

## Kein Raum für Klangfarben – Timbre Spaces im Vergleich

Saleh Siddiq, Christoph Reuter, Isabella Czedik-Eysenberg

Inst. f. Musikwissenschaft, Universität Wien, Email: saleh.siddiq@univie.ac.at; christoph.reuter@univie.ac.at

### Einleitung

Klangfarbe ist schwer zu fassen. Spätestens seit Helmholtz (1863) [1] haben sich im Laufe der Zeit die unterschiedlichsten Vorstellungen und Darstellungsmöglichkeiten herausgebildet, um dem Wesen der Klangfarbe aus musikalischer und physikalischer Sicht gerecht zu werden. Neben den eindimensionalen, eher spektral orientierten Ansätzen [1][2] waren dies besonders die mehrdimensionalen Ansätze, wie „Klangfarbe im engen und weiten Sinn“ [3], „Vokalität und Intervallfarbe“ [4], „Akustischer Farbkörper“ [5], „Schärfe und Kompaktheit“ [6], „Tristimulus Modelle“ [7], „Timbre Spaces“ [8][9] u.a. Besonders die „Timbre Spaces“ (im folgenden TS) sind aufgrund ihrer Anschaulichkeit und Plastizität in den meisten Lehrbüchern zur musikalischen Akustik und Systematischen Musikwissenschaft zu einem festen Bestandteil der Klangfarbendefinition geworden [8][9][10][11][12][13][14].

### Eigenschaften von Timbre Spaces

Bei diesen TS handelt es sich meist um zwei- oder dreidimensionale Grafen, bei denen Klangfarbenparameter wie Schärfe, Einschwingzeit, Fluktuationen u.ä. als Achsen fungieren, an denen die Klänge entsprechend ihrer subjektiven Klangfarbenähnlichkeit entlang angeordnet bzw. im imaginären, euklidischen Raum zwischen diesen Achsen verteilt sind. Um einen TS (bzw. die Positionen der Klänge darin) zu ermitteln, verwenden die Autoren nahezu ausschließlich (re)synthetisierte Klänge in gleicher Tonhöhe, Dynamikstufe und Dauer. In A-B-Vergleichen lassen sie in subjektiven Hörversuchen die Ähnlichkeiten der Klänge anhand einer Zahlenskala einschätzen. Die daraus hervorgegangene Ähnlichkeitsmatrix wird mit Hilfe einer multidimensionalen Skalierung (MDS) auf eine größtmögliche Korrelation mit den physikalisch messbaren Klangfarbenparametern untersucht, so dass die jeweils am stärksten korrelierenden Parameter meist als drei Achsen eines euklidischen Raums dargestellt werden können, innerhalb dessen die untersuchten Klänge entlang ihrer subjektiv empfundenen Ähnlichkeit positioniert werden [14]. Eine klangfarbliche Ähnlichkeit lässt sich innerhalb eines solchen Raums also über die Distanz bzw. Nähe zwischen zwei Klängen einschätzen: je näher die Klänge dort positioniert sind, als desto ähnlicher werden sie empfunden.

### Fragestellung

Da stets nur von kurzen, meist synthetischen und von Studie zu Studie meist unterschiedlichen Klängen in jeweils gleicher Tonhöhe, Dauer und Dynamikstufe ausgegangen wurde, die jeweils wiederum von einem unterschiedlichen Hörerkreis beurteilt wurden, liegt die Frage nahe, inwieweit

die daraus entstandenen, bis heute sehr populären TS überhaupt eine gewisse Allgemeingültigkeit aufweisen. Befinden sich die Klangfarben der bisher gemessenen ((re)synthetisierten) Instrumenten in den verschiedenen TS auf vergleichbaren Positionen? Es geht also um die Frage: Wie vergleichbar und verallgemeinerbar sind die bisher ermittelten TS?

### Methodische Vorgehensweise

Um dieser Frage nachzugehen, wurden drei besonders bekannte TS untersucht [9][10][12], die aufgrund der ähnlichen Klangfarbenparameter ihrer Achsen (Temporal Envelope, Spectral Envelope und Spectral Flux) und der verwendeten Klänge eine besonders hohe Vergleichbarkeit aufweisen sollten (16 resynthetisierte Instrumentalklänge [9], 21 synthetische Klänge (FM-Synthese) [10], und 18 synthetische Klänge (FM-Synthese) [12]). Zum Vergleich der TS wurde der Umstand genutzt, dass bei der Multidimensionalen Skalierung die subjektiven Klangfarbenunterschiede zu Distanzverhältnissen auf den dazu korrelierenden Klangparameter-Achsen werden. Mit anderen Worten: Aus (Un-)Ähnlichkeitsverhältnissen werden Distanzverhältnisse [10][12][14]. Um die verschiedenen Distanzverhältnisse der einzelnen TS aufeinander beziehen zu können, wurde die maximale Distanz (maximale Unähnlichkeit) jeder Achse und jedes Raumes jeweils als 100% interpretiert. Auf diese Weise wurde ein Meta TS erstellt, in dem alle Klänge der drei hier verglichenen TS zueinander in Beziehung gesetzt werden können.

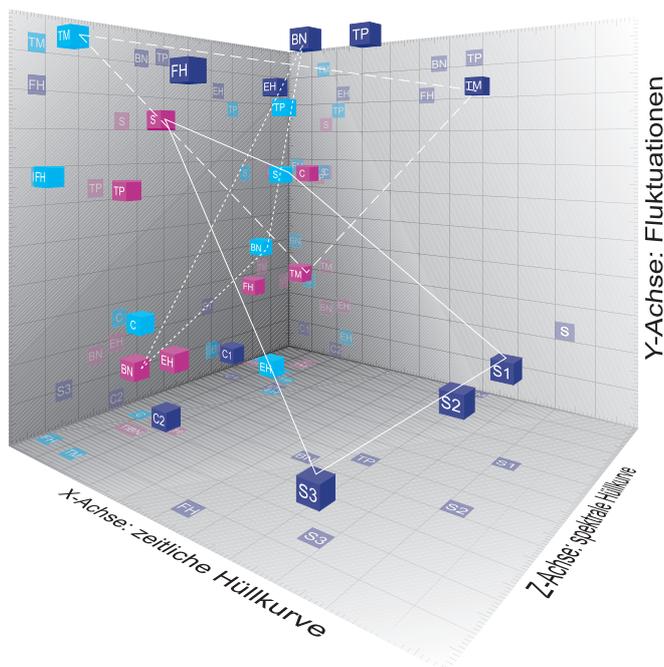
### Ergebnisse

Es zeigte sich schon allein beim tabellarischen Vergleich der Zahlenwerte einzelner Instrumente, dass die Koordinaten je nach Studie bei den gleichen „Instrumenten“ völlig unterschiedlich ausfielen (s. Tabelle 1). Selbst wenn zwei Studien ([10] und [12]) die gleichen Klänge als Stimuli verwendeten, wiesen ihre Koordinaten in den jeweiligen TS und im Meta Timbre Space dieser Studie äußerst unterschiedliche Zahlenwerte auf:

**Tabelle 1:** Meta Timbre Space-Koordinaten von Fagott, Posaune und Streichern. Abk.: G = Grey, K = Krumhansl, M = McAdams; ZHK = zeitliche Hüllkurve, Flux = Fluktuation, SHK = spektrale Hüllkurve

Achsen	Fagott			Streicher			Posaune		
	G	K	M	G	K	M	G	K	M
ZHK (X)	54	0	13	90	12	13	67	12	13
Flux (Y)	99	37	14	20	63	80	91	100	29
SHK (Z)	66	16	82	65	21	73	0	100	12

Auch in der Abbildung des Meta Timbre Spaces (s. Abbildung 1) zeigt sich dies sehr deutlich:



**Abbildung 1:** Meta Timbre Space (MTS). Farben: Blau = Grey [9]; Cyan = Krumhansl [10], Magenta = McAdams [12]; Dimensionen: zeitliche Hüllkurve (X), Fluktuationen (Y), spektrale Hüllkurve (Z); Abk.: BN = Fagott, C = Klarinette, EH = Engl. Horn, FH = Waldhorn, S = Streicher, TM = Posaune, TP = Trompete; voll = Lage d. Streicher, gestrichelt = Lage d. Posaunen, gepunktet = Lage d. Fagotte

Die stärksten Unterschiede treten bei der Posaune auf (Abbildung 1, gestricheltes Dreieck), die v.a. hinsichtlich der spektralen Hüllkurve und Fluktuationen praktisch an gegenüberliegenden Raumenden positioniert ist.

## Timbre Spaces und Timbre Deskriptoren

Rechnet man den Greyschen TS mit Hilfe der einschlägigen Timbre Deskriptoren aus den damals verwendeten Stimuli via Matlab nach, zeigt sich ebenfalls ein Ergebnis, welches die Grenzen der TS aufzeigt: Ähnlichkeiten zwischen den Klangfarben lassen sich bei einem Drittel aller Klänge mit Hilfe des Spectral Centroids entsprechend Greys Dimension I gleichermaßen mit der MIRtoolbox [15] in Matlab beschreiben (Dimension I vs. Spectral Centroid: Korrelation:  $R=0.8710$ , Signifikanz:  $p=0.0000$ , Instrumente: Horn (FH), Trompete (TP), Posaune (TM), Saxophon (*mf* (X1) und *p* (X2)), Fagott (BN)). Bei den anderen Dimensionen war dies nur bedingt möglich (Dimension II vs. Einschwingzeit: Korrelation:  $R=0.0458$ , Signifikanz:  $p=0.8661$ ; Dimension III vs. spektrale Fluktuation: Korrelation:  $R=0.5345$ , Signifikanz:  $p=0,0329$ ) Mehr als ein Drittel der von Grey verwendeten Klänge ließ sich über diese Methode überhaupt nicht auf den von Grey ermittelten Timbre Space beziehen (Flöte (FL), Es-Klarinette (C1), Bassklarinetten (C2), Sopran-Saxophon (X3) und Cello (*sul ponticello* (S1), *normal* (S2)).

## Zusammenfassung

Insgesamt sind die bisherigen TS trotz ihrer Anschaulichkeit und Plastizität weder verallgemeinerbar noch vergleichbar, was man sowohl auf die in den verschiedenen Studien

verwendeten Stimuli zurückführen kann (jedes Instrument wird nur durch einen einzigen Ton auf einer einzigen Dynamikstufe repräsentiert, je nach Studie wurden meist andere Stimuli verwendet), als auch auf jeweils unterschiedliche, die Klänge beurteilende Versuchspersonen. Greys Dimensionen lassen sich teilweise durch naheliegende Timbre-Deskriptoren beschreiben (spectral centroid, spectral flux), teilweise sind die Dimensionen jedoch nicht ganz über Timbre-Deskriptoren erfassbar.

## Literatur

- [1] Helmholtz, H.v.: Die Lehre von den Tonempfindungen. F. Vieweg, Braunschweig 1863
- [2] Schumann, K. E.: Physik der Klangfarben, Bd. 2., Habil. Berlin, 1929
- [3] Stumpf, C.: Tonpsychologie Bd.2. Hirzel, Stuttgart, 1890
- [4] Köhler, W.: Akustische Untersuchungen. Leipzig, 1909
- [5] Albersheim, G.: Zur Psychologie der Ton- und Klangeigenschaften. Heitz & Co, Strassburg 1939
- [6] Bismarck, G.v.: Extraktion und Messung von Merkmalen der Klangfarbenwahrnehmung stationärer Schalle. Diss. München 1972
- [7] Pollard, H.F.; Jansson, E.V.: A Tristimulus Method for the Specification of Musical Timbre. *Acustica* 51 (1982), 162-171
- [8] Wedin, L.; Goude, G.: Dimension Analysis of the Perception of instrumental Timbre. *Scandinavian Journal of Psychology* 13 (1972), 228-240
- [9] Grey, J.M.: An Exploration of Musical Timbre using computer-based Techniques for Analysis, Synthesis and perceptual Scaling. Stanford University, CCRMA Report No. STAN-M-2, 1975
- [10] Krumhansl C.: Why is Musical Timbre so hard to understand? Nielzen, S.; Olsson, O. (Ed.): Structure and Perception of electroacoustic Sound and Music. Elsevier, Amsterdam 1989, 43-53.
- [11] Iverson, P.; Krumhansl, C.: Isolating the dynamic Attributes of Musical Timbre. *JASA* 94/5 (1993), 2505-2603
- [12] McAdams, S. et al.: Perceptual Scaling of synthesized Musical Timbres. *Psychological Research* 58 (1995), 177-192
- [13] Lakatos, S.: A common Perceptual Space for harmonic and percussive Timbres. *Perception & Psychophysics* 62/7 (2000), 1426-1439
- [14] McAdams, S.: Perspectives on the Contribution of Timbre to Musical Structure. *Computer Music Journal*. 23 (1999), 85-102
- [15] Lartillot, O.; Toivainen, P.: MIR in Matlab (II): A Toolbox for Musical Feature Extraction From Audio. Proceedings of the 8th International Conference on Music Information Retrieval (2007).