Farbenfrohe Synthesizerklänge

Crossmodale Wahrnehmung von (quasi) synthetischen Klängen

Gabriel Feller, Christoph Reuter

SInES - Musikwissenschaftliches Institut der Universität Wien, Österreich

Space for Interdisciplinary Experiments on Sound.

RGB-Timbre Space und weiteren interaktiven Anwendungen.

40. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie (DGM)
München, 6.-8. September 2024

Hintergrund

Crossmodal Correspondences sind intersubjektive, assoziationsgesteuerte Verbindungen zwischen zwei verschiedenen Sinneseindrücken. Auch Klang- und Sehwahrnehmungen werden in solchen Crossmodal Correspondences verknüpft. Beispielsweise werden Sinuswellen rundere Formen zugeordnet und Rechteckwellen stattdessen kantigere Formen [1]. Auch bezüglich der Tonhöhe zeigen sich einige Crossmodal Correspondences: So werden höhere Töne eher mit helleren als dunkleren Farben [2], spitzeren statt stumpferen Winkeln [1] sowie kleineren statt größeren Objekten und Formen [1][3][4] assoziiert. Lange zeigte sich jedoch kein klarer Zusammenhang zwischen Tonhöhe und Farbton (Color Hue) [2][5][6]. Stattdessen kann davon ausgegangen werden, dass der assoziierte Color Hue abhängig von der Klangfarbe des Musikinstruments ist [7].

In einer vorangegangenen Pilotstudie [10] sollte geprüft werden, wie grundlegende synthetische Klänge crossmodal wahrgenommen werden. 44 Versuchspersonen wurden in einer Online-Umfrage Sinus-, Dreiecks-, Rechteck- und Sägezahnschwingungen auf jeweils 5 Oktaven von C vorgespielt. Zunächst sollten diese Klänge in Adjektiv-Paare [8] eingeordnet werden. Danach mussten die Teilnehmenden drei Farben aus dem 38 Farben-Schema des Berkeley Color Projects [9] auswählen, die sie als am passendsten zu dem jeweiligen Klang bewerteten. Die ausgewählten Farben pro Klang wurden gemittelt und die Farbwerte auf Korrelationen mit den Audio-Features der Klänge geprüft. Bestätigt werden konnte der positive Zusammenhang zwischen ansteigender Tonhöhe und ansteigender Farbhelligkeit. Zusätzlich fiel auf, dass der gemittelte assoziierte Farbton von Sinus- und Dreieckwellen mit steigender Tonhöhe von Blau nach Rot verlief, der Farbton von Rechteck- und Sägezahnwellen hingegen tonhöhenunabhängig beim Rotton blieb. Die teiltonarmen Klänge wurden auch insgesamt eher mit Blau, die teiltonreichen Klänge eher mit Rot assoziiert [10].

Fragestellung

Nach Berücksichtigung der Kritik über die Länge der Pilotstudie stand diesmal folgende Forschungsfrage im Vordergrund:

Nach welchen Regeln werden Farben zu synthetischen Klängen assoziiert?

Methode

24 Personen (11 ♂, 12 ♀, 1 ☿, Alter: 19-79, ⌀ 36 Jahre) nahmen an der neuen Online-Studie teil. 10 verschiedene synthetische Wellenformen wurden im Tritonusabstand im Tonbereich C3-Fis5 erstellt. Die Klänge bestanden wieder aus reinen Sinus-, Dreiecks-, Rechteck- und Sägezahnwellen sowie Mischformen aus Sinus- und den anderen drei Wellenformen. Zusätzlich wurden – aufgrund ihrer Teiltonarmut – sechs Klangbeispiele einer Querflöte eine Oktave höher als die Synthesizer-Klänge hinzugenommen. Die Klangbeispiele wurden in randomisierter Reihenfolge vorgespielt. Zu jedem Klangbeispiel sollten die Versuchspersonen in einem für diese Studie erstellten 60 Farben-Schema jene Farbe anklicken, die sie am ehesten mit dem jeweiligen Klang assoziieren.

Die ausgewählten Farben wurden für jedes Klangbeispiel anhand der RGB-Werte gemittelt. Zusätzlich wurden die 60 auswählbaren Farben in 13 übergeordnete Farbkategorien eingeteilt, deren Auswahlhäufigkeit gezählt werden kann. Aus den insgesamt 66 Klängen wurden mit den Audiosignalanalyse-Libraries Essentia [11] und AudioCommons Timbral Models [12] grundlegende spektrale Klangeigenschaften ermittelt. Anhand von Korrelationsanalysen und t-Tests sollten Zusammenhänge zwischen den Audio Features und den Farbwerten bzw. den Auswahlhäufigkeiten der Farbkategorien festgestellt werden.

Das verwendete 60 Farben-Schema bildet die Farbtöne des HSV-Raums in einem 20° Color Hue-Abstand ab mit geringerer Sättigung zum Inneren der Figur und geringerem Farbwert nach außen hin sowie mit einer zusätzlichen Auswahl an Grau-Tönen.

Ergebnisse

Während die tabellarische Aufstellung der gemittelten Farben in der Pilotstudie bereits erkennbar den überraschenden Farbverlauf bei den Sinus- und Dreieckswellen darstellte [9], scheinen die gemittelten Farben der aktuellen Untersuchung durchmischter und auch innerhalb einer Wellenform ungleichmäßiger. Die Daten zeigen einen Abfall des Color Hues mit steigender Tonhöhe bei der Sinuswelle und „Dreieck + Sinus“.

Literatur

[1] Parise, C. V.; Spence, C.: Audiovisual crossmodal correspondences and sound symbolism. A study using implicit association test. In: Experimental Brain Research 220/3-4 (2012), 319-333. [2] Ward, J., Huckstep; B., Tsakanikos, E.: Sound-Colour Synaesthesia. To What Extent Does It Use Cross-Modal Mechanisms Common to Us All? In: Cortex 42 (2006), 264-280. [3] Walker, L.; Walker, P.; Francis, B.: A Common Scheme for Cross-Sensory Correspondences across Stimulus Domains. In: Perception 41 (2012), 1186-1192. [4] Spence, C.: Simple and complex crossmodal correspondences involving audition. In: Acoustical Science and Technology 41/1 (2020), 6-12. [5] Bernstein, I. H.; Eason, T. R.: Hue-Tone Sensory Interaction. A Negative Result. In: Perceptual and Motor Skills 33/3 (1971), 1327-1330. [6] Anikin, A.; Johansson, N.: Implicit associations between individual properties of color and sound. In: Attention, Perception, & Psychophysics 81 (2019), 764-777. [7] Qi, Y.; Huang, F.; Li, Z.; Wan, X.: Crossmodal Correspondences in the Sounds of Chinese Instruments. In: Perception 49/1 (2020), 81-97. [8] Grill, T., Flexer, A., Cunningham, S.: Identification of perceptual qualities in textural sounds using the repertory grid method. In: Proceedings of the 6th Audio Mostly Conference (2011), 67-74. [9] Palmer, S. E. et al.: Music-color associations are mediated by emotion. In: PNAS 110/22 (2013), 8836-8841. [10] Feller, G.; Reuter, C. (2023). Klingt Sinus blau und Sägezahn rot? Eine Untersuchung zu Crossmodal Correspondences bei der Wahrnehmung von synthetischen Wellenformen. Fortschritte der Akustik – DAGA 2023. 49. Deutsche Jahrestagung für Akustik (S. 1163-1166), Hamburg. [11] Bogdanov, D et al. (2013). Essentia: An Audio Analysis Library for Music Information Retrieval. Proceedings of the 14th ISMIR Conference (S. 493–498), Curitiba. [12] Pearce, A., et al. (2017). Timbral attributes for sound effect library searching. AES Proceedings, Erlangen.

Ergebnisse

T-Tests zwischen den Wellenformen zeigten:

- Dreieck-, Sinus- und Querflöten-Klänge werden stärker mit „blauen“ und „hellblauen“ Farben assoziiert, Rechteck- und Sägezahn-Klänge eher mit Farben der „Rot“-Kategorie.
- Unter den jeweils den teiltonarmen und teiltonreichen Klängen gibt es kaum signifikante Unterschiede.

Bei der Korrelationsanalyse zwischen den gemittelten Farbwerten und den Audio Features fand sich, dass es keinen Zusammenhang zwischen Tonhöhe und RGB-Farbwerten gibt.

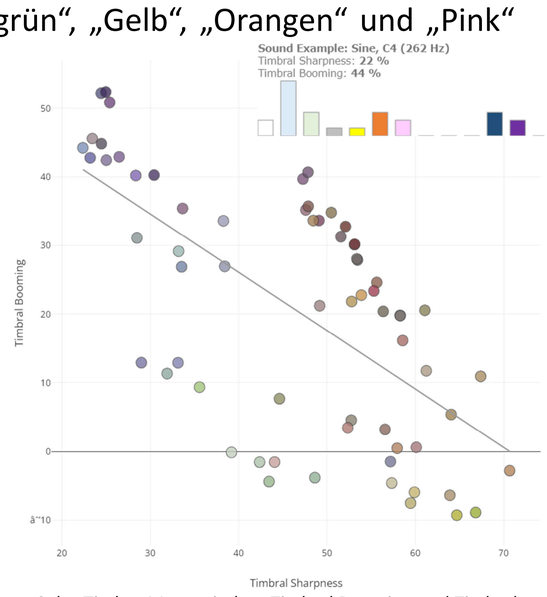
Fünf Audio Features korrelierten vielfach mit den Farbauswahlhäufigkeiten und Farbwerten:

- Je rauer ein Klang, desto geringer der Blauanteil und desto eher werden rote, braune und hellgrüne Farben gewählt, Weiß und Hellblau jedoch weniger.
- Je schärfer ein Klang, desto geringer der Blauanteil und höher der Rotanteil. Auch wird häufiger Rot, Pink, Gelb und Hellgrün gewählt und seltener Blautöne und Lila.
- Je größer die Spectral Complexity, desto geringer sind der Grün- und Blauanteil, desto häufiger wird Rot und Braun gewählt und desto seltener werden Weiß, Hellblau und Gelb gewählt.
- Je höher die Spectral Skewness, desto höher der Blau- und desto geringer der Rotanteil in den gemittelten Farben. Grau, Hell- und Dunkelblau werden häufiger ausgewählt, Hellgrün und Rot seltener.
- Je mehr ein Klang „boomed“, desto geringer sind der Rot- und Grünanteil, desto häufiger werden blaue, lila, braune und graue Farben ausgewählt und desto seltener werden Farben der Kategorien „Hellgrün“, „Gelb“, „Orangen“ und „Pink“ ausgewählt.

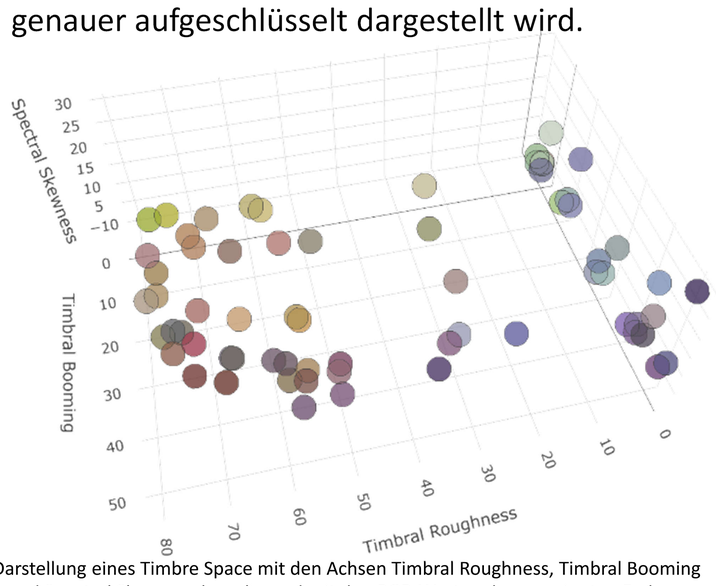
Five Features:	Timbral Roughness	Timbral Sharpness	Spectral Complexity	Spectral Skewness	Timbral Booming
White	-0,446	-0,256	-0,293		
Light Blue	-0,648	-0,617	-0,416	0,533	0,256
Light Green	0,312	0,519		-0,393	-0,629
Gray	-0,251	-0,39		0,419	0,355
Yellow		0,25	-0,354		-0,512
Orange					-0,336
Pink		0,282			-0,335
Red	0,67	0,588	0,424	-0,49	
Brown	0,298		0,636		0,343
Dark Green					
Dark Blue		-0,403		0,295	0,609
Violet		-0,291			0,467
Black					
R		0,48		-0,343	-0,678
G			-0,505		-0,672
B	-0,758	-0,587	-0,609	0,49	
H		-0,339			0,315
S		0,37	0,405	-0,335	
V		0,264	-0,397		-0,636

Fünf wiederkehrende Audio Features mit ihren Korrelationen zu den Farbwerten und -auswahlhäufigkeiten; die Zahl gibt den *r*-Wert der Korrelation an (bei $p<0{,}05$), die Farbe wie stark *r* von Null abweicht.

Aus diesen fünf Audio Features können nun Color Timbre Maps erstellt werden. In diesen zeigt sich ein Verlauf von blauen, dunkleren Farben zu röteren bzw. wärmeren, helleren Farben. Auch kann in der digitalen Darstellung jeder Ton abgespielt werden mit der Info, welche Farbkategorie wie häufig ausgewählt wurde. Mit der Timbral Roughness, dem Timbral Booming und der Spectral Skewness kann ein RGB-Timbre Space erstellt werden, in dem die farbliche Verteilung der Klänge nochmals genauer aufgeschlüsselt dargestellt wird.



Color Timbre Map zwischen Timbral Booming und Timbral Sharpness, die Klänge sind als Punkte in der jeweils gemittelten Farbe dargestellt. Die Audio Features sowie die anteilig gewählten Farbkategorien werden rechts oben beispielhaft für einen Sinusklang auf C4 angezeigt. Interaktive Online-Version unter https://muwiserver.univie.ac.at/synthcolor/blue_red.htm



Darstellung eines Timbre Space mit den Achsen Timbral Roughness, Timbral Booming und Spectral Skewness korrelierend mit den RGB-Werten der assoziierten Farben: https://muwiserver.univie.ac.at/synthcolor/.

QR-Code zur Online-Version des RGB-Timbre Space und weiteren interaktiven Anwendungen.

Korrelationsanalysen und t-Tests unter https://muwiserver.univie.ac.at/synthcolor/statistics.pdf

Zusammenfassung

- Teiltonarme Klänge werden assoziativ mit blauen Farbtönen verbunden und teiltonreiche Klänge eher mit roten Farbtönen.
- Eine eindeutige Korrelation zwischen Tonhöhe und Farbton konnte bei den synthetischen Klängen nicht gefunden werden.
- Mit Hilfe der Klangeigenschaften Timral Roughness, Timbral Sharpness, Timbral Booming, Spectral Complexity und Spectral Skewness lassen sich eine Vielzahl an assoziativen Klangfarbe-Farb-Verbindungen herstellen, inkl. Color-Timbre-Maps sowie ein RGB-Timbre-Space mit einem klaren Verlauf von blauen zu warmen Farben.