

Vergleichende Untersuchungen zu Timbre Space Studien

Saleh Siddiq¹, Christoph Reuter¹, Isabella Czedik-Eysenberg¹, Denis Knauf²

¹ Institut f. Musikwissenschaft, Universität Wien, E-Mail: saleh.siddiq@univie.ac.at; christoph.reuter@univie.ac.at

² Technische Universität Wien

Einleitung

Als Timbre Spaces (TS) bezeichnet man ein Konzept zur Darstellung der Ähnlichkeiten von Instrumentalklangfarben. Dazu werden die (Un-)Ähnlichkeiten der untersuchten Musikinstrumente im Hörversuch subjektiv ermittelt. Durch eine multidimensionale Skalierung (MDS) wird ein meist zwei- oder dreidimensionales Modell errechnet, das die subjektiven Unähnlichkeiten als räumliche Distanzen darstellt [1].

Nachdem Grey 1975 das erste empirisch ermittelte dreidimensionale Modell veröffentlichte [2], ist eine Reihe von ähnlichen Studien entstanden [3][4][5][6][7][8][9][10]. Aufgrund seiner Anschaulichkeit hat sich das TS-Konzept in der Musikalischen Akustik und Systematischen Musikwissenschaft fest etabliert.

Die große Mehrheit der bis heute veröffentlichten TS entstand unter der Verwendung (re-)synthetisierter Instrumentenklänge, wobei jedes getestete Instrument nur durch einen einzigen Klang repräsentiert wurde. Überdies wurden Instrumente in den meisten Studien nur auf jeweils einer einzigen Tonhöhe verglichen. Diese Maßnahmen schränken die Datenbasis der TS erheblich ein und maximieren die Wahrscheinlichkeit, dass verschiedene Studien keine nennenswerten Schnittmengen im Datenmaterial haben, wodurch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und damit letztlich die generelle Aussagekraft von TS in Frage gestellt ist.

Vergleich von Timbre Spaces

Wenn TS generell aussagekräftige Ergebnisse über die Ähnlichkeit von Instrumentalklangfarben liefern können, müssten gleiche Instrumente in jeder Studie in mehr oder weniger ähnlichen Regionen angesiedelt sein.

Um ebendieser Annahme auf den Grund zu gehen, wurden in einer früheren Untersuchung Ergebnisse der TS-Studien von Grey 1975 [2], Krumhansl 1989 [5] und McAdams et alii 1995 [6] verglichen. Dazu wurden die Koordinaten der in allen Studien verwendeten Instrumente in einen Meta Timbre Space (MTS, Abbildung 1) überführt und so vergleichbar gemacht. Das Ergebnis zeigte, dass die gleichen Instrumente in allen Studien an stark voneinander abweichenden Positionen im Raum liegen [11].

Fragestellung

Basierend auf den gefundenen Unterschieden und vor dem Hintergrund der trotz der gleichen getesteten Instrumente sehr unterschiedlichen Testklänge, stellt sich nun die Frage, ob ein mit den Stimuli der verglichenen Studien empirisch

ermittelter MTS ebenfalls ein heterogenes Bild zeichnet oder sich mit den Aussagen der einzelnen Studien in Einklang bringen lässt. Oder anders gefragt: Welchen Einfluss hat das verwendete Stimulusmaterial auf die Vergleichbarkeit und Allgemeingültigkeit von TS?

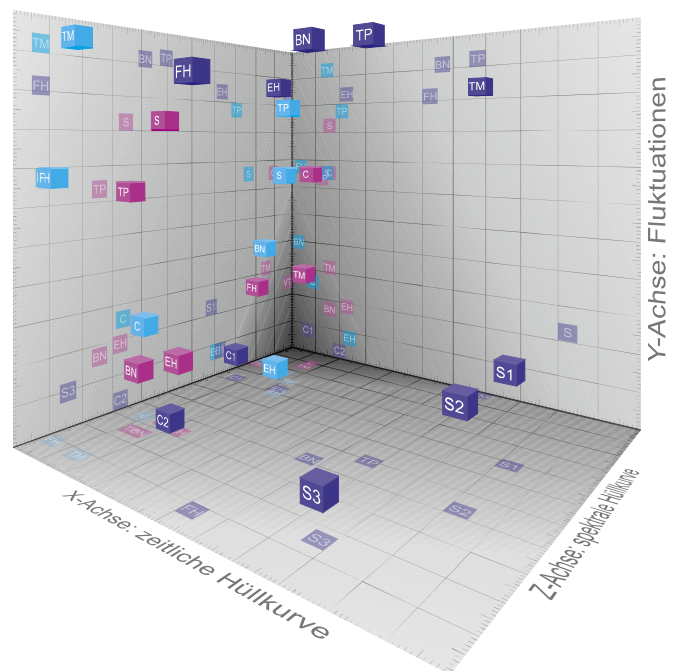


Abbildung 1: Meta Timbre Space (MTS). Farben: Blau = Grey [2]; Cyan = Krumhansl [5], Magenta = McAdams [6]; Dimensionen: zeitliche Hüllkurve (X), Fluktuationen (Y), spektrale Hüllkurve (Z); Abk.: BN = Fagott, C = Klarinette, EH = Engl. Horn, FH = Waldhorn, S = Streicher, TM = Posaune, TP = Trompete.

Methoden

Um dieser Frage nachzugehen, wurde in einer Wahrnehmungsstudie ein empirischer MTS ermittelt, der erstmals die Klänge verschiedener TS in einen gemeinsamen Kontext stellt. Die Vorgehensweise entsprach grundsätzlich jener der verglichenen Studien: In Hörversuchen wurden subjektive Unähnlichkeitsmatrizen ermittelt, aus denen durch multidimensionale Skalierung (MDS) ein MTS errechnet wurde. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse einer Clusteranalyse unterzogen, um die strukturelle Ordnung der Klänge zu durchleuchten.

Stimuli

Folgende sieben Instrumente wurden getestet: Englischhorn, Fagott, Klarinette, Posaune, Streicher (Celli), Trompete, Waldhorn. Die verwendeten 24 Klänge waren die Originalstimuli aus den schon zuvor verglichenen Studien von Grey 1975 [2] (mit 3 Celli und 2 Klarinetten insg. 10 Klänge) und Krumhansl 1989 [5] (7 Klänge; McAdams et alii (1995) [6] verwendeten dieselben Stimuli wie Krumhansl), sowie reale Instrumentalaufnahmen (7 Klänge), die dankenswerterweise von der Vienna Symphonic Library (VSL) zur Verfügung gestellt wurden. Die Tonhöhe der Stimuli war das eingestrichene Es (es', ca. 313 Hz).

Versuchspersonen

Insgesamt nahmen 35 Vpn (w=15; 19–72 Jahre, \bar{O} =30,9, SD=13,3) an der Studie teil, wovon 24 Musiker, acht ehemals musikalisch aktiv und drei Nichtmusiker waren (\bar{O} =19,6 Jahre Erfahrung, SD=14,2).

Prozedere

Die Vpn wurden zuerst instruiert, konnten sich dann mit den Stimuli und schließlich in einer Testphase mit dem Prozedere vertraut machen. Die Klänge wurden im Paarvergleich ($(24 \times 23) / 2 = 276$ Paare) subjektiv bewertet. Die Reihenfolge der Klänge im Paar sowie der Klangpaare selbst war randomisiert. Pausen und Wiederholungen waren jederzeit unbegrenzt möglich. Der Versuch dauerte etwa 45 bis 60 Minuten und wurde auf einer eigens entwickelten browserbasierten Software über externe Soundkarten (Roland Quad-Capture UA55) und Kopfhörer (Koss ESP 950 mit Verstärker E 90) durchgeführt.

Auswertung

Die subjektiven Daten wurden in symmetrischen Unähnlichkeitsmatrizen (Halbmatrizen) festgehalten und zu einer Gesamtmatrix gemittelt, aus der via Matlab mittels nicht-metrischer MDS eine Konfiguration in vier Dimensionen berechnet wurde (Stress nach Kruskal = 0,0362). Die resultierenden Koordinaten wurden anschließend einer hierarchischen Clusteranalyse unterzogen.

Ergebnisse

Es bestätigt sich das inkonsistente Bild des zuvor angestellten Vergleichs. Anstatt der zu erwartenden Instrumentencluster bilden sich klare Stimuli-Set-Cluster heraus. D.h. die innerhalb einer Studie verwendeten Stimuli sind sich klangfarblich untereinander ähnlicher als die gleichen Instrumente von Studie zu Studie. Dies ist im MTS (vgl. Abb. 2) daran erkennbar, dass sich die Klänge der Studie von Grey (GRY) ausschließlich in der rechten Bildhälfte finden, während die Klänge von Krumhansl/McAdams et al. (KRH) überwiegend links verortet sind. Die natürlichen Instrumentenklänge (VSL) sind dagegen im gesamten Raum verteilt.

Noch deutlicher ist die Clusterbildung im Dendrogramm (vgl. Abb. 3) zu erkennen. Interessanterweise spalten sich die B-Klarinetten (KRH, VSL) als separates Cluster ab. Die

übrigen Klänge teilen sich in in die beiden schon im MTS gut erkennbaren Stimuli-Set-Cluster auf.

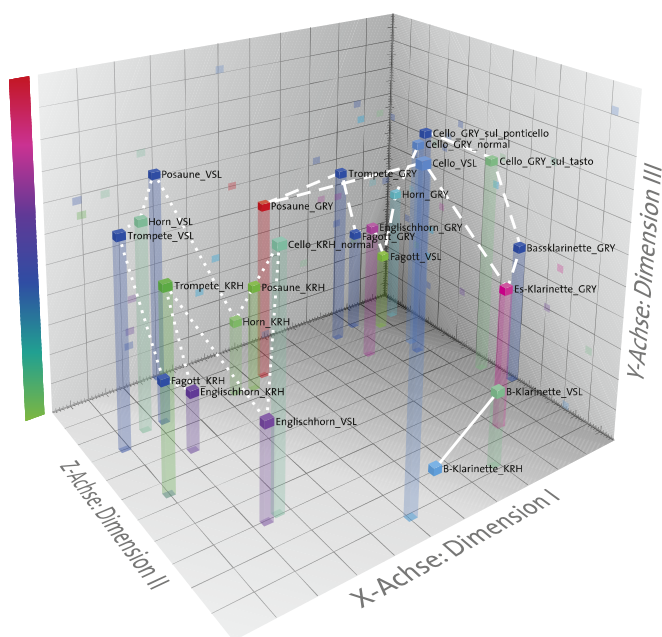


Abbildung 2: Empirischer Meta Timbre Space (MTS). Farbskala = Dimension IV. Drei Hauptcluster haben sich gebildet: 1. B-Klarinetten (KRH, VSL, durchgezogene Linie), 2. KRH-Stimuli (gepunktet), 3. GRY-Stimuli (gestrichelt).

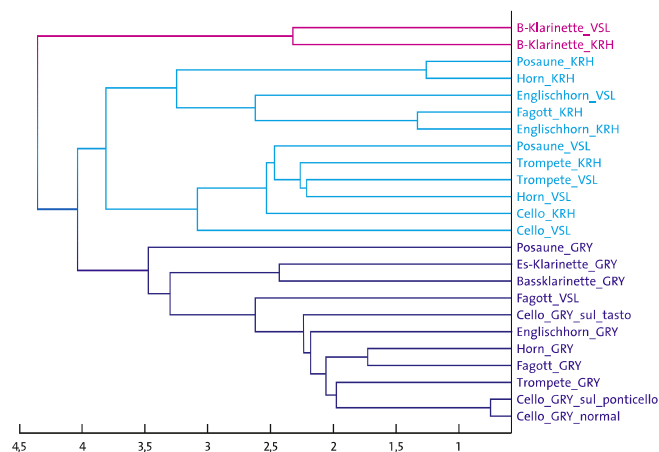


Abbildung 3: Dendrogramm der Clusteranalyse. Die drei Hauptcluster sind farblich differenziert: 1. B-Klarinetten (Magenta), 2. Krumhansl-Stimuli (Cyan), 3. Grey-Stimuli (Blau).

Diskussion und Ausblick

Die in dieser Metastudie ermittelten Ergebnisse stehen nicht im Einklang mit den Daten der verglichenen TS, sondern bestätigen viel mehr die Inkonsistenz dieser TS-Studien. Als mögliche Gründe kommen neben abweichenden subjektiven Bewertungen vor allem unterschiedliche MDS-Algorithmen

und Distanzmodelle in Frage. Die auffällige Sammlung der Klänge in Stimuli-Set-Clustern verdeutlicht darüber hinaus aber den massiven Einfluss des Klangmaterials auf die Aussagekraft von TS generell. Die Unterschiede im Klangmaterial scheinen derart groß zu sein, dass sie die eigentlich gesuchten Instrumentencharakteristika als primäre Unterscheidungsmerkmale ablösen und so die Aussagekraft der TS hinsichtlich musikalischer Klangfarben unterminieren. Die Ergebnisse legen außerdem den Schluss nahe, dass natürliche Klänge besser geeignet sind, um belastbare Daten bezüglich der Ähnlichkeiten von Instrumentalklangfarben zu ermitteln und damit die Robustheit von TS-Studien grundsätzlich zu verbessern.

Die nächsten geplanten Schritte beinhalten weitere empirische Studien unter der Verwendung ausschließlich realer Instrumentenklänge und der Berücksichtigung von Tonhöhe und Spieldynamik als Einflussgrößen der Klangfarbe. Dazu werden Musikinstrumente über weite Bereiche ihrer natürlichen Tonumfänge und Dynamikspannen getestet. Die Verbreiterung der Datenbasis pro Instrument führt mit Sicherheit zu Ergebnissen, die (1.) reproduzierbar und somit belastbarer sind, (2.) den tatsächlichen musikalischen Gegebenheiten deutlich näher kommen und dadurch (3.) wesentlich realistischere und allgemeingültigere Aussagen über die perzeptiven Ähnlichkeiten von Instrumentalklangfarben treffen können.

Literatur

- [1] McAdams, S.: Perspectives on the Contribution of Timbre to Musical Structure. *Computer Music Journal*. 23 (1999), 85–102
- [2] 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
- [3] Grey, J.M.; Gordon, J.: Perceptual Effects of spectral Modifications on musical Timbre. *JASA*. 63 (1978), 1493–1500
- [4] Wessel, D.L.: Timbre Space as a Musical Control Structure. *Computer Music Journal*. 3 (1979), 45–52
- [5] 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.
- [6] McAdams, S. et al.: Perceptual Scaling of synthesized Musical Timbres. *Psychological Research* 58 (1995), 177-192
- [7] Iverson, P.; Krumhansl, C.: Isolating the dynamic Attributes of musical Timbre. *JASA*. 94 (1993), 2595–2603
- [8] Cosi, P. et al.: Auditory Modelling and Self-Organizing Neural Networks for Timbre Classification. *Journal of New Music Research*. 23 (1994), 71–98
- [9] Lakatos, S.: A common Perceptual Space for harmonic and percussive Timbres. *Perception & Psychophysics* 62/7 (2000), 1426–1439
- [10] Handel, S.; Erickson, M.L.: Sound Source Identification: The Possible Role of Timbre Transformations. *Music Perception*. 21 (2004), 587–610
- [11] Siddiq, S. et al.: Kein Raum für Klangfarben – Timbre Spaces im Vergleich. *Fortschritte der Akustik. DAGA* 40 (2014), 56–57