

Crossmodal Correspondences bei Musiker:innen und Nichtmusiker:innen im empirischen Vergleich

Sarah Ambros, Christoph Reuter

Institut für Musikwissenschaft, 1090 Wien, E-Mail: sarah.ambros@outlook.com

Einleitung

Vor knapp 50 Jahren wurden vermehrte Untersuchungen zu audiovisuellen crossmodal correspondences zwischen Lautstärke und Helligkeit durchgeführt [1]. Es zeigte sich, dass Eigenschaften von unzusammenhängenden Stimuli aus unterschiedlichen Sinnesmodalitäten auf bestimmte Weise miteinander verknüpft werden [1][2]. Die Zuordnung von hohen, lauten Tönen mit Helligkeit wird seitdem häufiger beobachtet [1][3][4].

In Bezug auf diese festen Assoziationen gibt es bislang auch Aspekte, die unklar sind oder in Studien unterschiedliche Ergebnisse gezeigt haben. Zusammenfassen lassen sich Unstimmigkeiten hinsichtlich der Entstehung und Herkunft von crossmodal correspondences, die sich vermutlich nach der Art der Verknüpfung richten [5]. Grundlegend wird jedoch davon ausgegangen, dass die Bildung der festen Assoziationen bei nahezu allen Menschen (mit intakten Gehirnstrukturen) und insbesondere zwischen allen Sinnesmodalitäten möglich ist [5][6].

Weitere offene Fragen ergeben sich in Hinblick auf audiovisuelle Assoziationen von Klangfarbe und Farbton, die in dieser Studie ebenso aufgegriffen werden. Die bisherigen wenigen Untersuchungen zeigten meist keine stetigen Zuordnungen von Klangfarbe und visuellen Eigenschaften [7][8]. Bei manchen Instrumentalklangfarben können häufige Farbwahl Tendenzen festgehalten werden, wie beispielsweise die Assoziation von hellen Blautönen mit Klängen der Flöte [9].

Inwiefern verschiedene Arten von crossmodal correspondences steuerbar sind oder wie stabil diese auftreten, ist weitgehend noch nicht erforscht. Ein Ansatz, Fragen zur Stabilität von crossmodal correspondences zu beantworten, liegt in der Befragung von Musiker:innen. Lediglich einige Studien können genannt werden, die gezielt Assoziationen von Musiker:innen untersucht haben. Die Ergebnisse unterscheiden sich jedoch stark voneinander: beispielsweise zeigte eine Studie zum Verhältnis von Objektgröße und Tonhöhe eine schnellere Beurteilung von befragten Musiker:innen [10], bei einer Untersuchung von Murari et al. konnten langsamere Antwortzeiten gemessen werden [11]. Auch durchschnittlich hellere Beurteilungen von bestimmten Skalen [12] oder konstantere Antworten [11] wurden bei musizierenden Befragten bereits festgehalten. Allerdings gibt es auch Studienergebnisse, die keine Auswirkungen musikalischer Tätigkeit auf crossmodal correspondences zeigen konnten [13].

Ziele und Hypothesen

Die Untersuchung der Entstehung, Stabilität und Steuerbarkeit von audiovisuellen crossmodal correspondences zwischen Tonhöhe, Helligkeit, Sättigung und Farbton steht bei dieser Onlinestudie mit Musiker:innen und Nichtmusiker:innen im Vordergrund. Die folgende Frage wurde gestellt:

Welche Auswirkungen kann musikalische Tätigkeit und Expertise auf die Zuordnungen von Farben und Tönen haben?

Folgende Hypothesen wurden dabei untersucht:

H₁: Der Beruf, die (musikalische) Ausbildung sowie das Alter haben einen Einfluss auf die Zuordnungen der Befragten.

H₂: Die Farbe-Ton-Zuordnungen von Musiker:innen fallen messbar konstanter aus und werden als eindeutiger beschrieben als von Nichtmusiker:innen.

H_{3a}: Hohen Tönen werden helle Farben zugeordnet, tiefen Tönen werden dunkle Farben zugeordnet.

H_{3b}: Hohen Tönen werden gesättigte Farben zugeordnet, tiefen Tönen werden ungesättigte Farben zugeordnet.

Methode

Stichprobe und Studienablauf

Die Befragung wurde im Oktober 2021 online über [soscisurvey.com](https://www.soscisurvey.com) im deutschsprachigen Raum ausgesendet und lief über einen Zeitraum von 6 Wochen. Von insgesamt 105 gültigen Fällen (61w, 42m, 2d) können 66 Personen genannt werden, die sich selbst als Musiker:innen eingeordnet haben. 18,7 Jahre musikalische Praxis wurden im Durchschnitt angegeben, wobei es sich bei über 90 Prozent der Teilnehmenden um Hobbymusiker:innen handelte.

Die Proband:innen im Alter von 16-72 Jahren (MW: 30,0 Jahre) benötigten im Durchschnitt 6 Minuten 50 Sekunden, um alle gestellten Fragen zu beantworten. Neben 36 Fragen zu Farben und Klängen wurden am Ende außerdem soziodemographische Daten und die subjektive Einschätzung der Leichtigkeit der Zuordnungen erfragt.

Mit 57 Prozent haben die meisten Teilnehmenden den Onlinefragebogen im abgebildeten Standardmodus durchgeführt (Abb. 1), eine Teilnahme über mobile Endgeräte war ebenso möglich.

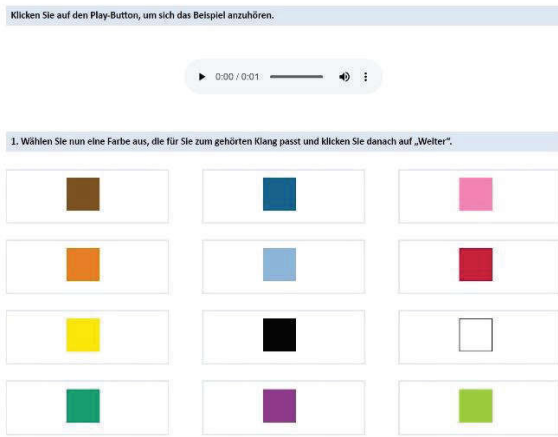


Abbildung 1: Standardmodus des Online-Fragebogens

Akustische Stimuli

Als akustische Stimuli wurden einsekündige Klangbeispiele von neun unterschiedlichen Instrumenten (Violine, Cello, Flöte, Fagott, Klarinette, Horn, Trompete, Klavier, Xylophon) der Vienna Symphonic Library erstellt. Für jedes Instrument wurden tonumfangabhängig zwei Tonhöhen, aufbauend auf der Tonlage *e* gewählt. Alle Beispiele wurden im Fragebogen in randomisierter Reihenfolge je doppelt gehört (2x9x2).

Um mögliche crossmodale Auswirkungen von Lautstärke zu vermeiden, wurde diese zu Beginn von den Teilnehmenden eingestellt und konstant gehalten. Ein Sinuston wurde dabei gerade noch hörbar justiert, die Klangbeispiele besaßen eine einheitliche Lautheit von -12 LUFS.

Visuelle Stimuli

Jedem Klang wurde im Fragebogen eine von 12 dargestellten Farben zugeordnet. Die Farben wurden der Berkeley Color Project Farbpalette [14] entnommen und hinsichtlich der Helligkeits- und Sättigungswerte leicht angepasst, um einen direkten Vergleich untereinander zu ermöglichen.

Tabelle 1: RGB- und HSL-Werte der verwendeten visuellen Stimuli

Farbe	RGB	HSL
(Schwarz)	(0,0,0)	(0,0%,0%)
(Blau)	(1,87,141)	(198,98%,27%)
(Braun)	(122,81,31)	(33,60%,30%)
(Grün)	(0,156,109)	(162,100%,31%)
(Rot)	(197,0,52)	(344,100%,38%)
(Lila)	(141,58,139)	(301,41%,39%)
(Orange)	(232,126,0)	(32,100%,45%)
(Gelb)	(255,229,0)	(53,100%,50%)
(Hellgrün)	(152,213,47)	(82,66%,51%)
(Hellblau)	(141,181,216)	(208,49%,70%)
(Rosa)	(255,128,192)	(329,100%,75%)
(Weiß)	(255,255,255)	(0,0%,100%)

Beispielsweise besitzen gelb und grün nahezu idente Helligkeitswerte (L=50% und 51%), gelb kann jedoch als voll gesättigt beschrieben werden (S=100%). Die Farben wurden nicht benannt, um sprachliche Auswirkungen zu vermeiden

und auch die Darstellung erfolgte bei jeder Frage randomisiert.

Auswertung

Nach Bereinigung der Datensätze wurde eine vollständige statistische Analyse in IBM SPSS Statistics sowie Microsoft Excel durchgeführt.

Deskriptive Statistiken und ANOVAs wurden ausgeführt. Die Interrater-Reliabilität (Fleiss' Kappa) der Teilnehmenden sowie die Intrarater-Reliabilität (Cohens Kappa) wurden über Antworten der doppelten akustischen Stimuli berechnet. Übereinstimmungen von Musiker:innen und Nichtmusiker:innen hinsichtlich der einzelnen Instrumentenzuordnungen wurden verglichen. Farbmittelwerte wurden berechnet und anhand ermittelter Klangeigenschaften (Matlab/MIRToolbox) Korrelationsberechnungen durchgeführt. Neben crossmodal correspondences, wurden Klangfarbenassoziationen mit ermittelten Farbhäufigkeiten näher untersucht.

Ergebnisse

Die Untersuchung von Hypothese 1 zeigte keine Auswirkungen von Alter, Ausbildung oder Beruf auf die Beurteilung der Farbhelligkeit. Leichte Unterschiede konnten hinsichtlich gespielter Instrumente gezeigt werden. 29 befragte Pianist:innen beurteilten hohe Töne des Klavierbeispiels im Durchschnitt heller als die restlichen Musiker:innen und Nichtmusiker:innen (Abb. 2).

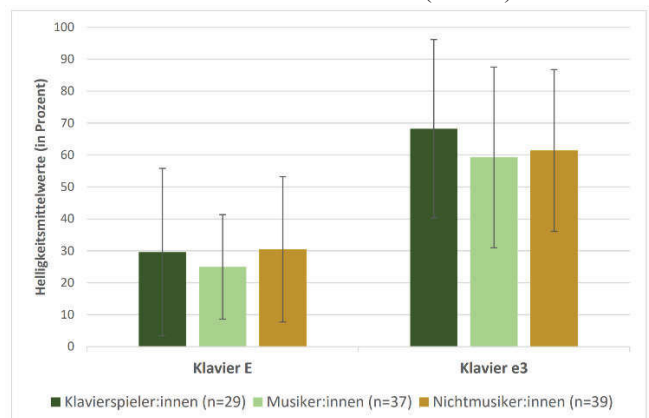


Abbildung 2: Durchschnittlich gewählte Helligkeit (%) zu Klavierklangbeispielen von Pianist:innen, Musiker:innen und Nichtmusiker:innen.

Nichtsdestotrotz wurde Hypothese 1 widerlegt, da Varianzanalysen der angegebenen Ausbildung sowie Levené-Tests mit Farbhelligkeit ($p > 0,825$), Sättigung ($p > 0,902$) und Grauteil ($p < 0,277$) nicht signifikant ausgefallen sind.

Die Annahme, dass Farbe-Ton-Zuordnungen von Musiker:innen konstanter ausfallen und als eindeutiger wahrgenommen werden, wurde u.a. mithilfe von Unabhängigkeitstests untersucht. Das Mehrfachantwortset der beurteilten Leichtigkeit der Farbe-Ton-Zuordnungen wurde mittels Chi-Quadrat Test untersucht. Die Farbe-Ton-Zuordnung konnte zusammengefasst als „schwierig“, „unsicher“, „leicht“ und „eindeutig“ beschrieben werden. Die Berechnungen zeigten keine signifikanten Unterschiede ($\chi^2(1) = 4,81; p = 0,307$) der Häufigkeiten beider Gruppen.

Die separate Ausgabe der Übereinstimmung (Fleiss' Kappa) für 66 Musiker:innen ($\kappa = .083$; $p < .001$) und 39 Nichtmusiker:innen ($\kappa = .064$; $p < .001$) konnte signifikante Unterschiede verdeutlichen, beide Werte können jedoch als gering festgehalten werden.

Anhand der doppelt gehörten Klänge konnte zudem Cohens Kappa für einzelne Teilnehmende ermittelt werden. Die größten Übereinstimmungen ($\kappa = .933$ und $.932$; $p < .001$) wurden dabei bei musikalisch tätigen Personen festgestellt. Der Vergleich von Übereinstimmungen hinsichtlich einzelner Instrumentenbeispiele zeigte bei Musiker:innen (mit Ausnahme des Cellos) durchgehend eine höhere Übereinstimmung ($p \leq .001$). Erneut können die Werte grundlegend jedoch als gering festgehalten werden. Hypothese 2 kann als teilweise bestätigt zusammengefasst werden, die Nullhypothese wird nicht verworfen.

Die Analyse von Klangfarbenassoziationen wurde bei Musiker:innen und Nichtmusiker:innen verglichen, um mögliche Auswirkungen musikalischer Tätigkeit zu verdeutlichen (Abb. 3).

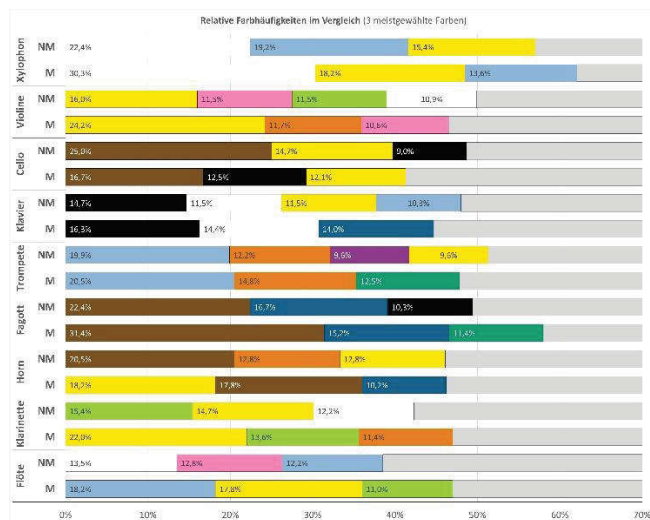


Abbildung 3: Meistgewählte Farben zu jedem Instrument von Nichtmusiker:innen (NM) und Musiker:innen (M) im Vergleich.

Lediglich kleine Unterschiede zeigten sich bei den am häufigsten zugeordneten Farben von Nichtmusiker:innen und Musiker:innen, insbesondere bei Klängen des Horns, der Klarinette und Flöte. Von Musiker:innen wurden dabei am häufigsten gesättigte Farben wie Hellblau oder Gelb zugeordnet. Alles in allem ähneln sich die Farbe-Klangfarbe-Assoziationen in beiden Gruppen, weshalb die Farbhäufigkeiten gesamt (Musiker:innen und Nichtmusiker:innen) dargestellt werden.

Bei Betrachtung der relativen Farbhäufigkeiten wird deutlich, dass manche Klangfarbenassoziationen eindeutiger ausfallen als andere. Zuordnungen zu tiefen Klangbeispielen (Abb. 4) sind mit häufigen Zuordnungen der Farbe Braun besonders eindeutig beim Cello, Fagott und Horn ausgefallen. Bei hohen Klangbeispielen (Abb. 5) auf der anderen Seite, dominierten die Farben Gelb und Weiß. Farbzusordnungen im Bereich der Tonhöhen e¹ bis e² sind insgesamt weniger eindeutig ausgefallen. Diese Beobachtung könnte möglicherweise darauf zurückgeführt werden, dass Klangbeispiele in diesem

Bereich sowohl tiefer, als auch höher im Vergleich zu vor- und nachkommenden Klängen gehört werden.

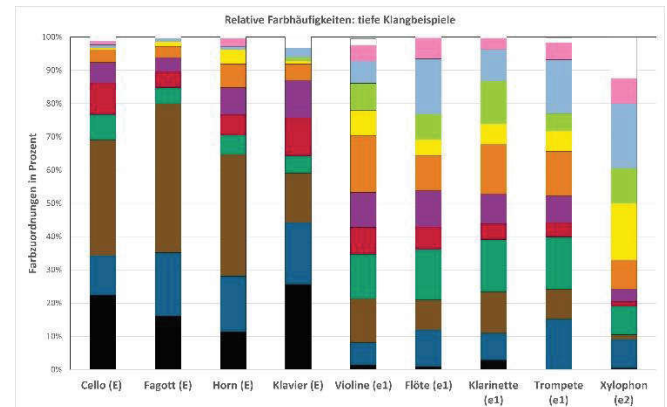


Abbildung 4: Relative Farbhäufigkeiten (%) der tiefen Klangbeispiele.

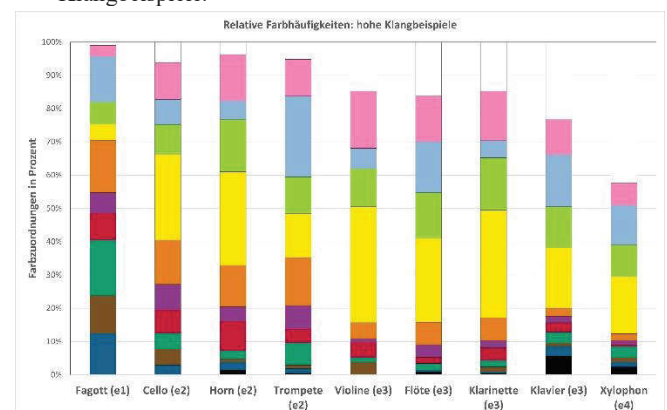


Abbildung 5: Relative Farbhäufigkeiten (%) der hohen Klangbeispiele.

Das Verhältnis von Tonhöhe und farblicher Helligkeit in ihren crossmodal correspondences kann gemäß bisherigen Erkenntnissen als linear beschrieben werden [9]. Um Assoziationen zwischen Tonhöhe, Helligkeit und Sättigung zu replizieren, wurden Korrelationsanalysen mit durchschnittlich gewählten Farbeigenschaften durchgeführt (Tab. 2). Besonderes Augenmerk wurde auf Helligkeit verweisende Klangeigenschaften (z.B. Spectral Centroid, Khz2to4Energy) gelegt.

Tabelle 2: Auszug der Korrelationsanalysen mit durchschnittlich gewählter Helligkeit, Sättigung und Klangeigenschaften

	L_wa	p	S_wa	p
Tonhöhe (Hz)	.814	0,000***	.571	0,013*
Spectral Centroid	.562	0,015*	.670	0,002**
BrightnessHF	.479	0,044*	.593	0,009**
Khz2to4Energy	.522	0,026*	.518	0,028*
Percussive Energy	-.597	0,009**	-.341	0,166

Es können signifikante und stark positive Zusammenhänge bei fast allen dargestellten Eigenschaften genannt werden. Die perkussive Energie der Klänge fiel lediglich mit getesteter Helligkeit signifikant und stark negativ korrelierend aus.

Korrelationsberechnungen mit Attack Time, Inharmonizität und tonaler Energie fielen nicht signifikant aus.

Obwohl die Berechnungen stark positive Zusammenhänge der Tonhöhe und Farbsättigung zeigten ($p < 0,05$), konnte eine derartige Zuordnung bei einzelner Betrachtung nur bei einigen Klangbeispielen festgestellt werden. Das Xylophon beispielsweise, wurde in hohen Tonlagen häufig ungesättigter (weiß) assoziiert, als bei tiefen Tönen. Die zweiteilige Hypothese 3 kann somit als teilweise bestätigt zusammengefasst werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Alles in allem stimmen zugeordnete Farben in dieser Onlinestudie mit bisher beobachteten crossmodal correspondences von Tonhöhe und Helligkeit überein [5][9].

Um Unstimmigkeiten zu Auswirkungen musikalischer Tätigkeit auf crossmodale Zuordnungen zu untersuchen, wurden in dieser Studie 66 Musiker:innen und 39 Nichtmusiker:innen verglichen. Es können leichte Unterschiede festgehalten werden, die sich auf die Stabilität der Farbe-Ton-Zuordnungen, vereinzelte Farbhäufigkeiten und die Helligkeitsbeurteilung von Klavierklangbeispielen beziehen. Die subjektive Einschätzung der Leichtigkeit zeigte keine Auswirkungen musikalischer Tätigkeit. Soziodemographische Daten haben die Farb-Antworten der Teilnehmenden nicht beeinflusst.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die crossmodale Zuordnung von Farben und Tönen bei den Teilnehmenden in dieser Studie nahezu unabhängig musikalischer Vorkenntnisse erfolgte.

Die Analyse von Klangfarbenassoziationen zeigte einige Übereinstimmungen mit bisherigen Ergebnissen (z.B. Flöte: Blautöne, Klavier: schwarz und weiß). In Hinblick auf die Farbtonwahl und niedrige Übereinstimmungen, handelt es sich bei Assoziationen mit Klangfarbe vermutlich um keine crossmodal correspondences. Diese Annahme bedarf jedoch weiteren Untersuchungen.

Mögliche sprachliche und kulturelle Auswirkungen wurden bislang kaum näher untersucht und auch diese Onlinestudie befragte lediglich Teilnehmende aus dem deutschsprachigen Raum. In Hinblick auf die Universalität und Entstehung/Herkunft von crossmodal correspondences wäre eine Befragung von außereuropäischen Teilnehmenden zukünftig wesentlich.

Literatur

- [1] Marks, L. E.: On Associations of Light and Sound: The Mediation of Brightness, Pitch, and Loudness. *The American Journal of Psychology* 87/1 (1974), 173–188
- [2] Spence, C.: Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention Perception & Psychophysics* 73 (2011), 971–995
- [3] Deroy, O. & Spence, C.: Why we are not all synesthetes (not even weakly so). *Psychonomic Bulletin & Review* 20/4 (2013), 643–664
- [4] Evans, K. K. & Treisman, A.: Natural cross-modal mappings between visual and auditory features. *Journal of Vision* 10/1/6 (2010), 1–12
- [5] Spence, C.: Simple and complex crossmodal correspondences involving audition. *Acoustical science and technology* 41/1 (2020), 6–12
- [6] Parise, C. V.: Crossmodal Correspondences: Standing Issues and Experimental Guidelines. *Multisensory Research* 29/1-3 (2016), 7–28
- [7] Ward, J., Huckstep, B. & Tsakanikos, E.: Sound-Colour Synaesthesia: To what extent does it use cross-modal mechanisms common to us all? *Cortex* 42/2 (2006), 264–280
- [8] Saitis, C., Weinzierl, S., von Kriegstein, K., Ystad, S. & Cuskey, C.: Timbre semantics through the lens of crossmodal correspondences: A new way of asking old questions. *Acoustical Science and Technology* 41/1 (2020), 365–368
- [9] Anikin, A. & Johansson, N.: Implicit associations between individual properties of color and sound. *Attention, Perception, & Psychophysics* 81/3 (2019), 764–777
- [10] Eitan, Z., Schupak, A., Gotler, A. & Marks, L. E.: Lower Pitch Is Larger, Yet Falling Pitches Shrink. *Experimental Psychology* 61/4 (2014), 273–284
- [11] Murari, M., Rodà A., Canazza, S., De Poli, G. & Da Pos, O.: Is Vivaldi smooth and take? Non-verbal sensory scales for describing music qualities. *Journal of New Music Research* 44/4 (2015), 359–372
- [12] Collier, W. G. & Hubbard T. L.: Musical scales and brightness evaluations: effects of pitch, direction, and scale mode. *Musicae Scientiae* 8/4 (2004), 151–173
- [13] Adeli, M., Rouat, J. & Molotchnikoff, S.: Audiovisual correspondence between musical timbre and visual shapes. *Frontiers in Human Neuroscience* 8/352 (2014), 1–11
- [14] Palmer, S. E., Schloss, K. B., Xu, Z. & Prado-León L. R.: Music-color associations are mediated by emotion. *PNAS* 110/22 (2013), 8836–8841