

# Moderne Stimm diagnostik

## Hilfsmittel, Untersuchungsprozedur, Auswertung und Interpretation

*Ben Barsties*

**ZUSAMMENFASSUNG.** In den letzten Jahren haben zahlreiche internationale Publikationen die Bedeutung subjektiver und objektiver Messverfahren für die Stimm diagnostik nachgewiesen. Für den klinischen Alltag werden Hilfsmittel, Untersuchungsprozedur, Auswertung und Interpretation vorgestellt, die aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigen und eine Dysphonie zuverlässiger und umfassender bestimmen lassen, als dies mit herkömmlichen Verfahren möglich ist. Das Stimm diagnostikschema umfasst vier Bereiche: akustische-, psychoakustische- und aerodynamische Messungen sowie Selbstwahrnehmung. Die Auswahl der Parameter ergibt sich aus der Forderung nach qualitativer Aussagekraft und Robustheit der Messverfahren bei vertretbarem Zeitaufwand und überschaubaren Anschaffungskosten.

**SCHLÜSSELWÖRTER:** Stimm diagnostik – objektive Messung – subjektive Messung – Selbstwahrnehmung – ELS-Protokoll

### Einleitung

Bei der Stimm diagnostik werden Daten in unterschiedlichen Bereichen erhoben. *Hirano* (1981) unterscheidet drei Kategorien, wobei unterschiedliche Verfahrensweisen von direkter/indirekter Messung, Observation und Perzeption zur Anwendung kommen und verschiedene Parameter beim Prozess der Stimmproduktion erfasst werden: (1) Regulation der Stimmlippenschwingung, (2) Stimmlippenschwingungsverhalten und (3) Stimmklang (*Hirano* 1981, 10). Der vorliegende Beitrag greift auf zwei Kategorien zurück: den Stimmklang (objektiv-akustisch und subjektiv-psychoakustisch) und die Regulation der Stimmlippenschwingung (Aerodynamik und Selbstwahrnehmung).

In logopädischen Praxen basiert die Stimm diagnostik in der Regel auf diesen zwei Bereichen. Zur Durchführung gehören das Anamnesegespräch, die Überprüfung der Atmung und Haltung, die Bestimmung von Tonumfang und mittlerer Sprechstimmlage (beides perzeptiv), die perzeptive Beurteilung der Stimmqualität und die Selbsteinschätzung des Stimmpatienten durch oftmals nicht standardisierte Verfahrensweisen.

Aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse, die in den letzten Jahrzehnten gewonnen wurden, ergibt sich hierbei ein Aktualisierungsbedarf. So werden für die moderne Stimm diagnostik in der klinischen Routine objektive Messverfahren immer notwendi-

ger. Diese sind zum einen erfreulicherweise bezahlbarer geworden und zum anderen für den Patienten sowie den weiteren Therapieverlauf professionellere, deutlichere und transparentere Instrumente. Weiterhin ergibt sich eine höhere Zuverlässigkeit und Robustheit in der Bewertung. Schließlich unterliegen sie im Vergleich zu subjektiven Messverfahren einer geringeren Anzahl von Störfaktoren.

Anfänge bezüglich eines standardisierten Verfahrens für die Stimm diagnostik im europäischen Raum machte im Jahre 2001 das ELS-Protokoll (*Dejonckere et al. 2001, Friedrich 2006*). Dabei wurden fünf Bereiche der Stimm diagnostik aufgegriffen: Perzeption, Videolaryngostroboskopie, aerodynamische Messungen, akustische Messungen und subjektive Selbstevaluation.

Der vorliegende Artikel stellt ein Stimm diagnostikschema vor, das auf der bewährten Struktur des ELS-Protokolls (*Friedrich 2006*) basiert, aber ausschließlich Verfahren zur Messung des Stimmklangs und der Regulation der Stimmlippenschwingung nach neuesten wissenschaftlichen Standards und Erkenntnissen berücksichtigt. Dabei versucht der Autor aufzuzeigen, wie man zu einem bestmöglichen Verhältnis zwischen Anschaffungskosten, Durchführungseffizienz und qualitativer Aussagekraft gelangen kann. Weiterhin soll der Beitrag Hilfestellung leis-

**Ben Barsties** schloss 2011 an der Hogeschool Zuyd in Heerlen (NL) das Studium der Logopädie mit dem Bachelor of Health/ Speech Language Therapy ab. Sein fachlicher Schwerpunkt sind die Diagnostik, Therapie und Prävention von Stimmstörungen. Momentan arbeitet er mit belgischen und niederländischen Kollegen an wissenschaftlichen Projekten zur Stimm diagnostik und zum Einfluss verschiedener Faktoren auf die Stimmmerkmale. Im Wintersemester 2012 wird er einen Masterstudiengang der Logopädiawissenschaft beginnen.



ten hinsichtlich der Untersuchungsprozedur, Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

### Hilfsmittel zur subjektiven und objektiven Stimm diagnostik

Subjektive Messverfahren ergeben sich aus der Psychoakustik, der Einschätzung und Erfahrung des Untersuchers und Selbstwahrnehmung des Patienten anhand standardisierter Fragebögen.

Für objektive Messverfahren sollte ein moderner Computer zur Verfügung stehen, der allerdings über keinerlei Extras verfügen muss. Hinsichtlich der Kompatibilität der meisten Programme und des Preis-Leistungsverhältnisses ist ein Windows-Betriebssystem anzuraten.

Für akustische Stimmanalysen gibt es zahlreiche Computerprogramme in unterschiedlichen Preiskategorien (*Kramer 2009*) sowie kostenfreie Programme, die kostenpflichtiger Software qualitativ nicht nachstehen. Ein sehr häufig verwendetes und umfangreiches Programm ist *Praat* (*Boersma 2001, Boersma & Weenink 2010*). Es wird immer mehr für wissenschaftliche Arbeiten verwendet und bietet vielfältige Möglichkeiten (*De Bodt et al. 2008, Minnema & Stoll 2008*).

Für spezielle Stimmqualitätsmessungen kann das Programm *Speech Tool* (*Hillenbrand*

2010) verwendet werden. Es ist ebenso wie Praat kostenfrei und stammt von *Hillenbrand* und Kollegen (1994) und *Hillenbrand* und *Houde* (1996). Es ermöglicht zwei cepstrale Messungen: den *Cepstral Peak Prominence (CPP)* und den *smoothed CPP (CPPs)*.

Zu diskutieren ist darüber hinaus die Anschaffung bestimmter Hardware-Elemente, dies betrifft zum einen die Wahl des Mikrofons und zum anderen das dazu gehörige Digitalisierungsmedium.

Grundsätzlich gelten für Mikrofone, die für die Stimm- und Sprachanalyse verwendet werden, bestimmte Kriterien. Als erstes sollte es ein Kondensatormikrofon mit Nierenrichtcharakteristik sein (*Deliyski et al. 2005b*, *Baken & Orlikoff 2000*, *Titze & Winholtz 1993*), um für eine konzentrierte Aufnahme der Stimmquelle zu sorgen (*Titze & Winholtz 1993*, *Švec & Granqvist 2010*).

Das Frequenzspektrum sollte den Übertragungsbereich der menschlichen Stimme ausreichend abdecken und zwischen 20 und 20 000 Hz liegen (*Baken & Orlikoff 2000*). Der Frequenzkurvenverlauf sollte einen flachen Verlauf mit max. 2 dB Abweichung im Bereich von 20 bis 8 000 Hz aufweisen, idealerweise sogar bis 20 000 Hz (*Švec & Granqvist 2010*).

Jedes Bauteil im Mikrofon erzeugt ein gewisses Grundrauschen, das als Äquivalenzschalldruckpegel in dB(A) ausgedrückt wird. Dieser Wert gibt die erforderliche Mindestlautstärke einer Schallquelle an, um das Eigenrauschen des Mikrofons zu übertönen. Der Wert sollte mindestens 15 dB unterhalb der zu erreichenden leisesten Intensität der Stimme liegen (*Švec & Granqvist 2010*). Da die menschliche Stimme nicht leiser als 40 dB werden kann (*Nawka & Wirth 2008*), sollte der Äquivalenzschalldruckpegel demnach unterhalb von 25 dB(A) liegen.

Auf der anderen Seite sollte der zu analysierende Grenzschalldruckpegel (gemessen mit 3 % Klirrfaktor) so hoch sein, das die maximale Intensität einer Stimme auch gemessen werden kann (*Švec & Granqvist 2010*), d.h. rund 126 dB (*Nawka & Wirth 2008*).

Ein weiterer Aspekt betrifft die Empfindlichkeit des Mikrofons. Eine hohe Empfindlichkeit bedarf nur einer geringen Verstärkung, wodurch der Rauschpegel des Mikrofons gering gehalten wird. Von daher sollte die Empfindlichkeit bei Kondensatormikrofonen nicht weniger als -60 dB aufweisen (*Titze 1995*).

Zuletzt stellt sich noch die Frage der Wahl zwischen Bügel- oder Handmikrofon. Die Vorteile eines Bügelmikrofons sind ein immer gleichbleibender Abstand zur Stimmquelle sowie eine deutliche Reduzierung von Umgebungsgeräuschen (*Titze & Winholtz 1993*,

*Švec & Granqvist 2010*) und damit die besten Ergebnisse bei Perturbationsmessungen erzielt (*Titze & Winholtz 1993*).

Von Nachteil ist der sogenannte Proximity-Effekt, der tiefere Frequenzen verstärkt und somit akustische Analysen verfälschen kann. Modernere Bügelmikrofone sind hier in der Lage, diesen Effekt zu reduzieren oder beinahe aufzuheben (*Švec & Granqvist 2010*).

Bei Handmikrofonen ist ein Abstand von 30 cm gängig, den der Patient durchweg konstant halten sollte. Dementsprechend müssen Nebengeräusche im Raum mehr beachtet werden. Das bedeutet, dass die Raumlautstärke sowie Schallreflexionen (z.B. Echophänomene) reduziert werden müssen. Dabei hilft ein Schallabsorber, der um das Mikrofon aufgestellt wird.

Generell ist für Mikrofone eine Kalibrierung der Intensität mithilfe eines Schallpegelmessgeräts erforderlich, um valide Auswertungen für Lautstärkenmessungen (wie im Stimmfeld) zu erhalten. Eine Anleitung hierfür zeigen *Winholtz* und *Titze* (1997) für Bügelmikrofone, wobei der Aufbau auch für Handmikrofone verwendet werden kann, mit dem Unterschied, dass das Handmikrofon neben dem Schallpegel-Messgerät aufgestellt wird.

Zur Digitalisierung des analogen Mikrofonsignals stehen zwei gängige Systeme mit USB-Anschluss zur Auswahl: ein Mischpult oder eine externe Soundkarte. Vorteile der Mischpult-Systeme sind bessere und vielseitigere Einstellungsmöglichkeiten des Signals. Das Handling bedarf aber meistens fortgeschrittener Kenntnisse.

Für alle Aufnahmen sollte ein ruhiger Raum mit geringen Umgebungsgeräuschen von unterhalb 50 dB(C) genutzt werden, da ansonsten zuzügliche Messfehler beim analysierenden Stimmsignal zu erwarten sind (*Titze 1995*). Neuere Studien empfehlen ein Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) zwischen 30 bis 42 dB(A). Je näher der SNR dem Wert von 42 dB(A) kommt, desto genauer kann eine Fehlerwahrscheinlichkeit von unterhalb 1 % garantiert werden. Das Stimmsignal sollte für die erforderliche Zuverlässigkeit bei einer Stimmanalyse 30 dB(A) höher sein als die Umgebungsgeräusche. Dies bedeutet, dass bei einer Phonation von z.B. 75 dB die Umgebungsgeräusche im Bereich von 33 bis 45 dB(A) liegen sollten (*Deliyski et al. 2005a*, *Deliyski et al. 2006*).

Schließlich wird noch ein Spirometer für bestimmte aerodynamische Messungen benötigt. Hier kann auf ein einfaches Spirometersystem zurückgegriffen werden, dass die expirierte Luftmenge anzeigt (*Rau & Beckett 1984*, *Degryse et al. im Druck*).

## Untersuchungsprozedur

Der Ablauf einer Stimmdiagnostik kann wie folgt aufgebaut werden, um die einzelnen Stimmparameter zu ermitteln, die anschließend im Abschnitt „Auswertung/Interpretation“ erläutert werden.

Alle akustischen Aufnahmen werden in Praat mit einer Samplerate von 44,1 kHz aufgezeichnet und im WAV-Format gespeichert. Die meisten akustischen Messverfahren werden dann mithilfe individuell geschriebener Skripte in und für Praat analysiert, wie der Voice Report (akustische Analyse vom gehaltenen Vokal), die Selektion der Phonationslänge, die Durchführung und Berechnung des Acoustic Voice Quality Index und die Darstellung des Stimmfeldes inklusive der Messwerte.

Die Untersuchung beginnt mit der Beschreibung einer alltäglichen neutralen Situation wie einer Wegbeschreibung oder eines Rezeptes, da Emotionen die *mittlere Sprechstimmlage (Speaking Fundamental Frequency)* beeinflussen können (*Breitenstein et al. 2001*, *Zraick et al. 2006*). Die Erzähllänge hierbei sollte mindestens 60 Sekunden betragen (*Zraick et al. 2005*). Im weiteren Verlauf wird die mittlere Sprechstimmlage als *nSFF* definiert.

Danach liest der Patient einen phonetisch ausbalancierten Text: „Der Nordwind und die Sonne“. Er dient als Grundlage für perzeptive Stimmqualitätsanalysen und wird auch für eine objektiv-akustische Messung verwendet.

Anschließend hat der Patient in drei Versuchen die Gelegenheit, nach maximaler Einatmung so lange wie möglich ein gehaltenes [a:] konstant auf angenehmer Lautstärke zu halten: die sogenannte *maximale Phonationszeit (MPT)*. Die MPT wird in Praat aufgezeichnet und sollte nach Möglichkeit auf *nSFF* liegen. Die Wahl der Tonhöhe für die MPT ist wichtig, da sie die Länge beeinflussen kann, und sollte dementsprechend auf der mittleren Sprechstimmlage liegen, um repräsentative Aussagen zum ökonomischen Luftverbrauch der Phonation im Vergleich zum normalen Sprechverhalten aufzuzeigen. Für die MPT-Auswertung wird der Versuch mit der längsten Phonationsdauer (in Sekunden) in Praat ausgewertet.

Die gehaltene Phonation auf [a:] wird ein letztes Mal wiederholt, aber nur für eine Dauer von ca. sechs Sekunden, um weitere Stimmqualitätsparameter zu ermitteln. Auch hierbei sollte vorzugsweise auf *nSFF* phoniert werden, da Perturbationsmessungen durch die Wahl der Tonhöhe beeinflusst werden können (*Orlikoff & Baken 1990*, *Verstraete*

et al. 1993). Die ca. sechs Sekunden dieser Aufnahme werden dann auf exakt drei Sekunden (aus dem Mittelstück der Gesamtlänge) in Praat extrahiert.

Der physiologische Stimmumfang wird in einem Stimmfeld in Praat überprüft und ausgewertet. Zuerst versucht der Patient auf verschiedenen Wegen auf dem Vokal [a:] so tief wie möglich ( $F_0$ -tief), danach so leise wie möglich ( $I$ -min), so hoch wie möglich ( $F_0$ -hoch) und zum Schluss so laut wie möglich ( $I$ -max) zu phonieren.

Einige aerodynamische Messungen werden mit dem Spirometer bestimmt. Zuerst wird die Vitalkapazität (VC) nach folgendem Ablauf überprüft: maximal einatmen und mit zugehaltener Nase ausreichend kräftig in das Gerät pusten. Der Versuch wird dreimal wiederholt und der höchste Wert evaluiert.

Danach folgt die Messung des Phonationsvolumens (PV). Hierzu phoniert der Patient in das Gerät nach maximaler Einatmung und hält den Vokal [a:] auf konstanter, angenehmer Tonhöhe sowie Lautstärke mit zugehaltener Nase (Baken & Orlikoff 2000). Auch hier werden drei Versuche unternommen und der höchste Wert evaluiert. Weitere aerodynamische Parameter ergeben sich aus den Ergebnissen von MPT, VC und PV mithilfe bestimmter Umrechnungsformeln, die im Abschnitt „Aerodynamik“ erklärt werden. Abschließend bewertet der Patient in einem standardisierten Fragebogen seine Stimmstörung.

## Auswertung und Interpretation

Abbildung 1 zeigt ein Dokumentationsschema, das die Resultate nach Kriterien und Normierung der einzelnen Messungen auflistet. Es umfasst sechs Bereiche: perzeptive Beurteilung, akustische Analyse (bei gehaltenem Vokal, multiparametrischen Indizes und Stimmleistung), Aerodynamik und Selbstwahrnehmung.

### Perzeptive Beurteilung

Im Bereich Psychoakustik wird auf das gängige Verfahren der RBH-Skalierung zurückgegriffen (Nawka et al. 1994). Die drei Faktoren Grad der Heiserkeit, Rauigkeit und Behauchtheit haben sich in mehreren Studien als praktikabel und am zuverlässigsten in der Beurteilung erwiesen (Anders et al. 1988, Dejonckere et al. 1993, Zraick et al. 2011).

### Akustische Analysen vom gehaltenen

#### Vokal: Stimmqualität

Für die Stimmqualität beim gehaltenen Vokal werden Jitter, Shimmer, Harmonizitäten-Geräusch-Verhältnis (HNR) und cepstrale

Messungen (CPP/CPs) berücksichtigt. Jitter, Shimmer und HNR sind die am häufigsten verwendeten Parameter bei der akustischen Analyse und korrelieren mit verschiedenen perzeptiven Eigenschaften vom Stimmklang. Die perzeptive Beurteilung vom Grad der Heiserkeit korreliert am stärksten mit Shimmer, HNR und CPP/CPs (Maryn et al. 2010).

In verschiedenen Studien wurde nachgewiesen, dass CPP/CPs sehr zuverlässige und valide Stimmqualitätsanalysen für einen gehaltenen Vokal oder fortlaufende Sprache berechnet (Heman-Ackah et al. 2003, Maryn et al. 2009, Lowell et al. 2011, Moers et al. im Druck). Bezogen auf die Qualität der Stimme gelten sie als genauer und zuverlässiger als andere akustische Parameter (Heman-Ackah et al. 2003, Maryn et al. 2009, Maryn et al. 2010).

Für das Stimmdiagnostikschema werden vier verschiedene Jitterberechnungen auf Frequenzperturbationsbasis aufgenommen. Wichtig ist, dass sich die Jitterberechnungen in den verschiedenen Computerprogrammen unterscheiden und es keine einheitliche Jitterformel gibt. Bei Shimmer wird die Amplitudenperturbation berechnet und im Stimmdiagnostikschema mit vier verschiedenen Berechnungen angegeben. Die Normwerte für Jitter und Shimmer basieren auf den Studienergebnissen von Caelenberghe et al. (2009). Beim HNR hat Praat einen eigenen Algorithmus und gibt in seinem Manual einen Normwert von 20 dB an (Boersma & Weenink 2010).

Schließlich kommen noch CPP (Cepstral Peak Prominence) und CPs (smoothed CPP) hinzu, deren Normwerte auch auf der Studie von Caelenberghe et al. (2009) basieren.

### Akustische Analysen durch multiparametrische Indizes: Stimmqualität

Im Stimmdiagnostikschema werden zwei Indizes aufgegriffen: der Dysphonia Severity Index (DSI) und der Acoustic Voice Quality Index (AVQI). Der DSI ist ein Vier-Variablen-Modell, das die Werte von MPT,  $F_0$ -high,  $I$ -min und Jitter-Prozent verrechnet und über den Grad der Dysphonie und Stimmstatus informiert (Wuyts et al. 2000).

Der AVQI ist ein Sechs-Faktoren-Modell zur Überprüfung der allgemeinen Stimmqualität und enthält eine Kombination aus fortlaufender Sprache und gehaltenem Vokal, die in der Originalfassung für den niederländischen Sprachraum validiert und normiert wurde (Maryn et al. 2010). Zur näheren Beschreibung des Untersuchungsablaufs sowie der Normwerte im Deutschen wird auf die Studie von Barsties und Maryn (im Druck) verwiesen.

### Akustische Analysen: Stimmleistung

Die Stimmleistungen gliedern sich in sieben Messparameter, in denen die Stimmfunktionen überprüft werden: beginnend mit dem physiologischen Stimmumfang von Tonhöhe und Intensität im Stimmfeld ( $F_0$ -hoch,  $F_0$ -tief,  $I$ -max und  $I$ -min), mit Normwerten für die Tonhöhe nach Heylen (1997) und die Intensität nach den Richtlinien im ELS-Protokoll (Dejonckere et al. 2001).

Weiterhin zählt zu dieser Kategorie auch die Auswertung von nSFF. Hierbei sollte beim Berechnungsverfahren der Median und nicht der Durchschnitt verwendet werden (Baken & Orlikoff 2000). Noch präziser wäre der Modus, diese Funktion bietet Praat aber nicht an. Als Normwerte für nSFF kann die Indifferenzlage nach Nawka und Wirth (2008) genutzt werden, um erste Anhaltspunkte für die Bewertung der mittleren Sprechstimmlage zu erhalten.

### Aerodynamik

Im Bereich Aerodynamik werden drei Messparameter direkt ermittelt: Maximale Phonationszeit (MPT), Vitalkapazität (VC) und Phonationsvolumen (PV). Lediglich die MPT wird als Einzelparameter mit in das Stimmdiagnostikschema aufgenommen (mit Normwerten von Dejonckere et al. 2001).

Für die Überprüfung einer zu erwartenden durchschnittlichen VC wird die Baldwin-Formel (BF) verwendet: Frauen:  $(21,78 - 0,101 \times \text{Alter in Jahren}) \times \text{Körpergröße in cm}$ ; Männer:  $(27,63 - 0,112 \times \text{Alter in Jahren}) \times \text{Körpergröße in cm}$  (Baldwin et al. 1948). Bei der gemessenen VC mit dem Spirometer ergeben sich der Parameter  $VC_M$  und die zu erwartenden VC aus der BF, der Parameter  $VC_E$ . Die  $VC_M$  wird subtrahiert mit der  $VC_E$  ( $VC_{M-E}$ ), um das Normverhältnis auszudrücken. Alle positiven Werte stehen für eine  $VC_{M'}$ , die über der Erwartung liegt, und sich somit im Normalbereich befindet. Gegenteilig verhält es sich bei negativen Werten.

Weiterhin wird mithilfe der MPT und der  $VC_M$  der Phonationsquotient (PQ) berechnet (Baken & Orlikoff 2000). Er beschreibt das Verhältnis des Luftverbrauchs für die Phonation in Sek. ( $PQ = VC/MPT$ ). Die Normwerte hierfür basieren auch auf Dejonckere et al. (2001). Das PV wird ausschließlich für die Umrechnung der vokalen Strömungsrate (MFR) verwendet ( $MFR = PV/MPT$ ) (Baken & Orlikoff 2000, Blaugrund et al. 1990).

Dadurch kann der Vocal Velocity Index (VVI) ausgewertet werden. Er beschreibt die Geschwindigkeitsrate der umgesetzten Phonationsenergie, indem er die vokale Strömungsrate (MFR) zum Verhältnis der VC berechnet ( $VVI = MFR/(VC/1000)$ ). Der VVI ermöglicht

■ Abb. 1: Stimmdiagnostikschema auf der Basis des ELS-Protokolls (Dejonckere et al. 2001, Friedrich 2006)

Stimmdiagnostikschema				
Perzeptive Beurteilung				
	normal	pathologisch		
Heiserkeit	0: normal	1: leicht gestört	2: mäßig gestört	3: schwer gestört
Rauigkeit	0: normal	1: leicht gestört	2: mäßig gestört	3: schwer gestört
Behauchtheit	0: normal	1: leicht gestört	2: mäßig gestört	3: schwer gestört
Akustische Analysen vom gehaltenen Vokal: Stimmqualität				
	normal	pathologisch		
Jitter (local)	< 0,450 %			
Jitter (local,abs)	< 29,65 µs			
Jitter (rap)	< 0,260 %			
Jitter (ppq5)	< 0,260 %			
Shimmer (local)	< 2,260 %			
Shimmer (local,dB)	< 0,200 dB			
Shimmer (apq5)	< 1,370 %			
Shimmer (apq11)	< 1,810 %			
Mean HNR (Harmonizitäten-Geräusch-Verhältnis)	> 20.000 dB			
CPP (Cepstral Peak Prominence)	> 17,33 dB			
CPPs (smoothed CPP)	> 8,44 dB			
Akustische Analysen durch multiparametrische Indizes: Stimmqualität				
	normal	pathologisch		
Acoustic Voice Quality Index (AVQI)	NL < 2,95 / DE < 2,70	Maximaler Umfang bis 10		
Dysphonia Severity Index (DSI)	> 3,1 normal	3,1 bis -0,1 leicht gestört	-0,1 bis -3,3 mäßig gestört	< -3,3 schwer gestört
Akustische Analysen: Stimmleistung				
	normal	pathologisch		
neutrale mittlere Sprechstimmlage (nSFF)	F: 175 bis 262 Hz M: 87 bis 131 Hz			
F <sub>0</sub> -tief	F < 182 Hz M < 110 Hz			
F <sub>0</sub> -hoch	F > 437 Hz M > 290 Hz			
Minimale Intensität	< 55 dB			
Maximale Intensität	> 90 dB			
F <sub>0</sub> -Umfang in Halbtönen	F > 22 M > 25			
Intensitäts-Umfang	> 40 dB			
Aerodynamik				
	normal	pathologisch		
Maximum Phonation Time (MPT)	> 15 s	< 10 s		
Verhältnis erreichter und zu erwartender Vitalkapazität (VC <sub>M-E</sub> )	0 oder positive Werte	alle negativen Werte		
Phonation Quotient (PQ)	< 200 ml/s			
Vocal Velocity Index (VVI)	14,3 bis 44			
Selbstwahrnehmung				
	normal	pathologisch		
Voice Handicap Index (VHI) – Gesamtwert	≤ 24 normal	25 bis 32 leicht gestört	33 bis 46 mäßig gestört	> 46 schwer gestört
Voice Handicap Index – funktioneller Wert	3,5 normal	6 leicht gestört	10 mäßig gestört	21 schwer gestört
Voice Handicap Index – physischer Wert	9 normal	17 leicht gestört	18 mäßig gestört	25 schwer gestört
Voice Handicap Index – emotionaler Wert	2,5 normal	6 leicht gestört	12 mäßig gestört	19 schwer gestört



präzisere Aussagen über Ökonomie und Effizienz zum Luftverbrauch bei der Phonation als der PQ (Blaugrund et al. 1990). Für die Interpretation des VVI gilt: Je niedriger die Werte sind, desto gespannter/gesprester ist die Phonation – je höher die Werte sind, desto unökonomischer der Luftverbrauch bzw. behauchter die Stimme. Die Normwerte des VVI werden in Baken & Orlikoff (2000) beschrieben.

### Selbstwahrnehmung

Der *Voice Handicap Index (VHI)* gilt als subjektives Messverfahren, das zur Standardisierung der Eigenwahrnehmung von Dysphonien entwickelt wurde (Jacobson et al. 1997). Er gliedert sich in drei Untergruppierungen, die die Auswirkungen bei Stimmpatienten beschreiben, wie physische, funktionelle und emotionale Faktoren sowie ein Gesamtschweregradempfinden. Der VHI wurde nach Kenntnissen des Autors bis jetzt in 23 Sprachen wissenschaftlich validiert und standardisiert, u.a. im Deutschen (Nawka et al. 2003).

Die Normwerte zum VHI im Stimmdiagnostikschema basieren auf den Ergebnissen von Vanneste und Verbrugge (1999), die eine umfangreiche Testung zum VHI vorlegen. Bei europäischen VHI-Übersetzungen kann diese verwendet werden, da die Validierung und Normierung des VHI im europäischen Sprachraum als statistisch gleich gelten (Verdonck-de Leeuw et al. 2008).

### Fazit

Mit den entsprechenden Mitteln sind für jede Praxis auch mit geringem Budget vielseitige und qualitative Messungen im Bereich der Stimmdiagnostik möglich. Die Dokumentation im Stimmdiagnostikschema ermöglicht eine spezifischere und umfangreichere Beschreibung der Dysphonie. Zudem kann es Defizite der Stimme präziser aufzeigen und die Therapie gezielter gestalten. Dazu zählt auch eine patientenorientierte Arbeit durch entsprechende Zielsetzung, wie Qualitätsprobleme, Glottiskontrollschwierigkeiten mit Stimmfunktionseinschränkungen, Effizienzprobleme zwischen Luftverbrauch und Phonation, mangelnde Stimmhygiene etc.

## LITERATUR

- Anders, L.C., Hollien, H., Hurme, P., Sonninen, A. & Wendler, J. (1988). Perception of hoarseness by several classes of listeners. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* 40 (2), 91-100
- Baken, R.J. & Orlikoff, R.F. (2000). *Clinical measurement of speech and voice*. San Diego, CA: Singular
- Baldwin, E., de Cournand, F.A. & Richards, D.W. Jr. (1948). Pulmonary insufficiency: I. Methods of analysis, physiologic classification, standard values in normal subjects. *Medicine* 27 (3), 243-278
- Barsties, B. & Maryn, Y. (im Druck). Der Acoustic Voice Quality Index in Deutsch: Ein Messverfahren zur allgemeinen Stimmqualität. *HNO*
- Blaugrund, S.M., Taira, T., el-Assuooty, A., Lin, P.T., Isshiki, N. & Gould, W.J. (1990). Effects of lateral manual compression upon glottic incompetence: objective evaluations. *The Annals of Otolaryngology and Laryngology* 99 (4 Pt 1), 249-255
- Boersma, P. (2001). Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International* 5 (9/10), 341-345
- Boersma, P. & Weenink, D. (2010). *Praat: Doing Phonetics by Computer* (Version 5.1.35), computer program. Amsterdam, The Netherlands: Institute of Phonetic Sciences, <http://www.praat.org> (25.09.2011)
- Breitenstein, C., Van Lancker, D. & Daum, I. (2001). The contribution of speech rate and pitch variation to the perception of vocal emotions in a German and an American sample. *Cognition Emotion* 15 (1), 57-79
- Caelenbergh, E., Trauwaen, I., Maryn, Y., Verstraete, J. & Deklerck, J. (2009). *Normatieve studie inzake akoestische stemkwaliteit*. Bachelorthesis, Katholieke Hogeschool Brugge Oostende Brugge, Belgium
- De Bodt, M., Heylen, L., Mertens, F., Vanderwegen, J. & Van de Heyning, P. (2008). *Stemstoornissen – Handleiding voor de klinische praktijk*. Antwerpen: Garant
- Degryse, J., Buffels, J., Van Dijck, Y., Decramer, M. & Nemery, B. (im Druck). Accuracy of office spirometry performed by trained primary-care physicians using the MIR Spirobank Hand-Held Spirometer. *Respiration*
- Dejonckere, P.H., Obbens, C., de Moor, G.M. & Wieneke G.H. (1993). Perceptual evaluation of dysphonia: reliability and relevance. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* 45 (2), 76-83
- Dejonckere, P.H., Bradley, P., Clemente, P., Cornut, G., Crevier-Buchman, L., Friedrich, G., De Heyning, P., Remacle, M. & Woisard, V. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Guideline elaborated by the Committee on Phoniatrics of the European Laryngological Society (ELS). *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* 258 (2), 77-82
- Deliyski, D.D., Shaw, H.S. & Evans, M.K. (2005a). Adverse effects of environmental noise on acoustic voice quality measurements. *Journal of Voice* 19 (1), 15-28
- Deliyski, D.D., Evans, M.K. & Shaw, H.S. (2005b). Influence of data acquisition environment on accuracy of acoustic voice quality measurements. *Journal of Voice* 19 (2), 176-186
- Deliyski, D.D., Shaw, H.S., Evans, M.K. & Vesselinow, R. (2006). Regression tree approach to studying factors influencing acoustic voice analysis. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* 58 (4), 274-288
- Friedrich G. (2006). Basisprotokoll für die Stimmdiagnostik: Richtlinien der European Laryngological Society (ELS). *Forum Logopädie* 4 (20), 6-12
- Heman-Ackah, Y.D., Heuer, R.J., Michael, D.D., Baroody, M.M., Ostrowski, R., Hillenbrand, J., Heuer, R.J., Horman, M. & Sataloff, R.T. (2003). Cepstral peak prominence: a more reliable measure of dysphonia. *The Annals of Otolaryngology and Laryngology* 112 (4), 324-333
- Heylen L. (1997). *De klinische relevantie van het fonetogram – een onderzoek bij kinderen en leerkrachten*. Doctoralthesis, Antwerpen University, Belgium
- Hirano M. (1981). *Clinical examination of voice*. New York: Springer
- Hillenbrand, J. (2010). *Speech Tool, Version 1.65*, computer program. <http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/> (25.09.2011)
- Hillenbrand, J., Cleveland, R.A. & Erickson, R.L. (1994). Acoustic correlates of breathy vocal quality. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 37 (4), 769-778
- Hillenbrand, J. & Houde, R.A. (1996). Acoustic correlates of breathy vocal quality: dysphonic voices and continuous speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 39 (2), 311-321
- Jacobson, B.H., Johnson, A., Grywalski, C., Silbergleit, A., Jacobson, G., Benninger, M.S. & Newman, C.W. (1997). The Voice Handicap Index (VHI): development and validation. *American Journal of Speech-Language Pathology* 6, 66-70
- Kramer J. (2009). Computergestützte Stimmanalyse im Rahmen der Stimmtherapie nach dem Konzept Schlaffhorst-Andersen. *Forum Logopädie* 6 (23), 26-32
- Lowell, S.Y., Colton, R.H., Kelley, R.T. & Hahn, Y.C. (2011). Spectral- and cepstral-based measures during continuous speech: capacity to distinguish dysphonia and consistency within a speaker. *Journal of Voice* 25 (5), 223-232
- Maryn, Y., Roy, N., De Bodt, M., Couwenberge, P.V. & Corthals, P. (2009). Acoustic measurement of overall voice quality: A meta-analysis. *Journal of the Acoustical Society of America* 126 (5), 2619-2634
- Maryn, Y., Corthals, P., Couwenberge, P.V., Nelson, R. & De Bodt, M. (2010). Toward improved ecological validity in the acoustic measurement of overall voice quality: combining continuous speech and sustained vowels. *Journal of Voice* 24 (5), 540-555
- Minnema, W. & Stoll, H.C. (2008). Objektive computergestützte Stimmanalyse mit „Praat“. *Forum Logopädie* 4 (22), 24-29

- Moers, C., Möbius, B., Rosanowski, F., Nöth, E., Eysholdt, U. & Haderlein, T. (im Druck). Vowel- and text-based cepstral analysis of chronic hoarseness. *Journal of Voice*
- Nawka, T., Anders, L.C. & Wendler, J. (1994). Die auditive Beurteilung heiserer Stimmen nach dem RBH-System. *Sprache – Stimme – Gehör* 18, 130-133
- Nawka, T., Wiesmann, U. & Gonnermann, U. (2003). Validierung des Voice Handicap Index (VHI) in der deutschen Fassung. *HNO* 51 (11), 921-929
- Nawka, T. & Wirth, G. (2008). *Stimmstörungen: Für Ärzte, Logopäden, Sprachheilpädagogen und Sprechwissenschaftler*. Köln: Deutscher Ärzte Verlag
- Orlikoff, R.F. & Baken, R.J. (1990). Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* 42 (1), 31-40
- Rau, D. & Beckett, R.L. (1984). Aerodynamic assessment of vocal function using hand-held spirometers. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 49 (2), 183-188
- Švec, J.G. & Granqvist, S. (2010). Guidelines for selecting microphones for human voice production research. *American Journal of Speech-Language Pathology* 19 (4), 356-368
- Titze, I.R. & Winholtz, W.S. (1993). Effect of microphone type and placement on voice perturbation measurements. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 36 (6), 1177-1190
- Titze, I.R. (1995). *Workshop on acoustic voice analysis: summary statement*. Iowa City, IA: National Center for Voice and Speech
- Vanneste, G. & Verbrugge, S. (1999). *Voorstel tot aanpassing van de voice handicap index: een vragenlijst betreffende de invloed van stemstoornissen op de levenskwaliteit in relatie met de G-score*. Bachelorthesis, Katholieke Hogeschool Brugge Oostende, Belgium
- Verdonck-de Leeuw, I.M., Kuik, D.J., De Bodt, M., Guimaraes, I., Holmberg, E.B., Nawka, T., Rosen, C.A., Schindler, A., Whurr, R., & Woisard, V. (2008). Validation of the voice handicap index by assessing equivalence of European translations. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* 60 (4), 173-178
- Verstraete, J., Forrez, G., Mertens, P. & Debruyne, F. (1993). The effect of sustained phonation at high and low pitch on vocal jitter and shimmer. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* 45 (5), 223-228
- Winholtz, W.S. & Titze, I.R. (1997). Conversion of a head-mounted microphone signal into calibrated SPL units. *Journal of Voice* 11 (4), 417-421
- Wuyts, F.L., De Bodt, M.S., Molenberghs, G., Remacle, M., Heylen, L., Millet, B., Van Lierde, K., Raes, J. & Van de Heyning, P.H. (2000). The Dysphonia Severity Index: an objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 43 (3), 796-809
- Zraick, R.I., Birdwell, K. & Smith-Olinde, L. (2005). The effect of speaking sample duration on determination of habitual pitch. *Journal of Voice* 19 (2), 197-201
- Zraick, R.I., Gentry, M.A., Smith-Olinde, L. & Gregg, B.A. (2006). The effect of speaking context on elicitation of habitual pitch. *Journal of Voice* 20 (4), 545-554
- Zraick, R.I., Kempster, G.B., Connor, N.P., Thibeault, S., Klaben, B.K., Bursac, Z., Thrush, C.R. & Glaze, L. (2011). Establishing validity of the consensus auditory-perceptual evaluation of voice (CAPE-V). *American Journal of Speech-Language Pathology* 20 (1), 14-22

**DOI dieses Beitrags (www.doi.org)**

10.2443/skv-s-2012-53020120403

**Autor**

Ben Barsties, BHth  
Am alten Sportplatz 8a  
41472 Neuss  
ben.barsties@t-online.de

**SUMMARY. Modern Voice Diagnostic: material, method, evaluation and interpretation**

In the last half century there have been many international publications and reports presenting the pertinence of subjective and objective voice measurements in voice diagnostic. This article presents material, method, evaluation and interpretation techniques of recent evidence-based-practice to enable reliable documentation and measurement of dysphonia according to the state-of-the-art in clinical voice assessment. This includes the following four areas in a voice diagnostic scheme: acoustic analysis, psychoacoustic evaluation, aerodynamic analysis and autoperceptual evaluation. Besides the reliability and validity of these methods, other aspects like cost, feasibility and time-consumptions are taken into account in the selection of the assessment parameters.

KEY WORDS: voice evaluation – voice diagnostic – objective measurement – subjective measurement – self evaluation – ELS-protocol