

# Natürliche Farben im gemeinsamen Klangraum

## A Timbre Space Odyssey

Saleh Siddiq\*, Christoph Reuter\*, Isabella Czedik-Eysenberg\*, Denis Knauf\*\*

\*Institut für Musikwissenschaft, Universität Wien; \*\*Technische Universität Wien

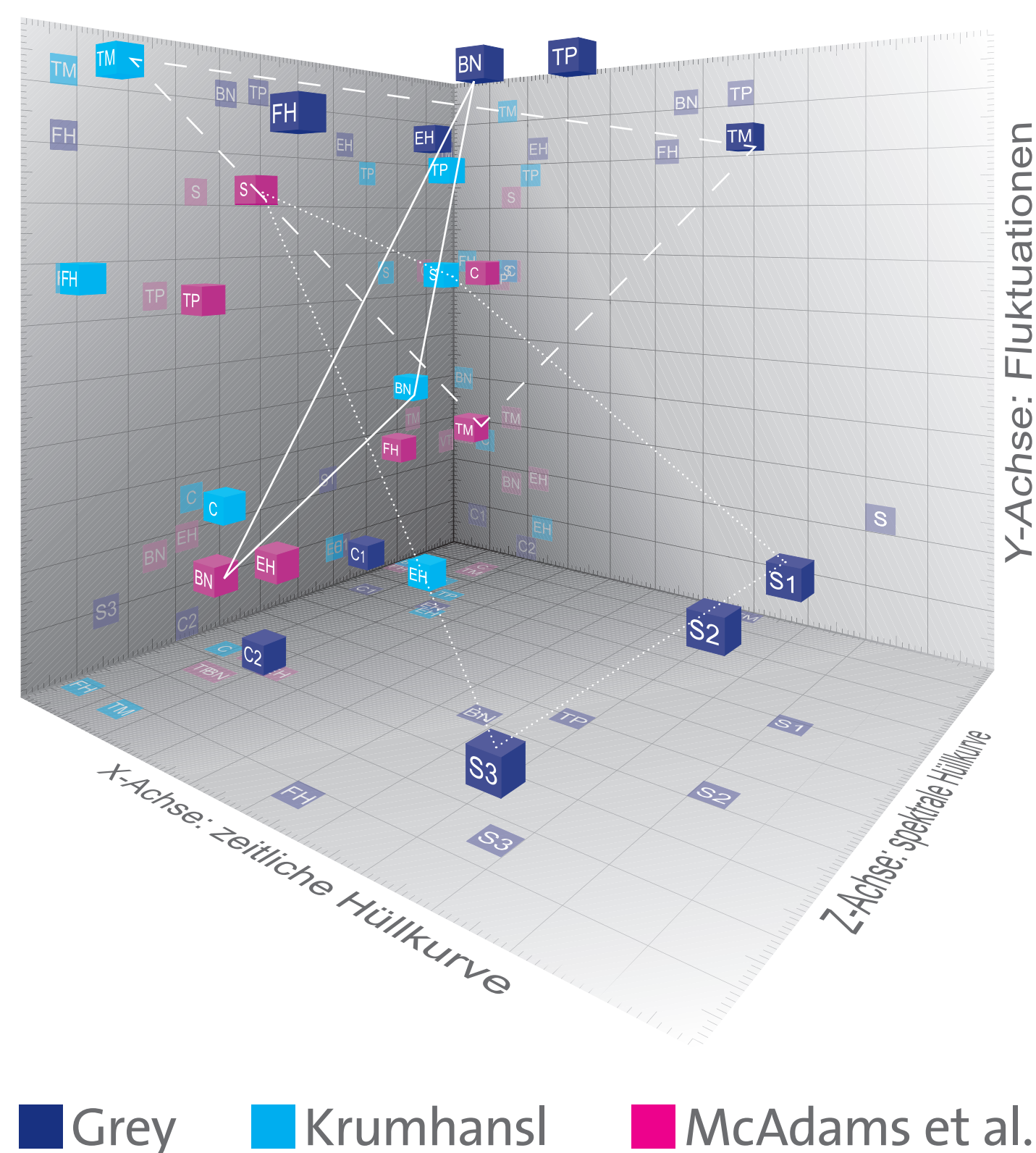
### 1 Hintergrund

Die sogenannten *Timbre Spaces* (TS) sind als Modell zur Darstellung musikalischer Klangfarben in der Fachliteratur fest etabliert. In den TS sind empirisch ermittelte subjektive Klangfarbenähnlichkeiten als räumliche Distanzverhältnisse dargestellt. Den Raumachsen werden interpretativ korrelierende physikalische Klangparameter (meist: Schärfe, Einschwingzeit, Fluktuationen) zugeordnet.

Zum Vergleich wurden einige, aufgrund der verwendeten Klangparameter gut vergleichbare TS [1][2][3] zu einem *Meta TS* zusammengefasst [4]. Schon dieser Vergleich macht deutlich, dass die bestehenden TS nicht konsistent sind und folglich auch nicht allgemeingültig sein können.

#### Vergleich im Meta Timbre Space (MTS)

- **Klangmaterial:** Die in allen Vergleichs-TS verwendeten Klänge: Englischhorn (EH), Fagott (BN), Horn (FH), Klarinette (C), Posaune (TM), Streicher (S), Trompete (TP).
- **Anordnung:** Basierend auf den jeweiligen Koordinaten der Klänge in den Vergleichs-TS wurde der MTS angelegt.
- **Raumachsen:** Die verwendeten Klangparameter entsprechen denen der Vergleichs-TS:
  - **X-Achse:** zeitliche Hüllkurve
  - **Y-Achse:** spektrale Fluktuationen
  - **Z-Achse:** spektrale Hüllkurve

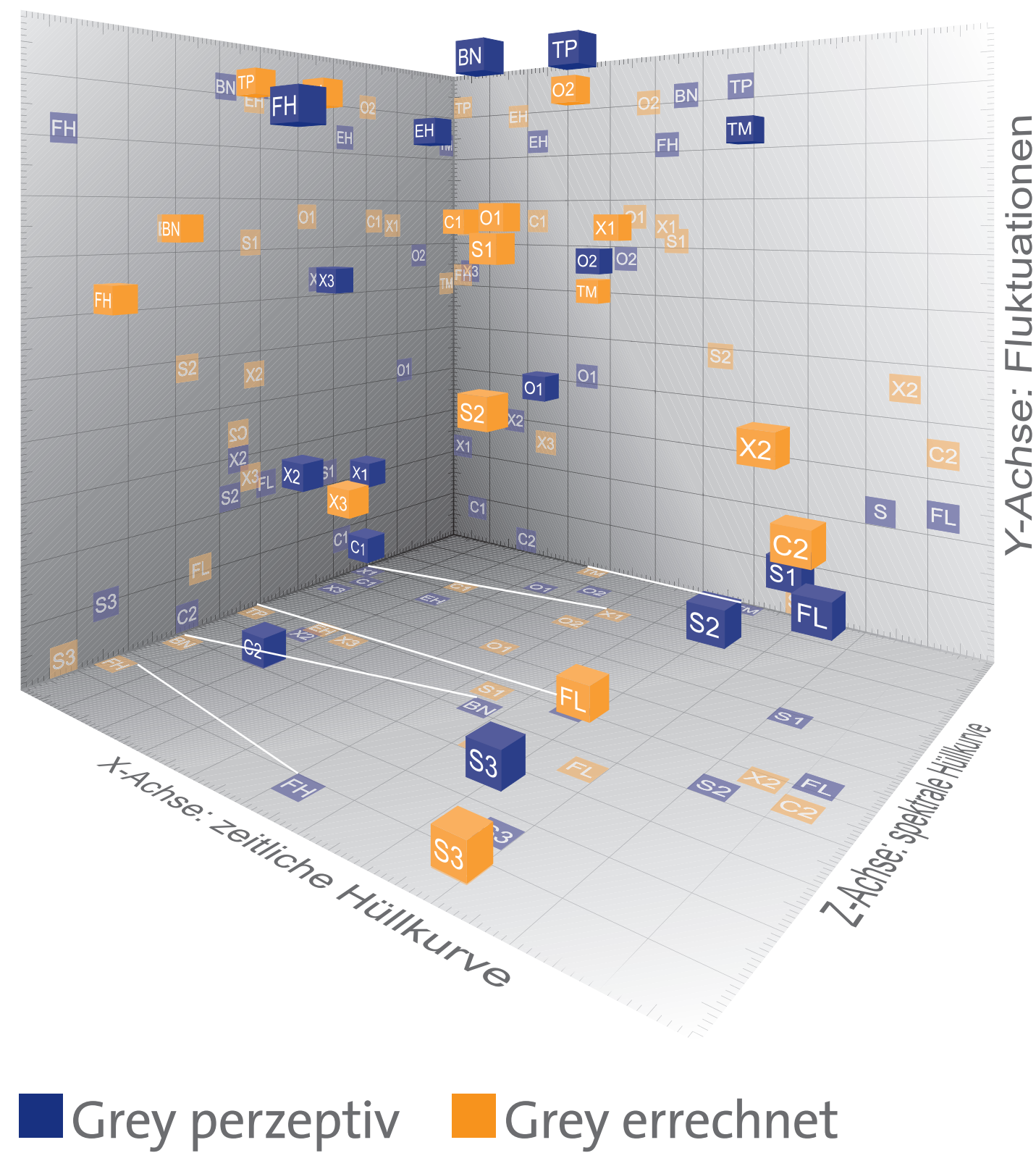


Es zeigt sich, dass gleiche Instrumente in den TS an sehr verschiedenen Positionen liegen. Vgl. u.a. Fagott (BN, durchgezogene Linie), Posaune (TM, gestrichelt) und Streicher (S, gepunktet).

Auch die rechnerische Nachbildung des TS von Grey mit Hilfe der *MIRtoolbox* in Matlab [5], basierend auf den von Grey angelegten Klangfarbendimensionen, zeigt eine weitere Schwachstelle des TS-Konzepts auf [6].

#### Dimensionen und Deskriptoren

- **Original TS von Grey (blau):** Empirisch ermittelte subjektive Klangähnlichkeiten per MDS (*INDSCAL*) in einen 3D-Raum geplottet.
- **Errechneter TS:** Geplottet mittels der den Grey'schen Dimensionen entsprechenden Timbre Deskriptoren.
- NurdiespektraleDimension zeigt, zumindest bei einigen formantbasierten Klängen, eine gute Korrelation (vgl. Linien in d. Grafik).
- Für Flöte, die Klarinetten, Sopran-Saxophon und Cello fand sich keine Zuordnung.



Dimension	Korrelation	Signifikanz	Instrumente
Dim I: <i>spectral energy distr.</i> Feature: Spectral centroid	$r = 0,8710$	$p = 0,0000$	Horn (FH), Trompete (TP), Posaune (TM), Saxophon <i>mf</i> (X1) und <i>p</i> (X2), Fagott (BN)
Dim II: <i>onset-offset-pattern</i> Feature: Einschwingzeit	$r = 0,0458$	$p = 0,8661$	Englischhorn (EH), Oboe (O), Cello sul tasto (S3)
Dim III: <i>temporal patterns</i> Feature: spektr. Fluktuation	$r = 0,5345$	$p = 0,0329$	Trompete (TP), Englischhorn (EH)

### 2 Fragestellung

Nachdem der Vergleich einiger Studien die Inkonsistenz der TS-Modelle aufgezeigt hat, stellt sich nun die Frage, ob ein neuer, empirisch ermittelter TS, der die Stimuli der verschiedenen Studien zusammenfasst, ebenfalls das erwartungsgemäß inkonsistente Bild zeichnet oder sich mit den Aussagen der einzelnen TS in Einklang bringen lässt.

### 3 Methode

Auf Basis der Stimuli von Krumhansl [2] und Grey [1] sowie realitätsnäheren Klängen aus dem Fundus der *Vienna Symphonic Library* (VSL) wurde nach dem Vorbild der verglichenen TS mittels subjektiver Ähnlichkeitsbewertung im Hörversuch und *multidimensionaler Skalierung* (MDS) ein neuer, empirischer MTS entwickelt, ein neuer empirischer MTS entwickelt, der nun erstmals die Instrumentalklänge bekannter Studien in einen gemeinsamen Kontext und gleichzeitig bewährten Klängen aus der musikalischen Praxis gegenüberstellt.

#### Hörversuch

35 Vpn, 19–72 Jahre ( $\phi=30,9$ ), 15 weiblich, 24 Musiker(-innen). 24 Klänge, (24:23:2=) 276 Klangpaare, waren hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit zu bewerten (10-stufige Skala, 1=identisch/max. Ähnlichkeit). Alle Reihenfolgen wurden randomisiert. Die Versuchsdauer betrug eine Stunde.

#### Auswertung

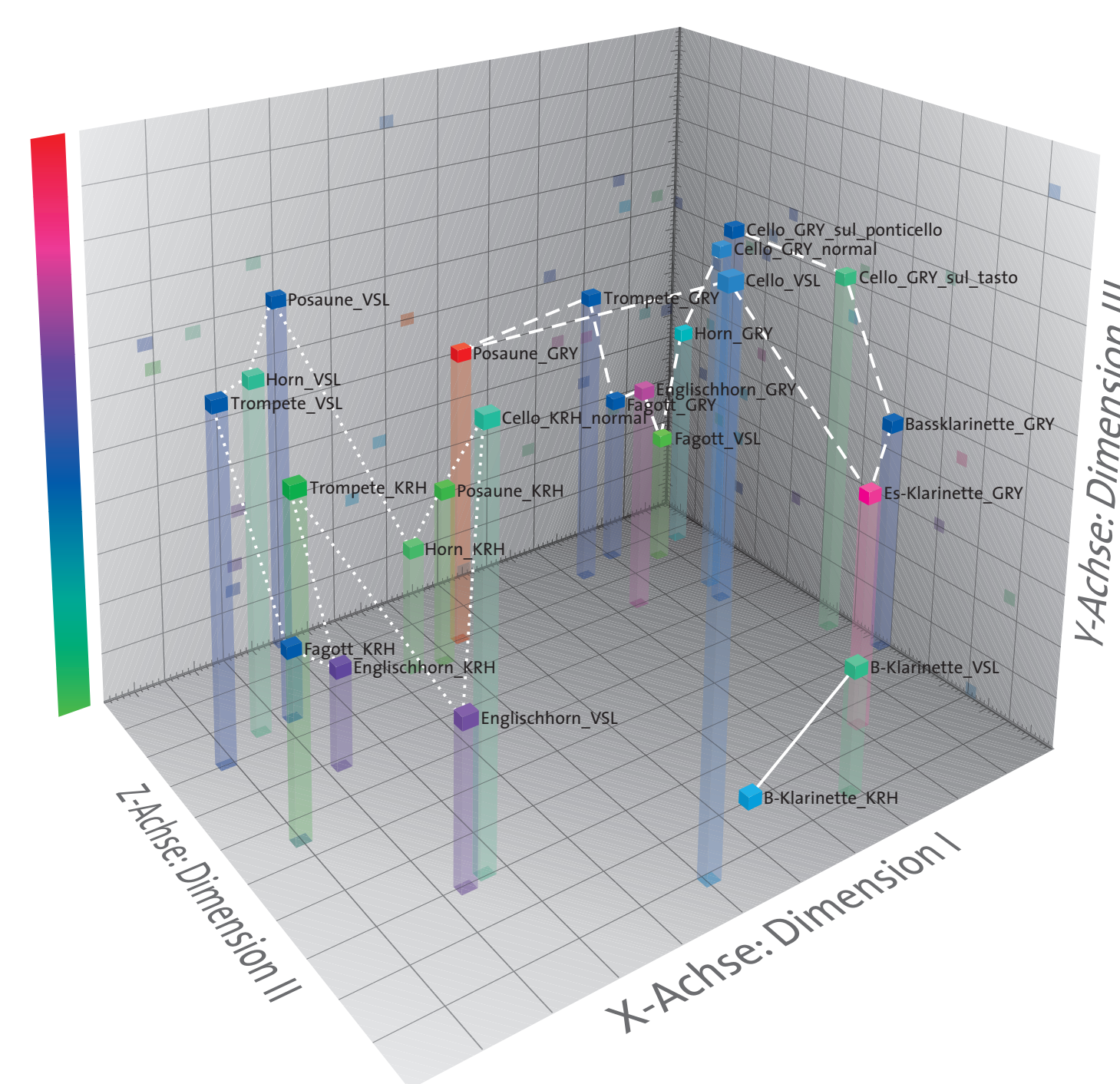
Die Matrizen der Vpn wurden zu einer Gesamtmatrix gemedian. Mittels MDS (*MDSICAL*, nicht metrisch) wurde daraus ein mehrdimensionaler TS ermittelt (4D, Stress: 0,0466).

### 4 Ergebnisse

#### Meta Timbre Space 3.0

##### Korrelationen mit Klangparametern:

- **Dimension I:** Spectral centroid (Korrelation  $r=0,8820$ ), spektr. Fluktuationen ( $r=-0,7548$ ), Rauigkeit ( $r=0,7414$ ), Länge ( $r=0,7348$ )
- **Dimension II:** Einschwingdauer ( $r=0,3866$ ), RMS ( $r=0,3595$ )
- **Dimension III:** Fluktuationen ( $r=-0,4569$ )
- **Dimension IV (Farbskala):** Länge ( $r=-0,4857$ ), RMS ( $r=-0,4101$ )



Eine hierarchische Clusteranalyse ergab drei Hauptcluster: Alle Grey-Klänge und das Fagott der VSL (gestrichelte Linie), B-Klarinetten (KRH und VSL, durchgezogen), alle restlichen Klänge (KRH und VSL, gepunktet). Es fällt auf, dass die „natürlichen“ Instrumentalklänge aus der VSL zwar gleichmäßig im MTS verteilt sind, sich aber dennoch keine Instrumentencluster, sondern sehr klare Stimuli-Set-Cluster herausbilden. Dies legt den Schluss nahe, dass die Klänge der verglichenen Studien so unterschiedlich sind, dass die Unterschiede die potentiell vorhandenen Instrumentalklangfarbenunterschiede als entscheidende Diskriminationsmerkmale ablösen und damit die Aussagekraft der TS im Bezug auf musikalische Klangfarben unterminieren.

Die Ergebnisse dieser Studie machen eine der beiden großen Schwächen des TS-Konzepts anschaulich: das Klangmaterial. Bisher wurden unterschiedlich synthetisierte Klänge verwendet, deren Eigencharakter offensichtlich die eigentlich gesuchten Instrumentencharakteristika kontaminiert. Die zweite Schwäche, die Beschränkung auf jeweils eine Tonhöhe und Dynamikstufe pro Instrument, wird in einem weiteren Forschungsprojekt an der Universität Wien adressiert, das derzeit vorbereitet wird.

### 5 Literatur

- [1] Grey J M, 1975. *An exploration of musical timbre using computer-based techniques for analysis, synthesis and perceptual scaling*. Stanford University, Report No. STAN-M-2
- [2] Krumhansl C, 1989. *Why is musical timbre so hard to understand?* In: Nielzen, S.; Olsson, O. (Hg.). *Structure and perception of electroacoustic sound and music*. Amsterdam, S. 43–53
- [3] McAdams S et alii 1995. *Perspectives on the Contribution of Timbre to Musical Structure*. In: *Computer Music Journal*. Aug. 23(3), S. 85–102
- [4] Siddiq S, Reuter C 2013. *Klangfarbe in 3D – Lost in Timbre Space*. DGM Jahrestagung Musik und Familie, HfMDK Frankfurt, 6.–8. September
- [5] Lartillot O, Toivainen P, 2007. *MIR in Matlab (II): A Toolbox for Musical Feature Extraction from Audio*. In: *Proceedings of the 8th ICMIR*, S. 127–130
- [6] Siddiq S, Reuter C, Czedik-Eysenberg I, 2014. *Kein Raum für Klangfarben – Timbre Spaces im Vergleich*. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA '14*. Oldenburg, DEGA, S. 56–57