

Computergestützte Stimmanalyse

im Rahmen der Stimmarbeit nach dem Konzept Schlaffhorst-Andersen

Jens Kramer

ZUSAMMENFASSUNG. Im Rahmen der Stimmarbeit gewinnt die computergestützte Stimmanalyse zunehmend an Bedeutung. Die Programme können in der Diagnostik, der Stimmtherapie – und im Unterricht gute Methoden zur Begleitung sein. Sie setzen eine gewisse Einarbeitung voraus und bedürfen der Begleitung durch kompetente Fachleute. Anhand von Stimmfeldern und Spektrogrammen wird hier die Wirksamkeit stimmtherapeutischer Interventionen mit Hilfe des Konzeptes Schlaffhorst-Andersen dargestellt. Es werden Kriterien für die Diagnostik angeboten und an Beispielen erläutert sowie Anregungen für die praxisorientierte stimmtherapeutische Arbeit gegeben.

Schlüsselwörter: Computergestützte Stimmanalyse – Schlaffhorst-Andersen – Stimmfeld – Spektrogramm – Tragfähigkeit – Kriterien zur Diagnostik

Einführung

Die Programme zur computergestützten Stimmanalyse haben verschiedene Zielsetzungen und entsprechend unterschiedliche Möglichkeiten in der Verwendung (Tab. 1). Sie sind somit nur bedingt vergleichbar. Auch die Programme, die hier vorgestellt werden, sind unterschiedlich komplex, z.T. auch einfach und bedienerfreundlich. Alle Programme haben Stärken und Schwächen.

Mit Verfahren der computergestützten Stimmanalyse werden die Stimmen der Studierenden im 1., 3. und im 6. Semester im Rahmen der Ausbildung an der CJD-Schule Schlaffhorst-Andersen untersucht. Auf diese Weise ergibt sich eine Eingangs-, Verlaufs- und Abschlussdiagnostik. Bisher fanden im Zeitraum von 15 Jahren etwa 2 000 Erhebungen statt. Während dieser Zeit haben wir mit verschiedenen Programmen Erfahrungen gesammelt. Es wurden diagnostische Kriterien entwickelt und verfeinert. Die Ergebnisse finden bei uns Eingang in die konkrete Stimmarbeit. Zugleich werden v.a. Spektrogramme in Therapie und Unterricht verwendet.

In diesem Artikel werden mit dem *Over-tone Analyzer* von *Sygyt Software* und dem *Stimmfeld VDC* von *WEVOSYS* zwei Verfahren bzw. Teile von Verfahren herausgegriffen, die empfohlen werden können. Auch andere Programme sind qualitativ hochwertig, für unsere speziellen Anliegen haben wir uns jedoch für diese beiden Verfahren entschieden, die sich in unserer Arbeit gut ergänzen

und unseren Ansprüchen am nächsten kommen. Dabei kann gesagt werden, dass sich viele Erwartungen erfüllt haben, manche jedoch auch nicht. Bedauerlich beim Paket Stimmfeld VDC ist, dass die Anwendungen zum DSI-Wert sowie zur Bestimmung der Irregularität, des Rauschens und des Gesamtgrades oft Fehler zeigen und daher hier ausgeklammert werden.

Zielsetzungen und Rahmenbedingungen computergestützter Stimmanalyseverfahren

Der Gewinn der computergestützten Stimmanalyse in stimmtherapeutischen wie auch gesangspädagogischen Kontexten ist vielfältig (vgl. *Minnema & Stoll, 2008*):

- **Objektivierung des Befundes:** Durch die klare Erhebung und Darstellung der Messdaten ergeben sich objektive und damit vergleichbare Ergebnisse, die die subjektiv-auditiven Eindrücke ergänzen. Wichtig dabei ist, dass die Daten immer nur Teilaspekte der Stimme und nicht die Stimme als Ganzes darstellen, sowie eine Interpretationskompetenz des Diagnostizierenden voraussetzen.
- **Befunderhebung und Therapieplanung:** Durch die Darstellungen lassen sich Besonderheiten der Stimme darstellen. Sie dienen somit der Befunderhebung und sind u.a. Ausgangspunkt bei der

Jens Kramer ist Förderschullehrer für Kinder mit sprachlichen Beeinträchtigungen sowie für Erziehungshilfe, Diplom-Sonderpädagoge und Medizinischer Sprachheilpädagoge. An der CJD Schule Schlaffhorst-Andersen / Schule für Atem-, Sprech- und Stimmbildung in Bad Nenndorf ist er als Dozent für Sprachbehindertenpädagogik und computergestützte Stimmanalyse tätig und leitet den Bad Nenndorfer Therapietag. Darüber hinaus ist er freier Mitarbeiter der Sprachtherapeutischen Praxis Thomas Babbe in Bad Pyrmont und Hannover und hat Lehraufträge an den Universitäten Hannover, Hamburg, Rostock und Köln im Bereich Sprachbehindertenpädagogik beziehungsweise Psychologie der Behinderten.



Therapieplanung bzw. der Entwicklung von Lernzielen im Gesangsunterricht.

- **Kommunikation mit Therapeuten, Ärzten und Gesangslehrern:** Mit dieser Form der Datenerhebung lässt sich eine gemeinsame Ebene der Vergleichbarkeit der Informationen herstellen; eine hilfreiche Transparenz ist die Folge.
- **Dokumentation des Therapieverlaufs:** Die eindeutigen Darstellungen ermöglichen eine sehr gute Dokumentation. Ausgehend von einer Eingangsdiagnostik lässt sich der Verlauf klar veranschaulichen. Dies dient zum einen der Vergewisserung der eigenen Arbeitsweise, zum anderen aber auch als Beleg gegenüber Dritten. Zudem bietet dies eine Transparenz des Erfolgsprozesses für den Patienten bzw. Schüler.
- **Biofeedback:** Dabei wird der Computer als Medium zur Veranschaulichung genutzt. Spektrogramme wie etwa im *Over-tone Analyzer* bieten sich dafür sehr gut an, weil sie eine Echtzeitanalyse der Stimmqualität abbilden. Zum einen gibt es die Möglichkeit, Gehörtes wiederzugeben, also ein *auditives*

Konzept Schlaffhorst-Andersen

In der Stimm- und Sprechtherapie nach Schlaffhorst-Andersen werden die Wechselwirkungen zwischen den Funktionskreisen Atmung, Stimme und Bewegung/Aufrichtung genutzt. Darüber hinaus wird die Korrelation von vegetativen, motorischen und seelischen Funktionen berücksichtigt. Durch Einwirkungen auf einen der Funktionskreise werden die anderen Bereiche mit beeinflusst. Die ganzheitliche Herangehensweise basiert auf den Grundlagen der Anatomie, Physiologie, Neurophysiologie und Psychoneuroimmunologie.

Ziel des Konzeptes ist die Regeneration der Stimm- und Atemfunktion über eine Balance der genannten Funktionskreise. Die Arbeit an der Atemfunktion hat somit neben den direkten Stimmübungen eine elementare Bedeutung in der Stimmarbeit. Ihre wesentlichen Ziele sind: Wiederherstellung des individuellen 3-teiligen Atemrhythmus unter besonderer Berücksichtigung der muskulären Lösungsphase, Erhaltung des unwillkürlichen Einatemimpulses, Vergrößerung des Atemvolumens, Optimierung des Anblasedrucks, Koordination von Atmung, Stimme und Bewegung, Eutonisierung aller beteiligten Muskelgruppen zur Ökonomisierung der Atemarbeit und zur Vergrößerung der Resonanzräume.

Das Konzept Schlaffhorst-Andersen wird sowohl therapeutisch eingesetzt als auch prophylaktisch und pädagogisch/künstlerisch. Darüber hinaus findet es Anwendung im psychosomatischen Bereich (Lang, 2000).

Feedback anzubieten. Dies hat den Vorteil, das Produzierte – was als solches ja vergänglich ist – zu reproduzieren und mit entsprechenden Fragestellungen der Reflexion zuzuführen. Es kann also als Medium dienen, um auf der Metaebene reflektiv arbeiten zu können.

Zum anderen bietet die visuelle Feedback die Möglichkeit, mit dem gleichen Fokus den Gegenstand zudem zu visualisieren. Besonders hilfreich dabei ist, dass das flüchtige Produkt, also die Phonetik, festgehalten und visualisiert wird. Besonders günstig ist dies für Patienten, die mit Hilfe von visuellen Informationen gut lernen können. Im weiterführenden diagnostischen Sinne ist es deshalb hilfreich, sich mit den individuellen Lernkanälen näher zu beschäftigen (vgl. Markova, 1993).

Indem nun dem Patienten ausgewählte Kriterien der Beurteilung der Stimme dargestellt werden, kann er seine eigene Stimme auf eine alternative Weise erkennen und verstehen. Möglich ist zudem, dass er lernt, wünschenswerte Ergebnisse selbst zu modifizieren. Hierbei ist es wichtig, dass eine fachkompetente Begleitung erfolgt, weil es natürlich primär darum geht, eine gesunde Stimmfunktion zu erzielen, und die Gefahr besteht, zu sehr die Visualisierung im Fokus zu haben. Das heißt, dass die computergestützte Stimmanalyse immer nur Medium sein und den Therapeuten oder Pädagogen nicht ersetzen kann.

Für die Anwendung computergestützter Stimmanalyseverfahren ist es wichtig darauf zu achten, die Rahmenbedingungen konstant zu halten. Nur so bleiben die Messergebnisse

vergleichbar und angemessen interpretierbar. Allgemein wird im Stehen gemessen, weil dies der Realität des Gesamtkörpertonus und damit der spontanen Stimmgebung am nächsten kommt. Der Abstand zum Mikrofon beträgt 30 cm, es dürfen keine störenden Geräusche auftreten, die die Messung beeinflussen. Der Raum darf Wohnzimmerrakustik haben (vgl. Nawka, 2006, S. 30).

Das Stimmfeld im Rahmen der Stimmarbeit nach dem Konzept Schlaffhorst-Andersen

Die Stimmfeldmessung ist eine quantitative Messung des Lautstärken- und Tonhöhen-

umfangs einer Stimme (synonym werden die Begriffe „Phonetogramm“ bzw. „Stimmumfangprofil“, engl. „voice range profile“ verwendet) (vgl. Nawka, 2006, und Schneider & Bigenzahn, 2007).

In den letzten Jahren gibt es im deutschsprachigen Raum mit DiVAS und lingWAVES nun zwei Programme, die zusätzlich die Untersuchung der Tragfähigkeit mit in dieses Verfahren integrieren und somit auch qualitative Aspekte der Stimme berücksichtigen.

Im Rahmen unserer langjährigen Arbeit und ihrer Dokumentation ist uns aufgefallen, dass die dargestellten Kompetenzen der Probanden stark von der Aufgabenstellung abhängen. Das Besondere des Konzeptes Schlaffhorst-Andersen liegt darin, den Zusammenhang von Körper, Stimme und Atmung zu beachten und für die Arbeit zu nutzen. Zugleich wird die emotionale Ebene der Stimmfunktion berücksichtigt. Dadurch wird die Möglichkeit des Betroffenen stark beeinflusst, seine Kompetenzen optimal zu nutzen.

Im Folgenden sind zwei Stimmfelder der gleichen Person zu sehen. Beide Felder wurden innerhalb einer Stunde zunächst ohne und dann mit Übungen des Konzeptes Schlaffhorst-Andersen erstellt.

Für die Erhebung des Stimmfeldes hat der Proband – in diesem Fall die Probandin – zunächst den Auftrag, auf dem Vokal [a:] ab der mittleren Lage so leise wie möglich in Halbtönen in die Tiefe zu phonieren. Anschließend wird ebenso leise von der mittleren Lage in die Höhe gesungen. Auf diese Weise wird die Kompetenz der leisesten bildbaren Töne erfasst. „Wegen der Schwier-

■ Tab. 1: Verfahren zur computergestützten Stimmanalyse – Anbieter

Software	Anbieter	Homepage	Freeware	Vollversion
Overtone Analyzer	Sygyt Software	www.sygyt.com	ja	99 € bis 249 €
Praat	Institute of Phonetic Sciences	www.praat.org	ja	nein
Estill Voice Print	Estill Voice Training	www.trainmyvoice.com	nein	45 €
VoceVista-Pro	VoceVista	www.vocevista.com	nein	300 € bis 600 €
WaveSurfer	KTH Royal Institute of Technology	www.speech.kth.se/wavesurfer	ja	nein
Audacity	AudacityStore.com	www.audacity.sourceforge.net	ja	nein
DiVAS Stimmdiagnostik	XION medical	www.xion-medical.com	nein, Demoversion	980 €
lingWAVES	WEVOSYS	www.wevosys.com	nein	ab 990 €
CSL- MDVP / Visi-Pitch IV	Kay Elemetrics Corp.	www.heinemann-ent.de	nein	2 344 € bis 3 148 €

Die Angebote unterscheiden sich erheblich und sind deshalb nur bedingt zu vergleichen. Einige Anbieter haben sowohl Freeware-Pakete als auch Teil- und Vollversionen im Programm. Letztere haben deutlich mehr Funktionen, aber auch ihren Preis. Es gibt durchaus Gratisversionen, die sehr hilfreiche Informationen für die Arbeit bieten. Zudem gibt es Anbieter mit zeitlich begrenzten Testversionen.

rigkeit des Anstimmens leiser Stimmklänge nach maximaler Stimmanstrengung wird zuerst die Kurve bei leisest möglicher Phonation bestimmt“ (Nawka, 2006).

Im Folgenden besteht der Auftrag, ab der mittleren Lage so laut wie möglich in Halbtönschritten in die Tiefe zu singen und anschließend in die Höhe. Dabei kann es sinnvoll sein, zur Vermeidung eines harten Stimmsatzes vor das phonierte [a:] ein [j] zu setzen. Sollte es dem Probanden nicht möglich sein bestimmte Passagen darzustellen, kann es helfen, über die angebotene Klaviatur den entsprechenden Ton vorzugeben.

Geht es um die rein quantitative Erfassung des Stimmfeldes, so ist die Messung hiermit beendet. Im Ergebnis hat man nun eine Reihe von möglichen Informationen:

- Tonhöhen- und Lautstärkenumfang und dadurch ggf. Einschränkungen im Stimmumfang; normal sind etwa 2 Oktaven = 24 Halbtöne in der Tonhöhe und > 35 dB in der Dynamik
- Maximaler Schalldruckpegel beim lauten Singen; normal > 90 dB bei mindestens einer Frequenz
- Minimaler Schalldruckpegel beim leisen Singen; normal < 55 dB bei mindestens einer Frequenz
- Verschiebungen der Stimme in tiefere oder höhere Frequenzbereiche
- Anheben der Kurve der leisestmöglichen Phonation bei schlechtem Ansprechen der Stimme durch pathologische Veränderungen
- Tonlücken, das heißt Töne, die nicht oder zumindest nicht so laut gebildet werden können
- Intensitätsminderungen im gesamten Frequenzbereich oder in Teilen. Es ist zudem zu erkennen, ob sich die Leisest- und die Lautestkurve als gleichmäßige Kurven darstellen oder ob es zu Brüchen kommt. So lassen sich z.B. Registerbrüche zwischen Brust- und Kopfreister darstellen. Weiterhin kann man bei Sängern ablesen, zu welcher Stimmgattung sie tendieren (vgl. auch Nawka, 2006; Schneider & Bigenzahn, 2007).

Das Programm *lingWAVES* und auch das (hier nicht näher behandelte) Programm *DiVAS* bieten zudem die Möglichkeit, qualitative Informationen zur Tragfähigkeit der Stimme darzustellen. Bei *DiVAS* wird allerdings nur die Tragfähigkeit der Lautestkurve gemessen; bei *lingWAVES* hingegen für das gesamte Stimmfeld. Dafür hat der Proband die Aufgabe, das Feld zwischen der Leisest- und der Lautestkurve zu füllen. Sinnvollerweise geht man hier je Laut vom Fortebereich aus und lässt den Ton abschwellen.

Abbildung 1 zeigt das Stimmfeld einer gesunden Frauenstimme (22 Jahre). Es ist zu erkennen, dass der Tonhöhenumfang 31 Halbtöne und der Umfang der Lautstärke 58 dB umfasst. Der leiseste gebildete Ton liegt bei 44 dB, der lauteste bei 102 dB. Die quantitativen Merkmale sind damit leicht überdurchschnittlich. Der Registerwechsel ist in Ansätzen bei a' (440 Hz) zu erkennen. Das Feld deutet auf die Stimmgattung Mezzosopran hin.

Was nun die Tragfähigkeit der Stimme betrifft, so wird die Intensität durch Farben dargestellt. Die unterschiedlichen Rottöne bedeuten hier 10-35%, orange und gelb 40-50% und die Grüntöne 55-95% Tragfähigkeit.

Zu erkennen ist hier besonders im Fortebereich ein großes Feld, das sich durch gute bis sehr gute Tragfähigkeit auszeichnet. Dieses Feld umfasst ein knappes Drittel des gesamten Stimmfeldes. Wichtig in der Beachtung ist laut Anbieter die Grenze zwischen orange/gelb hin zu grün. Diese Grenze sollte im Rahmen des Unterrichts oder einer Therapie möglichst weit gesenkt bzw. das grüne Feld ausgedehnt werden.

Im Folgenden wurde mit derselben Probandin direkt im Anschluss an das zuvor erhobene und hier dargestellte ein weiteres Stimmfeld erstellt (Abb. 2). Bei „Zweitmessungen ergibt sich bei Stimmungsübten ein größeres Stimmfeld, bei Sängern tritt dieser Übungseffekt nicht ein“ (Nawka, 2006). Die Probandin war stimmgeübt, jedoch keine professionelle Sängerin; insofern waren leichte quantitative

Veränderungen zu erwarten, die sich im Verlauf auch bestätigt haben.

Bei dieser Messung wurde eine verbesserte Spannung der Einatemmuskulatur und eine gute Atemführung als Ausgang der Bildung des [a:] angeboten. Die Einatmung wurde durch unterstützende Maßnahmen vertieft und die Muskulatur auch während der Phonation aktiv gehalten. Zudem gab es Angebote zur Abstimmung der Resonanzfähigkeiten des Vokaltraktes. Hieraus resultierte eine verbesserte Tragfähigkeit.

Zu erkennen ist, dass der Tonhöhenumfang 34 Halbtöne und der Lautstärkenumfang 69 dB umfassen. Die Veränderung beträgt somit 3 Halbtöne und 11 dB, das Stimmfeld ist also deutlich größer als zuvor. Besonders aber fallen die Veränderungen der qualitativen Merkmale der Tragfähigkeit ins Auge: Das grüne Feld ist erheblich gewachsen und umfasst nun weit mehr als die Hälfte des gesamten Stimmfeldes. Die untere Grenze ist im Schnitt um 10-15 dB gesunken.

An diesem Beispiel kann belegt werden, dass während der Erhebung des Stimmfeldes durch Einsatz von Übungen des Konzeptes Schlaffhorst-Andersen die Quantität und die Qualität der Stimme maßgeblich beeinflusst werden. Methodisch fanden Atemfunktion und Haltung sowie Tonusregulation Beachtung. Eine besonders große Rolle spielte die innere Anteilnahme (Emotionalität, Vorstellungsbilder, etc.). Es hat sich gezeigt, dass die Qualität der Tongebung hierdurch stark beeinflusst wird und nicht nur auf die Funktion

Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit wird durch den Sängerformanten bestimmt und ist ein Phänomen der Resonanz, das sich durch eine Intensitätssteigerung spezifischer Obertöne im Bereich 3 000 Hz darstellt.

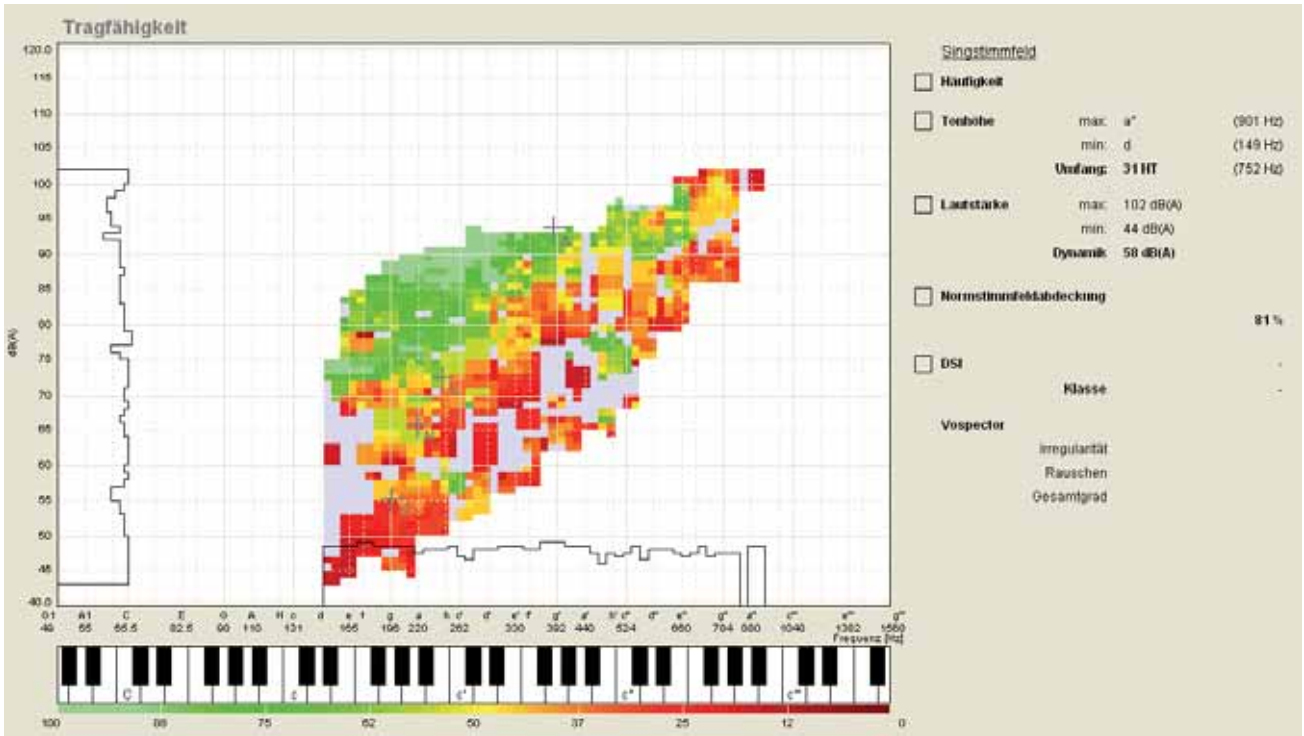
Ein Formant kann aus einem, aber auch mehreren Obertönen bestehen. Neben den beiden Vokalformanten – die hier nicht Gegenstand der Abhandlung sind – ist der erste Sängerformant (F3) besonders wichtig, weil er die Lautwahrnehmung entscheidend prägt (vgl. Stolze, 2009). Ist die Intensität dieses Formanten in Bezug zu den umgebenden Obertönen deutlich erhöht (> 10 dB), handelt es sich um eine günstige klangliche Zusammensetzung der Stimme. Auf diese Weise wird eine Tragfähigkeit, Brillanz und Durchdringungsfähigkeit der Stimme erreicht. Dies ist wichtig, damit sich die Stimme dem Hörer gut vermitteln kann. Sänger haben die Möglichkeit, sich im Bereich von 3 000 Hz Gehör zu verschaffen, weil in diesem Frequenzbereich ein Orchester weniger intensiv ist.

Den gleichen Effekt können Lehrer in der Schule nutzen: Sie haben oft mit einem hohen Geräuschpegel im Unterricht zu tun und müssen versuchen, trotz Störgeräuschen ökonomisch und stimmphysiologisch gesund zu sprechen.

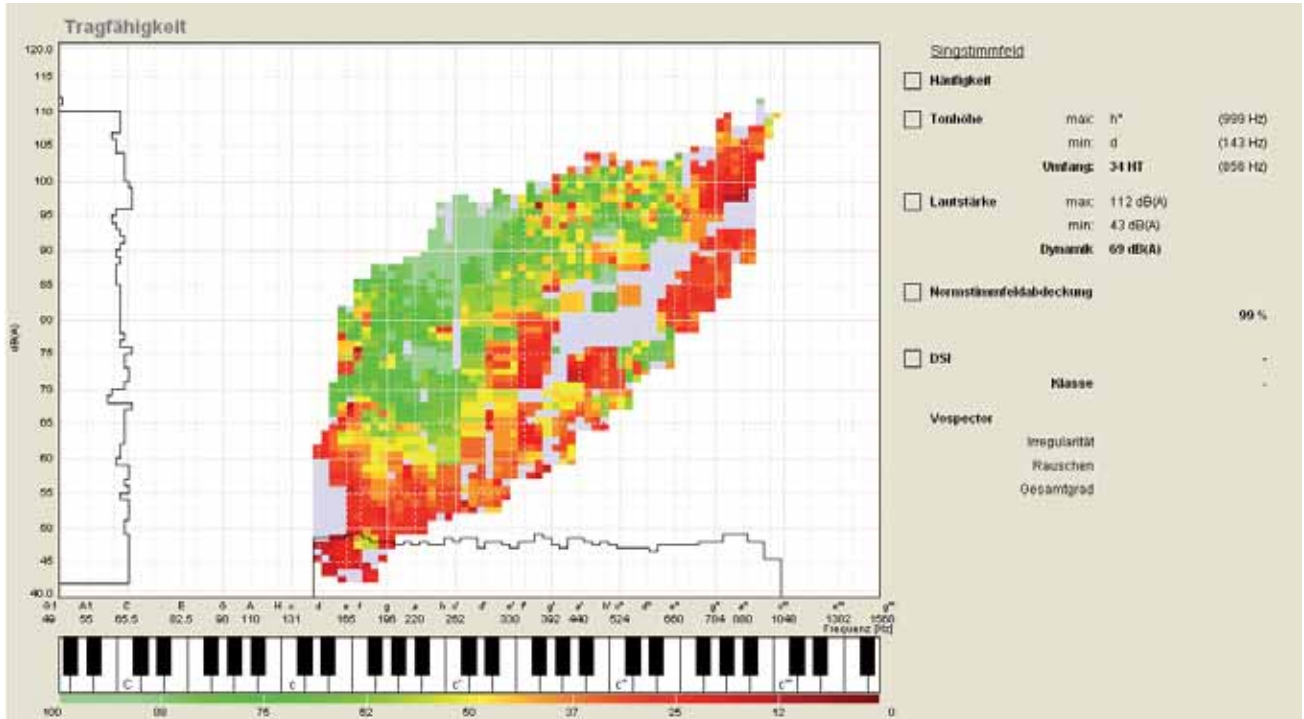
Es ist wichtig, dass Sänger bzw. Sprecher trotz zusätzlicher auditiver Informationen mit ihrer Stimme beim Adressaten gut ankommen und zwar nicht ausschließlich durch die Erhöhung der Lautstärke, die oft eine zu hohe Anstrengung bedeutet, sondern qualitativ besser durch die Intensivierung spezifischer Obertöne.

Im Gesangsunterricht wie auch in der Therapie mit Stimmpatienten kann es deshalb angezeigt sein, eine Optimierung des Formanten im Bereich 3 000 Hz zu erreichen und damit die Tragfähigkeit zu optimieren.

■ Abb. 1.: lingWAVES-Stimmfeld – Tragfähigkeit; Frauenstimme *ohne* Übungen



■ Abb. 2.: lingWAVES-Stimmfeld – Tragfähigkeit; Frauenstimme *mit* Übungen nach dem Konzept Schlaffhorst-Andersen



der beteiligten stimmerzeugenden Organe reduziert werden kann. Somit stellt sich in der Klanganalyse zugleich auch das Körperempfinden dar.

Im Rahmen unserer Ausbildung wird u.a. auf diese Weise die Entwicklung der Stimmen unserer Studierenden in Langzeitdokumentationen erfasst und die Effektivität der Ausbildung zum Atem-, Sprech- und Stimmlehrer dargestellt. Selbstredend ist die gewählte Herangehensweise ebenso auf pathologische Zusammenhänge übertragbar. Behandlungen lassen sich auf diese Weise objektiv dokumentieren. Denkbar wäre auch ein Vergleich unterschiedlicher Lehrmethoden.

Analyse der Tragfähigkeit mit Hilfe von Spektrogrammen

Das Spektrum eines Stimmsignals stellt die vom Sprecher oder Sänger genutzten Frequenzen zu einem bestimmten Zeitpunkt dar. In ihm werden die Obertöne abgebildet, die zur Bildung eines Klanges verwendet werden. Dabei haben die verschiedenen Obertöne unterschiedliche Bedeutungen. Ein Spektrogramm ist eine Aneinanderreihung von Spektren und stellt den zeitlichen

Verlauf der verwendeten Obertöne dar. Der Begriff „Spektrogramm“ wird synonym mit dem Begriff „Sonogramm“ verwendet.

Spektrogramme dienen in der Diagnostik und in der konkreten Stimmarbeit dazu, einen Ausschnitt der Stimme detaillierter im Hinblick auf qualitative Parameter zu betrachten. „Eine besondere Ungenauigkeit in der herkömmlichen Stimmdiagnostik besteht bei der Beurteilung der Tragfähigkeit einer Stimme. In der Regel werden Resonanzphänomene mit Begriffen wie ‚resonanzarm, ausgewogen, wechselnd, resonanzreich, brillant, etc.‘ beschrieben“ (Minnema & Stoll, 2008).

Mit Hilfe computergestützter Stimmanalyseverfahren „lässt sich im Spektrogramm die Energie der Obertöne darstellen und das individuelle Stimmtimbre visualisieren“ (Minnema & Stoll, 2008). Gesungene Passagen sind dabei deutlich einfacher zu analysieren als gesprochene Passagen. Besonders eindeutig sind gesungene Vokale bzw. Vokalreihen zu interpretieren, weil hier, wie mit einem Mikroskop, ein bestimmter Ausschnitt extrahiert werden kann.

Während der Erhebungssituation haben die Probanden den Auftrag, die Vokale [i:], [e:], [a:], [o:] und [u:] verbunden (legato), mez-

zoforte (mittellaut) und in einer bequemen mittleren Stimmlage zu phonieren. Dabei haben sie die Möglichkeit, Vorstellungsbilder zu nutzen oder ihre Phonation durch Bewegung zu unterstützen. Hilfreich ist es im Rahmen einer Skalierung (0-10) die allgemeine Tagesform des Probanden und die Uhrzeit zu notieren, da die Ergebnisse hierdurch maßgeblich beeinflusst werden können.

Bei der Interpretation der erhobenen Daten ist es wichtig, dass die Darstellungen für den Probanden repräsentativ sind. Insofern ist es sinnvoll, wenn die Erhebungen durch stimmgeschulte und mit den Probanden vertraute Fachpersonen durchgeführt werden. Die Kriterien zur Beurteilung der Singstimme mit Hilfe des Spektrogrammes sind in der Tabelle 2 dargestellt.

In der Abbildung 3 findet sich eine Eingangsdiagnostik einer Probandin. Die Bedingungen der beiden dargestellten Erhebungen waren bezogen auf Tagesform und Uhrzeit vergleichbar.

Der *Overtone Analyzer* bietet folgendes Bild: Links wird die Klaviatur mit den jeweiligen Hertz-Zahlen angegeben. Diese sind variabel einzustellen, je nachdem in welchem Bereich man einen Fokus setzen möchte. In der Mitte befindet sich das eigentliche Spektrogramm. Rechts wird das FFT-Spektrogramm dargestellt, bei dem eine Momentaufnahme des [a:] angeboten wird (an der Stelle des Spektrogramms, der von der senkrechten Linie markiert wird). Anders als die rein farbliche Darstellung beim herkömmlichen Spektrogramm wird die Intensität ergänzend durch den „Ausschlag“ nach rechts repräsentiert. Also je weiter der Ausschlag nach rechts reicht, desto stärker die Intensität des jeweiligen Obertons.

In der Darstellung des Spektrogramms lassen sich von links nach rechts die typischen Obertonbereiche für die Vokale [i:], [e:], [a:], [o:] und [u:] erkennen. Bei [i:] werden die Obertöne nach 0,7sec vollständig und damit erst recht spät aufgebaut. Beachtenswert ist, dass zwischen den Obertönen keine Geräusche zu erkennen sind; die Obertöne kommen somit gut zur Geltung. Eine Ausnahme findet sich beim [a:] im unteren Frequenzbereich. Hier sind, besonders zwischen dem 4. und 5. Oberton, Geräusche festzustellen. Dies lässt sich besonders deutlich im FFT-Spektrogramm auf der rechten Bildseite erkennen. Hier wird die Intensität der einzelnen Obertöne noch einmal sehr deutlich dargestellt. Zwischen den einzelnen Obertönen sollten die Geräusche möglichst gering sein, damit die Obertöne gut zur Geltung kommen. Die Geräusche sollten hier noch im blauen Bereich bzw. unter 30dB liegen. In dieser Darstellung ist ersichtlich,

■ Tab. 2: Kriterien zur Beurteilung der Singstimme mit Hilfe eines Spektrogramms

Wie lässt sich der Stimmeinsatz hinsichtlich der Obertondarstellung beschreiben?

- Hier ist es interessant, ob der Proband beim Stimmeinsatz die Obertöne bereits zu Beginn im gesamten Spektrum bildet oder sie erst nach und nach aufbaut. Werden die Obertöne unmittelbar von Beginn an vollständig dargestellt, kann dies auf einen harten Stimmeinsatz hinweisen. Geübte Sänger verwenden einen weichen Stimmeinsatz. Zu lange sollte der Aufbau der Obertöne jedoch nicht dauern.

Sind die Obertondarstellungen klar voneinander abgegrenzt oder verschwimmen sie?

- Findet sich zwischen den Obertönen „Schnee“, so deutet dies auf Geräuschbeimengungen hin. Es ist günstig, wenn diese Informationen zwischen den Obertönen unter 30dB und damit nicht hörbar sind.

Sind die Obertondarstellungen durchgängig oder intervallartig?

- Es sollte zu keinen Brüchen (so genannten „voice breaks“) über den gesamten Obertonbereich kommen. Solche Brüche stellen sich als Aussetzer der Stimme dar.
- Auch bei geschulten Stimmen können einzelne Obertöne zwischenzeitlich abbrechen und ihre Energie anderen Obertönen abgeben. Dies stellt dann ein besonderes Charakteristikum der jeweiligen Stimme dar.
- Gleichmäßige Intervalle (5-7 je Sekunde) deuten auf ein Lautstärkenvibrato hin.

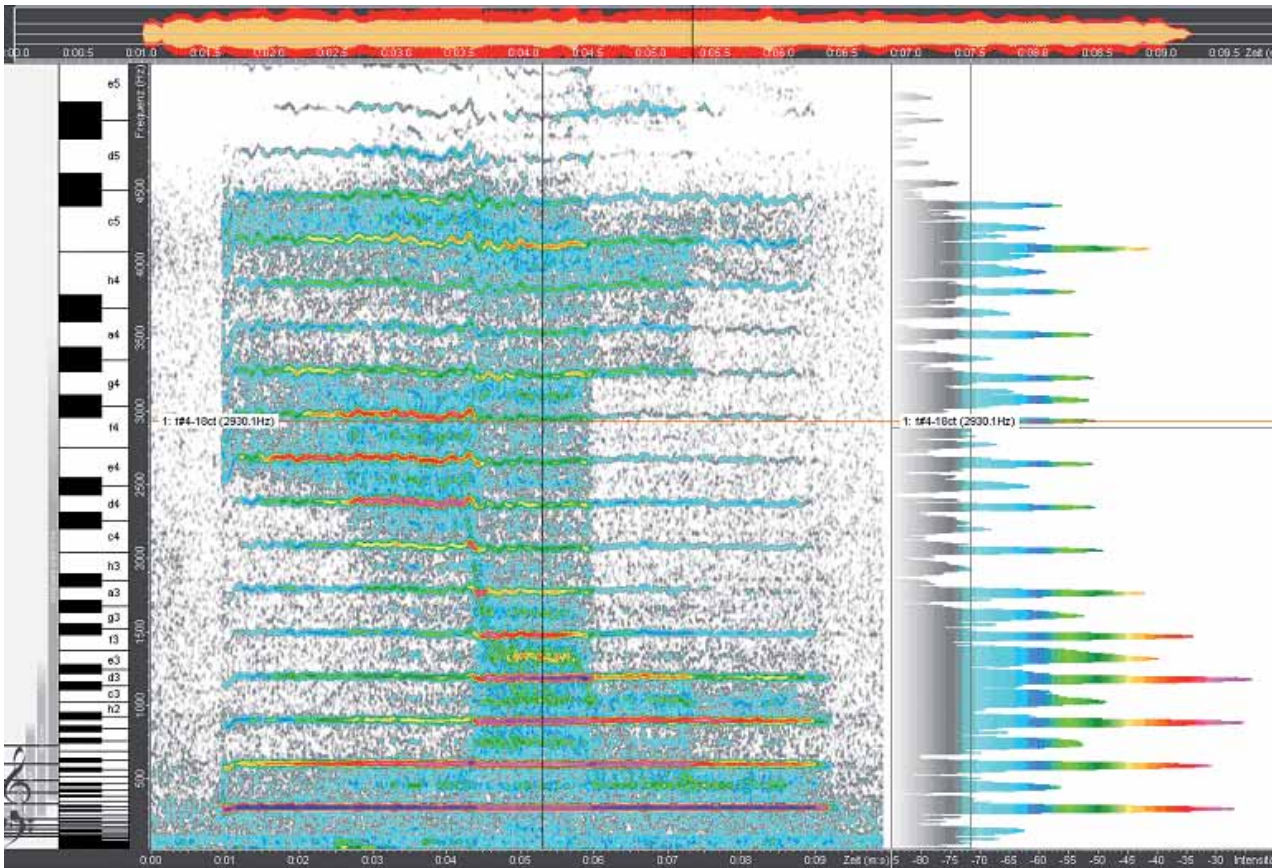
Sind Schwingungen bei den Obertondarstellungen festzustellen?

- Unregelmäßige Schwingungen zeigen eine Variabilität der Stimme. Eine solche Variabilität kann je nach Ausprägung und Entwicklungsgeschichte bedeuten, dass eine feste Stimme sich löst oder aber auch, dass sie zu wenig Führung und Orientierung hat.
- Finden sich keine Schwingungen, so kann dies auf eine stark geführte Stimmgebung hinweisen.
- Gleichmäßige Schwingungen in der Vertikalen deuten auf ein Tonhöhenvibrato hin (5-7 je Sekunde).

Welche Obertonbereiche sind besonders ausgeprägt ?

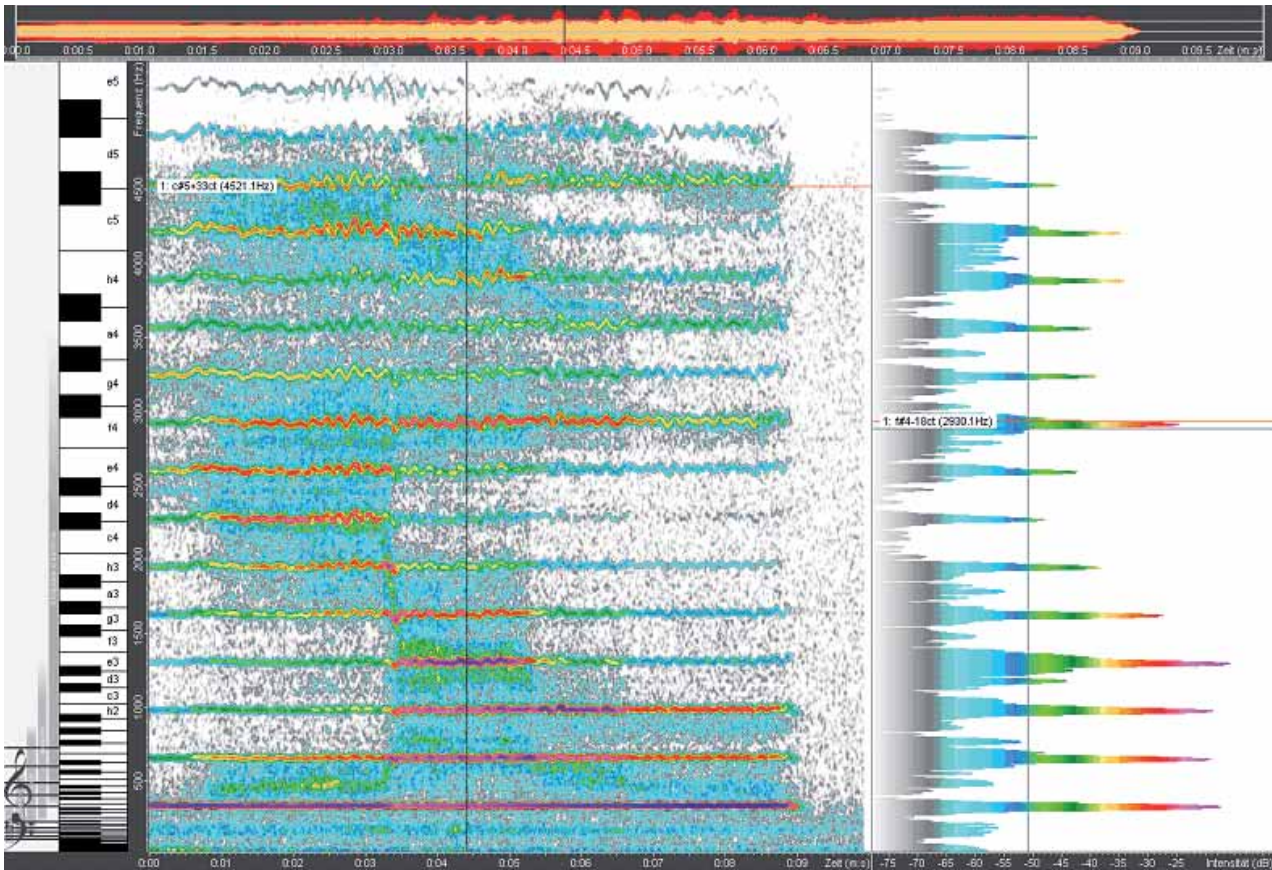
- Der Obertonbereich bis 2500Hz stellt den Bereich dar, in dem die Charakteristika der verschiedenen Vokale besondere Bedeutung haben.
- Für die Tragfähigkeit ist der Bereich um 3000Hz entscheidend (siehe Kasten zur Tragfähigkeit). Ist die Intensität in diesem Bereich mit mehr als >10dB deutlich stärker als die der umgebenden Obertöne, so wird die Stimme als besonders tragfähig oder brillant wahrgenommen und entsprechend bezeichnet.

■ Abb. 3: Spektrogramm mit FFT-Spektrogramm zu Ausbildungsbeginn (1. Semester).



Gebildet werden die Vokale wie folgt:
 [i:] von 0,01-0,025
 [e:] von 0,025-0,043
 [a:] von 0,043-0,06
 [o:] von 0,06-0,073
 [u:] von 0,073-0,092

■ Abb. 4: Spektrogramm mit FFT-Spektrogramm im 6. Semester



Gebildet werden die Vokale wie folgt:
 [i:] von 0,00-0,02
 [e:] von 0,02-0,033
 [a:] von 0,033-0,053
 [o:] von 0,053-0,067
 [u:] von 0,067-0,09

Die dargestellten Tonbeispiele sind hörbar unter www.stimmprofis.de > Direktlinks: „Computergestützte Stimmanalyse“

dass bei 1300Hz weit überdurchschnittliche Geräusche produziert werden.

Insgesamt sind die Obertöne z.T. intervallartig, jedoch kommt es zu keinem Bruch über den gesamten Obertonbereich. Leichte und unregelmäßige Schwingungen sind zu erkennen. Im Frequenzbereich um 3000Hz finden sich bei [i:] und [e:] Obertöne mit einer relativ hohen Intensität, was charakteristisch für diese Vokale ist. Das [o:] und v.a. das [u:] werden in diesem Bereich immer deutlich weniger Informationen tragen; auch dies ist charakteristisch für diese Vokale. Dennoch ist auch hier beim [o:] bereits in Ansätzen der Formant zu erkennen. Für das [a:], das hier zentral gebildet wird und Gegenstand der näheren Untersuchung durch das FFT-Spektrogramm ist, kann gesagt werden, dass die Intensität gering ist. Der Ausschlag reicht nur in den gelben Bereich, ist somit hörbar, aber für die Tragfähigkeit von untergeordneter Bedeutung.

Bei dieser Probandin sind auch bei 4000Hz Obertöne mit einer hohen Intensität zu erkennen. Insgesamt wird in diesem Beispiel eine Stimme mit qualitativ durchschnittlichen Kompetenzen bezogen auf die Obertöne dargestellt.

Die Abbildung 4 zeigt die gleiche Probandin nach 6 Semestern. Es ist bemerkenswert, dass einige Obertöne des [i:] sogleich gebildet werden und andere später hinzukommen. Der gesamte Obertonbereich ist wiederum nach 0,7s vollständig aufgebaut. Auch hier sind zumeist keine Geräusche zwischen den Obertönen festzustellen. Es findet sich kein „voice break“, also kein Stimmabbruch über den gesamten Obertonbereich. Die Schwingungen haben nun deutlich zugenommen und sind z.T. regelmäßig. Sie weisen ein Schwingungsverhalten von 5 bis 7 Hz, also 5 bis 7 Schwingungen je Sekunde auf und stellen somit ein Tonhöhen-Vibrato dar (z.B. zweite Phase des [e:]).

Der Sängerformant stellt sich bei 3000Hz durchgehend dar. Der entsprechende Oberton ist im Verhältnis zu seinen benachbarten Obertönen z.T. deutlich über 10dB stärker. Besonders deutlich wird dies im FFT-Spek-

trogramm, bei dem die Darstellung sogar bis in den violetten Bereich weit nach rechts deutet. Somit ist davon auszugehen, dass die Stimme ausgesprochen tragfähig ist und brillant erscheint. Auch im Bereich über 4000Hz hat die Intensität der Obertöne deutlich zugenommen.

Resümee

Mit Verfahren der computergestützten Stimmanalyse lassen sich objektiv spezifische Merkmale der Stimme beschreiben, analysieren und dokumentieren. Sie dienen damit der Qualitätssicherung und bieten zugleich Möglichkeiten und Anknüpfungspunkte für Therapie und Unterricht. Die beiden ausgewählten Verfahren *Stimmfeld VDC* von Wevosys und *Overtone Analyzer* von Sygyt Software dienen dazu, für zwei wichtige Bereiche Informationen zu visualisieren. Mit ihnen ist es möglich, qualifizierte Stimmarbeit zu belegen. Exemplarisch wurde hier dargestellt, wie sich die Qualität der Stimme durch die Arbeit nach dem Konzept Schlaffhorst-Andersen verbessert. Dies zum einen in einer Kurzzeitintervention im Rahmen des Stimmfeldes und zum anderen durch die Spektrogrammdarstellung in einem Langzeitvergleich.

LITERATUR

- Lang, A. (2000). Die Bedeutung der Atmung in der Stimm- und Sprechtherapie nach Schlaffhorst-Andersen. *Sprache – Stimme – Gehör* 1 (24), 22-24
- Markova, D. (1993). *Die Entdeckung des Möglichen: Wie unterschiedlich wir denken, lernen und kommunizieren*. Freiburg: VAK
- Minnema, W. & Stoll, H.-C. (2008). Objektive computergestützte Stimmanalyse mit „Praat“. *Forum Logopädie* 4 (22), 24-29
- Nawka, T. (2006). Auf der Suche nach dem verlorenen Ton – Stimmfeldmessung in der Praxis. *HNO-Nachrichten* 2, 28-33
- Schneider, B. & Bigenzahn, W. (2007). *Stimmdiagnostik – Ein Leitfaden für die Praxis*. Wien: Springer

Stolze, H. (2007). *Errata Vocologica*. http://www.forum-stimme.de/web-content/WISSEN/ERRATA/errata_kopf.html (29.6.2009)

Weiterführende Literatur

- Airainer, R. & Kingholz, S.F. (1991). Computergestützte Stimmfeldauswertung als Diagnostikhilfe bei funktionellen Dysphonien. *Laryngo-Rhino-Otologie* 70, 362-366
- Funk, S.F.A., Klabusch, M. & Lindsay, C. (2006). *Die Stimmfeldmessung*. Referat im Fach Phoniatrie an der LMU München. http://www.stimm-und-sprachtherapie.de/Referat_Stimmfeldmessung.pdf (2.9.2009)
- Goldhan, W. (2001). *Die Kennzeichen der Sängerstimme*. Tutzing: Schneider
- Habermann, G. (2001). *Stimme und Sprache*. Stuttgart: Thieme
- Hüsson, M. & Müller, C. (2007). *Ergebnisse zu subjektiven und computergestützten Messergebnissen in der Stimmanalyse*. Vortrag auf der 24. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie e.V. in Innsbruck, 28.-30.9.2007. <http://www.egms.de/en/meetings/dgpp2007/07dgpp03.shtml#Text> (15.5.2009)
- Müller, M. (2001): VoceVista. Endlich sehen, was ich schon immer hören wollte. Ein Bericht über computergestützte Stimmanalyse im Unterricht. *Üben & Musizieren* 2, 16. <http://www.musikpaedagogik-online.de/journal/um/issues/showarticle,20066.html> (15.5.2009)
- Nawka, T., Franke, I. & Galkin, E. (2006). Objektive Messverfahren in der Stimmdiagnostik. *Forum Logopädie* 4 (20), 14-21
- Saatweber, M. (1997). *Einführung in die Arbeitsweise Schlaffhorst-Andersen*. Idstein: Schulz-Kirchner
- Seidner, W. & Schutte, H.J.K. (1982). Empfehlung der UEP: Standardisierung Stimmfeldmessung / Phonotographie. *HNO-Praxis* 7, 305-307

SUMMARY. Computer-based voice analysis within the framework of voice training according to the Schlaffhorst-Andersen concept

In the context of voice training computer-based voice analysis becomes increasingly important and offers helpful methods for diagnosis, voice therapy and education. Hereby some familiarity with the topic is needed as well as support by competent experts. Spectrograms and singing/voice range profiles show the efficiency of voice therapy interventions following the Schlaffhorst-Andersen concept. Computer-based voice analysis also offers criteria for diagnosis which are explained by examples and provides suggestions for therapy practise.

KEY WORDS: Computer-based voice analysis – Schlaffhorst-Andersen – voice range profile – spectrogram – vocal range – criteria for diagnosis

Autor

Jens Kramer
CJD Schule Schlaffhorst-Andersen Bad Nenndorf
Bornstraße 20
31542 Bad Nenndorf
jkramerj@aol.com
www.cjd-schlaffhorst-andersen.de