

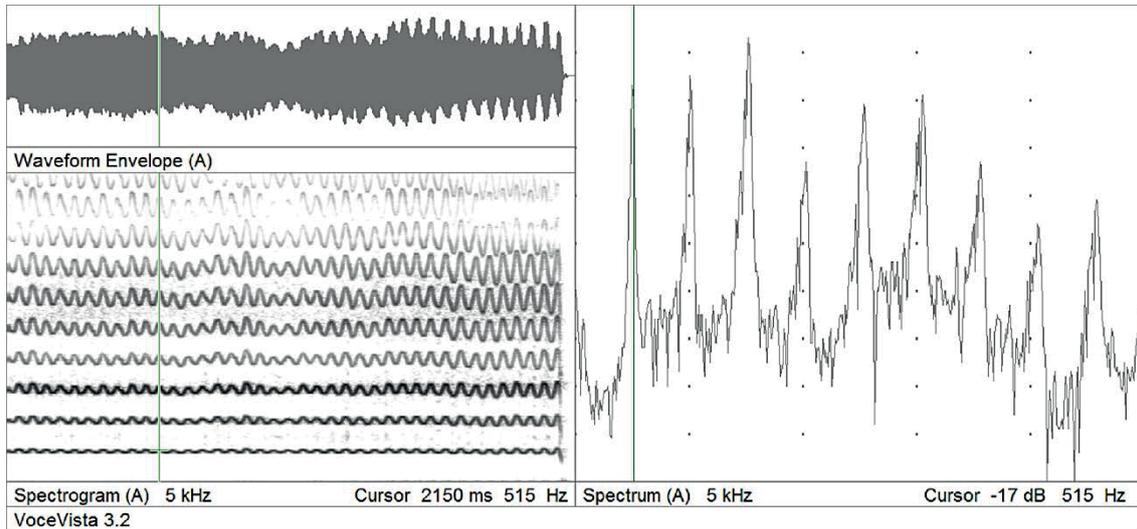
### 3.3. Untersuchungen zur *voce faringea* mit dem *VoceVista pro System*

Das von Donald G. Miller, Richard Horne und Gerrie Goeree entwickelte *VoceVista pro System* bietet eine non-invasive Möglichkeit zur Untersuchung der Glottisfunktion und des Stimmspektrums. Das System besteht aus der Computersoftware *VoceVista pro* und einem kleinen, portablen Elektrogloggographen. Zwei Signale werden für den Verarbeitungsprozess abgenommen: das Audiosignal wird über ein Headset-Mikrofon und das EGG-Signal über zwei Elektroden aufgenommen, die mittels eines flexiblen Bandes links und rechts vom Schildknorpel fixiert werden. Das System lässt sich nicht nur zur Aufnahme und Analyse von Ton- und EGG-Signalen, sondern auch als Real-Time-Feedback-Instrumentarium nutzen.

Mit der Computer-Software kann ein via Mikrofon aufgenommenes Audiosignal in einem Spektrogramm und einem Leistungsspektrum (*power spectrum*) graphisch dargestellt werden. Die horizontale Dimension des Spektrogramms entspricht der Zeit-Achse – es können Klang-Samples zwischen 4 und 20 Sekunden verarbeitet werden. Die vertikale Dimension zeigt die Grundfrequenz ( $F_0$ ,  $H_1$ ) und ihre Obertöne, deren Frequenzen immer ein Vielfaches der Grundfrequenz sind. *Abbildung 39* stellt in der linken unteren Hälfte ein Spektrogramm eines Gesangstons ( $H_4$ ) mit einer Grundfrequenz von 500 Hz und ihren Teiltönen (1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, etc.) dar. Die Lautstärke der einzelnen Teiltöne ist an der Farbe zu erkennen: ein heller, rötlicher Farbton (in der graustufen Darstellung – *Abb. 40* - eine dunklere Wellenlinie) entspricht einem hohen Schalldruckpegel, ein dunkler, bläulicher Farbton (in der graustufen Darstellung – *Abb. 40* - eine blässere Wellenlinie) einem geringen. Deutlich zu sehen sind in der Abbildung auch die Frequenzschwankungen durch das Stimmvibrato.

Das Leistungsspektrum repräsentiert einen kurzen Moment des Klang-Samples. Die beiden angezeigten Achsen entsprechen dabei der Frequenz in Herz und der Amplitude in Dezibel. Am *power spectrum* ist abzulesen, welche Frequenz-Komponenten in diesem Moment gerade dominant sind. Durch verschieben des Cursors auf der Zeit-Achse des Spektrogramms kann jeder Moment der Aufnahme auch im Leistungsspektrum angezeigt werden. Zusätzlich kann mittels

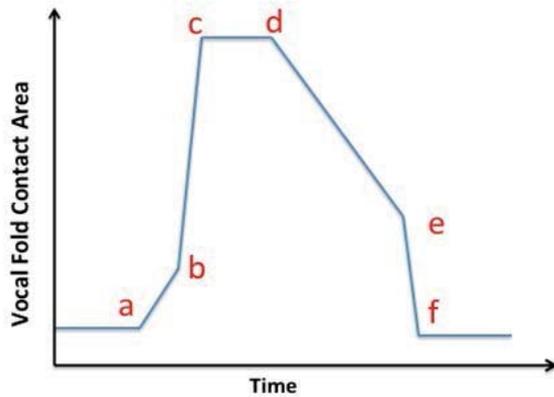
VoceVista pro ein Langzeit-Mittelwert-Spektrum (*long term average spectrum*, LTAS) für Klangbeispiele bis 10 Sekunden erstellt werden. Um einen realistischeren Eindruck von der Balance der einzelnen Frequenz-Komponenten zu bekommen, könne, laut Miller, durch das Einstellen der Mittel-Wert-Zeit auf 200 bis 300 Millisekunden eine typische Vibrato-Rate von etwa 5 Hz normalisiert werden.<sup>301</sup>



**Abbildung 40** Spektrogramm und Leistungsspektrum (power spectrum) eines ausgehaltenen Tons (H4) in der *voce faringea*.

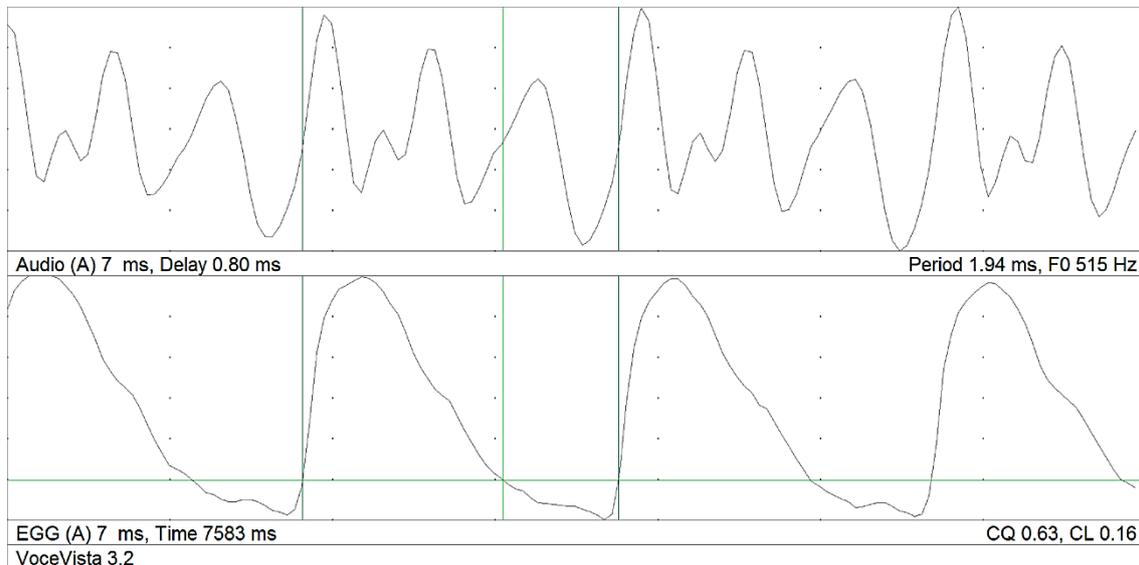
Das zweite Signal, welches von der Computer-Software verarbeitet werden kann, ist jenes des Elektrolottographen. Zwischen den beiden Elektroden des EGG, die seitlich neben dem Kehlkopf positioniert werden, fließt schwacher hochfrequenter Strom. Der elektrische Widerstand sinkt jeweils bei geschlossenen Stimmfalten und erhöht sich bei geöffneter Glottis. Die sich während der Stimmlippenschwingung verändernden Impedanz-Messwerte werden sodann als Kurvenform dargestellt, die den glottischen Schließ-Vorgang beschreibt.

<sup>301</sup> Miller D. G., *Resonance in Singing, Voice Building through Acoustic Feedback*, 2008, S. 7-9.



- a: Beginnender Kontakt der unteren Schichten der Stimmlippen.
- b: Beginnender Kontakt der oberen Schichten der Stimmlippen.
- c: Beginn des maximalen Kontakts zwischen den Stimmlippen.
- d: Ende des maximalen Kontakts, Beginn der Trennung der unteren Stimmlippen-Schichten.
- e: Beginn der Trennung der oberen Schichten der Stimmlippen.
- f: Ende der Öffnungsphase und Beginn der Offenphase.

**Abbildung 41** Signifikante Punkte der typischen EGG-Kurve eines Gesangstons im Modalregister. (Kuang, Keating, & Patricia, 2013)



**Abbildung 42** Audio und EGG-Signal eines Tons (H4) gesungen in der *voce faringea*.

Anhand der EGG-Kurve lassen sich bestimmte Charakteristika der Glottisfunktion ermitteln. So kann die Kontakt- und Offenphase der Stimmlippen errechnet werden und die Form der Kurve lässt Rückschlüsse auf das verwendete Stimmregister zu. *Abbildung 42* zeigt das Audio- und EGG Signal eines Gesangstons in der Stimmfunktion *voce faringea*. Die beiden äußeren, grünen Indikatoren repräsentieren jeweils den Beginn einer Periode. Der mittlere vertikale Indikator bestimmt den angenommenen Beginn der Offenphase der Stimmlippen.

Das EGG alleine liefert allerdings nicht immer valide Ergebnisse bezüglich des Kontaktquotienten. So können die Phasen des vollständigen Stimmlippenschlusses und jene der fast geschlossenen Glottis nicht mit absoluter Sicherheit unterschieden werden. Eine Strategie den Moment der Glottisöffnung dennoch zu bestimmen ist das Abgleichen des EGG-Signals mit dem Audio-Signal. So ist ein dramatischer Abfall in der akustischen Stärke deutlicher Hinweis für den Beginn der glottischen Offenphase. Aufgrund der Tendenz der Glottis effektiv geschlossen zu bleiben bis sich ein spätes lokales Maximum im Audio-Signal zeigt, kann angenommen werden, dass ein solches Schallereignis ein weiteres Indiz für den Beginn der Offenphase ist. Mittels eines späten lokalen Maximums wurde in der *Abbildung 40* die Kontakt- und die Offenzeit bestimmt. Der horizontale Indikator des EGG (CL, *criterion level*) wird durch das manuelle Abgleichen der beiden Signale bestimmt.<sup>302</sup>

### 3.3.1. Die Ausgangslage

Muskuläre Kontraktionen in bestimmten Regionen des Ansatzrohres, wie sie von Bennati, Colombat, Sieber und anderen Autoren im 18. und beginnenden 19. Jahrhundert für die Bildung des Falsettregisters beschrieben wurden, haben bei der Phonation eines Falsetttöns einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Stimmtimbre. Jede kleinste Veränderung des Vokaltrakts hat eine Veränderung des Klangspektrums zur Folge. Das Modellieren der Ansatzrohr-Form durch partielles Weiten oder Verengen, durch das Öffnen und Verschließen des Zugangs zum Nasenrachenraum, durch Verändern der Zungenposition oder das Verlängern oder Verkürzen des gesamten Vokaltrakts durch Heben oder Senken des Kehlkopfs modifiziert die Formantenstruktur des Klangs. Formanten wirken wie eine Art akustischer Filter und bestimmen, welche Töne der Teiltonreihe verstärkt werden. Allerdings belegen historische<sup>303</sup> und zeitgenössische<sup>304</sup> Quellen auch,

---

<sup>302</sup> Miller D. G., *Resonance in Singing, Voice Building through Acoustic Feedback*, 2008, S. 40-44.

<sup>303</sup> Vgl. Pétrequin & Diday, Kommentar des anonymen Übersetzers, 1844, S. 291.

<sup>304</sup> Hanayama et al. wiesen in ihrer Studie *Metallic Voice: Physiological and acoustic Features* auf die anatomische Verbindung zwischen dem pharyngalen Resonator (*Velopharynx*), der aryepiglottischen Falte (lat. *Plica aryepiglottica*) und dem *M. arytenoideus obliquus* hin. Kontraktionen des *M. palatoglossus* und des *M. palatopharyngeus* würden sich daher bis zur *Plica aryepiglottica* und den an der Stellknorpelhinterfläche kreuzweise verlaufenden Fasern des *M. arytenoideus obliquus* fortsetzen und zu einer verstärkten Adduktion der Stimmlippen führen. (Hanayama, Camargo, Tsuji, & Pinho, 2009)

dass Modifikationen der Ansatzrohr-Form meist auch zu Spannungsveränderungen im Kehlarapparat führen.

Im Rahmen der an der KTH in Stockholm zusammen mit Johan Sundberg durchgeführten Untersuchung der Stimmregister Modal, Falsett und *voce faringea* konnten klare Korrelationen zwischen Parameter-Werten der Glottisfunktion und den Stimmregistern nachgewiesen werden. Einige für die Problemstellung vorliegender Arbeit besonders relevante Parameter wie der Stimmlippen-Verschlussquotient ( $Q_{closed}$ ), das Stärkeverhältnis der beiden tiefsten Partialtöne, Lage und Schalldruckpegel der Formanten F1 und F2, sowie die Stärke des Sängerformant-Clusters lassen sich auch mit dem *VoceVista pro* System ermitteln und dokumentieren. Ein Vorteil dieses Systems ist die Portabilität und Unabhängigkeit von institutioneller Infrastruktur wie einem Ton-Labor. Das System gibt mir, als forschendem Künstler, die Möglichkeit mit relativ einfachen Mitteln spezifische Charakteristika der Phonation darzustellen und zu analysieren.

### 3.3.2. Methode und Forschungsaufbau

Das *VoceVista pro* System wurde in der letzten Phase meines Forschungsprojekts zur Rekonstruktion der *voce faringea* regelmäßig als Real-Time-Feedback-Instrumentarium eingesetzt. Für vorliegende Arbeit wurden aufgenommene Klang-Samples ausgesucht, anhand derer bestimmte Charakteristika der *voce faringea* dargestellt und insbesondere auch Unterschiede zum Countertenor-Falsett belegt werden können.



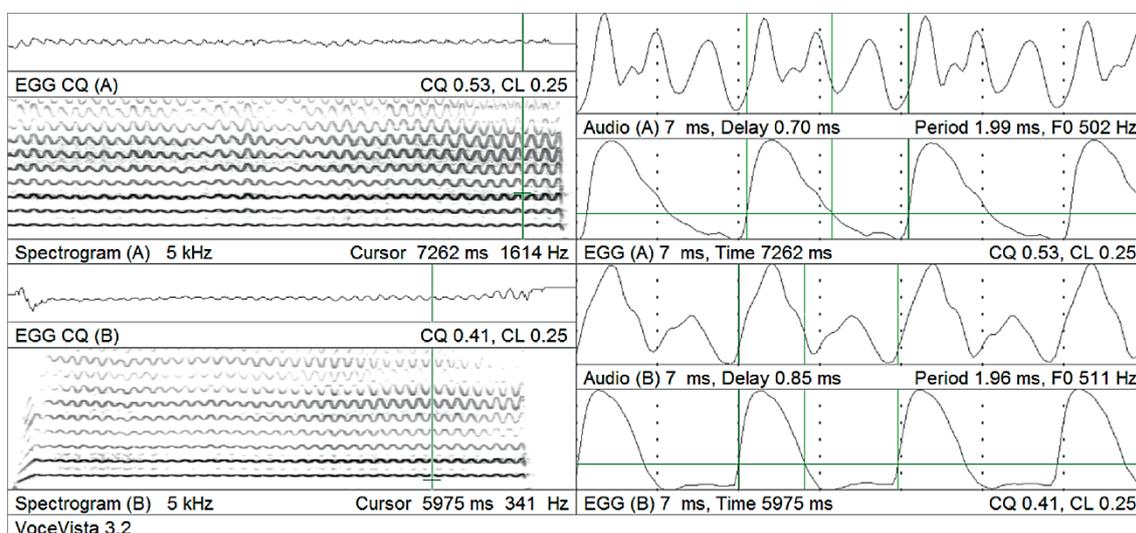
Die Klangbeispiele wurden für die Versuchsreihe mittels eines Headset-Mikrofons mit omnidirektionaler Richtcharakteristik und linearem Frequenzgang aufgenommen. Dazu wurde der Stimmlippenkontakt während der Phonation mit dem EGG-Modul ermittelt. Die beiden Signale wurden über ein Audio-Interface (Tascam US-144 Mk2) auf den Computer (Microsoft Surface

**Abbildung 43** Der Autor vorliegender Arbeit. Versuchsaufbau mit dem tragbaren VoceVista Elektroglottographen und dem angeschlossenen Headset-Mikrofon.

pro) übertragen. Dabei wurden die Eingangspegel für das Audio- und das EGG-Signal so eingestellt, dass Überlastungen und Verzerrungen vermieden werden konnten. Die Signale wurden anschließend zum besseren Vergleich mit der Software *Adobe® Audition® CC* auf einen Pegel von 85% normalisiert.

### 3.3.3. Ergebnisse der EGG-Messungen

Die zusammen mit Johan Sundberg durchgeführte Untersuchung, aber auch einige Vergleichsstudien<sup>305</sup> weisen den  $Q_{closed}$ -Wert als wichtigen Unterscheidungs-Indikator von Modalregister und Falsett aus. Laut Donald Miller sei im Modalregister ein Verschluss-Quotient von mehr als 50% zu erwarten - im Falsett hingegen betrage der Wert gewöhnlich weniger als 40%.<sup>306</sup> Anhand der aufgenommenen Klangbeispiele sollen nun unter Verwendung des *VoceVista pro* Systems jene, während meines Forschungsaufenthalts an der KTH in Stockholm ermittelten Ergebnisse bestätigt werden. Es soll folglich belegt werden, dass in der *voce faringea* durchschnittlich höhere  $Q_{closed}$ -Werte gemessen werden können als im Countertenor-Falsett. Eine Analyse der EGG-Kurven-Form soll weiter bestätigen, dass die Stimmlippenschwingung in der *voce faringea* eine deutliche mukosale Welle aufweist, die typischerweise im Falsett fehlt.



**Abbildung 44** Spektrogramm (links), Audio-Signal und EGG-Signal (rechts) der *voce faringea* (oben) und des Falsetts (unten). Audio-Beispiel auf [www.voce-faringea.com](http://www.voce-faringea.com).

<sup>305</sup> Högset & Sundberg, 2001, Salomao & Sundberg, 2008.

<sup>306</sup> Miller D. G., *Resonance in Singing, Voice Building through Acoustic Feedback*, 2008, S. 43.

Abbildung 44 zeigt die Spektrogramme (links) sowie die Audio- und EGG-Signale (rechts) eines Gesangstons mit der Grundfrequenz von 504 Hz (H4) in der *voce faringea* (oben) und eines Falsetttons mit 501 Hz (unten). Beide Gesangstöne wurden auf dem Vokal *A* gesungen. Der Zeitpunkt, zu dem der Glottisschluss beginnt, ist in beiden Beispielen deutlich festzumachen. Klar ist auch der Beginn der Offenphase im Falsett. Wesentlich schwieriger ist es hingegen die Kontaktzeit der Stimmlippen in der *voce faringea* zu ermitteln, da die EGG-Kurve im Bereich, der die Öffnungsphase repräsentiert, eine sehr flach verlaufende Form aufweist.

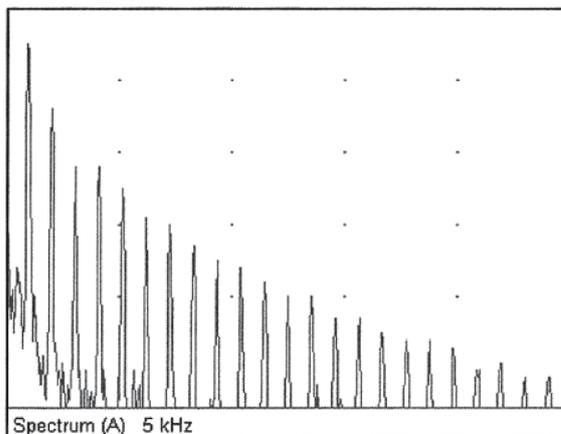
Für den Vergleich der beiden Signale wurde ein *criterion level* von 0,25 gewählt. Die Werte des Kontaktquotienten fluktuierten mit dem Stimmvibrato zwischen 58% und 48% in der *voce faringea* und zwischen 46% und 36% im Falsett. Die  $Q_{closed}$ -Werte in *Abbildung 41* – 53% in der *voce faringea* und 41% im Falsett – entsprechen dem gemessenen Mittel der beiden Klang-Samples. Das bedeutet, dass die Glottis in der *voce faringea* durchschnittlich um 12% der Periode länger geschlossen ist als im Falsett. Besonders auffällig sind die unterschiedlichen Kurven-Formen der beiden EGG-Signale: die Wellenlinie des EGGs lässt in der *voce faringea* ein deutliches Knie erkennen. Ein solches Knie belegt eine Stimmlippenschwingung mit einer Phasenverschiebung zwischen dem Stimmlippen-Körper und dem Cover. Die Phasenverschiebung verursacht dabei eine Verlängerung der Kontaktzeit und Vergrößerung der vertikalen Kontaktfläche der Stimmlippen. Die in der *voce faringea* auftretende mukosale Welle ist äußerst untypisch für eine Phonationsart, die auf dem Falsettregister basiert. Durch die stärkere Longitudinal-Spannung der Stimmlippen bei mäßiger oder nicht vorhandener Vokalis-Aktivität, schwingen die Stimmlippen im Falsett mit reduzierter Masse und ohne Phasenverschiebung. Aus diesem Grund weist die EGG-Wellenform des Falsetttons kein Knie auf.

Die  $Q_{closed}$ -Werte wurden im Rahmen der Studie *Strömungsglottogramm- und EGG-Parameter in den Stimmregistern: Modal, Falsett und voce faringea* mittels der Daten aus einer EGG-Messung und einer Invers-Filterung des Audiosignals errechnet. Die Messgenauigkeit dieser Methode ist etwas höher einzuschätzen als jene, den Kontaktquotienten mit dem *VoceVista pro* System zu ermitteln. Dennoch können bezüglich der Relation zwischen den Falsett- und *voce faringea*-

Werten valide Ergebnisse angenommen werden. Der durchschnittliche  $Q_{closed}$ -Wert in der *voce faringea* war im Rahmen der in Stockholm durchgeführten Studie (Kapitel 3.2.) etwa 3 Punkte höher als im Falsett. Dies ergibt eine Differenz der Kontaktzeitwerte von etwa 9%. Die  $Q_{closed}$ -Differenz der 2014 mit dem *VoceVista pro* System gemessenen Werte beträgt etwa 22%. Charakteristischer fällt auch das Knie in der Kurven-Form des *VoceVista*-EGGs aus als im EGG der Studie aus dem Jahr 2012. Deutlich wahrnehmbar waren auch die Unterschiede im Stimmtimbre. Während der Stimmklang bei geweitetem Pharynx ein Mezzosopran-artiges, weiches Timbre aufwies, erhielt der Klang bei kontrahiertem Schlundkopf mehr Schärfe und einen metallischen, durchdringenden Charakter. Der Vergleich der Messdaten von 2012 und 2014 stützt mein persönliches Empfinden, dass es mir im weiteren künstlerischen Forschungsprozess während letzten beiden Jahre gelungen ist, die Technik zur Bildung der *voce faringea* wesentlich zu verfeinern.<sup>307</sup>

### 3.3.4. Unterschiede in den Leistungsspektren

Das Leistungsspektrum gibt die momentanen Stärke-Relationen der Teiltonreihe eines Klangs wieder. *Abbildung 45* zeigt die Simulation eines Primärschall-Spektrums, ohne Veränderungen durch die resonatorischen Einflüsse des Vokaltrakts. Deutlich erkennbar ist der um 6 bis 12 dB pro Oktave abnehmende Schalldruckpegel der Partialtöne. Naturgemäß sind die tiefen Teilton-Frequenzen stärker als die hohen, wodurch die ersten beiden Formanten F1 und F2 akustisch bevorzugt



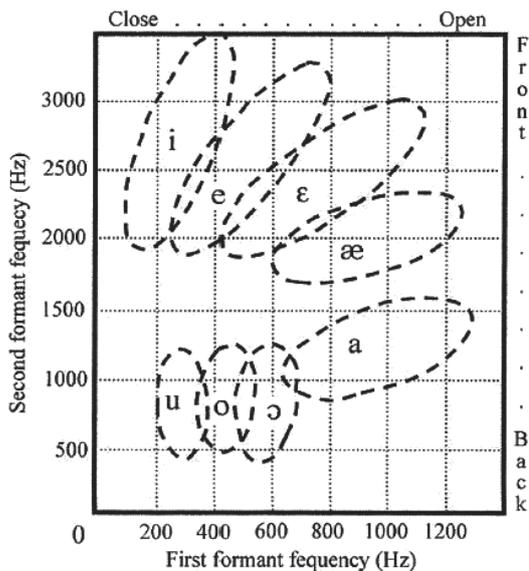
werden. Wird dieses Klangspektrum durch das Ansatzrohr gefiltert, so kommt es zu Verschiebungen bezüglich der Stärke einzelner Frequenzbereiche.

**Abbildung 45** Simuliertes Primärschall-Spektrum eines Tons (A3). (Miller D. G., *Resonance in Singing, Voice Building through Acoustic Feedback*, 2008, S. 25)

<sup>307</sup> Laut der pädagogischen Erfahrungen von Anna Lankow und Edgar Herbert-Caesari müsse man die Muskulatur des Kehlarapparats regelmäßig und auf spezielle Art für etwa zwei bis vier Jahre trainieren, um die *voce faringea* (*voix mixte*) künstlerisch nutzen zu können. (Lankow, 1905, S. 37), (Herbert-Caesari, *The Voice of the Mind*, 1951, S. 351)

Die Form des Vokaltrakts begünstigt die Schallübertragung in bestimmten Frequenzbandzonen - den Bereichen der Formanten. Die beiden tiefsten Formanten F1 und F2 werden durch den gesungenen Vokal bestimmt, die Formanten F3, F4 und F5 stehen mit dem Stimmtimbre in Zusammenhang und bilden bei klassisch ausgebildeten Opernsängern den Sängersformant-Cluster.

Die Form des *power spectrum* lässt folglich die resonatorischen Einflüsse des Ansatzrohrs, also die Lage der Formanten erkennen. *Abbildung 46* zeigt zwei mit den Formantenfrequenzen von F1 und F2 in Zusammenhang stehende phonetische Kategorien: Vokale können geschlossen oder offen artikuliert werden. Geschlossene Vokale haben einen eher niedrigen ersten Formanten, offene hingegen einen hohen. Die zweite Kategorie hat mit der Form der Mundhöhle und der Position der Zunge zu tun.



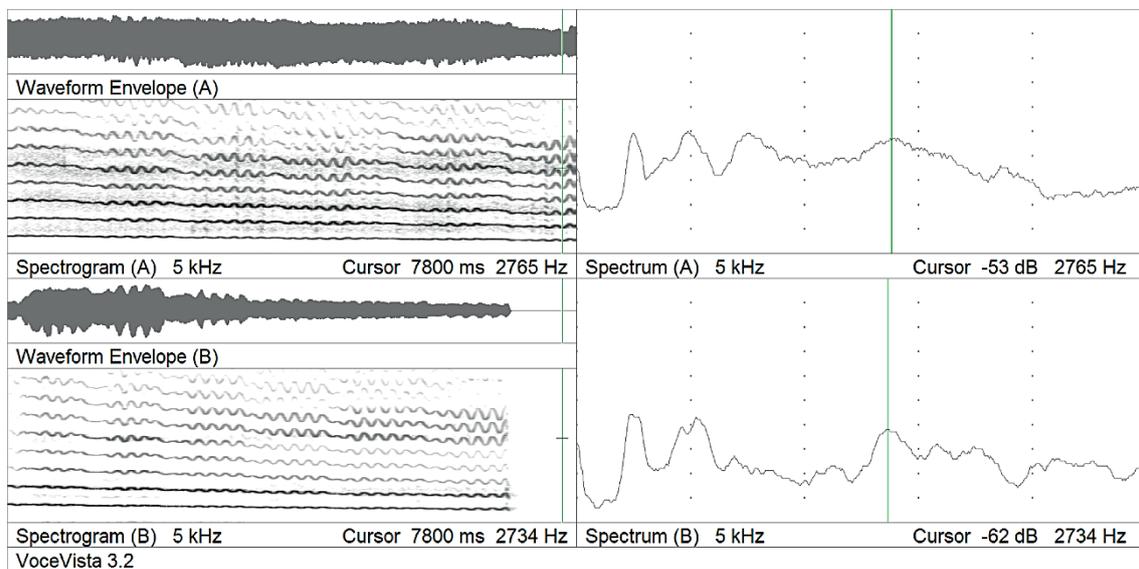
**Abbildung 46** Darstellung der Formanten-Zonen der Vokale. Die Achsen zeigen jeweils die Frequenzbereiche des ersten (horizontal) und des zweiten Formanten (vertikal). (Miller D. G., *Resonance in Singing, Voice Building through Acoustic Feedback*, 2008, S. 27)

Bei der Artikulation des Vokals /i/ bildet die Zunge relativ weit vorne im Mundraum einen Bogen, indem ihr mittlerer Teil nahe an den harten Gaumen gehoben wird. Um den Vokal /a/ auszusprechen, wird der Zungenbogen hingegen weiter hinten in der Mundhöhle geformt. Durch subtile Anpassung der offen/geschlossen und der vorne/hinten Dimension ist es möglich die Formantenfrequenzen der Vokale so zu verändern, dass es zu Überlagerungen mit Partialtonfrequenzen kommt und die akustische Kraft in diesen Frequenzbandbereichen

beträchtlich gesteigert wird.<sup>308</sup>

<sup>308</sup> Miller D. G., *Resonance in Singing, Voice Building through Acoustic Feedback*, 2008, S. 24-28.

Mittels Leistungsspektren sollen die Unterschiede der Vokaltrakt-Form für die *voce faringea* und das Falsetts sowie divergierende Strategien zur Klangverstärkung in den beiden Phonationsarten belegt und durch Langzeit-Mittelwert-Spektren die jeweilige Stärke des Sängerformant-Clusters in der *voce faringea* und im Falsett überprüft werden. Abschließend sollen die Leistungsspektren der falsett-dominanten *voce faringea* und der, von Donald Miller als *mezza voce* (*voix mixte* nach heutiger Auffassung) bezeichneten modaldominanten Stimmfunktion verglichen werden.

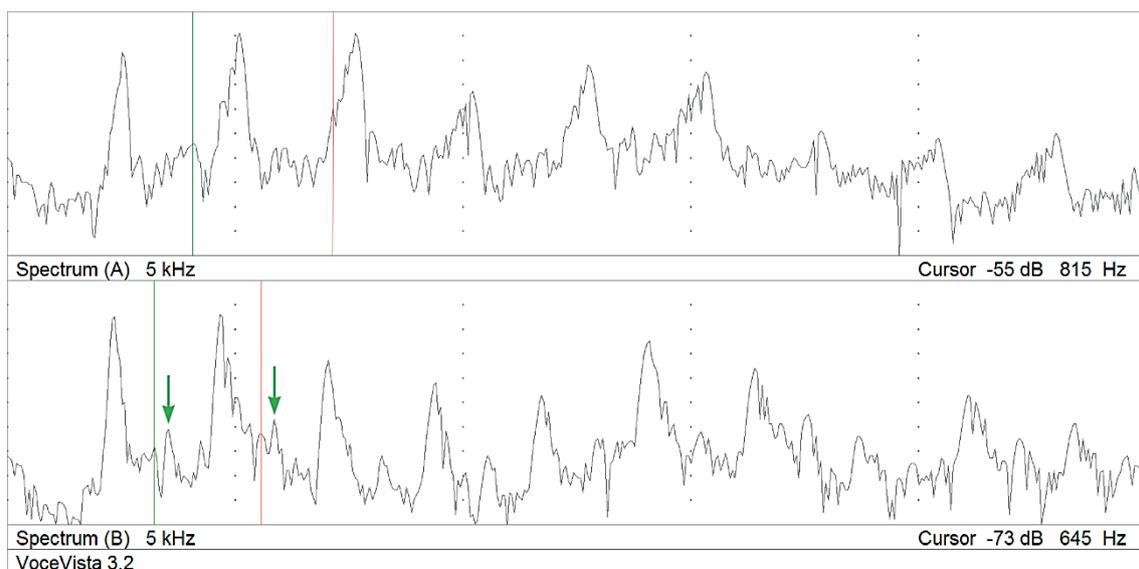


**Abbildung 47** Langzeit-Mittelwert-Spektrum (LTAS) einer Tonfolge in *voce faringea* (oben) und Falsett (unten). Audio-Beispiel auf [www.voce-faringea.com](http://www.voce-faringea.com).

Für den Vergleich der Stärke des Sängerformant-Clusters wurde jeweils eine absteigende chromatische Tonfolge von D5 bis A4 auf dem Vokal *A* in der *voce faringea* und im Falsett gesungen. Der Leistungsspektrum-Mittelwert wurde auf 8000 ms eingestellt. Das LTAS der *voce faringea* (Abb. 47 oben) zeigt ein Stärke-Maximum von -53 dB des Sängerformant-Clusters bei etwa 2765 Hz an. Im LTAS des Falsetts (Abb. 47 unten) liegt der Höchstwert des Schalldruckpegels ebenfalls im Bereich des dritten Formanten F3, jedoch ist dieser um 9 dB geringer als in der *voce faringea*. Dies liegt vermutlich an den unterschiedlichen Resonanzstrategien in den beiden Register-Mechanismen.

Im Falsett – insbesondere in den hohen Lagen – kommt es durch die Überlagerung der Grundfrequenz und dem ersten Formanten F1 zu einer beträchtlichen Klangverstärkung. Dies ist einerseits an der vergleichsweise großen Amplitude von H1 im LTAS, aber im ersten Abschnitt des Spektrogramms (*Abb. 47* links unten) auch an der relativen Stärke der Grundfrequenz im Vergleich zu den hochfrequenten Teiltönen festzustellen. Zur Klangverstärkung wird in der *voce faringea* hingegen die Überlagerung des zweiten Formanten mit dem dritten Partialton angestrebt. Gegenüber dem Falsett veränderte Einstellungen im Kehrlapparat und im Vokaltrakt<sup>309</sup> tragen auch zu einer Verstärkung des Sängersformant-Clusters bei.

Das Einstellen der Formantenfrequenzen auf einzelne Partialtöne geschieht durch Verschiebungen auf den beiden Achsen, welche die offen/geschlossen und vorne/hinten Dimension der Vokale repräsentieren.



**Abbildung 48** Ausschnitt aus dem LTAS (Tonhöhe: H4) von *voce faringea* und Falsett in einem power spectrum. Die grünen Indikatoren weisen auf den ersten Formanten F1 hin, die roten vertikalen Linien markieren den zweiten Formanten F2. Die beiden kleinen grünen Pfeile im unteren Leistungsspektrum zeigen auf subharmonische Teiltöne. Solche Subharmonien befinden sich oft genau zwischen zwei Partialtönen und dürfen nicht mit Formanten verwechselt werden.

<sup>309</sup> Diese, gegenüber dem Falsett veränderten Einstellungen bezüglich der Phonation und des resonatorischen Systems in der *voce faringea* werden in Kapitel 3.1.2. genauer erläutert.

Abbildung 48 stellt jeweils einen Ausschnitt aus den beiden LTAS von *voce faringea* und Falsett in einem Leistungsspektrum dar. Die grünen vertikalen Marker weisen dabei auf die Frequenz des ersten Formanten F1 hin, die roten auf die Position des zweiten Formanten im Spektrum.

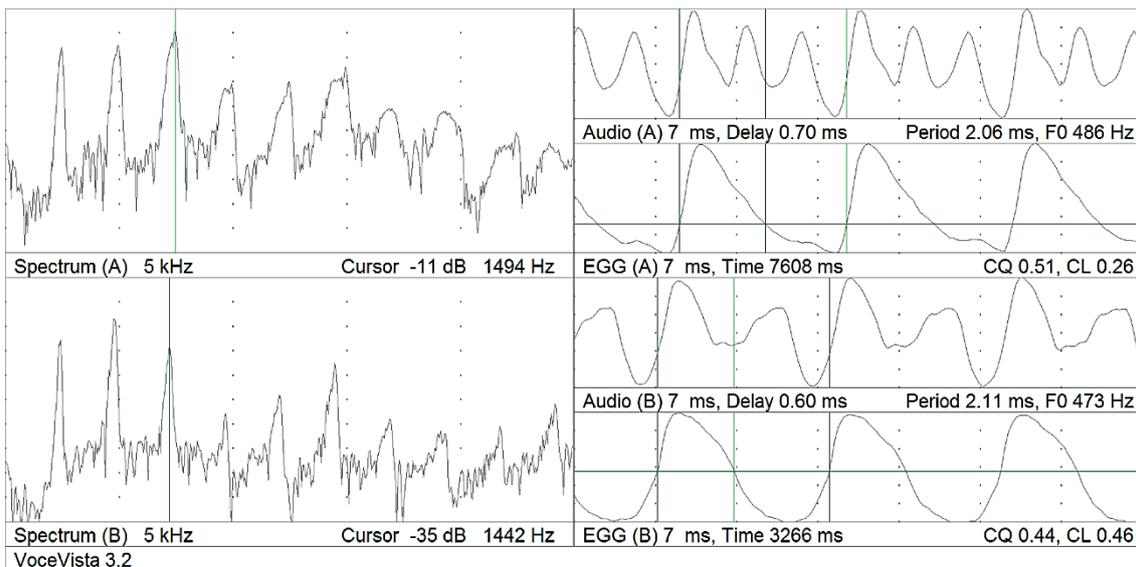
Deutlich zu sehen ist, dass in der *voce faringea* der dritte Partialton durch das Tunen von F2 auf den Frequenzbereich um 1440 Hz verstärkt wird. Die Resonanzstrategie, den Vokal so zu modifizieren, dass es zu einer Überlagerung des zweiten Formanten mit H3 oder H4 kommt, kann typischerweise auch bei Tenorstimmen im Modalregister beobachtet werden.<sup>310</sup> Der zweite Formant liegt im Falsett hingegen zwischen H2 und H3 - F1 etwa 200 Hz über der Grundfrequenz. Der Schalldruckpegel von H3 ist in der *voce faringea* um 20 dB höher als im Falsett (-17 zu -37 dB). Die Klangfarbe des A-Vokals wirkt im Falsett dunkler oder geschlossener und die Zungenwölbung befindet sich weiter hinten in der Mundhöhle als in der *voce faringea*. So ist beim Singen auf dem Vokal A im Falsett eine gewisse Tendenz in Richtung O zu hören, in der *voce faringea* allerdings zeigt das A einen Trend in Richtung Ä.

Die Messungen belegen deutlich, dass die Unterschiede bezüglich der Vokalfarben und des Stimmtimbres der beiden Stimmfunktionen mit spezifischen Einstellungen des Vokaltrakts korrelieren. So wird im Countertenor-Falsett der Rachen und Nasenrachenraum weit gedehnt und der Kehlkopf stets tief positioniert. Die Analyse der Klang-Samples des Falsettregisters bestätigt die Verwendung einer Resonanzstrategie, die auch Frauen für die hohen Bereiche ihres Stimmumfangs (oberes Mittelregister und Kopfreister) nutzen. Das Timbre weist daher einen runden, weichen und eher weiblichen Charakter auf. Für die Phonation in der *voce faringea* wird das Ansatzrohr hingegen etwas verkürzt, indem der Kehlkopf minimal höher eingestellt wird als im Modalregister und im Falsett. Insbesondere können aber die Modifikationen des Ansatzrohrs im Bereich des *Isthmus faucium* mit dem Tunen des zweiten Formanten und einem metallisch durchdringenden Klangcharakter in Verbindung gebracht werden.

---

<sup>310</sup> In einer aktuellen Studie konnten Sundberg, Lã und Gill kein Formanten-Tuning bei klassisch ausgebildeten Opernsängern nachweisen. (Sundberg, Lã & Gill, 2013)

Im Vergleich zur falsettdominanten *voce faringea* wurden in der modaldominanten *mezza voce* durchschnittlich etwas geringere  $Q_{closed}$ -Werte nachgewiesen (siehe Abb. 49). Bei der Klangerzeugung in der *mezza voce* konnte ich eine relativ starke Kontraktionsspannung im posterioren Teil der Stimmlippen wahrnehmen, während die mediale Spannung im vorderen Bereich der Glottis gegenüber der Phonation in der *voce faringea* gefühlsmäßig deutlich geringer ausfiel. Die Ergebnisse EGG-Messung in der *mezza voce* korrespondieren mit jenen aus Donald Millers Studie *Soft Phonation in the Male Singing Voice*. Miller untersuchte die Charakteristika der *mezza voce* bei zwei Tenören (einem lyrischen und einem dramatischen Tenor) und fand bei einem der Probanden auch hohe Kontaktquotient-Werte, obwohl eine stroboskopische Untersuchung belegte, dass es in dieser leichten Phonationsform zu keinem vollständigen Stimmlippenabschluss kam.<sup>311</sup>



**Abbildung 49** Leistungsspektrum und EGG eines Gesangstons (B4) in der *voce faringea* (oben) und in der *mezza voce* (unten). Audio-Beispiel auf [www.voce-faringea.com](http://www.voce-faringea.com).

<sup>311</sup> Miller D. G., Registers in Singing; Empirical and systematic studies in the theory of the singing voice, Dissertation an der Universität Groningen, 2000, S. 147-164.

Das Weiten des gesamten Ansatzrohrs und die Dehnung des epilaryngalen Kragens führen in der *mezza voce* zu einer signifikanten Reduzierung der Dominanz des zweiten Formanten. *Abbildung 49* zeigt einen um 24 dB höheren Schalldruckpegel von H3 in der *voce faringea* als in der *mezza voce*. Grund für die geringe Stärke des dritten Teiltons ist, dass sich der zweite Formant nicht mehr im Einflussbereich von H3 befindet und diesen nun nicht mehr verstärken kann. Dazu belegt das Leistungsspektrum für die *voce faringea* auch wesentlich stärkere Partialtöne im Bereich des Sängerformant-Clusters. Es zeigte sich während der Experimente mit den diversen Register-Mechanismen, dass der Übergang von der modaldominanten *mezza voce* in die falsettdominante *voce faringea* relativ einfach zu bewerkstelligen ist. Die *mezza voce* könnte somit bei einem Registerwechsel von der *voce faringea* ins Modalregister und umgekehrt als Zwischenschritt Verwendung finden.