



Laura Enflo und Johan Sundberg

Stimmforschung und Einsingen

Eine allgemeine Einführung und neue wissenschaftliche Erkenntnisse¹

Wie funktioniert die menschliche Stimme? Wir wollen hier einige Erkenntnisse aus unserer Forschung wiedergeben. Der erste Abschnitt – Anatomie und Physiologie der Stimme – ist der allgemeinen Einführung aus dem Buch «Die Wissenschaft von der Singstimme»² von Co-Autor Sundberg entnommen. Der letzte Abschnitt stellt eine Zusammenfassung eines Forschungsartikels dar, der in der wissenschaftlichen Zeitschrift «Logopedics Phoniatrics Vocology» (LPV)³ von beiden Autoren publiziert wurde und neuste wissenschaftliche Erkenntnisse enthält.

1 Aus Musica Sacra, Zeitschrift für katholische Kirchenmusik, 130. Jg. 2010, S. 72–73. Nachdruck mit freundlicher Genehmigung von Verlag und Autoren.

2 Johan Sundberg: Die Wissenschaft der Singstimme. Orpheus Verlag, Bonn 1987.

3 Laura Enflo/Johan Sundberg: Vocal fold collision threshold pressure: An alternative to phonation threshold pressure? In: Logopedics Phoniatrics Vocology, 34 (2009), 210–217.

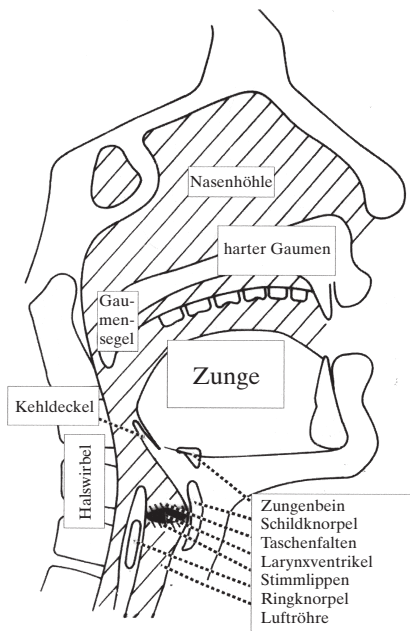


Bild 1: Der Stimmapparat im Querschnitt. Der Atemapparat ist nur mit den Luftröhren dargestellt (Schema nach Sundberg).

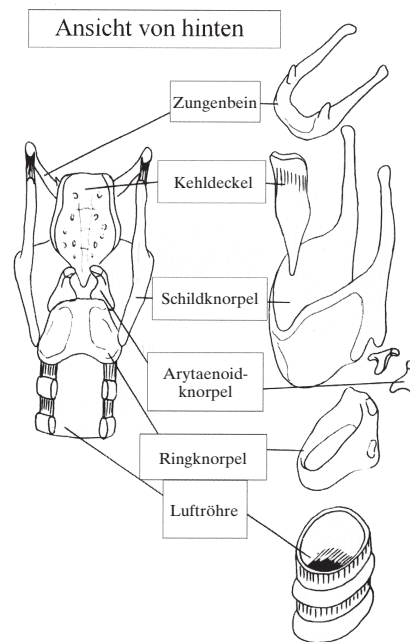


Bild 2: Die Platzierung des Schildknorpels im Larynx. Das Zungenbein wird dargestellt (Schema nach Sundberg).

Anatomie und Physiologie der Stimme: Ist ein Bass grösser als ein Tenor?

Das Stimmorgan ist für die Erzeugung von Schall verantwortlich, der zumeist als Rede oder Gesang erklingt. Bild 1 zeigt den Aufbau des Organs im Querschnitt: die Stimmlippen, den Atmungsapparat (davon hier nur die Luftröhre) und das Ansatzrohr.

Die Stimmlippen sind zwei schleimhautbedeckte Muskeln, die sich im Kehlkopf (Larynx) befinden (Bild 2). Der Schlitz zwischen den Stimmlippen wird Glottis genannt. Wenn die Stimmlippen sich öffnen und schliessen, zum Beispiel 440 Mal pro Sekunde, so erklingt der Kammerton a mit einer Frequenz von 440 Hertz (Hz). Wenn die Glottis ganz geöffnet ist und die Stimmlippen ruhig sind, entsteht kein Schall.

Die Atmung ist eine der wesentlichsten Funktionen für die *Phonation*, worunter man den Vorgang der kontrollierten Stimmtöneerzeugung durch die im Kehlkopf befindlichen Stimmlippen versteht. Ein wichtiger Begriff ist der *subglottische Druck* (*sub*, Latein für unter, und *Glottis*, siehe oben; also der Druck «unter der Glottis»), der genauso gross wie der Lungendruck abzüglich des atmosphärischen Drucks ist. Mit dem subglottischen Druck variiert man die Lautstärke. Er muss aber auch geändert werden, wenn man unterschiedliche Tonhöhen erreichen will. Wenn er steigt, erhöht sich die Phonationsfrequenz. Die Kontrolle über den subglottischen Druck ist eine der schwierigsten und wichtigsten Aufgaben für den Sänger. Mithilfe des Atmungsappa-

Kontrolle über den subglottischen Druck.

rats und der Stimmlippen kann man einen *Primärschall* erzeugen, der jedoch noch nicht Rede oder Gesang ergibt, obwohl er schon etwas von dem persönlichen Stimmtimbre hat. Für einen kompletten Sprechlaut benötigt man auch die Mundhöhle, den Rachen (*Pharynx*), für manche Laute auch die Nasenhöhle. Diese Räume bezeichnet man als das *Ansatzrohr*, in dem der Primärschall resoniert. Jedes Ansatzrohr hat für verschiedene Phonationsfrequenzen viele verschiedene Resonanzen, welche man auch *Formanten* nennt. Für den Mensch gibt es vier oder fünf wichtige Formanten. Die Formantfrequenzen des Ansatzrohrs bestimmen die Vokalqualität und zum Teil auch die persönliche Klangfarbe der Stimme. Um einen kompletten Sprechlaut zu produzieren, sind jedoch auch die Zunge und die Lippen notwendig.

Die Phonationsfrequenz wird von der Länge, Spannung und schwingenden Masse der Stimmlippen bestimmt. Aber auch der subglottische Druck ist ein wichtiger Faktor. Man hat neuerdings das Verhältnis zwischen der Stimmlippenlänge und der Körpergrösse untersucht, da längere Stimmlippen eine tiefere Stimme ergeben. Doch hat man eine signifikante Beziehung zwischen Stimmlippenlänge und Halsumfang gefunden. Ein Tenor muss folglich nicht kleiner als einen Bass sein, aber der Bass hat wahrscheinlich einen grösseren Halsumfang.

Ein wissenschaftliches Experiment: Einsingen und Schwellendruck für Stimmlippenkollision

Wenn die Stimmlippen von unten von einem Luftstrom getroffen werden, vom subglottischen Druck erzeugt, beginnen die Stimmlippen zu vibrieren. Ingo R. Titze hat den Begriff «Phonation Threshold Pressure» (*PTP*) für den niedrigsten Druck eingeführt, der zu Stimmlippenvibration führt, also der *für die Phonation notwendige Schwellendruck*. Viele Untersuchungen sind dem PTP gewidmet. Wir haben herausgefunden, dass der PTP steigt, wenn die Phonationsfrequenz erhöht wird, ebenso nach der Stimmbelastung. Weiter konnte gezeigt werden, dass der PTP nach dem Einsingen tiefer wird. Ein gesenkter PTP muss eine grössere Bereitschaft der Stimmlippen zur Vibration bedeuten, eine für klinische Zwecke relevante Eigenschaft. Doch kann dies auch eine Folge von Stimmaufwärmung (Einsingen) sein, denn viele Sänger zeigen diesen positiven Effekt. Leider bereitet der PTP aber auch Schwierigkeiten, denn für die Versuchspersonen ist es oftmals schwierig, den PTP zu erreichen, da die Druckwerte sehr niedrig sind. Die Ungenauigkeit der Druckwerte wiederum ergibt eine zu grosse Variabilität der Ergebnisse.

Deshalb haben wir zusammen mit dem PTP einen anderen, alternativen Druck untersucht, den «Collision Threshold Pressure» (*CTP*), also den *für die Kollision der Stimmlippen notwendigen Schwellendruck*. Mithilfe eines Elektrogloggographen kann man herausfinden, wann die Glottis geöffnet oder geschlossen ist. Der Elektrogloggograph besteht aus zwei Elektroden, die an jeder Seite des Kehlkopfs um den Hals sitzen. Wenn die Stimmlippen zusammenstossen, ergibt sich ein Signal mit grosser Amplitude, wenn die Glottis geöffnet ist, ein Signal mit kleiner Amplitude. Sechs Sängerinnen und neun Sänger haben am Experiment teilgenommen. 13 von diesen

Stimmlippen und
Halsumfang.

Einsingen: der
Schwellendruck
sinkt.

Phonations- und
Kollisions-
Schwellendruck.

zweimal, vor und nach dem Einsingen. Die Versuchspersonen haben Folgen der Silbe «pa» (wie im Wort «Paar») in Decrescendo auf verschiedenen Tonhöhen gesungen. Drei Signale wurden aufgenommen: (1) Der Druck in der Mundhöhle, der bei dem Konsonanten «p» gleich dem subglottischen Druck ist, (2) das Audiosignal und (3) die Signale des Elektroglottographen. Daraus konnte man die PTP- und CTP-Werte für jede Frequenz und jede Versuchsperson gewinnen. Die Resultate zeigen eine Tendenz zu einer Senkung der Druckwerte nach dem Einsingen, sowohl für den PTP als auch den CTP, jedoch mit grossen Unterschieden zwischen den Probanden. Die Druckwerte für den CTP sind stets höher als die für den PTP, und die Variationsbreite ist für den CTP meistens niedriger. Daraus lässt sich folgern, dass der CTP ein zuverlässigeres Mass als der PTP ist und dass es sich lohnt, die Stimme vor dem Singen aufzuwärmen.

Kernsätze

- Die Atmung ist eine der wesentlichsten Funktionen für Phonation.
- Die Kontrolle über den subglottischen Druck ist eine der wichtigsten Aufgaben für den Sänger.
- Es lohnt sich, vor dem Singen die Stimme aufzuwärmen.

Zum Weiterlesen

- Barbara Doscher: *The Functional Unity of the Singing Voice*. Lanham 1994.
- Richard Miller: *Solutions for Singers: Tools for Performers and Teachers*. Oxford 2004.
- Richard Miller: *On the Art of Singing*. Oxford 1996.
- Richard Miller: *The Structure of Singing: System and Art in Vocal Technique*. New York 1986.
- Johan Sundberg: *Die Wissenschaft von der Singstimme*. Bonn 1997. (*The Science of the Singing Voice*, 1987).
- Johan Sundberg: *Röstlära: Fakta om rösten i tal och sang* (schwedisch, 2001/2007). Die deutsche Version ist im Moment nur in Bibliotheken verfügbar.
- Ingo R. Titze: *Principles of Voice Production*. Upper Saddle River 1994/2000.

Laura Enflo (geb. 1980, Dipl.-Ing. Elektrotechnik und Mezzosopranistin) arbeitet derzeit an der Abteilung für Sprechen, Musik und Hören der königlichen Technischen Hochschule (KTH), Stockholm, an ihrer Promotion. Sie absolvierte private Gesangstudien in Stockholm, Helsinki und in den USA und hat an mehreren Meisterkursen unter anderem bei Edith Mathis in Salzburg teilgenommen.

Johan Sundberg (geb. 1936, Doktor der Musikwissenschaft) hatte zwischen 1979 und 2001 eine Professur in Musikakustik an der Königlichen Technischen Hochschule (KTH) in Stockholm inne, deren musikakustische Forschungsgruppe er gründete und auch leitete. Seine Forschung umfasst akustische Aspekte von Musik im Allgemeinen, besonders der Gesangsstimme, Musikrezeption und Musikausführung. Dazu publiziert er beinahe 300 wissenschaftliche Artikel und mehrere Bücher. Als Chorsänger und Solist sammelte Sundberg auch praktische Musikerfahrung,