
	Stimm_Sil-Zyk_k (1/2/3)	513,80 (149,18)	430,20 (172,44)	649,80 (100,79)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt (1,2/3)	495,00 (64,49)	497,60 (68,14)	727,20 (235,41)
	Sil-Zyk_t_gesamt (1,2/3)	538,40 (72,22)	545,60 (19,73)	794,20 (313,80)
	Sil-Zyk_k_gesamt (1,2/3)	514,80 (147,06)	536,00 (188,24)	743,20 (311,59)
	p_Vokald (1/2/3)	284,20 (56,46)	349,20 (58,37)	465,80 (80,41)
	t_Vokald (1/2/3)	384,00 (56,79)	429,40 (25,31)	553,20 (106,62)
	k_Vokald (1,2/3)	337,00 (78,33)	338,20 (139,81)	462,80 (110,94)
	Verschl_p (1,2/3)	189,60 (64,75)	148,40 (13,06)	258,60 (161,82)
	Verschl_t (1,2/3)	149,20 (27,15)	116,20 (29,48)	241,00 (216,45)
	Verschl_k (1,2/3)	176,80 (84,24)	192,20 (102,76)	280,40 (214,76)
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p (1/2,3)	121,60 (49,24)	148,40 (13,06)	156,40 (66,86)
	Stimm-Verschl_k (1,3/2)	176,80 (84,24)	92,00 (81,72)	187,00 (57,71)
	VOT_p (1/2,3)	21,20 (26,24)	0,00 (0,00)	2,80 (6,26)

Tabelle V.70: Patientin 2 Longitudinal (1.S,2.S,3.S/3: $p < 0,001$).

Produktions- aspekte	Parameter	1. Sitzung (sd)	2. Sitzung (sd)	3. Sitzung (sd)	Kontrollgruppe (sd)
Glottale Geste	Stimm_Sil-Zyk_p	405,80 (73,35)	497,60 (68,14)	622,20 (31,61)	75,75 (13,50)
	Stimm_Sil-Zyk_t	498,60 (42,32)	538,60 (24,69)	677,00 (73,97)	81,11 (13,62)
	Stimm_Sil-Zyk_k	513,80 (149,18)	430,20 (172,44)	649,80 (100,79)	80,68 (12,93)
Orale Geste	Sil-Zyk_p_gesamt	495,00 (64,49)	497,60 (68,14)	727,20 (235,41)	156,82 (18,58)
	Sil-Zyk_t_gesamt	538,40 (72,22)	545,60 (19,73)	794,20 (313,80)	158,49 (20,18)
	Sil-Zyk_k_gesamt	514,80 (147,06)	536,00 (188,24)	743,20 (311,59)	158,84 (20,18)
	p_Vokald	284,20 (56,46)	349,20 (58,37)	465,80 (80,41)	65,88 (13,23)
	t_Vokald	384,00 (56,79)	429,40 (25,31)	553,20 (106,62)	73,86 (13,18)
	k_Vokald	337,00 (78,33)	338,20 (139,81)	462,80 (110,94)	71,71 (13,48)
	Verschl_p	189,60 (64,75)	148,40 (13,06)	258,60 (161,82)	76,04 (15,57)
	Verschl_t	149,20 (27,15)	NS	241,00 (216,45)	57,33 (11,70)
Verschl_k	176,80 (84,24)	192,20 (102,76)	280,40 (214,76)	58,11 (17,03)	
Intraartikulatorische Synchronisierung	Stimm-Verschl_p	121,60 (49,24)	148,40 (13,06)	156,40 (66,86)	9,87 (3,89)
	Stimm-Verschl_t	114,60 (55,47)	109,20 (22,86)	123,80 (64,75)	7,25 (4,69)
	Stimm-Verschl_k	176,80 (84,24)	92,00 (81,72)	187,00 (57,71)	8,89 (4,82)
	VOT_p	21,20 (26,24)	0,00 (0,00)	2,80, (6,26)	14,90 (6,25)
	VOT_t	5,20 (5,97)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	27,30 (10,56)
	VOT_k	1,00 (2,23)	5,60 (12,52)	0,00 (0,00)	29,02 (11,50)

Tabelle V.71: Patientin 2 Longitudinal (mindestens $p < 0,01$).

Analyse- methode	Analyseansätze	Parameter	1. Sitzung (sd)	2. Sitzung (sd)	3. Sitzung (sd)	Kontrollgruppe (sd)
EGG- Analyse	Phasen des Verschlusses	ECV (3/11)	604,81 (94,69)	655,02 (106,42)	423,25 (73,87)	690,51 (325,76)
		CLA (3/11)	158,63 (38,64)	327,02 (77,42)	111,98 (34,54)	410,27 (322,70)
	Phase der Öffnung	OPA (3/11)	-62,82 (12,52)	-76,40 (7,70)	-38,38 (7,09)	-78,47 (28,47)
Akustische Analyse	Öffnungsquotient	OQG (3/11)	3,11 (2,41)	4,44 (0,85)	6,11 (1,55)	3,02 (1,14)
	Grad Glottisöffnung	GOG (3/11)	1,11 (0,99)	2,44 (0,88)	3,03 (1,83)	0,72 (0,69)
	Steilheit Glottiswelle	SKG (3/11)	0,99 (0,02)	1,15 (0,77)	2,59 (2,11)	0,82 (0,71)