

Klassifizierung von Glottisdysfunktionen mit Hilfe der Elektrogloggographie¹

T. Hacki

Klinik und Poliklinik für Phoniatrie und Pädaudiologie (Prof. E. Loebell),
Medizinische Hochschule Hannover, BRD

Der direkte Zusammenhang zwischen den muskulären Spannungsverhältnissen im Bereich der Glottis und dem Zeitablauf der Stimmlippenschwingungen (Offenzeit, Schlusszeit) bzw. dem Offenquotient (OQ) hat uns zu systematischer Verwendung des elektrogloggographischen OQ bei der Stimm-diagnostik veranlasst. Tarnóczy [1947, nach Ref. 1, 2], Moore und von Leden [1958, nach Ref. 3] bestimmen den OQ der Glottis-schwingungsbewegung als das Verhältnis der Offenzeit (OZ) zu der gesamten Schwingungsperiode (T): $OQ = OZ/T$.

Durch die Einführung einer Frequenzweiche in das System der Elektrogloggographie (EGG) stellen Loebell und Balk [1962, nach Ref. 4] die respiratorischen und phonatorischen Kurven getrennt dar und registrieren diese simultan. 1968 empfiehlt Loebell diese Methode der EGG zur Differenzierung funktioneller Dysphonien [5]. Lecluse [6] schreibt in seiner Arbeit über die EGG, dass der elektrogloggographische OQ sowohl den Änderungen der Stimmfrequenz als auch den Änderungen der Amplitude folgt. Die Änderungen des OQ während des Phonierens eines Decrescendo und Glissando bei stimmgesunden Frauen zeigen Kitzing und Sonnesson [7] mit der Fotogloggographie. Eine genaue Messung des elektrogloggographischen OQ erfolgt bei Lecluse [6] und bei Pedersen [8] mit Hilfe der synchronisierten Stroboskopie und anhand der Fotogloggographie bei Kitzing und Löfquist [9]. Gross [10] bestimmt den OQ mit Hilfe der endoskopischen Larynxfotokymographie.

Der elektrogloggographische OQ zeigt eine Korrelation mit dem tatsächlichen OQ, ist aber mit dem letzten nicht gleichzusetzen. Die für die klinische Praxis konzipierten Elektrogloggographen gestatten zwar keine exakte, aber eine für die unten beschriebene Methode ausreichend genaue OQ-Bestimmung. Als Offenphase wird hier die positive Welle der EGG-Kurve angenommen (bei dem Schaltungsmodus: positive Ablenkung bei zunehmender Impedanz), die OZ wird also aus den Nullpunktdurchgängen der positiven Welle berechnet. Die Nulllinie wird elektrisch so bestimmt, dass die Flächen oberhalb und unterhalb der Nulllinie binnen einer Schwingungsperiode gleich sind. Das Verhältnis der Zeit der positiven Welle zur Schwingungsperiode entspricht einem «Quasi-OQ» (QQQ).

Da wir bei unserem Verfahren nicht einzelne OQ, sondern die gesamte Breite, den Umfang der QQQ-Änderungen und deren Richtung auswerten, ist die Annäherung an den exakten OQ-Wert akzeptabel. (Die von uns gemessenen gemittelten QQQ-Grenzwerte bei Dysphonien mit Hypo- bzw. Hyperfunktion im Glottisbereich entsprechen

¹ Vorgetragen auf dem UEP-Kongress in Dresden, Oktober 1987.

den von Gross [10] larynxfotokymographisch gemessenen mittleren OQ bei hypo- bzw. hyperfunktionellen Stimmstörungen.)

Untersuchungsmethodik

Da der reale OQ sowie auch der glottographische OQ den Änderungen der Stimmhöhe und auch der Lautstärke folgen, ist eine Standardisierung der Untersuchung unumgänglich. Von den Patienten werden Schwelltöne (Crescendi) in der Indifferenzlage bzw. in der mittleren Sprechstimmlage bei gleichbleibender Frequenz phoniert (ein leichter Anstieg der Tonhöhe kann toleriert werden). Das Crescendo – abhängig von der Qualität der individuellen Glottisfunktion – dauert 3–7 s. Die Crescendophonation erscheint uns von besonderer Bedeutung, da sie Informationen über den allmählichen Spannungsanstieg vom Minimum bis zum Maximum in der Glottismuskulatur liefert.

Wir benutzen für unsere Untersuchungen einen Glottographen der Fa. F.-J. Electronics (Typ EG 830). Hierbei werden die vom Normalizer gemittelten QOQ-Werte vom EGG-Display abgelesen, und die Extremwerte, zugehörig dem leisesten und lautesten Ton, registriert.

Die Verbindung des Elektroglottographen mit einem computergestützten Signalverarbeitungssystem (Daten-Erfassungs- und Analyse-System der Firma Gould, IBM AT) bietet eine weitere Registrierungs- und Berechnungsmöglichkeit der QOQ-Werte; dabei werden die elektroglottographischen Kurven sowie die Phonations-Schalldruckpegel parallel aufgezeichnet und gespeichert. Anschliessend werden die zur leisesten und lautesten Phonation gehörigen Kurvenabschnitte aufgesucht, die OQ-Werte von fünf aufeinanderfolgenden Schwingungsperioden ausgewertet und gemittelt.

Insgesamt haben wir bisher mehr als 170 Stimmgesunde und Stimmkranke untersucht. Bei einem Patienten werden durchschnittlich jeweils fünf Messungen vorgenommen. Die Untersuchungsdauer – inklusive Erklärung und Einüben des Phonationsablaufes – beträgt zirka 10 min. Da die EGG im Rahmen der allgemeinen phoniatrich-logopädischen Untersuchung stattfindet, werden die Stimmfunktionen anhand der Videostroboskopie, Stimmfeldmessung, Messung des Tonhaltevermögens und auditive Wahr-

nehmung beurteilt, sowie anschliessend mit dem Ergebnis der EGG verglichen.

Auch bei der Stroboskopie folgen wir einem gleichbleibenden Untersuchungsplan, um eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erhalten. Das Schwingungsverhalten der Stimmlippen wird zunächst in der Sprechstimmlage bei leiser, bei gewöhnlicher und bei lauter Phonation beobachtet, sowie beim Produzieren eines Crescendo. Anschliessend lassen wir die Patienten in höheren Frequenzbereichen phonieren.

Die Tendenz der OQ-Änderung während des Ton-schwellens, bzw. während leiser sowie auch lauter Phonation, haben wir in 23 Fällen anhand der videostroboskopischen Aufzeichnung nachträglich kontrolliert. Mittels Einzelbildschaltung und Auszählung der Offen- bzw. Schlussphasen haben wir die OQ bestimmt.

Untersuchungsergebnisse

Stimmgesunde Personen können bei Schwelltönen sowohl leise (dabei gelegentlich verhaucht) als auch laut (dabei gelegentlich gepresst) phonieren. Hierbei werden beim leisen Anteil des Tones (Glottis ist innerhalb einer Schwingungsperiode verhältnismässig lange geöffnet) grosse QOQ-Werte (um 0,65–0,75) gemessen, beim lauten Anteil werden (Glottis ist innerhalb einer Schwingungsperiode verhältnismässig kurz geöffnet) kleine OQ-Werte (um 0,40) gemessen. Den Bereich zwischen den gemessenen Extremwerten bezeichnen wir als QOQ-Umfang. Er liegt bei Frauen zwischen Werten von 0,75 und 0,45, bei Männern zwischen 0,70 und 0,40 (Abb. 1).

Bei Stimmkranken dagegen ist der QOQ-Umfang auf unterschiedliche Weise eingeschränkt. Hyperfunktionen zeigen im Glottisbereich bei Schwelltönen kleinere QOQ-Ausgangswerte (um 0,55) als Normfunktionen. Dies ist ein Ausdruck für die schon bei leiser Phonation vorhandene vermehrte

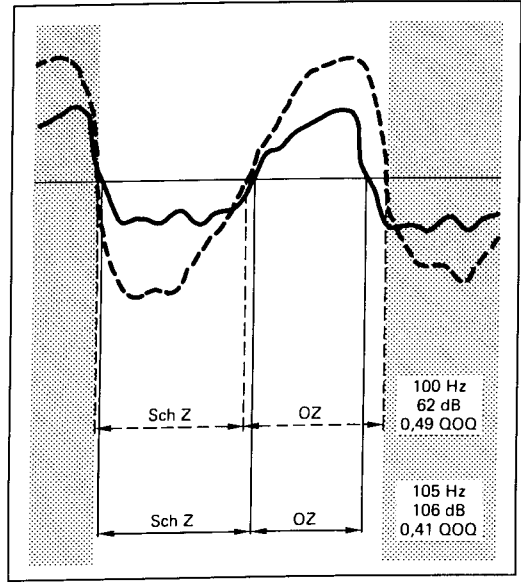
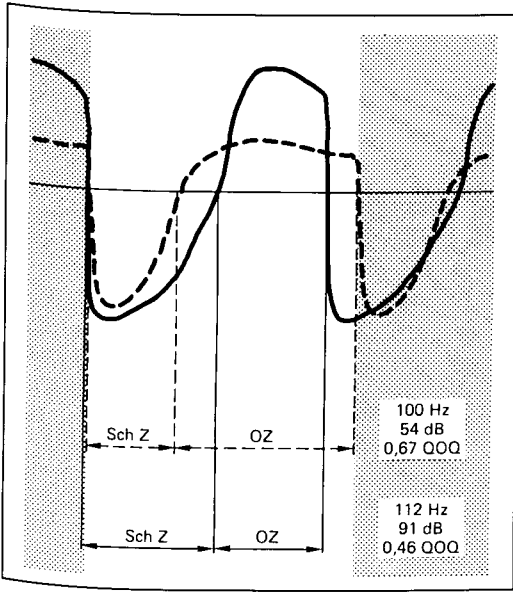


Abb. 1. Normbefund. Beispiel für einen grossen QOO-Umfang. Mit gestrichelten Linien wird die elektroglottographische Kurve der leisen Phonation, mit ausgezogenen Linien die der lauten Phonation dargestellt. Kurvenverlauf aufwärts = Impedanzzunahme

(Öffnungsbewegung); Kurvenverlauf abwärts = Impedanzabnahme (Schliessungsbewegung); SchZ = Zeit der Quasischlussphase; OZ = Zeit der Quasioffenphase.

Abb. 2. Hyperfunktionelle Dysphonie. - - - - = Leise Phonation; — = laute Phonation.

Spannung. Am Ende des Crescendo wächst die Spannung extrem an, der QOO wird sehr klein (bis um 0,38). Der QOO-Umfang ist in jedem Falle eingeschränkt und liegt in einem Bereich zwischen 0,55 und 0,38, was einer eingeschränkten Spannungsbreite der inneren Kehlkopfmuskulatur im Sinne einer Hyperfunktion entspricht (Abb. 2). Die Dauer der Schwelltöne beträgt in diesen Fällen 6–7 s; die zunehmende Anstrengung führt nicht zur entsprechenden Lautstärke, die Stimme bekommt einen «abgewürgten» Klangcharakter.

Bei Hypofunktion im Glottisbereich sind die QOO-Ausgangswerte bei leiser Phonation mittelgross oder gross (um 0,60–0,70). Während des Tonschwells ist ein

wesentlicher Unterschied gegenüber der Normfunktion bzw. der Hyperfunktion zu erkennen. Die OQ-Werte werden beim Crescendo nicht kleiner, sie stagnieren oder werden grösser, oft erreichen sie Werte um 0,75. Ein eingeschränkter QOO-Umfang (innerhalb eines Bereiches von 0,60–0,75) verschiebt sich in Richtung grösserer QOO-Werte und entspricht der eingeschränkten Spannungsbreite der inneren Kehlkopfmuskulatur im Sinne einer Hypofunktion (Abb. 3). Die Dauer der Crescendophonation ist kurz (2–4 s); die steigende Luftverschwendung sowie die zunehmende Verhauchung der Stimme ist gut hörbar, die erreichte Lautstärke entspricht nicht der Anstrengung.

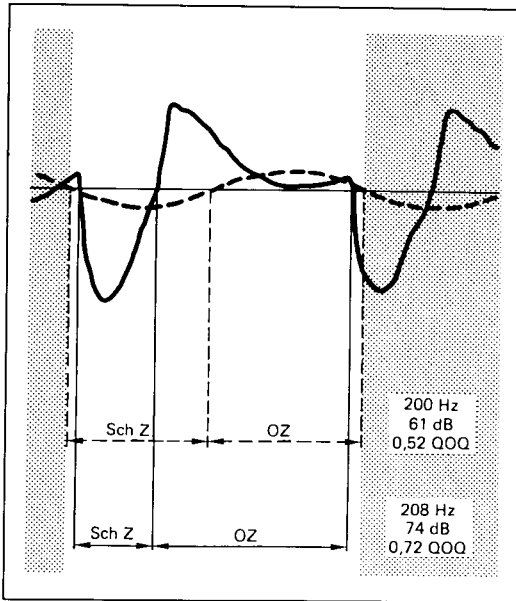


Abb. 3. Hypofunktionelle Dysphonie. ----- = Leise Phonation; — = laute Phonation.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Wendler [11] ist die Tendenz der mittels Videostroboskopie bestimmten OQ-Änderungen in jedem untersuchten Fall mit der Tendenz der EGG-OQ-Änderungen identisch, jedoch bewegen sich die videostroboskopischen OQ-Werte in kleineren Umfängen als die EGG-OQ, wahrscheinlich, weil unter den Untersuchungsbedingungen der Endostroboskopie nicht die volle Dynamik der Phonation realisiert werden kann.

Die Tendenz der Amplitudenänderung elektroglossographischer Kurven während einer Crescendophonation – und zwar intraindividuell und intraexperimentell – ist auffällig: Im Falle der Norm- und oft bei der Hypofunktion wächst die Amplitude bei zunehmender Lautstärke (Abb. 1, 3). In vielen Fällen der Hyperfunktion ändert sie sich kaum oder wird sogar kleiner (Abb. 2).

Diskussion

Mittels der Messung des QOQ-Umfanges bei der EGG erscheint es möglich, im Normalfall auf eine grosse Spannungsbreite, in pathologischen Fällen auf eine eingeschränkte Spannungsbreite der inneren Kehlkopfmuskulatur zu schliessen. Dadurch trägt diese Methode dazu bei, Funktionsstörungen im Glottisbereich als Hyper- oder Hypofunktion zu klassifizieren.

Beim Phonieren eines Schwelltones messen wir bei normaler Glottisfunktion einen grossen QOQ-Umfang, wobei die QOQ-Werte mit steigender Lautstärke kleiner werden. Im Falle von Glottisdysfunktionen zeigt sich der QOQ-Umfang immer eingeschränkt, wobei unterschiedliche Richtungen der QOQ-Änderungen festzustellen sind: Bei Dysphonien mit muskulärer Hyperfunktion verkleinern sich die QOQ beim Singen eines Schwelltones, wobei die Ausgangswerte (bei leiser Phonation) im Vergleich zur Normfunktion kleiner sind. Bei Dysphonien mit Hypofunktion wird der QOQ mit zunehmender Lautstärke grösser, was als Zeichen der Insuffizienz der Glottisschliess- und Spannmuskulatur angesehen werden kann. Eine grössere Lautstärke lässt sich nur mittels eines enorm vermehrten Luftstromes erreichen. Die Anpassung der inneren Kehlkopfmuskulatur ist mangelhaft gegenüber der Steigerung des subglottischen Druckes.

Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, können kleine bzw. grosse QOQ-Werte in zwei Gruppen (Normfunktion, Hyperfunktion), mittelgrosse Werte in allen drei untersuchten Gruppen von Normalstimmen, Hyperfunktionen und Hypofunktionen vorkommen. Deshalb halten wir das Messen einzelner QOQ-Werte (wie eine «Momentaufnahme») für eine Funktionsuntersuchung nicht für ge-

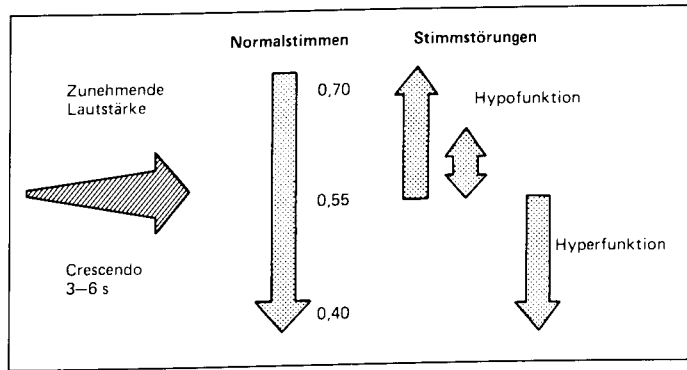


Abb. 4. Die Säulen repräsentieren den Umfang und die Richtung der QOQ-Änderungen während eines Crescendos bei Normalstimmen bzw. bei Stimmstörungen. Die Zahlen sind QOQ-Werte.

nügend aussagekräftig. Wir praktizieren die oben beschriebene dynamische «Funktionsprüfung», wobei sowohl leise als auch laut in der Sprechstimmlage phoniert wird. Ein Crescendo bei gleichbleibender Frequenz erscheint uns weniger fehleranfällig in der Auswertung und physiologischer als getrennt leise und laute Phonation in gleicher Stimmhöhe.

Der allgemeinen Auffassung nach entspricht die Amplitude des Glottogrammes der elektrischen Leitfähigkeit der Glottis, d.h. der aktuellen Kontaktfläche der Stimmlippen [12]. Die Vergrößerung der Amplitude im Normalfall und in einigen Fällen von Hypofunktionen scheint auf eine zunehmende Kontaktfläche hinzuweisen; die Verminderung der Amplitude bei Hyperfunktion könnte Ausdruck einer Verminderung der Kontaktfläche (Stimmlippenverdünnung durch vermehrte Muskelspannung) während einer Crescendophonation sein. Diesen Erscheinungen konnten wir experimentell jedoch nicht nachgehen.

Die EGG-Befunde unterstützen und ergänzen den stroboskopischen Befund sowie andere Stimmbefunde. Dies trifft besonders in Fällen zu, in denen Patienten nicht gut stroboskopierbar sind, oder wenn diese die Anweisungen bezüglich einer Stimmproduktion während der Stroboskopie nicht ausführen können.

Im Vergleich zur Stroboskopie kann eine beim Crescendoton durchgeführte EGG beliebig wiederholt werden (auch zur Verlaufskontrolle der Stimmtherapie), ohne den Patienten zu belasten.

Mit Hilfe computergestützter Aufzeichnung ist eine gute Darstellung und wissenschaftliche Verarbeitung sowie Dokumentation möglich.

Classification of Glottal Dysfunctions on the Basis of Electroglottography

The close relationship between the muscular tension at the level of the glottis and the glottal opening time, closing time, and open quotient encourages the use of these temporal measures as an aid in classifying functional dysphonias. The validity of a 'quasi-open quotient' (QOQ) derived from the electroglottogram was explored by means of a crescendo singing task at comfortable frequency. The pattern of QOQ change during the crescendo task was determined and the range of the variable measured. In normal speakers QOQ varied from 0.75 (at low vocal intensity) to 0.40 (at high intensity). In contrast, the range of QOQ values was significantly restricted in patients with hyper- and hypofunctional dysphonia. The electroglottographical curves were registered and documented by a computer system (IBM AT, Gould DASA).

Contribution de l'électroglottographie à la classification de dysphonies fonctionnelles

En s'appuyant sur la relation étroite entre les conditions de tension musculaire dans la région glottique et de l'évolution temporelle du mouvement des vibrations des cordes vocales (temps d'ouverture, temps de fermeture, quotient d'ouverture), on mesure les quotients d'ouverture électroglottographiques (QOQ) qui pourront ensuite être utilisés dans la classification des dysphonies fonctionnelles. On enregistre l'évolution du quotient d'ouverture électroglottographique lors de la phonation d'un son crescendo choisi dans une gamme de fréquences du registre moyen de la voix parlée. La largeur totale, la marge des variations du quotient d'ouverture (marge-QOQ) sont mesurées et la direction des variations est observée. Chez des sujets jouissant d'une voix normale, les résultats du crescendo se situent entre des QOQs élevés (0,75) et bas (0,40): une marge-QOQ élevée est l'expression d'une grande marge de tension des muscles intrinsèques du larynx (signe de leur bon fonctionnement). Chez des sujets porteurs de dysphonies hyper- ou hypofonctionnelles, la marge QOQ est restreinte et la direction de la variation de QOQ est opposée. L'enregistrement et la visualisation des courbes électroglottographiques ont été faits à l'aide d'un système d'ordinateurs (IBM AT, Gould DASA).

Literatur

- 1 Loebell E: Über den klinischen Wert der Elektroglottographie. Arch Klin Exp Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk 1968;191:760-764.
- 2 Loebell E: Neue Ergebnisse der elektroglottographie. Proc 9th Int Congr Oto-Rhino-Laryng, Mexico 1969.
- 3 Tarnóczy T: The opening time and opening quotient of the vocal cord during phonation. J Acoust Soc Am 1951;23:42-44.
- 4 Tarnóczy T: Zenei akusztika. Budapest, 1982.
- 5 Moore P, Leden H von : Dynamic variations of the vibratory pattern in normal larynx. Folia Phoniatr 1958;10:205-238.
- 6 Lecluse FLE: Elektroglottografie. Utrecht, 1977.
- 7 Kitzing P, Sonesson B: A photoglottographical study of the female vocal folds during phonation. Folia Phoniatr 1974;26:138-149.
- 8 Pedersen M Fog: Electroglottography compared with synchronized stroboscopy in normal persons. Folia Phoniatr 1977;29:177-248.
- 9 Kitzing P, Löfqvist A: Evaluation of voice therapy by means of photoglottographie. Folia Phoniatr 1979;31:103-109.
- 10 Gross M: Endoskopische Larynx-Fotokymographie. Bingen, Gross, 1988.
- 11 Wendler J: Die Bedeutung der Stimmstärke bei der stroboskopischen Untersuchung. Folia Phoniatr 1967;19:73-88.
- 12 Baken RJ: Clinical Measurement of Speech and Voice. Boston, College-Hill Press/Little, Brown, 1987.

T. Hacki, MD
Klinik und Poliklinik für Phoniatrie und Pädaudiologie, MHH
Ernst-Wiechert-Allee 9
D-3000 Hannover 61 (BRD)