

Akustische Analyse eines Tonings

hinsichtlich der emotionalen Wirkung auf den Menschen

Robin A. Winter¹, Christopher Blech¹, Florian Kuhnen², Sabine C. Langer¹

¹ Technische Universität Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik
robinawinter@gmail.com, c.blech@tu-braunschweig.de, s.langer@tu-braunschweig.de

² Hochschule Bremen, Fakultät 2, Abt. Umwelttechnik, Florian.Kuhnen@hs-bremen.de

Einleitung

Akustische Signale werden vom Menschen subjektiv wahrgenommen und können zum einen als Lärm, also Schall, der das physische, das psychische und das soziale Wohlbefinden des Menschen beeinträchtigt (Rüegg, 2007, S.15) oder auch als Klang wahrgenommen werden. Klänge und Musik können zum Beispiel gezielt in der Meditation oder in der Musiktherapie eingesetzt werden, um die physische, die psychische und die geistige Gesundheit wiederherzustellen (Müller and Petzold, 2009, S.20). Es ist daher von Interesse, die Wirkung von Musik auf den Menschen im Allgemeinen und auf die emotionale Wirkung im Speziellen zu untersuchen.

In dieser Arbeit wird die emotionale Wirkung von Gesangsmeditationen (sog. *Tonings*) betrachtet und anhand der emotionalen Bezüge zu musikalischen Eigenschaften interpretiert. Es können Zusammenhänge zwischen den musikalischen Eigenschaften *Register*, *Melodik* und *Obertönen* und ihrer emotionalen Wirkung gezeigt werden.

Zusammenhang von Musik und Emotion

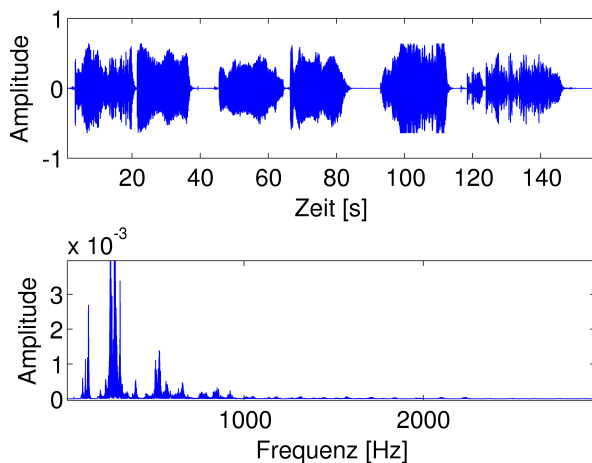
Die bestehende Verbindung zwischen Emotionen und Musik wird in mehreren Studien gezeigt. Scherer and Oshtinsky (1984) zeigen diesen Zusammenhang mit Schauspielern, die einen neutralen Text in verschiedenen emotionalen Zuständen vortragen. Die dadurch veränderte Stimme wurde auf Unterschiede der musikalische Parameter *Tonhöhe*, *Tempo*, *Lautstärke*, *Tonhöhenverlauf* und *Klangfarbe* hin analysiert. So wird die Emotionen Freude durch laute und hohe Töne, ein schnelles Sprechtempo, auf- und absteigende Tonmotive und ein reiches Obertonspektrum bestimmt. Dagegen vermitteln abfallende Tonmotive, leise und tiefe Töne, ein langsames Sprechtempo und wenig Obertöne die Emotion Trauer. Eine andere Herangehensweise zeigt die Studie *Emotion rendering* (Bresin and Friberg, 2011), in der Probanden

ein vorgelegtes Musikstück in *Geschwindigkeit*, *Artikulation*, *Phrasierung*, *Anschlagsgeschwindigkeit* und *Register* hinsichtlich fünf verschiedener Emotionen verändern können. So ergeben sich statistisch erhobene absolute Werte der jeweiligen musikalischen Eigenschaften für die Emotionen *fröhlich*, *ängstlich*, *neutral*, *friedlich* und *traurig*.

Die musikalischen Eigenschaften und ihr charakteristisch emotionaler Zusammenhang dienen im Umkehrschluss der hier durchgeführten akustischen Analyse eines Tonings, als Interpretationsgrundlage hinsichtlich seiner emotionalen Wirkung.

Annahmen und Parameter

Diese akustische Analyse erfolgt durch die gefensterter FOURIER-Transformation und wird in MATLAB durchgeführt. Alle musikalischen Eigenschaften werden entweder durch die Parameter *Tonhöhe*, *Tondauer* oder die *Lautstärke* definiert. Bei den als *Toning* bezeichneten Klangmeditationen wird das Schallfeld ohne Hilfsmittel alleine durch die menschliche Stimme erzeugt. Dadurch ergeben sich folgende Grenzwerte für die akustische Analyse: **Die Tonhöhe** kann durch die Hörgrenze mit 16–20000 Hz (Möser, 2009, S.10f) und die Stimmgrenze mit 43–2607 Hz (Nadoleczny, 1923) begrenzt werden, wobei der Ton F mit 40 Hz als tiefster Ton angenommen wird. Die Frequenzbreite des Tons F beträgt 2,5 Hz und entspricht somit der kleinsten Frequenzauflösung, $f_{res} < 2,5 Hz$, die gewährleistet sein muss, um Töne in diesem Frequenzbereich adäquat darstellen zu können. Für die Analyse wird eine Frequenzauflösung mit $f_{res} = 1 Hz$ und eine Frequenzbreite $f_b[40 : 20000] Hz$ gewählt. Damit können musikalischen Eigenschaften *Register*, *Melodik*, *Harmonik* und *Obertöne* hinsichtlich ihrer emotionalen Wirkung auf den Menschen interpretiert werden. **Die Tondauer** wird durch die maximale Sprechgeschwindigkeit von 11,29 Silben pro Sekunden (Uhmann,

Abbildung 1: Zeitsignal und Spektrum des *Tonings*

1997, S.206), dies entspricht einer Silben- bzw. Tondauer von 0,089 Sekunden, definiert. Daraus ergibt sich ein maximales Zeitfenster von 0,04 Sekunden (mind. die Hälfte), um Töne der Länge 0,089 Sekunden erfassen zu können. Ein minimales Zeitfenster ergibt sich aus dem tiefsten Ton $F = 40\text{Hz}$ und seiner Periodenlänge von 0,025 Sekunden. Somit ergibt sich das Zeitfenster $T[0,025 : 0,04]\text{s}$.

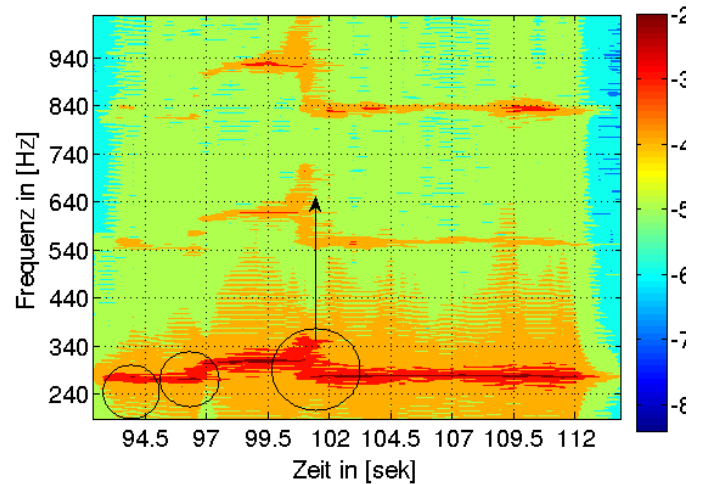
Die Lautstärke wird in einem relativen Verhältnis dargestellt und gibt keine Auskunft über die tatsächliche Lautstärke des gesungenen *Tonings*, da die Aufnahme ohne Bezug zur real gesungenen Lautstärke vorliegt.

Vorversuche

Durch Vorversuche konnte gezeigt werden, dass Zeitfenster der Länge $T[0,025 : 0,04]\text{s}$ nicht adäquat mit der FOURIER-Transformation dargestellt werden und somit der Parameter *Tondauer* und die darauf basierenden musikalischen Eigenschaften *Tempo*, *Artikulation*, *Anschlagsgeschwindigkeit* und *Rhythmus* nicht interpretiert werden können. Abhilfe könnte die WAVELET-Transformation, die bei kleinen Zeitfenstern hohe Frequenzauflösungen verspricht, schaffen (Alfred K. Louis, 2013).

Des weiteren wurde gezeigt, dass die Signalverlängerung (sog. zero-padding) zu Gunsten des Verhältnisses $T = \frac{1}{f_{res}}$, zwar eine Frequenzauflösung von $f_{res} = 1\text{Hz}$ mit $T > 0,1\text{s}$ gewährleistet, jedoch bei Zeitfenstern von $T[0,025 : 0,04]\text{s}$ schnell zu *Versmierungen* führt. Die Frequenzauflösung wird also größer als 1Hz und lässt keine klaren Schlüsse über Frequenzverläufe bei solch kleinen Zeitfenstern zu. Die obere Grenze des Parame-

Abbildung 2: Frequenzverlauf von Teilbereich 5



ters *Tonhöhe*, $f = 20000\text{Hz}$, wird durch das NYQUIST-Theorem bestätigt, da die Aufnahme mit einer Abtastrate von $44,1\text{kHz}$ vorliegt.

Akustische Analyse

Zunächst wird das *Toning* (Hübl, 2013) durch das Zeitsignal in Abbildung 1 oben dargestellt und zeigt sechs Bereiche in denen die Amplitude ungleich Null ist, also gesungen wird. Diese sechs Teilbereiche werden in der weiteren Analyse einzeln betrachtet. Das Spektrum des gesamten *Tonings* in Abbildung 1 unten gibt Rückschlüsse auf die Frequenzbreite und, durch Vergrößerung, das zu erwartende Obertonspektrum. Die einzelnen Teilbereiche werden mit der FOURIER-Transformation und Fensterlängen von $T = 0,1\text{s}$ abgetastet. Daraus ergibt sich ein, in Abbildung 2 dargestellter, Frequenzverlauf über die Zeit. Diesem Frequenzverlauf können optisch Tonhöhenveränderungen entnommen und zeitlich zugeordnet werden. Aus diesen Aussagen lassen sich die musikalischen Eigenschaften *Register*, *Melodik* und *Obertondichte* ableiten.

Ergebnisse

Von jedem der sechs Teilbereiche wurde der Tonhöhenbereich (*Register*), aufsteigende- und fallende Motive (*Melodik*) und die Anzahl der *Obertöne* eines jeden Tons bestimmt. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 1 unter den musikalischen Eigenschaften zusammengefasst und geben Rückschlüsse auf die emotionale Wirkung. Alle Teilbereiche, außer dem dritten und vierten, haben kleine Intervalle, also einen kleinen

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse jedes Teilbereiches (Tb.) rechts, und deren emotionale Interpretation links. Obertondichte (Od.= Obertöne pro Ton und Teilbereich). Steigende [\wedge] und fallende [\vee] Melodiemotive. Das Register ist der Tonhöhenbereich des Teilbereichs (Bsp.: Von Ton A#3 bis Ton C#):

| | Emotionale Wirkung der musikalischen Parameter | | | Musikalische Eigenschaften | | | |
|--------------|--|-----------------------------|------------------|----------------------------|---------|------------------------------|------|
| | Register | Melodie | Obertöne | Register | Melodie | Od. | |
| Tb. 1 | <i>Ängstlich</i> | <i>Trauer</i> | <i>Traurig</i> | A#3 | C#4 | 2[\wedge] | 2 |
| Tb. 2 | <i>Ängstlich</i> | <i>Trauer</i> | <i>Traurig</i> | B3 | C#4 | 2[\wedge] u. 1[\vee] | 2,4 |
| Tb. 3 | – | <i>Freude</i> | <i>Freudetyt</i> | G2 | C3 | 2[\wedge] | 9,3 |
| Tb. 4 | – | <i>Freude</i> | <i>Freudetyt</i> | F#2 | C3 | 1[\wedge] u. 2[\vee] | 13,5 |
| Tb. 5 | <i>Ängstlich/ Traurig</i> | <i>Trauer/ Zärtlichkeit</i> | <i>Traurig</i> | C4 | F4 | 3[\wedge] u. 2[\vee] | 2 |
| Tb. 6 | <i>Ängstlich</i> | <i>Trauer</i> | <i>Traurig</i> | C#4 | D#4 | 3[\wedge] u. 3[\vee] | 2 |

Ambitus und zeigen damit die Emotion *Trauer* (Bruhn et al., 1993, S. 580). Obwohl auch der erste, zweite und fünfte Teilbereich mehr aufsteigende als fallende Melodiemotive zeigt, wirken sie durch ihre kleinen Intervalle traurig. Ein bogenförmiges Motive verleiht dem fünften Teilbereich zusätzlich *Zärtlichkeit* (Bruhn et al., 1993, S. 579). Die Obertondichte errechnet sich aus der Anzahl von Obertönen geteilt durch die Anzahl der Töne eines Teilbereichs. So ergeben sich für den dritten und vierten Teilbereich relativ viele Obertöne pro Ton und Teilbereich und bewirken damit eine freudige Emotion (Scherer and Oshinsky, 1984). Das Register von C4 bis A4 wird der Emotion *Ängstlich* zugeordnet und der Tonbereich von F4 bis D5 der Emotion *Traurig* (Bresin and Friberg, 2011, S. 1074). Der fünfte Teilbereich überschneidet sich in beiden Registern und bewirkt neben *Ängstlichkeit* auch *Trauer*. Interessanterweise werden dem fünften Teilbereich auch durch seine Melodie zwei Emotionen zugeschrieben.

Zusammenfassung

Es wurde ein Toning mit den drei verschiedenen musikalischen Parametern *Register*, *Melodie* und *Obertöne* hinsichtlich der emotionalen Wirkung interpretiert. Diese musikalischen Parameter stimmen in ihrer emotionalen Qualität bei verschiedenen Teilbereichen des Tonings über ein. Es besteht also ein klarer und definierbarer Zusammenhang zwischen diesen musikalischen Eigenschaften und ihren emotionalen Charakteristika. Die *Harmonik* kann bei einem Toning mit einem Sänger nicht mit den Studienergebnissen der *Strebetendenztheorie* (Willimek and Willimek, 2011) untersucht werden, da bei einer einzelnen Stimme keine Akkorde bzw. Harmonieabläufe entstehen. Um den Parameter *Tondauer* und die damit einhergehenden musikalischen Eigenschaften *Tempo*, *Ar-*

tikulation, *Anschlagsgeschwindigkeit* und *Rhythmus* interpretieren zu können, wird anstelle der FOURIER– die WAVELET–Transformation verwendet werden müssen.

Ausblick

Die in dieser Arbeit gefundenen emotionalen Zusammenhänge zwischen den musikalischen Eigenschaften *Register*, *Melodie* und *Obertöne*, könnten in einer empirischen Studie mit Probanden auf ihre tatsächliche Wirksamkeit auf den Menschen geprüft werden. Des weiteren könnte die Intention des Sängers mit der emotionalen Wirkung der Parameter verglichen bzw. hinterfragt werden, da er entweder eine bestimmte Intention verfolgt oder unbewusst eine vorherrschende Stimmung aufgreift und mit dem Toning spiegelt.

Literatur

- Alfred K. Louis, Peter Maaß, A. R. (2013), Wavelets Theorie und Anwendungen, Springer-Verlag.
- Bresin, R. and Friberg, A. (2011), ‘Emotion rendering in music, range and characteristic values of seven musical variables’, Cortex **47**, 1068–1081.
- Bruhn, H., Oerter, R. and Rösing, H. (1993), Musikpsychologie, Ein Handbuch, Rohwohlt.
- Hübl, T. (2013), ‘The space in between tonings’, Academy of Inner Science. Track 1: Toning Intro Solo.
- Möser, M. (2009), Technische Akustik, Springer Dordrecht.
- Müller, L. and Petzold, H. G. (2009), ‘Musiktherapie in der klinischen arbeit, integrative modelle und methoden’, Praxis der Musiktherapie **16**, 302.
- Nadoleczny, M. (1923), Untersuchungen über den Kunstgesang, Springer-Verlag.

Rüegg, J. C. (2007), Gehirn, Psyche und Körper
Neurobiologie von Psychosomatik und Psychotherapie,
Schattauer Verlag.

Scherer and Oshinsky, K. R. (1984), Approaches to
Emotion, Walter de Gruyter, New-York.

Uhmann, S. (1997), Grammatische Regeln und
konversationelle Strategien: Fallstudien aus Syntax
und Phonologie, Walter de Gruyter GmbH and Co
KG.

Willimek, B. and Willimek, D. (2011), 'Musik und
emotionen, studien zur strebetendenz-theorie',
www.willimekmusic.de/musik-und-emotionen.pdf
musik-und-emotionen.pdf.