

Freddie Mercury



Einführung

MusikliebhaberInnen bevorzugen meist bestimmte Genres und denken nicht weiter darüber nach, warum sie eine bestimmte Musik, ein Instrument oder eine Stimme besonders gerne mögen. „Profis“ – und damit meine ich nicht nur MusikerInnen, SängerInnen und GesangspädagogInnen, sondern auch LogopädInnen, Stimm- und AtemlehrerInnen und PhoniaterInnen, fragen nach den Gründen. Ich selbst habe früher Musik immer nach zugrundeliegenden musikalischen Stilmitteln hinterfragt, das heißt nach den Noten, ihren Interpretationsmöglichkeiten und ob’s mir gefällt. Aber ich erinnere mich noch sehr genau an mein Aha-Erlebnis bei einem Workshop über akustische Stimmanalyse, den meine Kollegen Markus Hess (Hamburg) und Manfred Gross (Berlin) in der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie in Berlin veranstalteten. Ich erlebte Gesangstimmen aus einem ganz anderen Blickwinkel – ganz recht: visuell! Einer der Referenten war Donald Gray Miller (Sänger und Gesangslehrer), und er

analysierte vor den Augen und Ohren der staunenden TeilnehmerInnen die akustischen Geheimnisse berühmter Stimmen (mit seinem „Voce-Vista“-System). Wir TeilnehmerInnen konnten dann selbst versuchen, Sängerformanten und andere Gesangstechniken visuell kontrolliert nachzuahmen.

Die elektroakustische Stimmanalyse ist aus der Phoniatrie inzwischen nicht mehr wegzudenken und ist zu einer Grundlage von Diagnosen und Therapieevaluationen entwickelt worden. Doch, wie Don Miller damals schon zeigte, kann man auch musikalische Tonaufnahmen mit akustischen Methoden untersuchen und damit verstehen, was sich hinter den Stilmitteln verbirgt, mit denen SängerInnen „Gänsehaut“ verursachen, gewissermaßen ein Blick hinter die Geheimnisse der SängerInnen.

Freddie Mercury war ein Pop-Sänger, der durch ein besonders großes Repertoire an „special effects“ faszinierte. Darunter sind auch verschiedene Heiserkeitsformen, die er als Stilmittel verwendete, wie zum Beispiel stark behauchte Passagen, stark gepresste Passagen, Passagen mit Subharmonischen und ein „extremes“ Tremolo. Der bekannte Gesangspädagoge und Gesangswissenschaftler Christian Herbst hat Tonaufnahmen von Freddie Mercury untersucht und öffnet uns sozusagen beim Hören die Augen. Ich war von seinem Manuskript so begeistert, dass ich mir eine Publikation in L.O.G.O.S. INTERDISZIPLINÄR wünschte! Lassen Sie sich ebenfalls begeistern und überraschen!

RAINER SCHÖNWEILER, LÜBECK

– Akustische Stimmanalyse

Freddie Mercury – Acoustical Voice Analysis

CHRISTIAN T. HERBST

Einleitung

Freddie Mercury (* 5. September 1946, † 24. November 1991) war einer der markantesten Sänger seiner Zeit. Das US-Magazin „Rolling Stone“ reihte Freddie Mercury an 18. Stelle der hundert besten Sänger aller Zeiten (Rolling Stone, 2012). Als Frontmann der Rockgruppe Queen prägte er deren musikalischen Stil entscheidend mit.

Es ist das Ziel dieser Studie, Freddie Mercurys Singstimme durch Analyse des zur Verfügung stehenden akustischen Datenmaterials nach objektiven Kriterien zu beschreiben. Insbesondere wurden der Stimmumfang (Sprech- und Singstimme) und das Stimmtimbre (Register, Geräuschkomponenten, Vibrato etc.) untersucht.

Zusammenfassung: In dieser Studie wurde das öffentlich zugängliche Tonmaterial des Sängers Freddie Mercury akustisch analysiert. Es wurde eine mittlere Sprechstimmlage von ungefähr 109 bis 128 Hertz und ein Singstimmumfang von drei Oktaven (G bis g², ca. 98 – 784 Hz) festgestellt. Freddie Mercury war von der Sprechstimmlage her Bariton, sang jedoch meistens in Tenorlage. Das Stimmtimbre zeigte sich sehr variabel. Freddie Mercury sang sowohl im Brust- als auch im Falsett-Register, der Grad der glottischen Adduktion wurde abhängig vom ästhetischen Kontext entlang der Dimension „behaucht“/„gepresst“ variiert. Die Stimme hatte ein unregelmäßiges und schnelles Vibrato (ca. 7 Hz) mit relativ weiter Auslenkung (ca. 1.5 Halbtöne). Das stellenweise „raue“ Stimmtimbre ist auf subharmonische Oszillations-Phänomene (Periodenverdopplung, -verdreifachung und -vervierfachung) im Larynx zurückzuführen. Der Gesamteindruck einer Stimme, welche bis ans Limit ausgereizt wurde, ist durchaus kompatibel mit der exzentrischen Künstlerpersönlichkeit Freddie Mercurys.

Summary: This study provides an acoustical analysis of Freddie Mercury's voice, mostly based on the commercially available a-cappella sound material. The average speaking fundamental frequency was in the range of 109 – 128 Hz and the singing voice range stretched across three octaves (G2 – G5, ca. 98 – 784 Hz). These results suggest that Freddie Mercury was a Baritone who sang as a Tenor. Being able to flexibly adjust his voice timbre, he sang in both chest and head (falsetto) voice. He was capable of manipulating glottal adduction along the dimension of breathy vs. pressed, varying with aesthetical context. Freddie Mercury's voice was characterized by an irregular and fast vibrato (ca. 7 Hz) with a relatively large amplitude of about 1.5 semi-tones. The perceptually rougher sounds were likely to be caused by subharmonic oscillatory phenomena (period doubling, tripling and quadrupling) in the larynx. In conclusion, the collected data suggests that Freddie Mercury drove his voice well to its limits, which is in good agreement with his eccentric stage persona.

Methoden

Datenmaterial

Als Datenmaterial standen (A-cappella-) Aufnahmen aus der kommerziell verlegten CD-Sammlung „Freddie Mercury: The Solo Collection“ (2000, EMI/Parlophone), die Gesamtdiskographie von Queen sowie einige YouTube-Videos zur Verfügung.

Bei der Auswahl des Datenmaterials und der Analysemethoden sind folgende Einschränkungen zu beachten:

Es existieren nur wenige reine A-cappella-Aufnahmen von Freddie Mercury. Tonhöhenanalysen können nur von Aufnahmen gemacht werden, die lediglich eine Klangquelle (eben die Stimme Freddie Mercurys) beinhalten. Spektrale Messungen könnten durch die Präsenz von Instrumenten beziehungsweise anderen Sängern verfälscht werden.

Reine spektrographische (d. h. frequenzabhängige) Messungen sind nur bedingt aussagekräftig. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Frequenzcharakteristik der Daten beim Mischen im Studio verändert wurde.

Bei Interviews sind oft Hintergrund- beziehungsweise Störgeräusche zu hören. Jene Passagen wurden von der Analyse ausgenommen.

Sprechstimme

Für die Charakterisierung der Sprechstimme wurden vier Interviews aus den Jahren 1977, 1984, 1985 und 1987 analysiert. Die Passagen, in denen Freddie Mercurys Stimme deutlich und ohne Nebengeräusche hörbar war, wurden manuell mit der Software Praat¹ geschnitten, die Tonhöhe wurde in Praat mit der Autokorrelationsmethode berechnet. Zur Berechnung wurden die von Praat vorgegebenen Standardparameter verwendet, der mögliche Tonhöhenumfang wurde auf 50–1000 Hertz erweitert.

Singstimmumfang

Zur Ermittlung des Singstimmumfangs wurden alle kommerziellen Aufnahmen von Freddie Mercury beziehungsweise

.....
¹ Freeware-Programm zur akustischen Analyse von Sprache und Gesang:
www.fon.hum.uva.nl/praat/

Schlüsselwörter

Freddie Mercury

Stimmumfang

Singstimme

Vibrato

Subharmonische Schwingungen

Keywords

Freddie Mercury

voice range

singing voice

vibrato

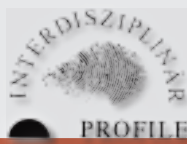
subharmonic oscillation

KURZBIOGRAFIE

Christian T. Herbst, Jahrgang 1970, ist ein österreichischer Biophysiker und Gesangspädagoge. Er begann seine musikalische Laufbahn 1976 bei den Salzburger Domkapellknaben. Nach dem Studium der Gesangspädagogik an der Universität Mozarteum Salzburg war er viele Jahre als Stimmbildner aktiv, unter anderem bei den Salzburger Domkapellknaben und beim Tölzer Knabenchor. Seit 2009 ist Christian Herbst Universitätsassistent am Department für Kognitionsbiologie der Universität Wien und forscht dort im Bereich Bioakustik. Im Frühjahr 2012 promovierte er im Fach Biophysik an der Universität Olmütz, Tschechische Republik.

Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeit von Christian Herbst ist die Untersuchung physiologischer Vorgänge im Kehlkopf des Sängers. Im Zuge dieser Arbeit entwickelte er unter anderem „electroglottographic wavegrams“, eine Methode zur Darstellung von physiologischen Charakteristika der Stimmbandschwingung in Sprache und Gesang. Er publizierte zahlreiche Manuskripte in internationalen Fachjournalen. Forschungsaufenthalte führten Christian Herbst unter anderem an das Center for Computer Research in Music and Acoustics der Stanford University, das Department for Speech, Music and Hearing (TMH) der Königlichen Technischen Hochschule in Stockholm sowie das Voice Research Lab der Universität Groningen, Niederlande.

Weitere Informationen:
www.christian-herbst.org



der Rockgruppe Queen abgehört und die infrage kommenden potenziellen Extremtöne durch Nachsingen beziehungsweise Nachspielen auf einem Klavier bestimmt.

Stimmtimbre und Stimmregister

„Timbre“ ist definiert als „jenes Attribut des Hörens, durch welches ein Mensch zwei in gleicher Weise präsentierte Klänge, welche dieselbe Lautstärke und Tonhöhe haben, als verschieden bewerten kann“ (ANSI, 1960)¹. Timbre wird hauptsächlich durch das Klangspektrum beeinflusst (vgl. Rossing, 1990) und ist die Verteilung von akustischer Energie als Funktion der Frequenz (vgl. Roads, 1996).

Der Grad der glottischen Adduktion² hat einen großen Einfluss auf das resultierende Klangtimbre. Dieser physiologische Parameter reicht von gepresst bis behaucht. Bei gepresster Stimmgebung sind die Aryknorpel üblicherweise zusammengepresst, bei behauchter Stimmgebung ist ein sogenannter Glottisspalt zwischen den Stellknorpeln (und evtl. sogar auch teilweise zwischen den beiden Stimmlippen selbst) sichtbar. Die turbulent durch den Glottisspalt fließende Atemluft erzeugt Geräuschanteile, die im Klangspektrum als Energie zwischen den Partialtönen gut sichtbar ist.

Ein Stimmregister ist definiert als eine Reihe von aufeinanderfolgenden homogenen Tönen, die mit demselben mechanischen Prinzip produziert werden und die sich grundlegend von einer anderen Reihe von ebenso aufeinanderfolgenden homogenen Tönen, die durch ein anderes mechanisches Prinzip produziert werden, unterscheiden (vgl. Garcia, 1847)³. Der Registerbegriff ist

.....
1 Original: „...that attribute of auditory sensation in terms of which a listener can judge two sounds similarly presented and having the same loudness and pitch as dissimilar“. Deutsche Übersetzung vom Autor.

2 Die Stimmlippen sind paarig angeordnete Gewebefalten, die sich horizontal von vorne nach hinten am oberen Ende der Luftröhre befinden. Beim Atmen sind die Stimmlippen geöffnet, bei der Stimmproduktion sind sie parallel aneinander angenähert und schwingen im Atemluftstrom. Jene Annäherung, auch als „Adduktion“ bezeichnet, kann vollständig (die Stimmlippen sind voll aneinander gepresst) oder unvollständig sein (es bleibt ein kleiner Öffnungsspalt, meist im hinteren Bereich).

3 Original: “By the word register we mean a

nicht unumstritten, es wurden in der Fachliteratur über einhundert verschiedene Termini verwendet (vgl. Mörner, Fransson & Fant, 1963). Im Rahmen dieser Studie werden die Begriffe *Modalregister* (engl.: *chest voice, modal voice*) und *Falsettregister* (engl.: *falsetto, head voice*) verwendet (vgl. Seidner & Wendler, 2004). Das Modalregister wird mit aktivem Vokalismus (*Musculus thyroarytenoideus*) produziert, hat in der Stimmlippenschwingung eine vertikale Phasendifferenz zwischen oberer und unterer Stimmlippenkante und zeichnet sich durch einen starken Ober- tongehalt aus. Das Falsettregister wird mit entspanntem Vokalismus ohne vertikale Phasenverschiebung produziert und hat einen geringeren Ober- tongehalt. Das Modalregister kann von Männern für Tonhöhen bis ungefähr c” (ca. 523 Hz) verwendet werden. Tonhöhen ab a (220 Hz) und darüber können von vielen Männern bereits im Falsettregister gesungen werden (vgl. Miller, 2000)⁴. Für die Beschreibung des Stimmtimbres beziehungsweise des Stimmregisters von Freddie Mercury wurden Spektrogramme von ausgewählten Passagen aus kommerziellen Aufnahmen der Rockgruppe Queen gewählt. Diese Daten müssen allerdings mit Vorsicht interpretiert werden, zumal das Klangspektrum mit hoher Wahrscheinlichkeit beim Abmischen der Aufnahmen im Tonstudio in mehr oder weniger hohem Grad verändert worden ist. Darüber hinaus ist eine rein auf der Analyse des Klangspektrums basierende Unterscheidung der beiden Stimmregister nicht immer erfolgreich.

series of consecutive and homogeneous tones going from low to high, produced by the same mechanical principle, and whose nature differs essentially from another series of tones equally consecutive and homogeneous produced by another mechanical principle. All the tones belonging to the same register are consequently of the same nature, whatever may be the modifications of timbre or of the force to which one subjects them. Deutsche Übersetzung vom Autor.

4 Diese Werte sind abhängig von Stimmgattung und Ausbildungsgrad (z. B. Verfügbarkeit des sog. *full head register*) und können von Sänger zu Sänger um mehrere Halbtöne variieren.

Vibrato

Unter „Vibrato“ versteht man eine periodische Modulation der Grundfrequenz (Tonhöhe) im Gesang (vgl. Titze, 2000). Die Modulationsfrequenz (d.h. die Anzahl der „Schwingungen“ der Tonhöhe pro Sekunde) liegt üblicherweise bei ungefähr 4–7 Hertz (Hirano et al., 1995). Die Tonhöhen Schwankungen betragen üblicherweise rund einen Halbton, also $\pm \frac{1}{2}$ Halbton (vgl. Hirano, Hibi & Hagino, 1995). Zur Berechnung von Vibratofrequenz und -amplitude wurde die zeitvariable Grundfrequenz des Stücks „Let’s turn it on“ mit der Software Praat (Autokorrelationsmethode, Standardparameter) berechnet. Es wurden gehaltene Töne extrahiert, deren Dauer mindestens 400 Millisekunden betrug. Die Anzahl der Vibratozyklen wurde durch manuelles Zählen ermittelt. Die Vibratofrequenz (F_{Vibrato}) wurde als das Verhältnis der Anzahl an Vibratozyklen zur Dauer des Haltetons definiert:

$$F_{\text{Vibrato}} = \frac{\text{Anzahl Zyklen}}{\text{Dauer Note}} \text{ [Hz]}$$

Für jeden gehaltenen Ton wurden die minimale und die maximale Grundfrequenz ermittelt und die entsprechenden Werte in Cent⁵ zur Basis c' (ca. 261,63 Hz) umgerechnet. Die minimale Tonhöhe (T_{min}) wurde definiert als:

$$T_{\text{min}} = 1200 \log_{10} \frac{F_{\text{min}}}{F_{\text{Basis}}} \text{ Cent}, \quad F_{\text{Basis}} \approx 261,63 \text{ Hz (Ton c')}$$

Die maximale Tonhöhe (T_{max}) wurde auf gleiche Weise berechnet, ausgehend von der Maximalfrequenz. Die Tonhöhe jedes gehaltenen Tons (T) wurde als der Mittelwert aus Tonhöhenminimum und Tonhöhenmaximum in Cent definiert und durch Division durch 1200 in Oktaven zur Basis c' umgerechnet:

$$T_{\text{durchschn}} = \frac{\frac{T_{\text{min}}}{2} + \frac{T_{\text{max}}}{2}}{1200} \text{ Oktaven}, \quad \text{Basis} \approx 261,63 \text{ Hz (Ton c')}$$

Die Vibratoamplitude (A_{Vibrato}) wurde als Differenz zwischen Tonhöhenmaximum und -minimum festgelegt:

$$A_{\text{Vibrato}} = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{100} \text{ Halbtöne}$$

Die Regelmäßigkeit der Vibratokurve wurde für ein ausgewähltes Beispiel („Let’s turn it on“, extrahiert zum Zeitpunkt $t = 102$ s, Dauer 3,2 s) auf Basis des Energiespektrums der mit Praat (Autokorrelationsmethode, Standardparameter) berechneten Tonhöhenkontur ermittelt. Die Tonhöhenkontur wurde mit einer Frequenz von 10 Kilohertz gesampelt, das resultierende Signal mit einer Hann-Fensterfunktion⁶ multipliziert und vor und nach dem Signal wurden 10 Sekunden Stille angefügt. Die spektrale Leistungsdichte des so präparierten Signals wurde mit Praat berechnet (Länge des FFT-Fensters: 200000 Samples). Die Energiekomponenten von 0 bis 50 Hertz wurden in einem Spektrum graphisch dargestellt.

.....
5 Ein Halbton wird in 100 Cent eingeteilt. Tonhöhenangaben in Cent beziehen sich immer auf einen Basiston.

Es besteht ein logarithmisches Verhältnis zwischen Grundfrequenz und Tonhöhe.

6 Die Multiplikation des analysierten Signalsegments mit der Fensterfunktion minimiert den bei der Fourier-Transformation auftretenden „leakage effect“, also die „Verschmierung“ von Frequenzkomponenten – siehe etwa www.de.wikipedia.org/wiki/Fensterfunktion.



Ergebnisse

Stimmumfang

Die Analyse der Sprechstimme ergab für die über einen Zeitraum von zehn Jahren verteilten Interviews ein relativ homogenes Bild: Akustisch (durch Anhören der Aufnahmen) verifizierte Extremwerte reichten von ungefähr 87 Hertz (Ton F) bis überraschend hohe 460 Hertz (Ton b'). Die in Abbildung 1 dargestellten Werte außerhalb dieser Grenzen sind als Analyseartefakte anzusehen. Die Mediane der Interviews lagen im Bereich von 109–128 Hertz, die beiden Quartile liegen im Bereich von 98–143 Hertz.

Als Extremtöne des Stimmumfangs wurden im Rahmen dieser Studie G (ca. 98 Hz) und g'' (ca. 392 Hz) bestimmt. Daraus ergibt sich ein Singstimmumfang von drei Oktaven (s. Abb 1).

Timbre

In Abbildung 2 wurden zwei typische Beispiele für behauchten und eher gepressten Stimmklang gegenübergestellt.

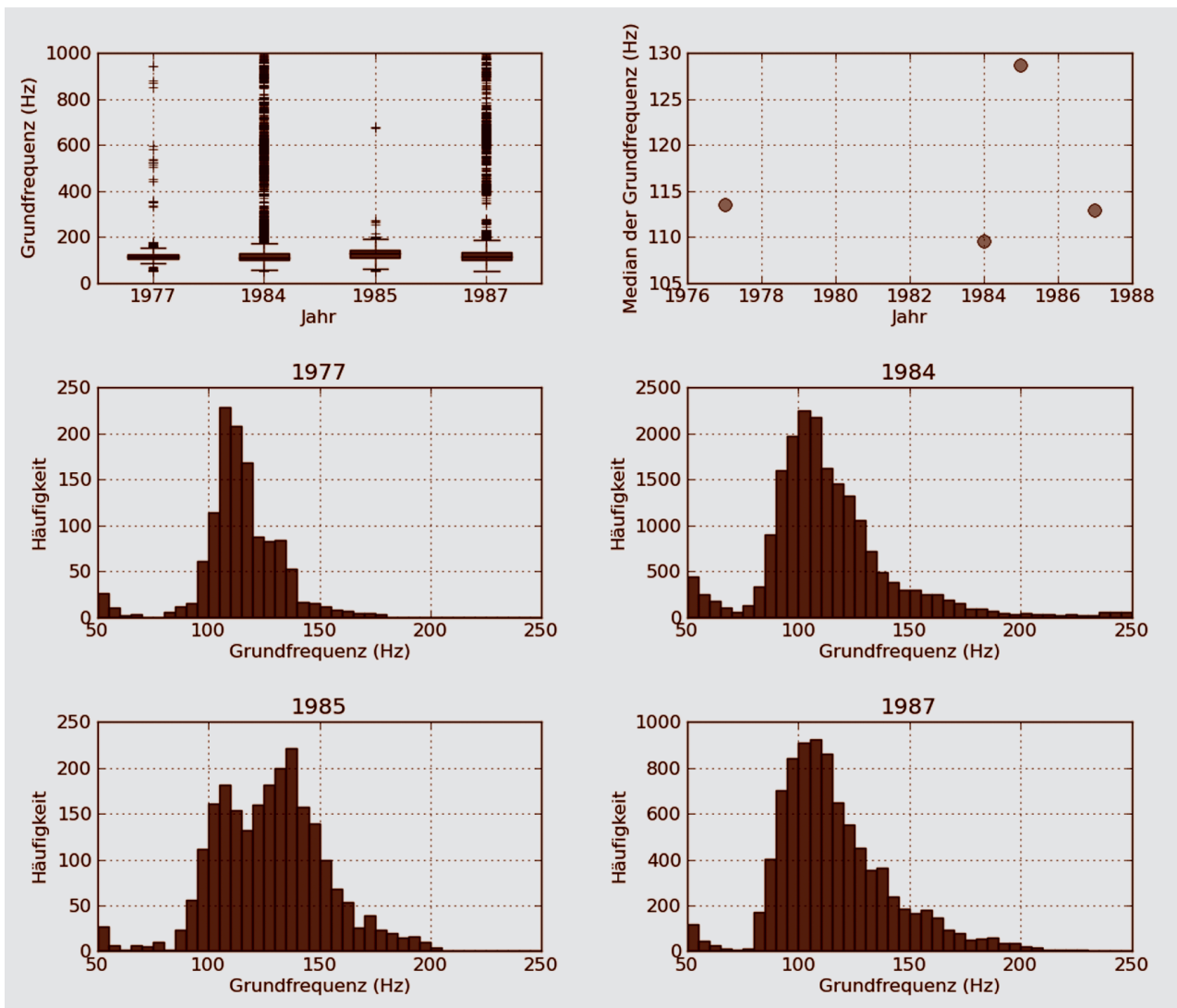


Abb. 1: Grundfrequenzanalyse von vier Interviews aus den Jahren 1977 bis 1987. Links oben: Boxplots (Kastengraphiken) für die Grundfrequenz-Teilergebnisse der vier Interviews; rechts oben: Median der Grundfrequenz (Hz) pro Interview; Übrige: Häufigkeitsverteilung der gemessenen Grundfrequenz pro Jahr

Das Beispiel für behauchten Stimmklang zeichnete sich durch eine geringere Anzahl akustisch relevanter Partialtöne aus. Der Pegel der Geräuschkomponenten lag lediglich 30 bis 40 Dezibel unter dem Pegel des stärksten Partialtons, während das Grundrauschen der Aufnahme (gemessen in der Atempause unmittelbar nach dem dargestellten Beispiel) ungefähr 70 Dezibel unter dem Pegel des stärksten Partialtons lag. Das Beispiel für tendenziell gepressten Stimmklang hatte eine hohe Anzahl akustisch relevanter Partialtöne, die Geräuschkomponenten waren um 55 Dezibel schwächer als der stärkste Partialton des Beispiels. In diesem Beispiel lag das Grundrauschen

des Signals (gemessen in der Atempause unmittelbar nach dem dargestellten Beispiel) ungefähr 80 Dezibel unter dem Pegel des stärksten Partialtons. Am Phrasenende war ein deutliches Abstützgeräusch hörbar, welches auf Phonation mit hohem subglottischem Druck beziehungsweise hohem Grad an glottischer Adduktion schließen lässt (s. Abb. 2).

Register

Abbildung 3 dokumentiert einen abrupten Wechsel von Brust- zu Falsettregister. Das bei 2 Minuten 13 Sekunden extrahierte Klangspektrum ist ein Beispiel für einen Bruststimmton auf g' (ca.

392 Hz), der sich durch eine Vielzahl an akustisch relevanten Partialtönen (jeweils mindestens 15–20 dB über dem Grundrauschen des Signals) auszeichnete. Das bei 2 Minuten 14 Sekunden extrahierte Klangspektrum dokumentiert einen im Falsettregister gesungenen Ton (ebenfalls g', ca. 392 Hz). Das Klangspektrum dieses Tons enthielt weit weniger starke hochfrequente Anteile, die meisten Partialtöne waren nicht wesentlich stärker als das Grundrauschen. Es ist unwahrscheinlich, dass es sich beim zweiten Beispiel um einen Bruststimmton handelt, dessen Spektrum durch den Vokal /u/ derart drastisch vom vorigen Ton („love“) abgewandelt

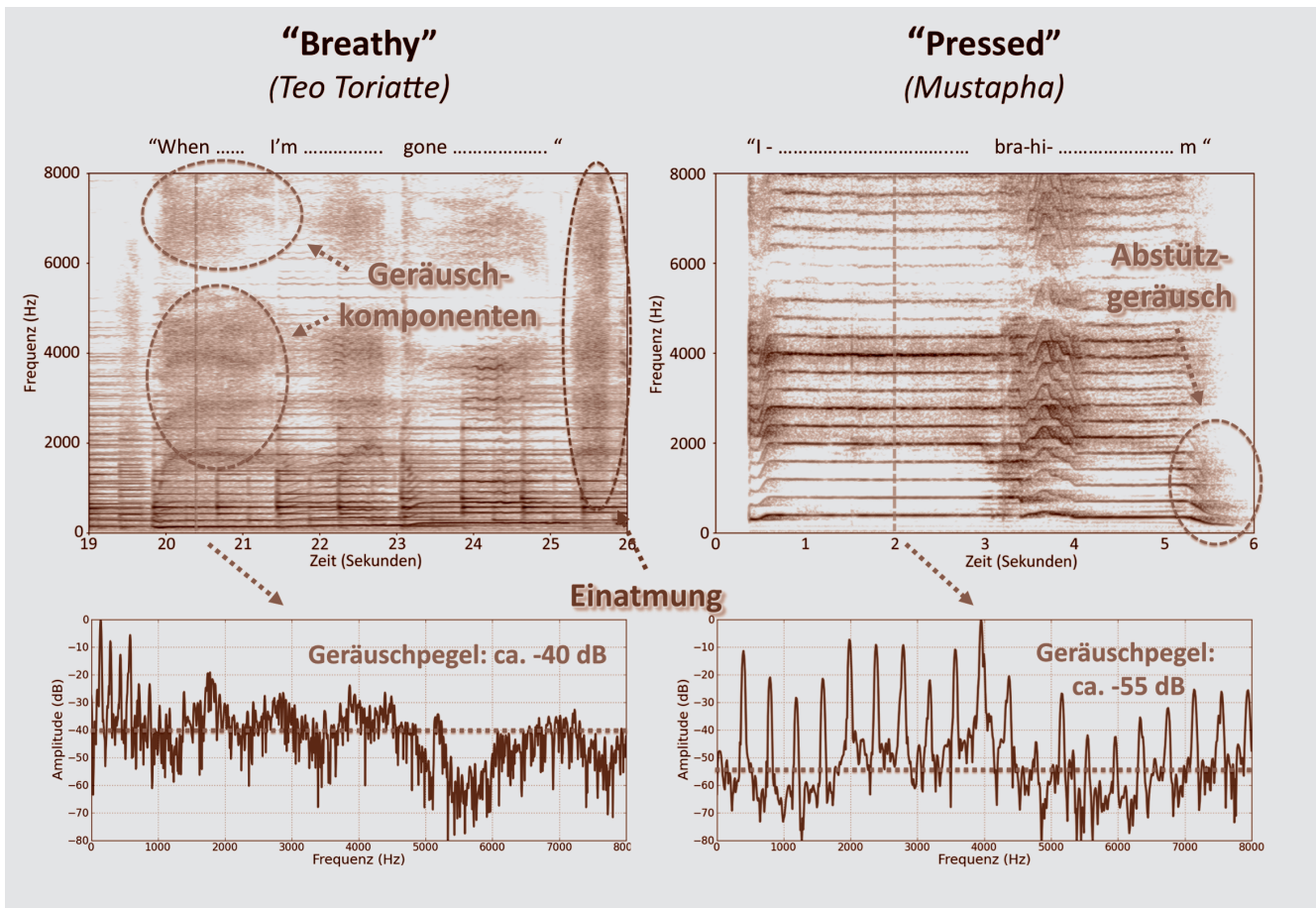


Abb. 2: Gegenüberstellung von behauchtem und tendenziell gepresstem Stimklang. Obere Reihe: Spektrogramm, Dauer der FFT-Fensterfunktion: 100 ms, Dynamikumfang 60 dB, Hann-Fenster; untere Reihe: aus den Spektrogrammen extrahierte Klangspektren.

wird: Der größte Unterschied zwischen den beiden beschriebenen Klangspektren besteht im Bereich zwischen 2500 und 4000 Hertz, hier haben die beiden Vokalformanten keinen Einfluss (s. Abb. 3).

Vibrato

Die stichprobenartige Analyse der Diskographie von Queen und Freddie Mercury zeigte, dass Freddie Mercury während seiner gesamten Karriere mit Vibrato sang: Längere Töne wurden meist „gerade“ angesungen, gegen Ende des Tons stellten sich mehr oder weniger periodische Fluktuationen der Grundfrequenz ein. Abbildung 4 verdeutlicht dieses Phänomen am Beispiel von „Bohemian Rhapsody“. In beiden im Spektrogramm dargestellten Tönen begann das Vibrato erst nach rund einer Sekunde. Es konnte jedoch bereits im ersten Teil der beiden Töne eine geringfügige periodische

Grundhöenschwankung (ca. 6 Hz) mit einer Modulationsfrequenz von ungefähr 16 Hertz festgestellt werden.¹ (s. Abb. 4)

Die Analyse von allen mit Vibrato gehaltenen Tönen eines gesamten Songs ergab eine durchschnittliche Vibratorate von $6,90 \pm 0,53$ Hertz [5,97; 7,78] und eine durchschnittliche Vibratoamplitude von $1,58 \pm 0,76$ Halbtönen [0,48; 4,03]. Ein Blick auf Abbildung 5 verdeutlicht, dass jene Werte eine gewisse Abhängigkeit von der gesungenen Tonhöhe zeigen: Töne oberhalb von $g\#'$ (ca. 415 Hz) hatten ein deutlich langsames Vibrato als jene unter $g\#'$.

.....
 1 Die entsprechenden Daten wurden dem 10. Partialton des Spektrogramms entnommen; die Daten für die Vibrato-Amplitude wurden durch den Faktor 10 dividiert, um den Wert für die Schwankung der Grundfrequenz zu berechnen.

In Abbildung 6 wurden die Tonhöhenkurven (und deren Energiekomponenten) von gehaltenen Tönen, gesungen von Jussi Björling, Michael Schade und Freddie Mercury, verglichen. Freddie Mercurys Daten zeichnen sich – vor allem im Gegensatz zu Michael Schades Tonhöhenkontur – durch einen hohen Grad an Irregularität aus. Das trifft auch beim Vergleich der Energiekomponenten der Tonhöhenkonturen zu: Tonhöhenkonturen der klassischen Sänger wurden hauptsächlich durch eine Komponente (Jussi Björling: 5,95 Hz; Michael Schade: 5,51 Hz) determiniert, weitere Spitzen in der spektralen Leistungsdichte der Tonhöhenkontur waren größtenteils ganzzahlige Vielfache jener Hauptkomponenten, bildeten also eine harmonische Reihe. Das Spektrum der Tonhöhenkontur Freddie Mercurys wies zwei Spitzen auf (5,70 Hz, 6,37 Hz), die übrigen Energiekomponenten standen

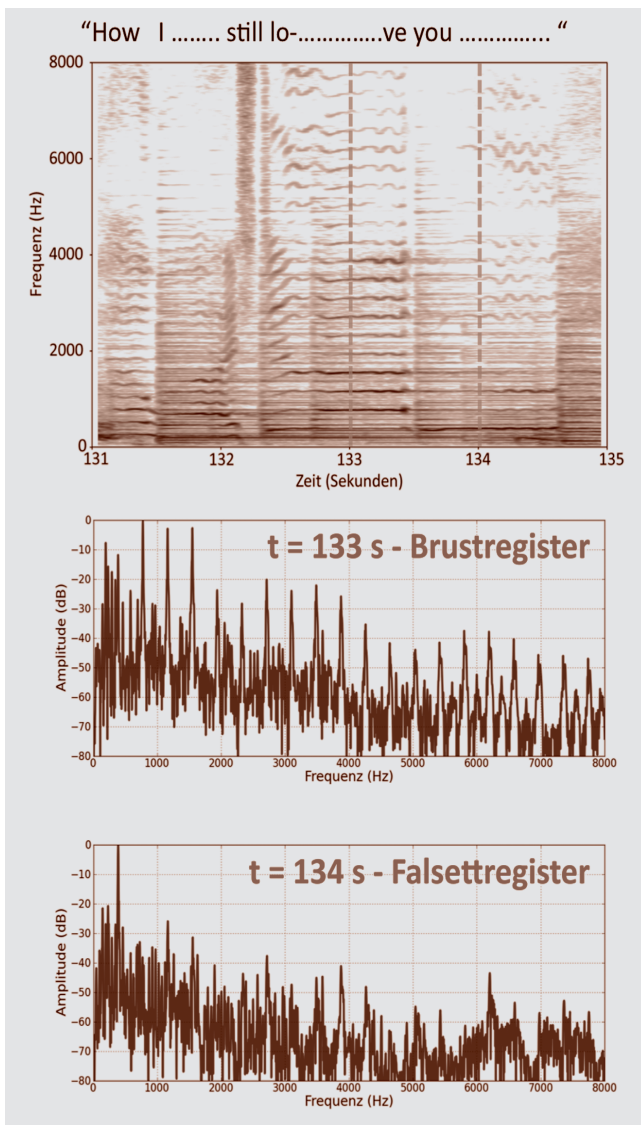


Abb. 3: Beispiel eines abrupten Wechsels von Brust- zu Falsettregister. Obere Reihe: Spektrogramm, Dauer der FFT-Fensterfunktion: 100 ms, Dynamikumfang 60 dB, Hann-Fenster; untere Reihe: aus den Spektrogrammen extrahierte Klangspektren

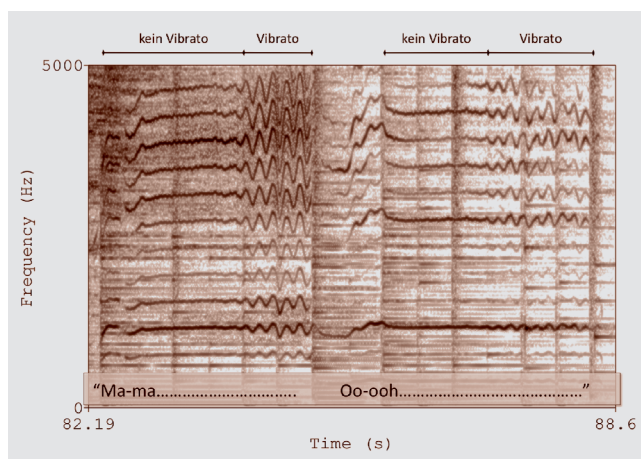


Abb. 4: Typische Grundfrequenzkontur mit Vibrato („Bohemian Rhapsody“). Längere Töne wurden von Freddie Mercury oft „gerade“ angesungen, das Vibrato entwickelte sich erst gegen Ende des Tons.

dazu nicht in ganzzahligem Verhältnis. Die Tonhöhenkontur wurde daher als nicht periodisch (ergo chaotisch) eingestuft. Auffallend ist eine Spitze im Spektrum bei 16,32 Hertz, die im Verhältnis zu den schwachen Tonhöhenfluktuationen (16 Hz) stehen könnte, die in der jeweils ersten Sekunde der beiden gehaltenen Töne aus Abbildung 4 gefunden wurden.

Subharmonische Schwingungen

Freddie Mercurys Stimmtimbre hatte oft eine mehr oder weniger „raue“ Klangkomponente, besonders bei mit hoher Intensität gesungenen Phrasen. Bei der Darstellung entsprechender Töne im Spektrogramm konnten regelmäßig sogenannte Subharmonische (engl.: *subharmonics*) gefunden werden. In Abbildung 7 sind gleich mehrere diese Phänomene dargestellt: eine Periodenverdopplung von 127,6 bis 128,8 s, eine Periodenverdreifung von 126,7 bis 127,0 s und eine Periodenvervierfachung von 127,0 bis 127,25 s.

Diskussion

Sprechstimme

Normativ (vgl. Friedrich & Dejonckere, 2005) geht man bei Männern von einer mittleren Sprechstimmlage von 100 bis 150 Hertz aus, mit Extremwerten von 73 und 294 Hertz. Im Vergleich dazu ist Freddie Mercurys Sprechstimme (Mediane der in den Interviews gemessenen Grundfrequenzen: 109–128 Hz) von der Tonhöhe her als leicht unter dem Durchschnitt liegend einzuordnen, allerdings mit großem Umfang. Nur von den Ergebnissen der Sprechstimmanalyse ausgehend, würde Freddie Mercury als Bariton eingestuft werden.

Singstimmumfang

Im Rahmen einer Internetrecherche wurden Quellen gefunden, die den Singstimmumfang Freddie Mercurys mit dreieinhalb (vgl. Wikimedia Foundation, 2012b) beziehungsweise vier (vgl. Rolling Stone, 2012) Oktaven angeben. Demgegenüber wurde in der gegenständlichen Studie ein Singstimmumfang von drei Oktaven eruiert. Die Aussagen der zitierten Quellen sind aus mehreren Gründen mit Vorbehalt zu interpretieren: Extremtöne könnten im Tonstudio künstlich erzeugt worden sein (z. B. durch Transposition). Bei manchen hohen beziehungsweise tiefen Extremtönen in Chören ist unklar, wer tatsächlich singt. Für das in manchen Quellen als Freddie Mercurys Spitzenton gehaltene b⁷ in Bohemian Rhapsody (vgl. Wikimedia Foundation, 2012b) besteht zum Beispiel die begründete Vermutung, dass jener Ton von Roger Taylor gesungen wurde, zumal das Timbre sich von dem Freddie Mercurys unterscheidet, und im Musikvideo des Stücks Roger Taylor an der entsprechenden Stelle singend zu sehen ist. Die (männliche) Singstimme ist durchaus in der Lage, extrem hohe Töne im sogenannten Pfeifregister (vgl. Neubauer, Edgerton & Herzel, 2004) zu produzieren (vgl. Wikimedia Foundation, 2012a). In manchen Quellen wird das f⁷ (ca. 1397 Hz) in „It’s Late“ als Spitzenton Freddie Mercurys erwähnt.

Da jener Ton aber im Spektrogramm keine für den Sänger typischen Tonhöhenschwankungen enthält, kann es sich hierbei ebenso um einen vom Gitarristen Brian May gespielten Ton handeln.

Als Obergrenze der Singstimme wurden 784 Hertz (Ton g²) gemessen. Setzt man diesen Wert in Beziehung zum tiefsten gemessenen Ton der Sprechstimme, so ergibt sich ein Stimmumfang von 38 Halbtönen (also mehr als 3 Oktaven). Normativ wird von einem Stimmumfang von 24 bis 36 Halbtönen ausgegangen (vgl. Friedrich & Dejonckere, 2005), Freddie Mercury kann hier also durchwegs als Stimmtalent eingestuft werden. Dass dieser große Stimmumfang auch tatsächlich genutzt wurde, belegen Stücke wie „The Prophet’s Song“, wo vom Sänger ein Tonumfang von d bis c[#] (also fast zwei Oktaven) verlangt wurde. Die unteren eineinhalb Oktaven werden von Freddie Mercury kaum für musikalische Zwecke genutzt. Die Singstimme bewegte sich meist in der eingestrichenen Oktave; Freddie Mercury kann also von der Singstimme her als Tenor eingestuft werden.

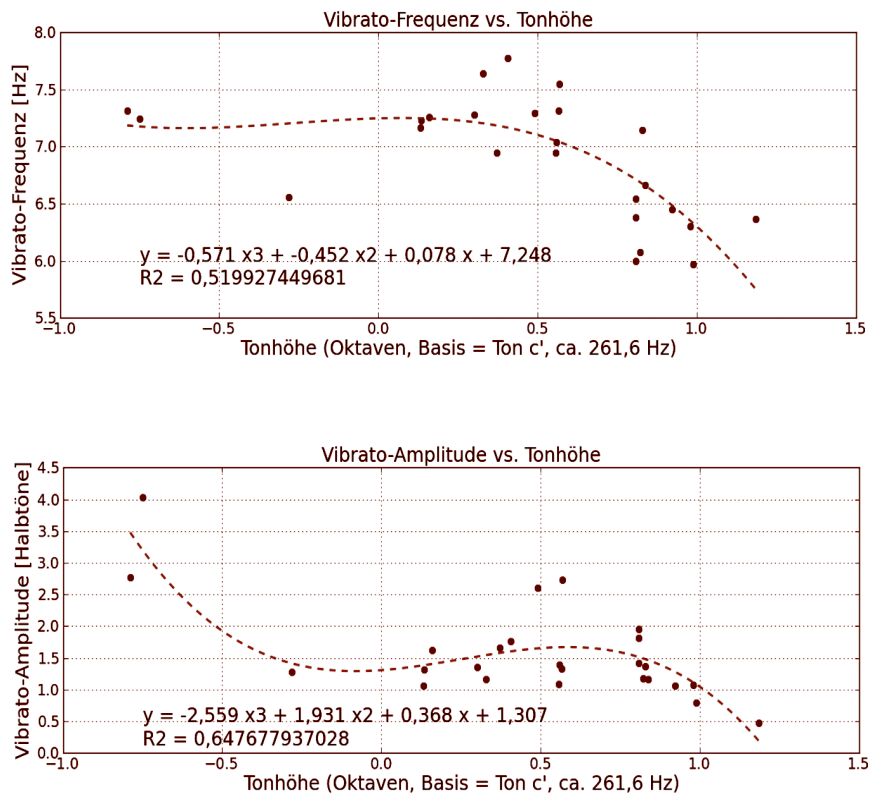


Abb. 5: Vibratoanalyse
Oben: Vibratofrequenz (Hz) vs. gesungene Tonhöhe (Oktaven, Basis ist c', ca. 261,63 Hz);
unten: Vibratoamplitude (Halbtöne) vs. gesungene Tonhöhe (Oktaven, Basis ist c', ca. 261,63 Hz).
In beiden Diagrammen wurde ein Polynom dritter Ordnung an die Daten angepasst.

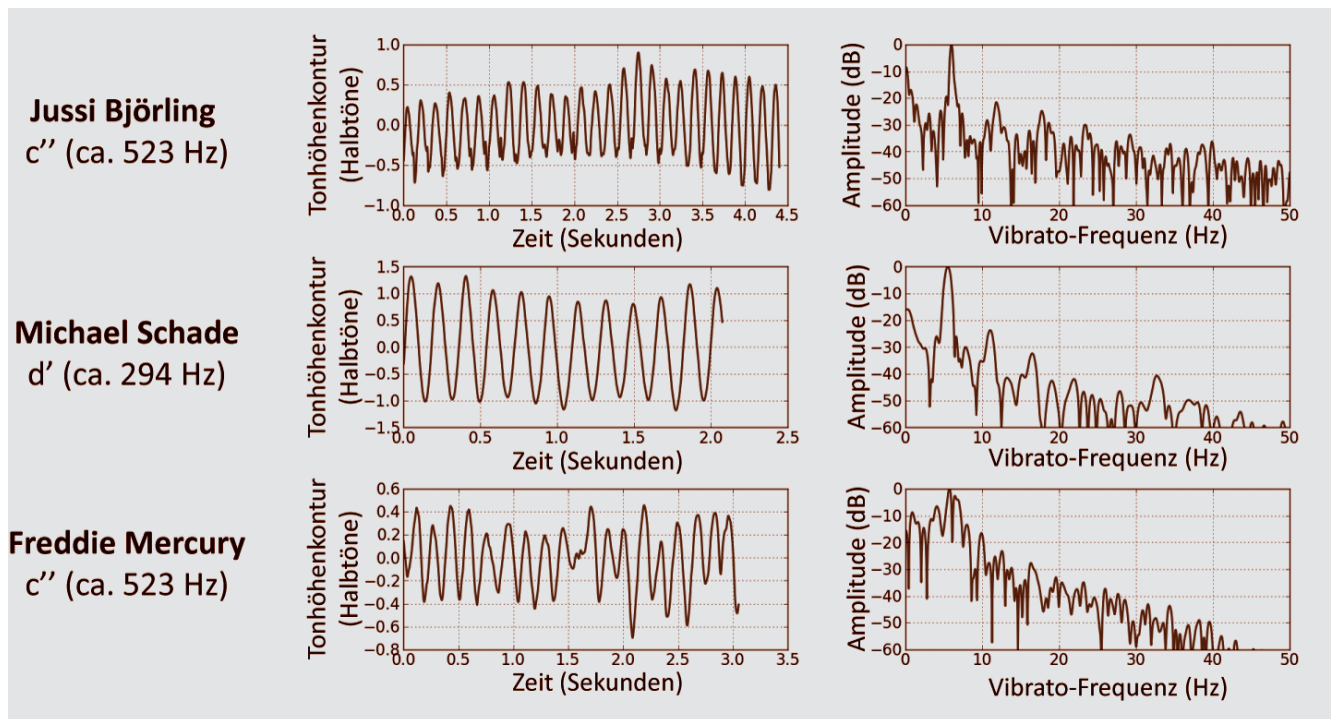


Abb. 6: Gegenüberstellung von Tonhöhenkonturen aus gehaltenen Tönen von Jussi Björling, Michael Schade und Freddie Mercury.
Links: Tonhöhenkontur; rechts: Energiekomponenten der Tonhöhenkontur

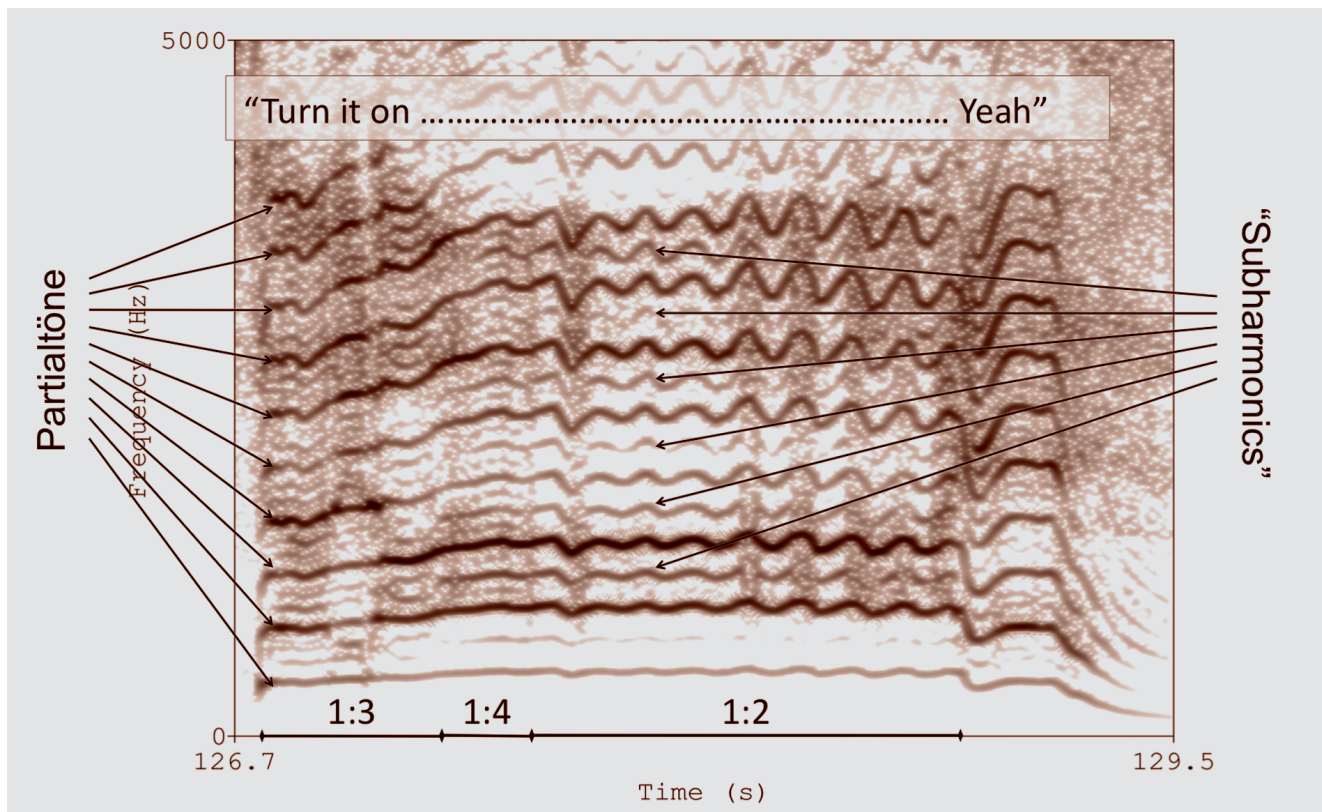


Abb. 7: Subharmonische Energiekomponenten im Spektrogramm – Details siehe Text

Timbre und Register

Das Klangfarbenspektrum von Freddie Mercurys Stimme reichte von behaucht bis gepresst, mit vielen Zwischenstufen. Es kann vermutet werden, dass Freddie Mercury in der Lage war, die Adduktion der Stimmlippen äußerst fein zu adjustieren. Es ist weiters anzunehmen, dass die Steuerung der Lautstärke über den in der Lunge erzeugten Luftdruck erfolgte (vgl. Schutte, 1980). Sogenannte Abstützgeräusche nach beendeter Tongebung lassen darauf schließen, dass teilweise mit relativ hohem Luftdruck gesungen wurde.

Wenngleich keine physiologischen Messdaten vorliegen, kann davon ausgegangen werden, dass Freddie Mercury beide Gesangsregister der männlichen Stimme verwendete: das tiefere Modalregister („Bruststimme“) und das höhere Falsettregister (vgl. Seidner & Wendler, 2004). Es finden sich nur wenige Beispiele, wo Modal- und Falsettregister eindeutig unterschieden werden können. Abrupte (d.h. deutlich hörbare) Übergänge von ei-

nem in das andere Register wurden großteils vermieden. Freddie Mercury dürfte in der Lage gewesen sein, die akustische Charakteristik der beiden Gesangsregister durch Fine-Tuning der inneren Kehlkopfmuskulatur beziehungsweise durch geschickte Adjustierungen des Vokaltrakts zu vereinheitlichen.

Das Timbre der Singstimme lässt sich auf laryngealer Ebene durch zwei physiologische Parameter steuern: (a) Die Adduktion des membranösen Teils der Stimmlippe (engl: *membranous medialization*) wird durch (De-)Aktivierung des Vokalismuskels (*M. thyroarytenoideus*) beeinflusst, was der Sänger durch Wahl des Stimmregisters (Brust- oder Falsettregister) steuern kann; (b) die Adduktion des knorpeligen Teils der Stimmlippe (engl: *cartilaginous adduction*) wird durch die sogenannten Adduktoren (*M. cricoarytenoideus lateralis* und *M. arytenoidei obliquus* und *transversus*) beeinflusst und kann vom Sänger entlang der Klangdimension „behaucht“ versus „gepresst“ gesteuert werden (vgl. Herbst, Qiu, Schutte & Švec, 2011).

Die Vielfalt der von Freddie Mercury verwendeten Stimmfarben lässt darauf schließen, dass der Interpret in der Lage war, jene beiden physiologischen Parameter (sowie den subglottischen Druck) unabhängig voneinander und fein kontrolliert zu variieren.

Vibrato

Freddie Mercurys Vibrato wich in drei Punkten vom klassischen Klangideal ab: (a) Die Frequenz war höher (ca. 6–7,8 Hz); (b) die durchschnittlich gemessene Schwankung der Tonhöhe war größer (ca. 1,6 Halbtöne) und (c) die Modulation war unregelmäßig. Man könnte also fast von einem „kultivierten Tremolo“ sprechen. Es stellt sich die Frage, wieweit jenes exzentrische (also außerhalb der Normwerte liegende) Vibrato als stimmliches Markenzeichen einer exzentrischen Künstlerpersönlichkeit wahrgenommen werden kann.

Die Unregelmäßigkeit der Tonhöhenkontur legt die Vermutung nahe, dass entweder mehrere antagonistische Mus-

kelpaare an der Steuerung der Tonhöhe beteiligt waren oder dass das Feedback von den Mechanorezeptoren der intrinsischen Kehlkopfmuskeln zum Mittelhirn nicht genügend stark war (vgl. Titze, Story, Smith & Long, 2002). Die etwas erhöhte Vibratofrequenz könnte durch eine erhöhte (hypertone) Grundspannung in den intrinsischen Kehlkopfmuskeln gedeutet werden (vgl. Titze et al., 2002), wofür auch das in manchen Samples gefundene Tremolo (ca. 16 Hz) mit geringer Amplitude spräche.

Subharmonische Schwingungen

Der Übergang eines periodisch schwingenden Systems zu Chaos ist durch das Auftreten von subharmonischen Schwingungen (engl.: *subharmonics*) gekennzeichnet (vgl. Lauterborn & Cramer, 1981). Jene können als gesangliches Stilmittel (vgl. Fuks, 1999; Neubauer et al., 2004), in pathologischer Stimmgebung (vgl. Herzel, Berry, Titze & Saleh, 1994) und auch bei Tierstimmen (vgl. Fitch, Neubauer & Herzel, 2002) auftreten. Jene Phänomene werden unter anderem dadurch bedingt, dass Strukturen im Kehlkopf im Verhältnis 1:2, 1:3 oder 1:4 zur Oszillation der Stimmlippen schwingen (vgl. Sakakibara, Fuks, Imagawa & Tayama, 2004). Der Effekt ist jener einer Amplitudenmodulation (vgl. Titze, 1995). Experimente haben gezeigt, dass ab einem Modulationsgrad von 10 bis 30 Prozent die jeweils tiefere Tonhöhe wahrgenommen wird. Wenn der Modulationsgrad unter 10 bis 30 Prozent liegt, wird die ursprüngliche Tonhöhe wahrgenommen, der Klang wird aber als „rau“ eingestuft (vgl. Bergan & Titze, 2001).

Spektrographische Analysen zeigten, dass *subharmonics* ein regelmäßig auftauchendes Merkmal der Singstimme von Freddie Mercury waren. Die entsprechenden Passagen klangen „rau“ als herkömmlich gesungene Töne. Auch hier kann – wie bei der Analyse des Vibratos – angemerkt werden, dass seine „Singstimme auf dem Weg zum Chaos“ sehr gut ins Gesamtbild der exzentrischen Künstlerpersönlichkeit Freddie Mercurys passt.

Konklusionen

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die akustische Analyse des zur Verfügung stehenden Tonmaterials durchwegs aufschlussreiche Ergebnisse brachte. Freddie Mercury verfügte über überdurchschnittliches Stimmmaterial, das er ausdrucksstark und differenziert einzusetzen wusste. Er kann von der Sprechstimmlage her als Bariton eingestuft werden, sang jedoch meistens in Tenorlage. Die wohl markantesten stimmlichen Merkmale Freddie Mercurys waren (a) ein unregelmäßiges und schnelles Vibrato (Frequenzmodulation) und (b) ein stellenweise „rau“ Stimmklang, der durch sogenannte *subharmonics* bestimmt wurde.

L I T E R A T U R

ANSI (1960). *USA Standard Acoustical Terminology (Including Mechanical Shock and Vibration), Technical Report S1.1-1960 (R1976)*. Washington, D.C.: American National Standards Institute.

Bergan, C. & Titze, I. R. (2001). Perception of pitch and roughness in voice signals with subharmonics. *Journal of Voice*, 15, 165–175.

Fitch, W. T., Neubauer, J. & Herzel, H. (2002). Calls out of chaos: The adaptive significance of nonlinear phenomena in mammalian vocal production. *Animal Behaviour*, 63, 407–418.

Friedrich, G. & Dejonckere, P. H. (2005). Das Stimmdiagnostik-Protokoll der European Laryngological Society (ELS) – erste Erfahrungen im Rahmen einer Multizenterstudie. *Laryngo-, Rhino-, Otologie*, 84, 744–752.

Fuks, L. (1999). *Computer-aided musical analysis of extended vocal techniques for compositional applications*. Vortrag, gehalten am Vth Brazilian Symposium on Computer Music, Rio de Janeiro. www.di.ufpe.br/~glr/sbcm99/ (14.3.2012).

Garcia, M. (1847). *Traité complet de l'art du chant*. Paris: Schott.

Herbst, C. T., Qiu, Q., Schutte, H. K. & Švec, J. G. (2011). Membranous and cartilaginous vocal fold adduction in singing. *Journal of the Acoustical Society of America*, 129, 2253–2262.

Herzel, H., Berry, D., Titze, I. R. & Saleh, M. (1994). Analysis of vocal disorders with methods from nonlinear dynamics. *Journal of speech and hearing research*, 37, 1008–1019.

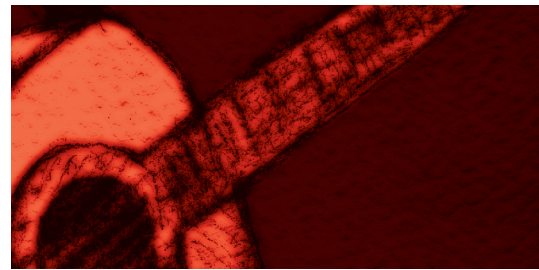
Hirano, M., Hibi, S. & Hagino, S. (1995). Physiological aspects of vibrato. In P. H. Dejonckere, M. Hirano und J. Sundberg, *Vibrato* (S. 9–33). San Diego/London: Singular Publishing Group.

Lauterborn, W. & Cramer, E. (1981). Subharmonic routes to chaos observed in acoustics. *Physical review letters*, 47, 1445–1448.

Miller, D. G. (2000). *Registers in singing: empirical and systematic studies in the theory of the singing voice (Doctoral Dissertation)*. Groningen, Niederlande: University of Groningen.

Mörner, M., Fransson, F. & Fant, G. (1963). Voice register terminology and standard pitch. *Speech, Music and Hearing Quarterly Progress and Status Report (STL-QPSR)* 4/1963, 17–23.

Neubauer, J., Edgerton, M. & Herzel, H. (2004). Nonlinear phenomena in contemporary vocal



music. *Journal of voice: official journal of the Voice Foundation*, 18, 1–12.

Roads, C. (1996). Spectrum Analysis. In C. Roads, *The Computer Music Tutorial* (S. 533–612). Cambridge, MA: The MIT Press.

Rolling Stone (2012). *100 Greatest Singers: Freddie Mercury*. www.rollingstone.com/music/lists/100-greatest-singers-of-all-time-19691231/freddie-mercury-19691231 (2.3.2012).

Rossing, T. (1990). *The Science of Sound*. Boston, MA: Addison-Wesley Publishing Company.

Sakakibara, K.-I., Fuks, L., Imagawa, H. & Tayama, N. (2004). *Growl Voice in Ethic and Pop Style*. Vortrag, gehalten am International Symposium on Musical Acoustics (ISMA2004), Nara, Japan. www.hoku-iryuo-u.ac.jp/~kis/paper/isma04.pdf (14.3.2012).

Schutte, H. (1980). *The efficiency of voice production. (Doctoral dissertation)*. Groningen, Niederlande: The University of Groningen.

Seidner, W. & Wendler, J. (2004). *Die Sängerstimme*. Berlin: Henschel.

Titze, I. R. (1995). *Workshop on acoustic voice analysis. Summary statement*. Denver, CO: National Center for Voice and Speech.

Titze, I. R. (2000). *Principles of Voice Production*. Denver, CO: National Center for Voice and Speech.

Titze, I. R., Story, B., Smith, M. & Long, R. (2002). A reflex resonance model of vocal vibrato. *Journal of the Acoustical Society of America*, 111, 2272–2282.

Wikimedia Foundation (2012a). *Adam Lopez*. www.en.wikipedia.org/wiki/Adam_Lopez (2.3.2012).

Wikimedia Foundation (2012b). *Freddie Mercury*. www.de.wikipedia.org/wiki/Freddie_Mercury (2.3.2012).



Autor
Dr. Christian T. Herbst
Laboratory of Bioacoustics
Department für Kognitionsbiologie
Universität Wien
Althanstraße 14, A-1090 Wien



DOI dieses Beitrags
(www.doi.org)
10.7345/prolog-1203174