

Theoretische Arbeit zum Diplom

Thema:

„Intonation und Hören im popularmusik-orientierten  
Gesangsunterricht“

Autorin: Esther Kaiser

Studiengang: Gesangspädagogik im Bereich Jazz- und Popularmusik

Anfertigungsjahr: 2002/ 2003

Abgabedatum: 24. 01. 2003

Mentor und

1. Gutachter: Dr. Michael Büttner

2. Gutachter: Ute Becker

Seitenzahl: 74/ gekürzte Version für die VPG-Homepage: 38

Inhaltsverzeichnis:	Seite
I Einleitung	3
II Eine Reise ins Reich des Hörens	4
1. Schallentstehung	4
2. Periodizität und Tonhöhe	5
3. Partialtöne und Resonanz	5
4. Die menschliche Stimme und der Begriff der Formanten	8
5. Der Sängerformant im Klassischen Gesang	10
III Hören uns Singen	11
1.1 Tonhöhenproduktion nach Ingo Titze (1994)	11
1.2 Mechanismen der Tonhöhenwahrnehmung nach D. E. Hall (1997)	12
2. Stimmresonanz und Intonation	13
2.1 Stehende Wellen und Resonanz	13
2.2 Der Zusammenhang zwischen der Masseankopplung an der Glottis und den Vokalen	15
2.3 Der Zusammenhang zwischen Resonanz und Intonation	15
3. Der Zusammenhang zwischen physikalischen und psychologischen Variablen	17
3.1 Der Einfluß des Dynamikwechsels auf die Intonation	19
3.2 Der Einfluß des Registerwechsels auf die Intonation	20
3.2.1 Das Gesetz der guten Fortsetzung beim Akkordsingen	21
3.3 Der Einfluß des Vokalwechsels auf die Intonation	24
4. Noch einmal: Der menschliche Vokaltrakt und die vier Grundformanten der menschlichen Stimme	24
1.1 Zusammenhang zwischen Kieferbewegung und dem 1. Vokalformanten	26
1.2 Zusammenhang zwischen Zungenbewegung und dem 2. Vokalformanten	28
1.3 Das Gesetz der guten Fortsetzung im Zusammenha ng mit Intonation und Vokalwechsel	30
IV Konklusion	32
V Schlussbemerkungen	34
VI Literaturverzeichnis	37

## I Einleitung

Als GesangslehrerIn wird man immer wieder mit dem Phänomen von Intonationsproblemen konfrontiert, ob nun im Bereich des Einzelunterrichts bei Solostücken oder im Bereich des Chorunterrichts bei mehrstimmiger Chorliteratur. Auf der Suche nach Ursachen für dieses Phänomen will sich meine Diplomarbeit mit diesem Bereich des Singens beschäftigen:

Dem Hören und der Intonation samt der sie beeinflussenden Faktoren.

So läßt sich im Unterricht immer wieder beobachten, daß Intonationsprobleme im Zusammenhang mit Vokalwechsel, sowie dem Wechsel von Dynamik und Registerwechsel einhergehen.

Ein anderes Phänomen, das vielleicht auch einige von uns kennen:

Ein Sänger sitzt im Gehörbildungsunterricht und singt vom Blatt, wobei er sich bemüht, die Intervalle und die entsprechenden Tonhöhen exakt zu singen. Was ihm dabei allerdings häufig abhanden kommt, ist sein resonanter Sängerklang, auch sein Vibrato ist kaum mehr zu hören; die Stimme klingt dünner und resonanzärmer.

Wir haben hier also zwei Phänomene mit unterschiedlichem Ausgangspunkt:

Im ersten Beispiel geht es um die Beeinflussung der Intonation durch Vokalwechsel, Dynamik und Klangfarbe, im zweiten Beispiel um einen Sänger, der zwar sauber und an der Grundfrequenz orientiert singt, aber seine Resonanz nicht herstellen kann.

Meine These besagt nun, daß Resonanzarbeit und Intonationsarbeit gar nicht so weit voneinander entfernt sind. Sie lautet wie folgt:

Sänger orientieren sich beim Intonieren und der Beurteilung von Intonation nicht nur an der Grundfrequenz (Grundwelle) des Tones, den sie singen oder hören, sondern auch an den spezifischen Formanten des Stimmklangs.

Mit anderen Worten: Meine These sagt, daß die Klangfarbe des Stimmklangs die Intonationswahrnehmung mit beeinflusst.

Mittels Literaturrecherche, als auch der experimentellen Möglichkeiten von „Voce Vista“, einem Computerprogramm zur Spektralanalyse der menschlichen Stimme, soll obige These untersucht werden.

Praktische Konsequenzen für die Intonationsarbeit im Gesangsunterricht sollen am Schluß meiner Arbeit stehen.

## II Eine Reise ins Reich des Hörens

Intonation beginnt beim Hören – diese Tatsache ist wohl jedem einleuchtend. Ohne Hören bzw. die auditive Rückmeldung über das Gesungene kann es keine exakte Intonation geben, auch wenn die Körperempfindung (Kinästhesie), also die interozeptive Wahrnehmung von Spannungsverhältnissen im Körper, natürlich eine Rolle beim Singen und Intonieren spielt.

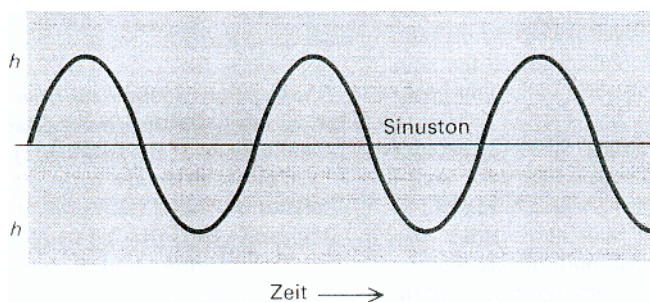
Aus diesem Grund werden wir nun eine Reise ins Reich des Hörens und des Schalls unternehmen, an den Ursprung von Laut-, Wort- und Musikwahrnehmung und an dem Ausgangspunkt von Intonation.

### 1. Schallentstehung

Schall entsteht durch eine vibrierende Schallquelle. Diese versetzt die sie umgebenden Luftmoleküle in Bewegung, ähnlich dem Bild, das ein Stein verursacht, der ins Wasser geworfen wird und kreisförmige Wellen um sich verbreitet. Man nennt diese sich kreisförmig verteilenden Schallwellen „Kugelschallwellen“. Die Luftmoleküle bleiben jedoch an ihrem Platz, sie schwingen nur leicht hin und her und stoßen somit die sie umgebenden Luftmoleküle an; so entsteht eine Kettenreaktion. Trifft die entstandene Kugelschallwelle auf einen Resonator, also auf einen schwingenden Körper, so entsteht ein Klang oder Ton, indem der Resonator die Welle der Luftmoleküle fortsetzt und in Vibration gerät.

Schall kann man als *fortlaufende Bewegung von Luftmolekülen* bezeichnen oder als Schwankung des Luftdrucks. Diese Schwankung ist sinusförmig, Kugelschallwellen kann man demnach in Form von Sinuskurven darstellen.

Abbildung 1: Sinuskurve



## **2. Periodizität und Tonhöhe**

Wie entsteht nun ein gleichmäßiger Ton bzw. eine Tonhöhe? Denn: Schall kann ja auch ein bloßes Geräusch sein, ein Knall, ein Knarren oder auch der Klang einer Sprechstimme.

Hinter einer gleichbleibenden Tonhöhe steckt immer ein periodischer Vorgang. Unter „periodisch“ versteht man: Irgendetwas wiederholt sich über längere Zeit, und zwar stets im gleichen Zeitabstand.

Man kann dies am Beispiel eines Kamms selbst nachprüfen: Streicht man mit dem Finger über die Zinken des Kamms, die in gleichen Abständen angeordnet sind, so entsteht dabei ein Geräusch, das fast wie ein gestimmter Ton klingt. Je schneller man mit dem Finger über die Zinken fährt, desto höher wird der Ton. Was geschieht hierbei?

Durch das Bewegen der Zinken beginnen diese zu schwingen und es entstehen Kugelschallwellen mit einer bestimmten Frequenz. Je schneller die Bewegung bzw. die Schwingung der Zinken ist, desto höher ist die Frequenz und desto höher ist somit der hörbare Ton.

Wir messen die Schwingungen pro Sekunde in Herz (Hz). Das menschliche Hörspektrum reicht von 20 Hz (20 Schwingungen in der Sekunde) bis zu 20 000 Hz (20 000 Schwingungen in der Sekunde).

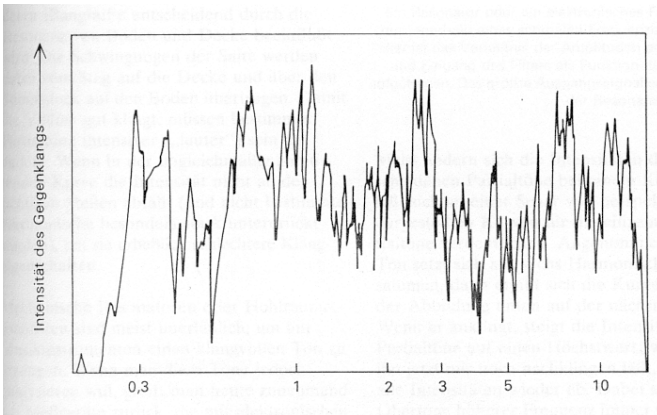
Die **Frequenz** bestimmt also die **Tonhöhe**.

Eine weitere Dimension von Schall ist die **Amplitude**, welche die **Lautstärke** bzw. Intensität eines Schalls bestimmt. Je stärker der Schallimpuls die Luftmoleküle zusammendrückt, desto lauter ist der Schall. Amplitude bedeutet mathematisch und physikalisch die größte Auslenkung vom Mittelwert der Schwankung einer Kurve. Periodische Wellen lassen sich immer als Summe von Sinuswellen beschreiben. Klänge, die nur auf einer einzigen Sinuswelle beruhen, kann man eigentlich nur im Labor herstellen oder mit einer Stimmgabel, man nennt sie Sinustöne.

## **3. Partialtöne und Resonanz**

Töne von Musikinstrumenten oder der menschlichen Stimme bestehen dagegen immer aus der Überlagerung vieler sinusförmiger Schallwellen, die Frequenzen

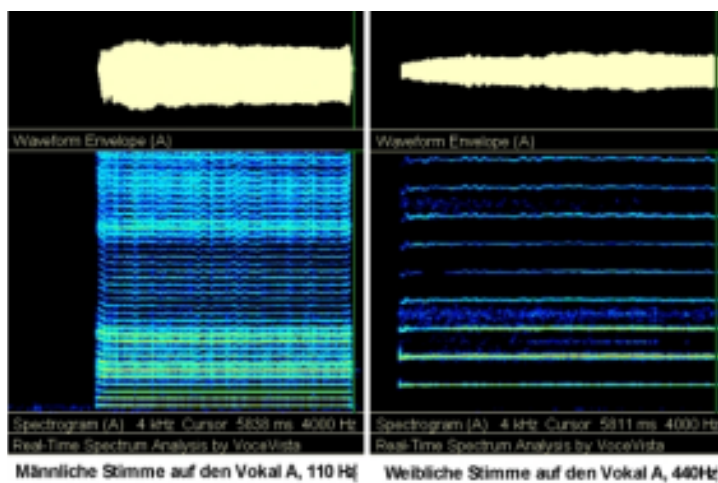
addieren sich und ergeben eine neue Kurve, die nicht mehr so gleichmäßig aussieht wie einer Sinuskurve, sondern zackig und bergig wie hier. Naturklänge sind also zusammengesetzte Klänge.



**Abbildung 2: Geigenklang mit den Achsen y=Intensität und x=Zeit**

Auf dieser **Abbildung 3**, die durch das Frequenzspektralanalysesprogramm Voce Vista hergestellt wurde und durch die Dimensionen y=Frequenz und x=Zeitverlauf definiert wird (die Intensität wird hier durch die Farbe gekennzeichnet: Je kräftiger, desto höher die Amplitude), sehen wir eine männliche Stimme und eine weibliche Stimme im Vergleich. Hier sehen wir die reiche Teiltonstruktur der menschlichen Stimme.

Ein Sinuston dagegen würde in dieser Darstellung nur aus einer einzigen horizontalen Linie bestehen.



**Abbildung 3**

**Abbildung 3** zeigt uns die Grundfrequenz eines gesungenen Tons, also die Grundwelle, und wir sehen die jeweiligen Teiltöne des Stimmklanges. Die Teiltöne von Klängen, die aus periodischen Schallwellen bestehen (mit einer klar zu hörenden Tonhöhe im Gegensatz zum Klang einer Trommel oder einer Glocke) sind immer ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz. Im Prinzip kann man zu den Teiltönen auch Obertöne sagen (dieser Begriff ist unter Sängern am weitesten verbreitet), der Begriff Teilton oder Partialton ist aber genauer, da er auch die Grundfrequenz miteinschließt, die als erster Teilton eines Klanges bezeichnet wird.

Bezeichnungen für die Frequenzkomponenten			
Frequenz	Harmonische	Obertöne	Partial- oder Teiltöne
$f_0$	erste Harmonische oder Grundwelle	Grundton	erster Partialton
$2f_0$	zweite Harmonische	erster Oberton	zweiter Partialton
$3f_0$	dritte Harmonische	zweiter Oberton	dritter Partialton
$4f_0$	vierte Harmonische	dritter Oberton	vierter Partialton

**Abbildung 4a**



**Abbildung 4b**

Auf **Abbildung 4a** sieht man diese Begriffsunterscheidung noch einmal. Ausserdem ist die Partialtonreihe in **Abbildung 4b** im Notensystem dargestellt: Der zweite Teilton ist die Oktave zur Grundfrequenz, der dritte Teilton ist die Quinte darüber, der vierte Teilton die Oktave darüber, der fünfte Teilton ist die große Terz, der sechste Teilton ist wieder die Quinte darüber und der siebte Teilton ist die kleine Septime, der achte wieder die Oktave etc. Interessanterweise kommt die reine Quarte nicht in der Partialtonreihe eines harmonischen Klanges vor, sondern die erhöhte Quarte, als 11.

Teilton (lydische Tonleiter). Generell kann man aber sagen, daß in der Teiltonstruktur eines periodischen Klanges, wie es der Klang der Stimme ist, bereits die gesamte diatonische (Dur-)Tonleiter abgebildet ist.

Ich komme später bei dem Thema „Akkorde singen“ noch einmal auf diesen Punkt zurück.

Die Anzahl und Ausprägung, sowie die Intensität der jeweiligen Teiltöne bestimmen die Wellenform eines Klangs und somit die **Klangfarbe, das „Timbre“**, so, daß eine Geige im Prinzip immer als Geige erkennbar ist und eine Stimme immer als Stimme. Die Teiltonstruktur bestimmt aber natürlich auch die individuellen Timbre-Unterschiede zweier Sänger oder zweier Instrumente.

#### ***4. Die menschliche Stimme und der Begriff der Formanten***

Auch die Klangfarbe der menschlichen Stimme wird von den eben erwähnten Faktoren bestimmt, also vom Frequenzspektrum, der Wellenform und der Intensität (Amplitude).

Hier ist v.a. das Frequenzspektrum von Interesse: Im Gegensatz zu Instrumenten besitzt die menschliche Stimme die Fähigkeit, unterschiedliche Vokale zu bilden. Vokale werden unabhängig von der Tonhöhe erkannt und unterschieden.

Zur Untersuchung und Entstehung der Vokale müssen wir uns den menschlichen Vokaltrakt einmal genauer ansehen:

Die Längen- und Querschnittsverhältnisse des menschl. Vokaltrakts führen zu Intensitätsmaxima bei folgenden Teiltönen, wir nennen sie „Formanten der menschl. Stimme“:

Der erste Formant liegt bei 500 Hz, der zweite bei 1500 Hz, der dritte bei 2500 Hz und der vierte bei 3500 Hz.

Diese vier Formanten werden durch bestimmte Partien des Vokaltrakts beeinflusst. Alle vier Formanten können durch die Tieferstellung des Kehlkopfs, sowie ein Stülpen, Runden der Lippen in ihrer Frequenz abgesenkt werden, der Klang wird dunkler.

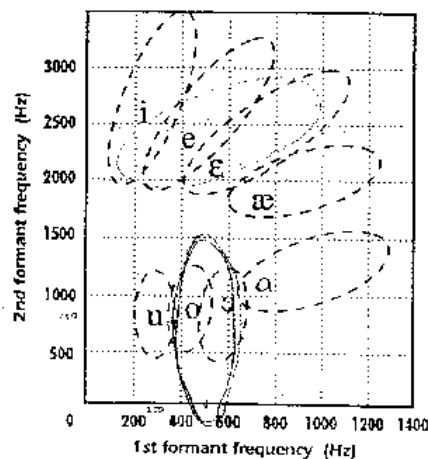
Der erste Formant bei 500 Hz wird durch die Kieferöffnung bestimmt;

Bei geringer Öffnung des Kiefers wird dieser Formant gesenkt (maximal kann er bei tiefen Männerstimmen auf 150 Hz gesenkt werden), je weiter der Kieferöffnungswinkel, desto höher der Formant.

Der zweite Formant wird bestimmt durch die Zungenbewegung, vor oder zurück. Er kann bei hinten liegender Zunge bis zu 750 Hz gesenkt werden.

Der dritte Formant wird durch ein Stülpen der Zunge beeinflusst und der vierte durch Öffnung des Kehldeckels, was eine Senkung der Kehle zur Folge hat. Im klassischen Gesang spielen die beiden hohen Formanten eine große Rolle (beide werden in Richtung des sogen. Sängersformanten bei 3000 Hz beeinflusst), wobei im pop.orient. Gesang die beiden ersten, also tieferen Formanten wichtig sind. Der 500 Hz, sowie der 1500 Hz-Formant sind wichtig für die Bildung der Vokale und daher für das Sprachverstehen; in der Populärmusik nimmt die Verständlichkeit der Sprache einen wichtigen Platz ein. Man nennt diese ersten beiden Formanten auch Vokalformanten. Je nach Vokal und der entsprechenden vokaltypischen, sowie individuellen Kieferöffnung und Zungenstellung hat jeder Vokal zwei charakterisierende Vokalformanten.

**Abbildung 5**



Auf **Abbildung 5** kann man ganz gut die Bereiche der verschiedenen Vokalformanten sehen; : Man kann Vokalformanten übrigens auch als den Frequenzbereich bezeichnen, wo die meiste Energie bzw. Intensität auf den Teiltönen liegt:

Das „u“ bewegt sich zwischen den Formanten von 250 und 750 Hz, das „o“liegt zwischen 420 und 780 Hz, das „a“ finden wir zwischen 750 und 1500 Hz, das „i“ liegt zwischen 200 und 2500 Hz und das „e“ liegt zwischen den beiden Vokalformanten 400 Hz und 2300 Hz. Nun sind die Vokalformanten keine statischen Größen, sondern sie variieren je nach Klangfarbe und Tonhöhe, deshalb kann man diese

Zahlenangaben auch nur als Mittelwerte betrachten, die in einem Variationsbereich liegen, wie man auf der Abb. auch sieht.

## **5. Der „Sängerformant“ im Klassischen Gesang**

An dieser Stelle möchte ich den für den klassischen Gesang prägenden sogen. „Sängerformanten“ vorstellen:

Jedem , der sich ein wenig mit Gesangsmethodik und- Didaktik und mit den dazugehörenden klangphysikalischen Gebieten beschäftigt, ist dieser Formant ein Begriff; seine Frequenz liegt ungefähr bei 3000 Hz. Wie bereits erwähnt gründet sich dieser Formant auf die spezifischen Längen- und Querschnittsverhältnisse des menschlichen Vokaltrakts: Der dritte Formant des Vokaltrakts bei ungefähr 2500 Hz wird durch ein Stülpen der Zungenspitze nach oben in Richtung der 3000 Hz angehoben, der vierte Formant bei 3500 Hz in Richtung der 3000 Hz abgesenkt, sodaß die Energie auf 3000 Hz gewissermaßen kulminiert und einen neuen Formanten bildet. Dieser Formant gibt der klassischen Stimme die Brillanz und Tragfähigkeit, die sie auszeichnet.

Interessanterweise entspricht der Sängerformant der Eigenfrequenz des Gehörkanals, anders ausgedrückt: Der Hörkanal verstärkt aufgrund seiner spezifischen Eigenresonanz (die von Länge und Breite abhängig ist) den 3000 Hz – Formanten.

Um den Klang des Sängerformanten durchgängig in der Stimme zu halten, muß sich der klassische Sänger beim Singen, also auch beim Intonieren an diesem Formanten orientieren, ihm sozusagen „nachlauschen“. Denn nur das, was wir hören, und sei es auch nur imaginiert, können wir auch produzieren.

Wie Johann Sundberg (1977) nachgewiesen hat, trainiert ein klassischer Sänger seine Stimme auf die Formanten, die die Stimme aus dem Orchesterklang hervorheben; hier spielt der Sängerformant eine tragende Rolle.

### III Hören und Singen

Wir haben uns im vorigen Kapitel mit der Entstehung von Schall, der Natur der Teiltonstruktur von zusammengesetzten Klängen und der Entstehung ihrer Klangfarben, sowie der Eigenschaften des menschlichen Vokaltracts beschäftigt; Nun wollen wir mit Hilfe des Computerprogramms „Voce Vista“ die eingangs erwähnten Phänomene bzgl. Intonation und Resonanz beim Singen untersuchen.

#### 1.1 Tonhöhenproduktion nach Ingo Titze (1994)

Intonation ist Tonhöhenproduktion. Diese geht folgendermaßen von statten:

In der Kehle sind zwei Muskelpaare aktiv, um die Tonhöhe zu steuern– die Antagonisten Vokalis- und CT-Muskel (Krikothyroideus).

Der Vokalismus kontrahiert die Stimmbänder; diese verkürzen sich und werden dicker (massereicher), der Ton wird also tiefer, solange der Antagonist CT inaktiv ist. Ist der CT-Muskel aktiv, so sorgt er dagegen für eine Dehnung der Stimmlippen, indem er den sogenannten Schildknorpel nach vorne-unten kippt; die Stimmlippen werden länger und dünner, der Ton wird demnach höher.

Laut Titze (1994) ist die Schwingungsgrundfrequenz der Stimmlippen ( $f_0$ ) eine Funktion aus Steifigkeit und Masse. Die Steifigkeit (die wiederum u.a. von der Dichte des Gewebes und dem aktuellen Gesundheitszustand bestimmt wird) ergibt sich durch den CT-Muskel; die Masse wird dagegen durch den Vokalismus bestimmt.

In einer mathematischen Gleichung nach Titze sieht das folgendermaßen aus:

$$\begin{array}{c} \text{Fundamental} \\ \text{Frequency} \\ \downarrow \\ F_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \end{array} \begin{array}{l} \leftarrow \text{Stiffness} \\ \leftarrow \text{Mass} \end{array}$$

Die Frequenz  $f_0$  (Grundfrequenz der Stimmlippen, z.B. der Kammerton a) ist proportional zur Quadratwurzel des Bruchs aus Steifigkeit und Masse.

- Steifigkeit und Masse verhalten sich hierbei proportional zueinander: Je mehr Masse angekoppelt wird, desto mehr Steifigkeit ist vonnöten, um die Schwingungsfrequenz  $f_0$  konstant zu halten.

- Die Frequenz  $f_0$  kann außerdem im Gesangsunterricht auf der Ebene der Körperwahrnehmung (Kinästhesie) konkret registriert und kontrolliert werden, was ein wesentlicher Schritt für die Intonations- und Stimmarbeit ist.

Dies sind zwei zentrale Punkte bei der sogenannten Registerausgleichsarbeit, die – wie wir im folgenden noch sehen werden – eine nicht unerhebliche Rolle bei der Intonationsarbeit spielt.

### **1.2. Mechanismen der Tonhöhenwahrnehmung nach D. E. Hall (1997)**

Nicht nur die Tonhöhenproduktion, sondern auch die Tonhöhenwahrnehmung ist hier von Belang:

Nach D.E. Hall (1997) können wir zwei Tonhöhen in der Regel auch dann gut vergleichen, wenn ein Ton davon auf einer reinen Sinuswelle beruht, der andere dagegen von einem akustischen Instrument stammt und zahlreiche Teiltöne in seinem Spektrum aufweist. Trotzdem kann das menschliche Ohr bzw. das Gehirn länger andauernde Instrumentalklänge problemlos mit Sinuswellen vergleichen, wobei die Grundfrequenz des Naturklangs als Bezugspunkt erkannt wird.

Dies ist laut Hall erstaunlich, da die zwei Tonhöhen mittels zweier verschiedener Mechanismen wahrgenommen werden können.

Der Mechanismus, der für die ganzheitliche Wahrnehmung der Tonhöhe eines komplexen Signals verantwortlich ist, wird als **synthetisch** bezeichnet.

Der andere Mechanismus wird dagegen als **analytisch** bezeichnet; hier nimmt man einen aus zahlreichen Partialtönen bestehenden Naturklang nicht als Ganzes wahr wie beim synthetischen Mechanismus, sondern man ist in der Lage, aus dem komplexen Klang, mehrere Tonhöhen „herauszuhören“ und so die gleichzeitige Präsenz der ersten Teiltöne wahrzunehmen.

Die Wahrnehmung einer einzelnen Sinuswelle beruht vermutlich auf dem analytischen Mechanismus, kann aber dennoch problemlos wie oben erwähnt mit einem synthetisch gewonnenen Eindruck verglichen werden.

## **2. Stimmresonanz und Intonation**

### **2.1 Stehende Wellen und Resonanz**

Eines der wichtigsten Ziele im Gesangsunterricht ist das Erreichen von Resonanz. Eine resonante Stimme ist tragfähig und klangvoll und setzt sich z.B. über einen Orchesterklang hinweg. So ist Resonanz eine Voraussetzung für einen guten Sängerklang. Wie bereits erwähnt, steht Resonanz in Verbindung mit einem reichen Teiltonspektrum der Stimme.

Wie entsteht dieses reiche Teiltonspektrum, wie also entsteht Resonanz?

Hier muß ich wieder einen kurzen Exkurs in die Klangphysik unternehmen:

Von Resonanz spricht man, wenn eine stehende Welle existiert. Bei einer stehenden Welle ist die Amplitude immer im selben Punkt der Kurve maximal. Eine stehende Welle entwickelt sich, wenn die Vokaltraktlänge und die Schwingungsfrequenz der Stimmlippen in einem solchen Verhältnis stehen, daß die an der Mundöffnung reflektierte Impulswelle als Schockwelle auf eine geschlossene Glottis trifft.

Hierbei versteht man unter Impulswelle die erste Schallwelle, die durch die Schwingung der Stimmlippen entsteht. Diese wird an den Lippen bzw. im Mundraum reflektiert und sozusagen wieder zu den Stimmlippen (der Glottis) zurückgeworfen. Trifft diese sogenannte Schockwelle auf geschlossene Stimmlippen, so wird sie wieder zum Mundraum hin reflektiert um anschließend wieder als Schockwelle auf die Glottis zu stoßen und so fort.

Die Schockwelle kann nur dann zur stehenden Welle werden, wenn die Stimmlippen im Moment der Ankunft der Welle in einem geschlossenen Zustand sind. Im Optimalfall sind die Stimmlippen während des Schwingungsvorgangs zu fünf Siebtel der Zeit geschlossen.

Bei der Resonanzarbeit im Gesangsunterricht steht also der Stimmbandschluß (Aduktion durch mediale Kompression) im Mittelpunkt. Je vollständiger sich die Stimmlippen berühren, desto mehr Teiltöne entstehen. Denn:

Die Stimmlippen bilden eine sogenannte vertikale Oberflächenwelle; je tiefer sie ausschwingt, umso mehr Teiltöne entstehen.

Man sieht diesen Sachverhalt sehr deutlich in dieser Spektralanalyse (**Abbildung 6**), die die Frequenzspektren der Vokale a – e – i – o – u aufzeigt:

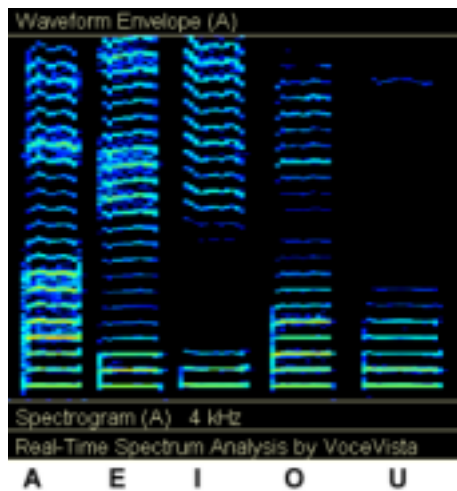
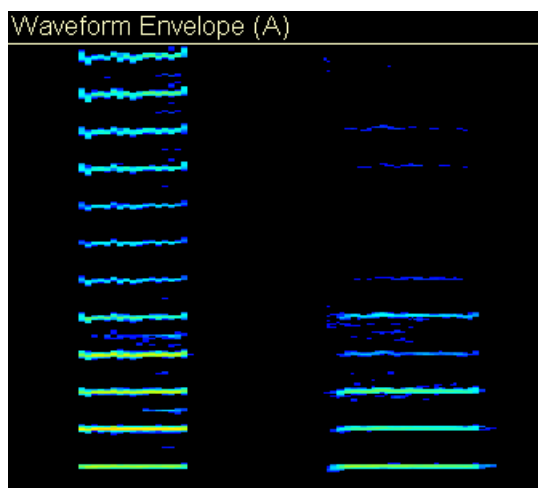


Abbildung 6

Der Vokal „a“ schwingt bei einer Frauenstimme in dieser recht tiefen Bruststimmtenlage (f) für gewöhnlich mit mehr Masse als z.B. der Vokal „o“ und „u“. Dies zeigt sich deutlich auch im Teiltonspektrum. Bei „a“ schwingen mehr Frequenzen im Stimmklang als beim „o“ und „u“.



*nicht-gehauchter Ton*    *gehauchter Ton*

Abbildung 7

Ein ähnliches Bild ergibt sich auf **Abbildung 7** bei einem Vergleich zwischen einem gehauchten Ton auf den Vokal „a“, bei dem die Glottis nicht ganz geschlossen ist und bei dem folglich keine stehende Welle entstehen kann, mit einem Ton mit Stimmbandschluß.

## 2.2 Der Zusammenhang zwischen der Masseankopplung an der Glottis und den Vokalen

Wie ist es nun möglich, daß die Stimmlippen in Bezug auf ihre Masseankopplung unterschiedlich auf unterschiedliche Vokale reagieren?

Hierfür müssen wir uns ansehen, wie sich der Rachenraum bei den verschiedenen Vokalen verändert (**Abbildung 8**, aus Pierce, 1985, S. 161):

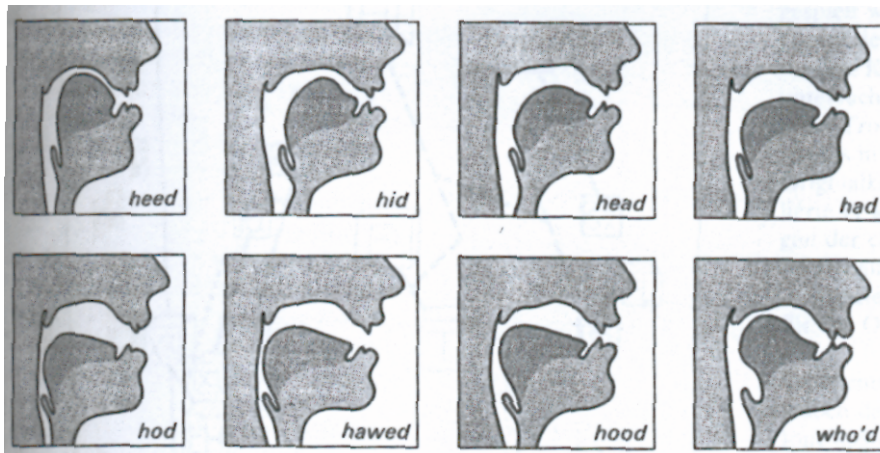


Abbildung 8

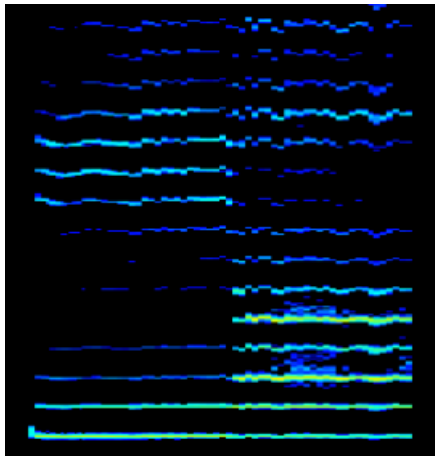
Der Stimmapparat wirkt demnach wie ein veränderlicher Resonator, der für jeden Vokal anders aussieht; auf Abbildung 16 sieht man das für einige englische Worte in der amerikanischen Aussprache:

Bei *heed*, *hid*, *head* und *had* ist die Zunge vorn, bei *hod*, *hawed*, *hood* und *who'd* ist die Zunge dagegen hinten. Auch der Kieferöffnungswinkel variiert bei den verschiedenen Vokalen. Der Rachenraum und das Ansatzrohr sind also je nach Vokal veränderlich und beeinflussen somit die Schließaktivität der Stimmlippen. Denn: Je größer der Raum über der Glottis (supraglottischer Raum), desto größer ist die Schließaktivität der Stimmlippen und somit die Masseankopplung. Bei den Vokalen „a“, „e“ und „i“ ist dieser supraglottische Raum recht groß, bei „u“ dagegen durch die Stellung von Zunge und Gaumen recht klein.

## 2.3 Der Zusammenhang zwischen Resonanz und Intonation

Ein interessantes Beispiel für den Zusammenhang zwischen Resonanz und Intonation im Kontext eines Vokalwechsels ergab sich bei folgendem Experiment im Gesangsunterricht:

Ich stellte einer Schülerin, die noch nicht lange Gesangsunterricht hat, die Aufgabe, auf einem Halteton vom Vokal „i“ zum Vokal „a“ zu wechseln. Hier die Abbildung der Spektralanalyse (**Abbildung 9a**):



*i* ----- *a* -----

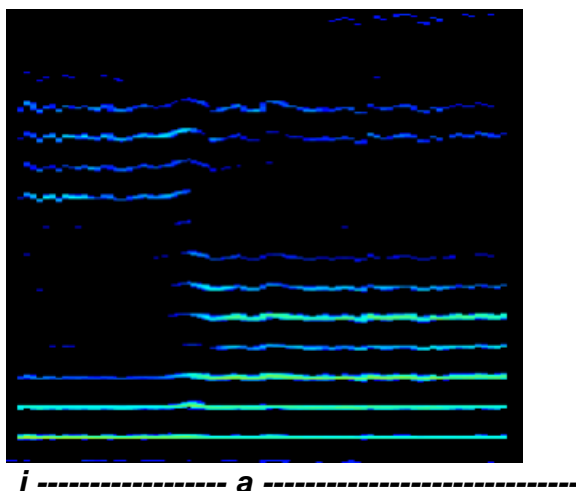
**Abbildung 9a**

Man sieht, daß die Grundfrequenz ein wenig nach unten schwankt beim Übergang von „i“ zu „a“, was sich besonders in der höheren Teiltonstruktur zeigt. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da bei „a“ mehr Masse schwingt als bei „i“ und die Stimmlippen daher etwas langsamer schwingen. Was man darüber hinaus noch sieht ist ein Vibrato, welches sich in der Teiltonstruktur besonders stark fortsetzt.

Nun habe ich die Schülerin auf ihre Schwankung in der Grundfrequenz hingewiesen und ihr gesagt, sie solle nun darauf achten, nicht tiefer zu werden beim Übergang von „i“ zu „a“.

Hier das Ergebnis in der Spektralanalyse (**Abbildung 9b**):

**Abbildung 9b**



*i* ----- *a* -----

Die Schwankung in der Grundfrequenz bleibt nun aus, jedoch sehen wir, daß das Teiltonspektrum erheblich schwächer ist als in Abb. 17a. Wir sehen desweiteren, daß das Vibrato so gut wie gar nicht mehr vorhanden ist.

Diese Schülerin verhielt sich also genau wie der eingangs erwähnte Schüler im Gehörbildungsunterricht: Sie orientierte sich nach meinem Intonationshinweis nicht mehr an ihrem gesamten Stimmklang, sondern an der Grundfrequenz des Tones, den sie dann auch intonationssauber, jedoch ohne Vibrato und mit weniger Teiltonreichtum gesungen hat. Hier kristallisieren sich also zwei Arten der Intonation heraus:

- a) die an der Grundfrequenz orientierte Intonation
- b) die am Stimmklang und an der Resonanz orientierte „sängerische“ Intonation. Das Vibrato hat hier womöglich eine ausgleichende Funktion in Bezug auf in der resonanten Stimme auftretende Intonationsschwankungen

### **3. Zusammenhang zwischen physikalischen und psychologischen Variablen**

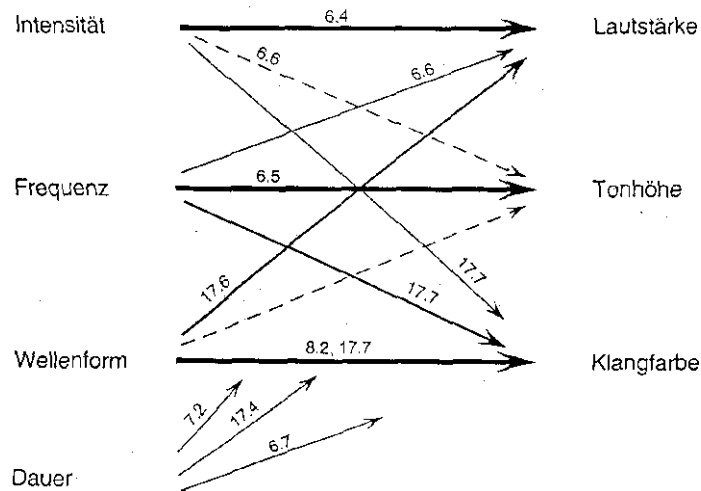
In der Einleitung habe ich drei beeinflussende Faktoren in Bezug auf die Intonation genannt, die häufig im Gesangsunterricht zu beobachten sind: Den Dynamikwechsel, den Vokalwechsel und den Registerwechsel.

Diese drei Faktoren beruhen auf den physikalischen Variablen *Intensität* (Dynamik) und *Wellenform* (Vokale/Register). Auf der psychologischen Ebene korrespondieren diese Variablen wiederum mit den Faktoren *Lautstärke* (Dynamik) und *Klangfarbe* (Vokale/Register).

Auf **Abbildung 10** sind die Wirkungsrichtungen und Wechselwirkungen zwischen diesen physikalischen und psychologischen Variablen graphisch dargestellt.

## physikalische Variablen

## psychologische Variablen



**Abbildung 10**

Mit dicken Pfeilen versehen sind die direkten Wirkungen der Intensität auf die Lautstärke, der Frequenz auf die Tonhöhe und der Wellenform auf die Klangfarbe. Ausserdem gibt es direkte Wirkungsverbindungen zwischen Frequenz und Lautstärke, Frequenz und Klangfarbe, Intensität und Klangfarbe, sowie Wellenform und Lautstärke.

Diese direkten Kausalverbindungen sind in der Klangphysik begründet und folgen deren Gesetzen.

Wir sehen aber auch indirekte Kausalverbindungen u.a. zwischen der Intensität und der Tonhöhe, sowie zwischen der Wellenform und der Tonhöhe. Dies entspricht nun der beschriebenen Beobachtung, daß Dynamik-, Vokal- und Registerwechsel Einfluß nehmen auf die Intonation.

Ich bin diesen Beobachtungen mit dem Spektralanalyseprogramm Voce Vista nachgegangen.

Beginnen wir mit dem Einfluß des Dynamikwechsels auf die Tonhöhe/ Intonation.

### 3.1 Der Einfluß des Dynamikwechsels auf die Intonation

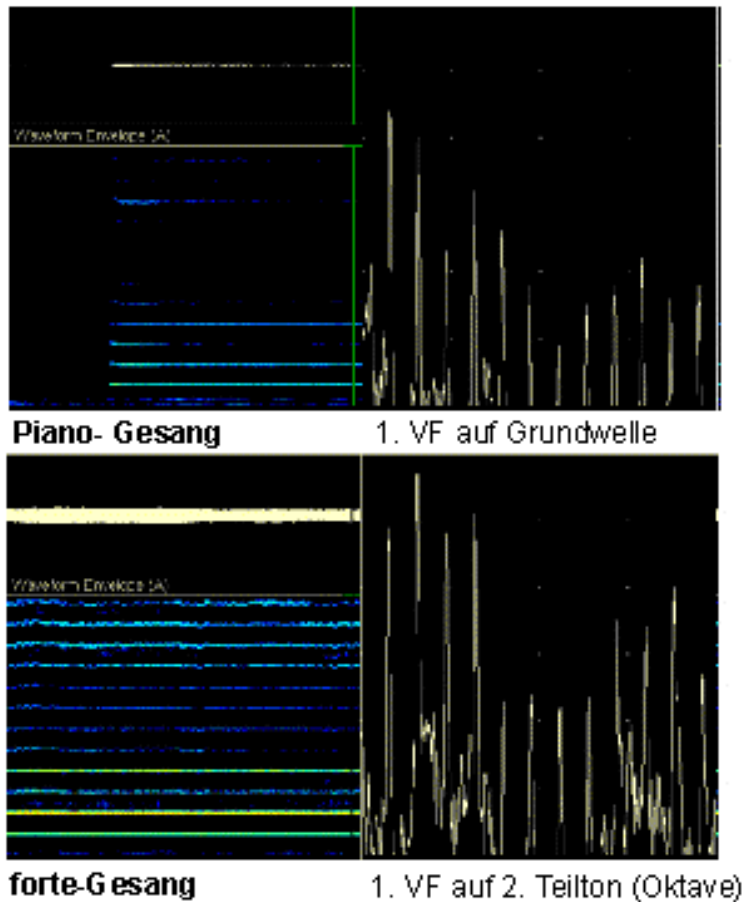


Abbildung 11

Ich habe einer Schülerin die Anweisung gegeben, einen Halteton auf dem Vokal „a“ vom piano zum forte zu „crescendieren“ .

Anschließend sollte sie die Dynamikrichtung umkehren und den Ton laut beginnen und immer leiser werden.

Auf der Wahrnehmungsebene gab es bei dem „piano-forte“ – Halteton eine Tonhöhenanhebung von „piano“ zu „forte“ .

Das umgekehrte gilt für den „forte-piano“ – Halteton: Hier gab es das Gefühl, der Ton würde „tiefer“ werden.

Wir sehen in der Spektralanalyse (**Abbildung 11**), daß sich beim Übergang von „piano“ (obere Abbildung) zu „forte“ (untere Abbildung) das Energiemaximum, also der 1. Vokalformant, verschiebt. Der erste Vokalformant „steigt“ gewissermaßen vom 1. Teilton (Grundfrequenz) auf den 2. Teilton (Oktave). Das

Energiemaximum wandert also in einen höheren Oktavbereich. Außerdem ist auch der 3. Teilton (die Quinte) beim Forte-Gesang stärker ausgeprägt. Desweiteren sehen wir, daß beim „piano“ weniger Teiltöne im Klang vorhanden sind als beim „forte“.

Der gegenteilige Prozeß findet statt beim Übergang von „forte“ zu „piano“: Hier „fällt“ der 1. Vokalformant vom 2. Teilton zum 1. Teilton.

Das Energiemaximum verschiebt sich also um mehr als eine Oktave nach unten; unser Ohr kann dies als Intonationsschwankung wahrnehmen, die ihre Ursache nicht in einer Schwankung der Grundfrequenz hat (diese bleibt unverändert), sondern in einer Änderung der Klangfarbe durch die dynamikbedingte Formantverschiebung.

An dieser Stelle gilt es auch zu erwähnen, daß wir das Gefühl einer klaren Intonation nur dann haben, wenn die Oktaven im Teiltonspektrum genügend Intensität haben. Sind diese zu schwach, so etabliert sich die Tonhöhe der Grundfrequenz nicht. Daher kann die Stärke der Quinte bei den Forte-Stellen im obigen Beispiel mit dazu führen, daß nicht nur eine Dynamikänderung, sondern auch eine Tonhöhenänderung wahrgenommen wird.

### **3.2 Der Einfluß des Registerwechsels auf die Intonation**

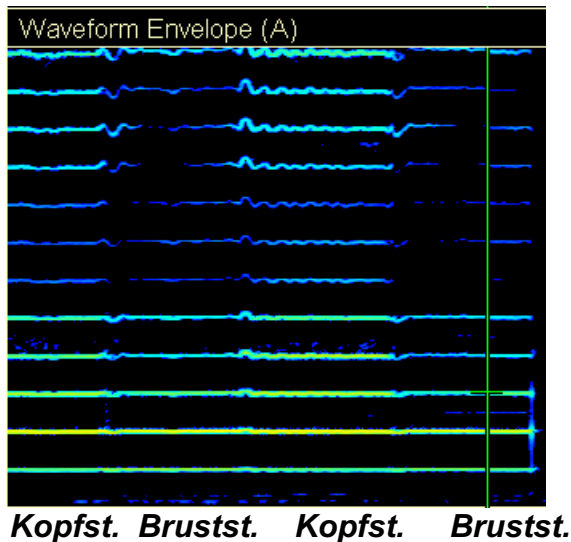
Der Übergang von der sogenannten Bruststimme (oder Brustregister) in die sogenannte Kopfstimme (Kopfreister), bei Männerstimmen sagt man „Falsett“, ist ein zentrales Thema im Gesangsunterricht. V.a. Anfänger haben mit dem Registerausgleich, also einem kontinuierlichen Übergang zwischen den beiden Registern, häufig Probleme: Es kommt zum sogenannten „Bruch“ (im englischen „Break“), einem unkontrollierten „Umschlagen“ von einem Register ins andere. Nun existieren in der menschlichen Stimme natürlich keine Register im eigentlichen Sinn des Wortes (dieser Begriff stammt von der Orgel und ihren Orgelpfeifen), denn unsere Stimmlippen sind natürlich eine Einheit. Dieses Prinzip wird in der Gesangspädagogik als „One Voice“ oder „Enregister“ bezeichnet und beruht auf den unter III2 bereits dargelegten physiologisch-anatomischen Tatsachen: Dem antagonistischen Zusammenspiel zwischen Vokalis und CT-Muskel.

Beim „Einregister“ geht es nun darum, daß in allen Tonhöhenbereichen die Stimmlippen nur so dicht beisammen sind, daß die feine Schleimhaut der

Stimmklappen noch schwingen kann. Es geht also um einen Ausgleich der Antagonisten Vokalis und CT, so daß im gesamten Tonhöhenbereich immer dieselbe Schließintensität (Aduktion) der Stimmklappen vorliegt.

Nun haben wir es allerdings im Gesangsunterricht häufig mit Schülern zu tun, die noch Probleme haben mit dem Einregister.

Diese Schülerin sang einen Halteton in ihrer Übergangslage (**Abbildung 12**):



**Abbildung 12**

Wir sehen hier den sogenannten „Bruch“ zwischen dem Kopf- und dem Brustregister und umgekehrt. Der Indikator für den „Bruch“ ist die leichte Schwankung v.a. der Teiltöne ab dem 3. Teilton nach unten beim Übergang von der „Kopfstimme“ in die „Bruststimme“ bzw. nach oben beim Übergang von der „Bruststimme“ in die „Kopfstimme“. Obwohl die Grundfrequenz von dieser Schwankung kaum betroffen ist, nehmen wir eine Intonationsschwankung wahr, da es diese eindeutigen Tonhöhenschwankungen in der Teiltonstruktur gibt. Unsere Wahrnehmung reagiert auf solche Veränderungen in der Teiltonstruktur sehr sensibel, denn:

Unser Gehirn ist auf Veränderungen programmiert.

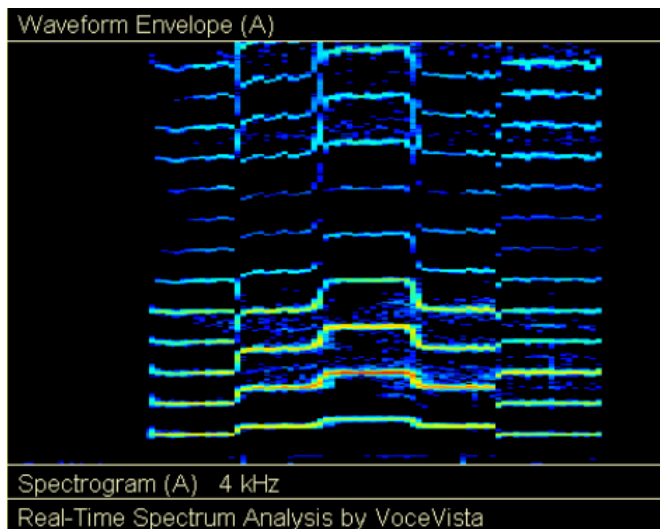
### **3.2.1 Das Gesetz der guten Fortsetzung beim Akkord-Singen**

Unser Gehirn reagiert also auf Veränderungen stärker als auf Kontinuität. Man kann aber auch sagen: Es sucht und erwartet die Kontinuität und fügt in diesem Bestreben sogar manchmal Elemente hinzu, die gar nicht vorhanden sind, z.B. bei Optischen

Täuschungen, aber auch bei ganz gewöhnlichen und alltäglich ablaufenden Wahrnehmungsprozessen. Die Gestaltpsychologie Edmund Husserls formulierte diesbezüglich das „Gesetz der guten Fortsetzung“.

Dieses Gesetz wirkt auch beim Dreiklang-Singen:

Die Teiltöne der jeweiligen Akkordtöne eines Durdreiklangs überschneiden sich (*siehe Abbildung 13a*):

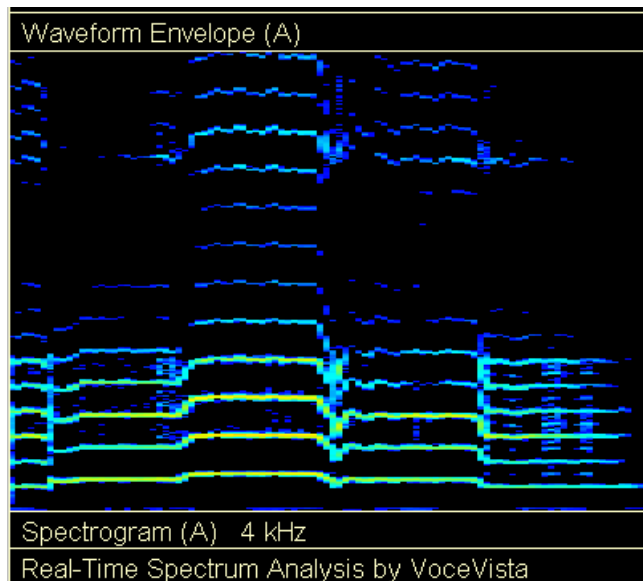


**Abbildung 13a**

Damit das Gesetz der guten Fortsetzung erfüllt ist und somit der Eindruck einer reinen Intonation entsteht muß der 5. Teilton des Akkordgrundtons (die Terz zur Grundfrequenz) dem 4. Teilton der Akkordterz (der 2. Oktave zur Grundfrequenz) entsprechen. Der 2. Teilton der Akkordquinte (die 1. Oktave zur Grundfrequenz) muß wiederum in ihrer Frequenz übereinstimmen mit dem 3. Teilton des Akkordgrundtons (der Quinte zur Grundfrequenz); so vergleicht unser Gehirn also wie ein Klavierstimmer die Übereinstimmungen zwischen den Partialtönen der einzelnen Akkordtöne.

Man kann auch sagen: Auf der Wahrnehmungsebene ist Akkordsingen ein *Teiltönspringen*.

Hier ein Beispiel von einer Schülerin, die ebenfalls einen Dur-Dreiklang sang, jedoch von ihrem Registerübergang („Bruch“) überrascht wurde (*Abbildung 13b*):



**Abbildung 13b**

Man sieht, daß der 5. Teilton der Terz höher ist als der 6. Teilton des Grundtons, die sich nach dem Gesetz der guten Fortsetzung eigentlich entsprechen müßten. Die Terz klingt also leicht verstimmt, was in diesem Fall mit dem abrupten Registerübergang zu tun hat: Das Kopfreister der Schülerin schwingt mit sehr viel weniger Masse als die tiefere Brustlage, die Stimmlippen schwingen demnach also schneller bzw. mit höherer Frequenz - der Ton klingt höher, als er es bei einer großen Terz sollte.

Hier komme ich nun zu einem wichtigen Punkt bzgl. der Intonationsarbeit im Gesangsunterricht:

Wenn ein Schüler bei Melodiesprüngen oder bei Dynamik- und Vokalwechseln (siehe 2.3) Intonationsprobleme hat, sollten wir ihm als Gesangslehrer nicht sofort unterstellen, daß er den zu singenden Ton und seine eigene unsaubere Intonation nicht hört und ihm daraufhin Intonationsanweisungen geben wie: „Singe bitte etwas höher oder tiefer“. Dies führt dann häufig nur zum beschriebenen „Gehörbildungsunterrichts-Phänomen“. Es kommt vielmehr darauf an, zu sehen, woher das Intonationsproblem kommt. Oftmals hängt es, wie in diesem Abschnitt beschrieben, mit Registerausgleichsproblemen zusammen. Wir müssen also als Gesangspädagogen auch bei der Intonationsarbeit die Arbeit am Einregister mit einbeziehen.

Es geht hier also um die Arbeit an einer einheitlichen Klangfarbe über die Registerübergänge hinweg.

### **3.3 Der Einfluß des Vokalwechsels auf die Intonation**

Unter 2.3 habe ich bereits gezeigt, wie ein Vokalwechsel (also eine Änderung der Wellenform) eine Intonationsschwankung hervorgerufen hat. Der Grund war eine Masseankopplung beim Übergang von „i“ zu „a“ und daraufhin ein langsames Schwingen der Stimmlippen.

Es gibt allerdings noch einen weiteren Ursachenkomplex für

Tonhöhenveränderungen im Zuge von Vokal- und Klangfarbenwechsel.

Im Mittelpunkt dieses Komplexes stehen die Vokalformanten. Daher möchte ich im nächsten Punkt noch einmal auf die Entstehung und Natur der Formanten der menschlichen Stimme zu sprechen kommen.

### **4. Noch einmal: Der menschliche Vokaltrakt und die 4 Grundformanten der menschlichen Stimme**

Nach den obigen Erkenntnissen bzgl. der Registerausgleichsarbeit und der Intonationsprobleme, die im Falle von Schwierigkeiten beim Registerausgleich auftreten können, möchte ich mich nun einem weiteren entscheidenden Faktor für die sängerische Intonation zuwenden: Dem sogenannten *Formantenausgleich*.

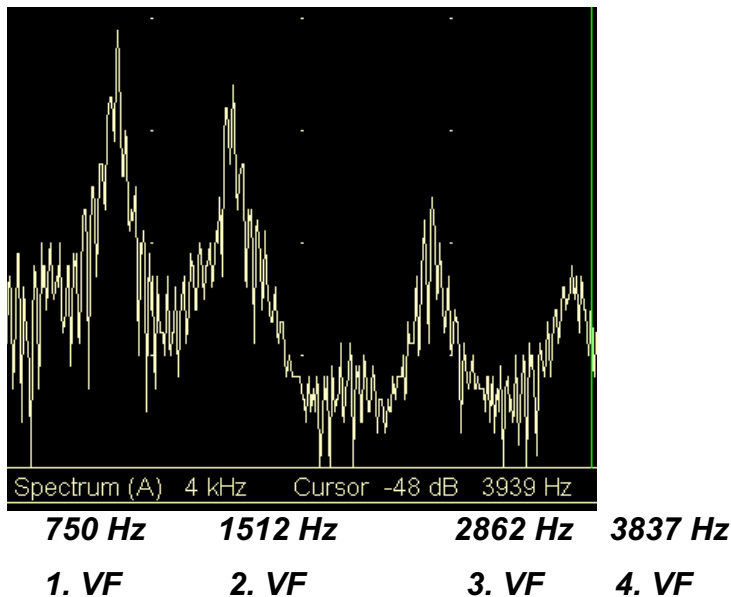
Wie bereits unter II 1.5 erwähnt führen die Längen- und Querschnittsverhältnisse des menschlichen Vokaltrakts zu Intensitätsmaxima bei vier Teiltönen bzw.

Teiltonbereichen der menschlichen Stimme. Diese Teiltöne nennen wir „Formanten der menschlichen Stimme“. Sie geben der menschlichen Stimme ihren charakteristischen Klang.

Der erste Formant liegt bei 500 Hz, der zweite bei 1500 Hz, der dritte bei 2500 Hz und der vierte bei 3500 Hz.

Auf **Abbildung 14a** sieht man die vier Intensitätsmaxima sehr deutlich:

Abbildung 14a



Die Abbildung zeigt eine Spektralanalyse eines sogenannten „Vocal Fry“, bei dem ich vokalneutral einfach nur einen Knarr-Laut von mir gebe, dem der sogenannte vokalneutrale „Schwalaut“ („schwa“ bedeutet auf hebräisch „nichts“) zugrunde liegt. Da der Bau meines Vokaltrakts und meiner Stimmlippen meine Stimme eher höher klingen lassen, liegen die Formanten (bis auf den 2. Vokalformanten) über den vorhergesagten Zahlen. Wie bereits erwähnt handelt es sich bei den Formanten nicht um feste Größen, sondern um Mittelwerte in einem Teilton-Variationsbereich. Faktoren, die die Formanten beeinflussen sind u.a. die Länge- und Breite des Vokaltrakts, die Grundfrequenz des gesungenen Tons, sowie die Klangfarbe bzw. die Vokale.

Im Hinblick auf Klangfarbe und Vokale ist der folgende, ebenfalls unter II 1.5 bereits angesprochene Punkt entscheidend:

Die vier Formanten, von denen die ersten beiden als Vokalformanten bezeichnet werden, können durch bestimmte Partien des Vokaltrakts beeinflusst werden. Alle vier Formanten werden durch ein *Runden der Lippen* in ihrer Frequenz abgesenkt. Dies wird in **Abbildung 14b** deutlich, wo den selben Vocal Fry mit gerundeten Lippen produziert habe.

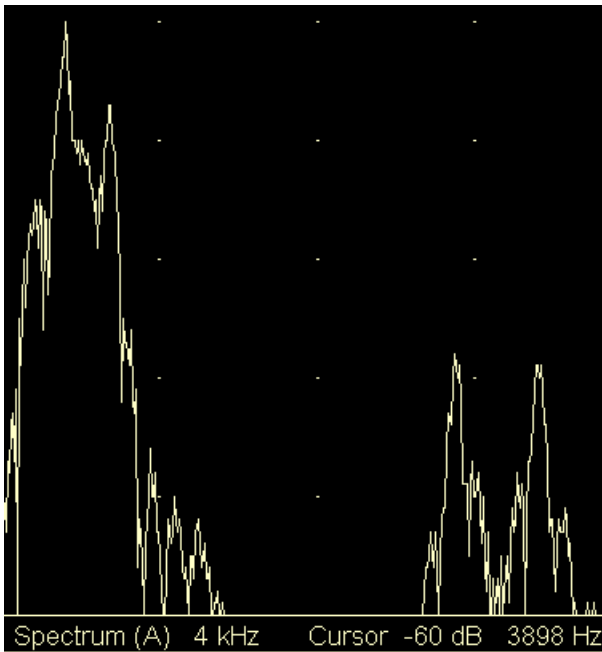


Abbildung 14b: **Vocal Fry mit gerundetem Lippenring**

**406 Hz 680 Hz**

**2840 Hz 3380 Hz**

**1. VF 2. VF**

**3. VF 4. VF**

Die Vokalformanten können auch durch eine *Senkung der Kehle* im Zusammenhang mit der Öffnung des Kehldeckels in ihrer Frequenz abgesenkt werden

### 1.1 Zusammenhang zwischen Kieferbewegung und dem 1. Vokalformanten

Der erste Formant um 500 Hz wird außerdem durch die *Kieferöffnung* bestimmt.

Dies zeigt sich auf **Abbildung 15a**, einer Spektralanalyse desselben „Vocal Fry“, den ich einmal mit einer geringen Öffnung des Kiefers (s. unteres Bild) und einmal mit einer starken Kieferöffnung (s. oberes Bild) gesungen habe.

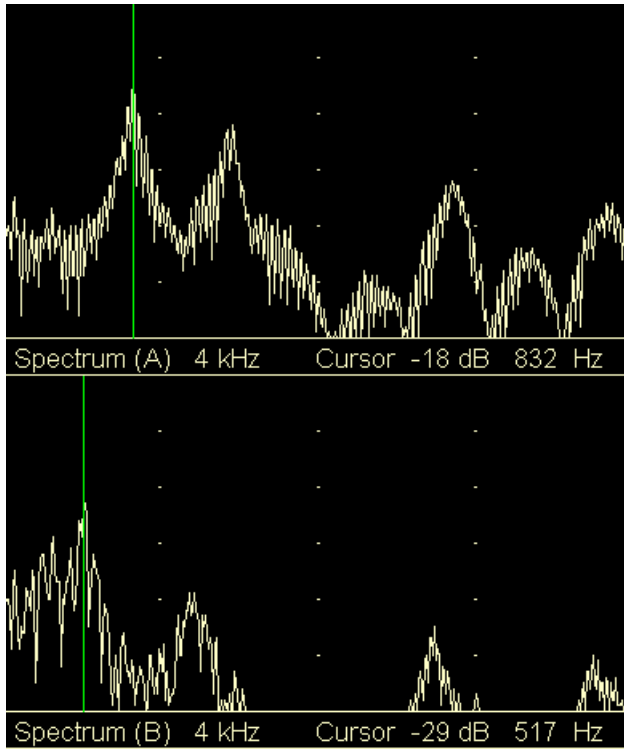
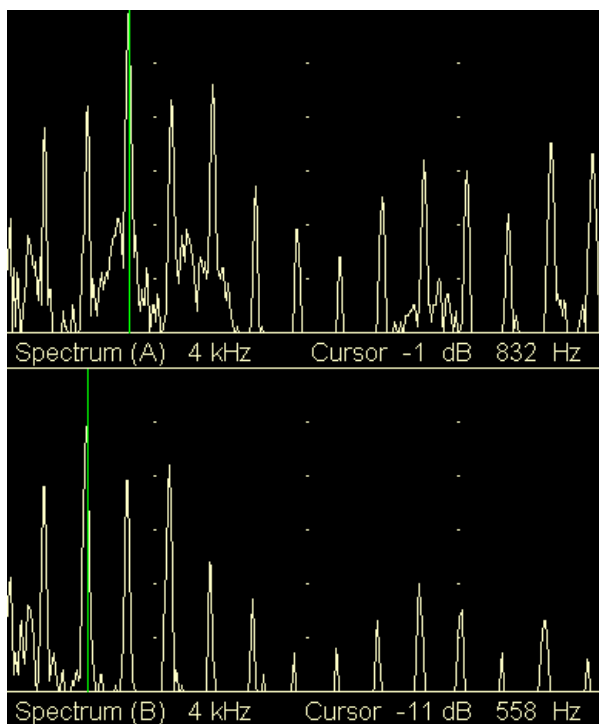


Abbildung 15a

Man sieht deutlich, wie der erste Formant von einer niedrigeren Frequenz von 517 Hz (s. unteres Bild) bei geringem Kieferöffnungswinkel zu einer höheren Frequenz von 832 Hz (s. oberes Bild) bei offenem Kiefer „wandert“.

Dasselbe geschieht, wenn ich einen Halteton auf dem Vokal „a“ singe (**Abb. 15b**):

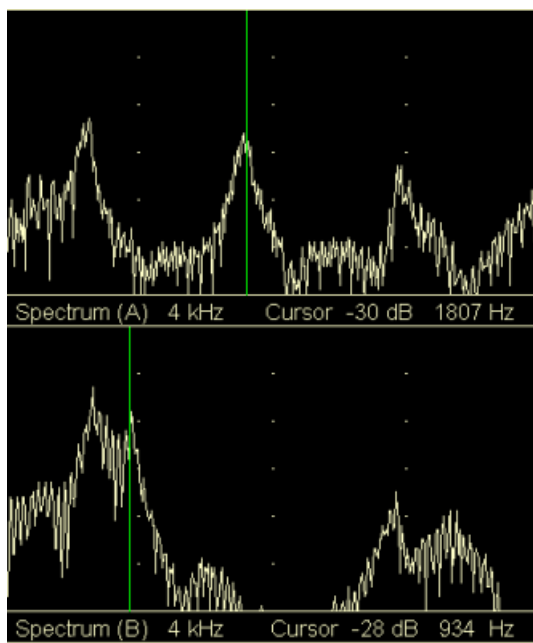
Abbildung 15b



Auch hier wird der erste Vokalformant (das erste Energiemaximum im Frequenzspektrum) bei geschlossenem Kiefer auf 558 Hz gesenkt, bei offenem Kiefer auf 832 Hz angehoben.

## 1.2 Zusammenhang zwischen Zungenbewegung und dem 2. Vokalformanten

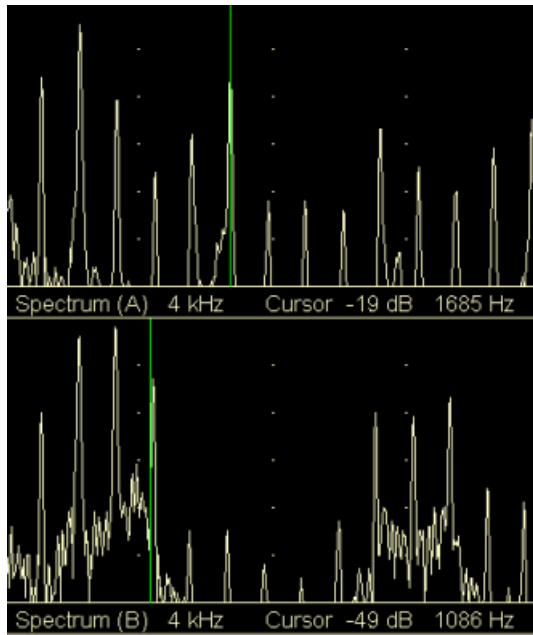
Entsprechendes zeigt sich in **Abbildung 16a**, einer Spektralanalyse eines „Vocal Fry“, wo ich die *Stellung der Zunge* variiert habe; die Zungenstellung (vorne oder hinten) beeinflusst wie bereits erwähnt den zweiten Formanten um 1500 Hz.



**Abbildung 16a**

Bei hinten liegender Zunge wird dieser Formant in seiner Frequenz auf 934 Hz abgesenkt (s. unteres Bild), wogegen er bei vorne liegender Zunge auf 1807 Hz angehoben wird (s. oberes Bild).

Ein entsprechendes Bild ergibt sich, wenn man die Zungenstellung auf dem Vokal „a“ in der gleichen Weise variiert (siehe **Abbildung 16b**):



**Abbildung 16b**

Hier sehen wir, daß das zweite Energiemaximum nach dem ersten Vokalformanten, (demnach der zweite Vokalformant) bei hinten liegender Zunge 1086 Hz beträgt, bei vorne liegender Zunge dagegen 1685 Hz.

Da wir uns in der Populärmusik an der Sprache orientieren, spielen hier die beiden tieferen Formanten der menschlichen Stimme, die die beiden Vokalformanten bilden, eine große Rolle. An diesen beiden Formanten orientieren wir uns in der Klangbildung und bei der Intonation und deren Wahrnehmung.

Hier liegt ein entscheidender Unterschied zwischen „Stimmsitz“ und Intonation bei klassischen Sängern und bei populärmusik-orientierten Sängern:

Klassische Sänger orientieren sich am Brillanz-Formanten (Sängerformant) bei 3000 Hz (vgl. II 5), der Stimmsitz erscheint nicht so direkt bzw. sprachbetont wie bei Pop-Sängern. Außerdem bewirkt das übliche Vibrato teilweise eine Verschleierung der eigentlichen Grundfrequenz des gesungenen Tons (vgl. III 2.3).

Der Pop-Sänger hat für gewöhnlich kein starkes Vibrato, was mit Stilgründen, aber auch mit seiner Sprachbetontheit zusammenhängt. Man könnte behaupten, daß es der Pop-Sänger mangels Verschleierungsmöglichkeiten schwerer hat mit der Intonation als ein klassischer Sänger. Zudem soll er verständlich singen, muß jedoch beim Singen - aufgrund des viel größeren erfordernten Stimmumfangs und des

sängerischen Atemflusses - eine andere Art der Artikulation finden als beim Sprechen.

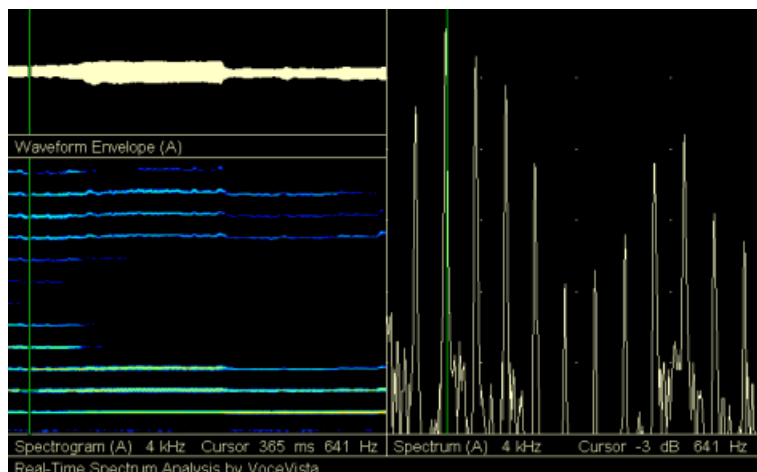
#### 4.3 Das Gesetz der guten Fortsetzung im Zusammenhang zwischen Intonation und Vokalwechsel

Da jeder Vokal durch zwei verschiedene Vokalformanten charakterisiert ist, ist es klar, daß ein Vokalwechsel immer ein Formantwechsel ist, also eine Verlagerung der Intensitätsmaxima im Frequenzspektrum eines Klanges.

Diese Formantverlagerung kann auf zwei unterschiedliche Arten geschehen:

- a) über einen Wechsel des Oktavbereichs der Formanten des vorhergehenden Vokals
- b) in Konstanz zum Oktavbereich des vorhergehenden Vokalformanten

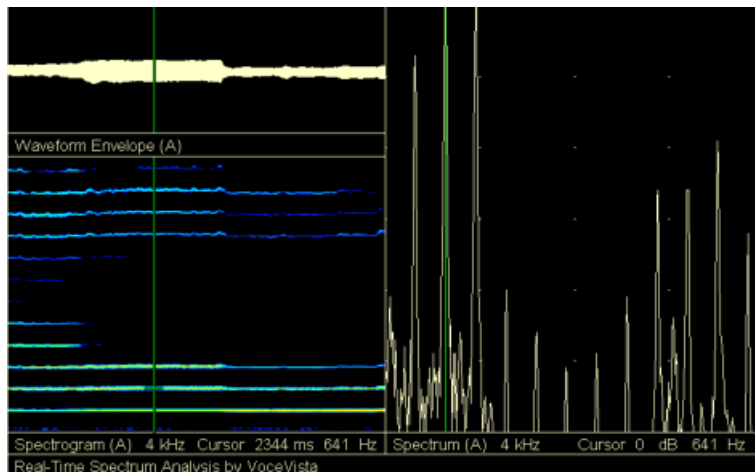
Hier ein praktisches Beispiel für a): **Abbildung 17 a-c**



A ---- O ----- U -----

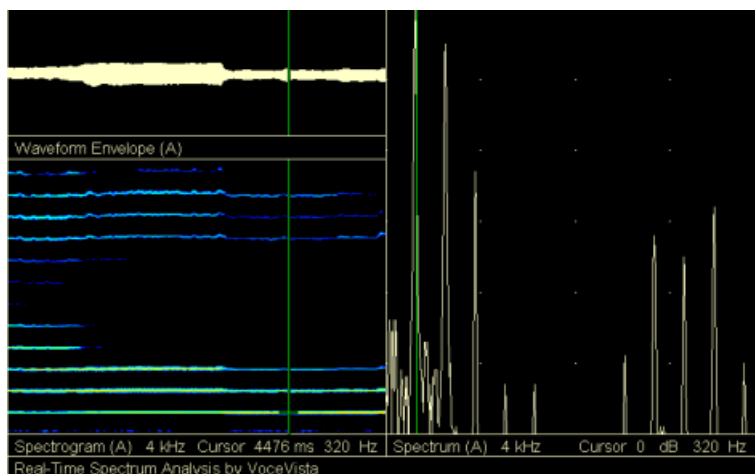
**Abbildung 17a:**

Hier ist die Formant-Situation beim „a“ zu sehen. Das Energiemaximum liegt – wie der grüne Cursor im Bild rechts zeigt - deutlich auf der ersten Oktave.



**Abbildung 17b:**

Hier ist die Formant-Situation beim „o“ zu sehen. Auch hier liegt das Energiemaximum deutlich auf der ersten Oktave. Zudem ist der dritte Teilton (die Quinte) sehr stark ausgeprägt.



**Abbildung 17c:**

Hier sieht man die Situation beim „u“. Im Gegensatz zu „a“ und „o“ liegt hier die Hauptenergie (der erste Vokalformant) im Bereich der Grundwelle.

Ich habe auf einem Halteton die Vokale a – o – u gesungen und beim „u“ sowohl den Kiefer relativ weit geöffnet als auch die Zunge zurückgezogen (wie ich es im Rahmen meines Gesangsunterrichts bei einigen Anfängern beobachtet habe). Ersteres

bewirkt eigentlich eine Anhebung des ersten Vokalformanten, wird in diesem Falle jedoch von der formantabsenkenden Lippenrundung beim „u“ aufgehoben. Dies führt zu einer Absenkung des ersten Vokalformanten. Das Zurückziehen der Zunge senkt den zweiten Vokalformanten ab. Diese Vorgänge sind deutlich in den **Abbildungen 17a-c** zu sehen.

Auf der akustischen Wahrnehmungsebene hören wir einen Intonationsabfall des „u“: Es erscheint tiefer als das zuvor gesungene „a“ und „o“, obwohl sich die Grundfrequenz beim „u“ nicht ändert. Wie kommt es aber zu dieser Intonationswahrnehmung?

Wir sehen hier graphisch: Bei a und o liegt die meiste Energie hier im Bereich der ersten Oktave bzw. Quinte (siehe **Abbildung 17a** und **17b**). Das u fällt dagegen ab (siehe **Abbildung 17c**): Hier liegt die Hauptenergie auf dem Grundton. Auch hier wirkt das Gesetz der guten Fortsetzung, das wir brauchen für den Eindruck einer konstanten Intonation. Hier wird es nicht erfüllt.

Wir brauchen also eine Art Formantenausgleich, verwandt mit dem Vokalausgleich im Klassischen Gesang. Die Formanten der verschiedenen Vokale sollten sich also im selben Oktavbereich befinden, damit wir eine konstante Intonation wahrnehmen. Intonation ist also auch ein Vorgang der *Formantabstimmung*.

## IV Konklusion

Mit dem Begriff der „Formantabstimmung“ sind wir bei einem springenden Punkt für die Praxis im Gesangsunterricht angelangt:

Ein Anfänger singt die Vokale meist so, wie er sie sprechen würde; er kennt keine Unabhängigkeit zwischen Kieferbewegung und Zungenbewegung;

die Bewegungen laufen automatisch ab und unbewußt vermengt, teilweise auch nach Schemata und Vorstellungen, die man „so vom Singen hat“. Es kommt nun im Unterricht darauf an, dem Schüler ein Bewußtsein für diese beiden Bewegungen „Kiefer“ und „Zunge“ zu geben, denn sie sind es ja, die Einfluß auf unsere

Vokalformanten und somit auf die Teiltonstruktur der Stimme haben. Dies ist also erst einmal die Basis der Intonationsarbeit: Wir müssen eine neue

Artikulationsstruktur für den Schüler schaffen, die eben nicht identisch ist mit der Sprechartikulation, sondern die eben erwähnte Formantabstimmung berücksichtigt;

Wir passen als ausgebildete Sänger im Idealfall unseren Kieferöffnungswinkel und unsere Zungenstellung unabhängig voneinander an die jeweilige Tonhöhe und den jeweiligen Vokal an.

In dieser Formantabstimmung trifft sich nun abermals die Resonanzarbeit mit der Intonationsarbeit: Resonanzarbeit, also Arbeit am Stimmklang, an der Klangfülle, braucht die Formantabstimmung, um einen Stimmklang mit einer maximalen Resonanz und Rundheit zu erzielen (siehe die Abhandlung über Resonanzarbeit unter III 2).

Für die Intonationsarbeit wiederum ist die Formantabstimmung zentral im Hinblick auf die Wahrnehmung der Tonhöhe, wie wir eben gesehen und gehört haben: Die Teiltonstruktur beeinflusst also mehr als gedacht die Wahrnehmung der Grundfrequenz eines Tones.

Was wir deswegen v.a. bei Anfängern nicht mehr machen sollten, ist es, ihnen die Anweisung zu geben: Singe doch diesen Ton höher oder tiefer. Dies würde nur an der Grundfrequenz ansetzen; ich erinnere aber an das Anfangsbeispiel vom Gehörbildungsunterricht, wo der resonante Stimmklang bei einer bloßen Grundtonorientiertheit leidet.

Wo wir also bei der Intonationsarbeit – als Konsequenz aus den Ergebnissen dieser Arbeit - stattdessen ansetzen sollten:

Bei der Technik und zwar bei der Kieferbewegung, Zungenbewegung und dem Registerausgleich, also der Balance zwischen CT- und Vokalismus.

Es heißt also erst einmal: Technisch arbeiten, anstatt reine Intonationsanweisungen zu geben.

Zusätzlich ist es sinnvoll, die Schüler auf der Hörebene auf ihre Klangfarbe zu sensibilisieren und diese mit ihnen zu variieren. Dies kann man auch unter bewußtem Einbezug der Formanten tun.

Praktisch sähe das z.B. so aus:

Während der Schüler/die Schülerin einen Halteton singt, spielt der/de Gesangspädagoge/-pädagogin einen bestimmten Teilton bzw. Formanten (je nach Vokal und Oktavlage) auf dem Klavier mit ein. Die Schüler fordert man anschließend dazu auf, diese Teiltöne in der eigenen Stimme bewußt wahrzunehmen. Hier muß man allerdings sorgfältig darauf achten, daß die Teiltöne bzw. die Formanten für den Schüler wahrnehmbar, also nicht zu hochfrequentig sind. Außerdem haben

Klaviertöne wie bereits erwähnt ihr ganz eigenes Frequenzspektrum und sind nicht für alle Schüler gleich gut auf den Stimmklang zu übertragen. Hier würde es sich sicher lohnen, auch mit anderen Instrumenten, die dem Stimmklang näher sind (z.B. einer Violine), oder auch mit der eigenen Stimme, zu experimentieren. Naheliegender wäre auch das Einspielen eines Sinustones (z.B. durch ein elektronisches Metronom mit Tonhöhenangabe oder ein Stimmgerät).

Weitgehende Konsequenzen hätten die Ergebnisse bzgl. des Formantenausgleichs auch auf die Chorarbeit: Wenn mehrere Töne gleichzeitig klingen, ist es wichtig für einen reinen Intonationseindruck, jeweils die Oktaven im Teiltonspektrum des individuellen Stimmklangs zu begünstigen, da sich die anderen Teiltöne (wie z.B. Quinte oder Terz) ggf. störend auf den Gesamtakkord auswirken könnten. Selbiges gilt auch für den Sologesang: Auch hier sind die Teilton-Oktaven des Stimmklangs naturgemäß dominant, allein in der Anzahl ihres Auftretens. Tritt einer der anderen Teiltöne sehr stark im Klang hervor, so kann auch dies den Intonationseindruck in Richtung einer Irritation beeinflussen.

## **V Schlußbemerkungen**

Am Ende dieser Arbeit möchte ich noch den folgenden Bemerkungen Raum geben:

- diese Arbeit in der hier vorliegenden Form ist eine gekürzte Fassung für die VPG-Homepage und bestand nicht wie die Originalfassung zu drei Vierteln aus Literaturrecherche und zu einem Viertel aus der experimentellen Arbeit mit „Voce Vista“ (oft im Selbstversuch), wobei im Original die Abhandlung des Hörens (bei Gordon: Das Verstehen) als Voraussetzung für Intonationsarbeit im Literaturteil dem Singen/ Intonieren (bei Gordon: Die Performanz) vorausging, sowohl chronologisch als auch als inhaltliche Voraussetzung. In dieser gekürzten Fassung fehlte ein großer Teil der Literaturrecherche. So kann es sein, dass manche Konklusion für den Leser/ die Leserin nicht nachvollziehbar oder etwas plötzlich und hergeholt erscheint. Wer die ungekürzte Originalfassung (74 Seiten) lesen möchte, der wende sich bitte mit einer Mail an mich.  
([esther.kaiser@web.de](mailto:esther.kaiser@web.de))

- Aufgrund der sehr kleinen Versuchspersonengruppe, die keine im wissenschaftstheoretischen Sinn repräsentative Stichprobe darstellt, beansprucht diese Arbeit keinen wissenschaftlichen Status. Mit anderen Worten: Dies ist keine quantitative Studie mit verifizierten und verifizierbaren Ergebnissen, sondern eher eine qualitative Studie mit Ergebnissen, die zu einem großen Teil von der alltäglichen Erfahrung im Gesangsunterricht bestätigt und erfahren werden können.
- Die Versuche und Ergebnisse im Kapitel III stützen sich auf leichte Übungen (v.a. Haltetöne), in denen möglichst wenige Faktoren variiert wurden. Dies dient einer besseren Kontrollierbarkeit von Ursache und Wirkung. Z.B. wurde in III 4.1 nur die Kieferöffnung variiert, die Tonhöhe wurde dagegen nicht verändert. Die Situation beim Singen ganzer Songs ist natürlich weitaus komplexer.
- Diese Arbeit erklärt nicht die Ursachen für massive Hör- und Intonationsprobleme bei Schülern. Diese Thematik gehört in den medizinischen bzw. neuropsychologischen Bereich, welcher dafür angemessene Techniken und Testinstrumente besitzt. Das Frequenzspektralanalyseprogramm „Voce Vista“ dagegen zeigt lediglich das Frequenzspektrum der Stimme auf (also den Ist-Zustand im Klangspektrum der Stimme), sagt jedoch über das Hören und die Eigenwahrnehmung der Versuchsperson nur so viel aus, wie es lautdem 1. Tomatis-Gesetz aussagen kann (siehe hierzu in der ungekürzten Fassung unter II 3.2.2).
- Das Ziel dieser Arbeit ist es vielmehr, auf die Bedeutung und den Einfluß der Teiltonstruktur des Stimmklangs auf die Intonation und deren Wahrnehmung hinzuweisen und Anregungen für eine *mehrdimensionale Herangehensweise* an die Intonationsarbeit zu geben. „Mehrdimensional“ meint in diesem Zusammenhang den Einbezug nicht nur der Grundfrequenz eines gesungenen Tones, sondern auch seiner Teiltöne und Formanten.

Hier weise ich noch einmal auf die Unterscheidung von analytischem und synthetischem Hören hin (siehe III 1.2: Mechanismen der Tonhöhenwahrnehmung). Für die mehrdimensionale Intonationsarbeit ist es von Vorteil, wenn sich der Gesangspädagoge/ die Gesangspädagogin im analytischen Hören schult, um in der Klangfarbe des Schülers einzelne Formanten herauszuhören.

- Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem „Was“ und nicht mit dem „Wie“ der Intonationsarbeit: Sie soll Funktionsmechanismen bei Intonationsproblemen

aufzeigen (z.B. eine fehlende Unabhängigkeit zwischen Kiefer- und Zungenbewegung oder ein mangelhafter Register- oder Formantenausgleich), stellt allerdings keinen Übungskatalog für das Erreichen dieser notwendigen stimmtechnischen Fertigkeiten dar.

Ein solcher praktischer Übungskatalog unter Einbezug der speziellen Bedingungen für Pop-Sänger beim Singen mit Mikrofon wären eine ideale Fortführung dieser Arbeit.

## VI Literaturverzeichnis

(bezogen auf die ungekürzte Fassung meiner Diplomarbeit)

Pierce, John R.:

Klang : Musik mit den Ohren der Physik / John R. Pierce [Aus dem Amerikan. übers. von Klaus Winkler]. - Heidelberg: Spektrum d. Wiss., 1985. - 215 S. : Ill. (z.T. farb.)

(Spektrum-Bibliothek ; 7)

Einheitssacht: The sciene of musical sound <dt.>

Hall, Donald E.:

Musikalische Akustik : ein Handbuch / Donald E. Hall. - Mainz [u.a.]: Schott, c 1997. - 512 S. : graph. Darst.

(Veröffentlichung des Zentrums für Kunst und Medientechnologie Karlsruhe, Institut für Musik und Akustik)

Einheitssacht: Musical acoustics <dt.>

Aus d. Amerikan. übers.

Roederer, Juan G.:

Physikalische und psychoakustische Grundlagen der Musik / Juan G., Roederer. - 2. Aufl. - Berlin [u.a.]: Springer-Verl., c 1993. - XVI, 218 S. : graph. Darst.

Einheitssacht: Introduction to the physics and psychophysics of music <dt.>

Aus d. Engl. übers.

Kayser, Hans:

Der hörende Mensch : Elemente eines akustischen Weltbildes / Hans Kayser. - unveränd., durch ein Vorw. erg. Neudr. der Ausg. Leipzig 1932. - Stuttgart: Engel

(Copia ; 3)

ISBN 3-927118-05-2

[Hauptbd.]. 1993. - IV, 368 S., [ca. 30] Bl.

Gordon, Edwin, E.: „music learning principals“ Study Guide, G.I.A. Publications Chicago

Jourdain, Robert: „Das wohltemperierte Gehirn: Wie Musik im Kopf entsteht und wirkt“, Heidelberg, Berlin: Spektrum, Akad. Verlag, 2001, 1998Einheitssacht.: Music, the brain, and exstasy <dt.>

Tomatis, Alfred A.:“ Der Klang des Lebens“, Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Reinbeck bei Hamburg, April 1990

Tomatis, Alfred A.: „Klangwelt Mutterleib“, Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München, September 1999

Sundberg, Johan. 1977. "The Acoustics of the Singing Voice." Scientific American (March), 82-91.

Sundberg, Johan. 1987. The Science of the Singing Voice. DeKalb, IL: Northern Illinois Press.

Titze, Ingo. 1994. Principles of Voice Production. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

**Quellennachweis:**

[www.ncvs.org](http://www.ncvs.org)

[courses.smsu.edu - /klb297f/Speech Science/Downloadable Software...](http://courses.smsu.edu/~klb297f/Speech%20Science/Downloadable%20Software...) –  
(für das Herunterladen des Programms "Voce Vista")