Von A bis U: Die Vokalität von Instrumentalklangfarben

Christoph Reuter[1], Charalampos Saitis[2], Isabella Czedik-Eysenberg[1], Kai Siedenburg[3]

[1] SInES, Musicological Department, University of Vienna, Austria,
[2] Centre for Digital Music, Queen Mary University of London, United Kingdom
[3] Signal Processing and Speech Communication Laboratory, Graz University of Technology, Austria

Interaktive Anwendungen unter https://muwiserver.univie.ac.at/vowellike/

40. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie (DGM)
München, 7.-9. September 2024

Hintergrund

In der deutschsprachigen Musikwissenschaft ist es üblich, die Klangfarbe von Musikinstrumenten mit Hilfe von Vokalen zu beschreiben (Stumpf 1926; Gieseler, Lombardi, Weyer 1985; Reuter 1996; Meyer 2015 etc.). In der englischsprachigen Literatur hingegen findet diese Praxis so gut wie nicht statt. Obwohl es in der Fachliteratur Übereinstimmungen zur Vokalähnlichkeit von Instrumentenklängen zu geben scheint, wurde dies noch nie in Hörversuchen überprüft.

	tief	mittel	hoch
Flöte		A	
Oboe		A, Ä	
Klarinette			I
Fagott		O	
Trompete		A, Ä	
Posaune		Å	
Horn		O	
Tuba		U	
Violine		O, A	
Viola	U	O	Å
Violoncello	U, O	Å	A
Kontrabass	U, O	Å	A

Vokalähnlichkeiten von Musikinstrumenten im tiefen, mittleren und hohen Register nach Stumpf (1926), Gieseler et al. (1985), Reuter (1996) und Meyer (2015)

Ziele und Fragestellung

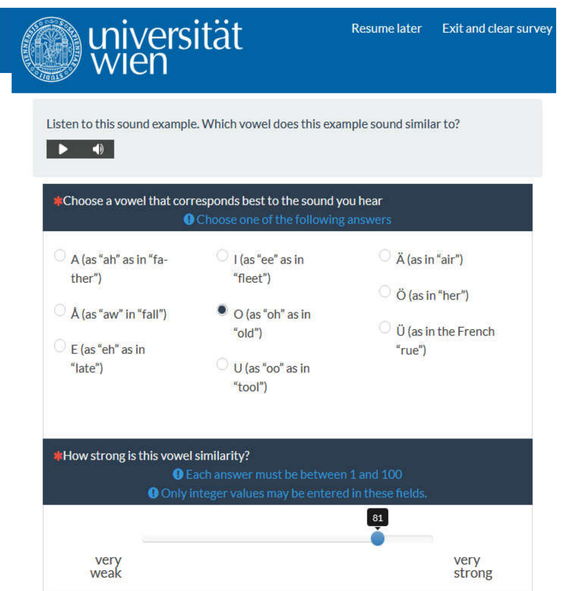
Ziel der Studie ist es daher, empirische Belege für die Frage zu finden, ob die Klangfarbe von Musikinstrumenten tatsächlich vokalähnliche Qualitäten aufweist, wie es in der deutschsprachigen Literatur angenommen wird.

Erstellt mit https://ideogram.ai)

Methode

64 Teilnehmer (20 ♂, 37 ♀, 7 ☿, Alter: 18-45, ø 22 Jahre) hörten die Klangfarben der gängigen Orchesterinstrumente (Flöte, Oboe, Klarinette, Fagott, Trompete, Posaune, Horn, Tuba, Violine, Viola, Violoncello und Kontrabass in jeweils drei Registern und zwei Dynamikstufen).

Ihre Aufgabe war es, den gehörten Klangfarben Vokale und Umlaute zuzuordnen und dabei die Stärke der wahrgenommenen Vokalähnlichkeit auf einer Skala von 1 bis 100 zu bewerten.



Online-Formular, in das die Versuchspersonen den jeweils ähnlichsten Vokal auswählen und die Stärke der Ähnlichkeit mit einem Schieberegler einstellen sollten.

Maß für die Vokalähnlichkeit: Häufigkeit des jeweils ausgewählten Vokals pro Instrumentenklangfarbe multipliziert mit der Summe der für den jeweiligen Vokal eingestellten Ähnlichkeitsstärken.

Ergebnisse

Um herauszufinden, welche Vokale statistisch signifikant häufiger als zufällig gewählt wurden, wurde unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur ein Fisher's Exact Test verwendet.

Instrument		Vowel	Instrument		Vowel	Instrument		Vowel
Flöte	E4 *ff*	A	Trompete	A3 *ff*	A	Violine	A3 *ff*	E (7,02E-06) Ä (1,62E-08)
	E4 *pp*	U (1,62E-12)		A3 *pp*	A (7,14E-07)		A3 *pp*	A
	E5 *ff*	U		A4 *ff*	Ä		A4 *ff*	E
	E5 *pp*	Ü (3,43E-05)		A4 *pp*	A		A4 *pp*	E (2,19E-05)
	E6 *ff*	I (2,80E-08) Ü (4,69E-09)		A5 *ff*	I (6,93E-05)		A5 *ff*	I (4,43E-27)
	E6 *pp*	Ü (9,60E-06), I (2,22E-12)		A5 pp	I		A5 *pp*	I (7,73E-22)
Oboe	E4 *ff*	A (5,08E-08)	Posaune	A2 *ff*	A	Viola	E3 *ff*	E
	E4 *pp*	A (4,07E-06)		A2 *pp*	O (3,24E-05)		E3 *pp*	E
	E5 *ff*	A		A3 *ff*	A		E4 *ff*	E
	E5 *pp*	A		A3 *pp*	U (5,30E-07)		E4 *pp*	E
	E6 *ff*	I (2,67E-19)		A4 *ff*	Ä		E5 *ff*	I (4,63E-07)
	E6 *pp*	I (8,15E-26)		A4 *pp*	U		E5 *pp*	I (5,62E-12)
Klarinette	E3 *ff*	Ö	Horn	E2 *ff*	Ö	Cello	E2 *ff*	Ö
	E3 *pp*	U		E2 *pp*	O (4,27E-07)		E2 *pp*	A
	E4 *ff*	U		E3 *ff*	Ä		E3 *ff*	Ä
	E4 *pp*	U (1,92E-16)		E3 *pp*	O (6,50E-08)		E3 *pp*	A
	E5 *ff*	I (5,43E-05)		E4 *ff*	Ä		E4 *ff*	E
	E5 pp	U (3,77E-07)		E4 *pp*	O (1,76E-06)		E4 *pp*	Ä (2,54E-05)
Fagott	E2 *ff*	O	Tuba	A1 *ff*	O	K.Bass	E1 *ff*	Ö
	E2 *pp*	O (4,27E-07)		A1 *pp*	O (9,05E-13)		E1 *pp*	O
	E3 *ff*	O (2,46E-06)		A2 *ff*	O		E2 *ff*	O
	E3 *pp*	O (4,91E-16)		A2 *pp*	O (6,06E-12)		E2 *pp*	Ö
	E4 *ff*	O		A3 *ff*	O (4,27E-07)		E3 *ff*	Ä
	E4 *pp*	O (2,07E-08)		A3 *pp*	U (3,11E-28)		E3 *pp*	Å

Signifikant häufiger als zufällig gewählte Vokale für die Klangfarben der einzelnen Musikinstrumente in drei verschiedenen Registern und zwei Dynamikstufen (farblich hervorgehobene Vokale; p-Werte, Fisher's Exact Test)
Interaktives Beispiel: https://muwiserver.univie.ac.at/vowellike/significant_vowels.htm

Ergebnisse

Instrument	U	O	Å	A	Ä	Ö	Ü	E	I
Flöte	0,0000	1,0000	0,9996	0,8137	1,0000	0,9136	0,0000	1,0000	0,0000
Oboe	0,9950	1,0000	0,9567	0,0000	0,9752	0,9981	0,3397	0,9817	0,0000
Klarinette	0,0000	0,9997	0,8875	1,0000	0,9977	0,1759	0,0002	0,9846	0,8727
Fagott	0,9983	0,0000	0,0215	0,9820	0,9898	0,0812	1,0000	0,9989	1,0000
Trompete	1,0000	1,0000	0,9409	0,0000	0,0021	0,9766	0,5800	0,1695	0,0863
Posaune	0,2683	0,0737	0,0000	0,0243	0,6580	0,6045	0,9903	0,9865	1,0000
Horn	0,6009	0,0000	0,1176	0,9972	0,5346	0,0109	0,9990	0,7093	1,0000
Tuba	0,0000	0,0000	0,0042	0,9992	1,0000	0,9379	0,9917	1,0000	1,0000
Violine	1,0000	1,0000	0,9972	0,9845	0,0004	0,9993	0,9973	0,0000	0,0000
Viola	1,0000	1,0000	0,9999	0,9915	0,0015	0,3071	0,3805	0,0000	0,0000
Violoncello	1,0000	1,0000	0,2956	0,0243	0,0000	0,2443	0,9903	0,0000	0,9988
Kontrabass	0,6835	0,1734	0,0352	0,7971	0,2901	0,0003	0,2840	0,7337	1,0000

Signifikant häufiger als zufällig gewählte Vokale für die Klangfarben der einzelnen Musikinstrumente als Ganzes (farblich hervorgehobene Vokale; p-Werte, Fisher's Exact Test)

Bezogen auf ein Musikinstrument als Ganzes entsprechen die für die Blasinstrumente gewählten Vokale fast vollständig den Vokalzuordnungen in der Literatur (s.u.).

Führt man eine Korrelationsanalyse für die wahrgenommene Vokalähnlichkeit im Hinblick auf die spektrale Energie in den Terzfilterbändern der entsprechenden Musikinstrumentenspektren durch, so finden sich die stärksten positiven Korrelationen auch an den jeweiligen passenden Vokalformantpositionen.

1/3rd oct.filter	U	O	Å	A	Ä	Ö	Ü	E	I
32 Hz	0,405	-0,016	-0,226	-0,224	-0,483	-0,233	0,468	-0,404	0,169
40 Hz	0,378	-0,014	-0,223	-0,223	-0,459	-0,198	0,474	-0,406	0,144
50 Hz	0,465	0,075	-0,165	-0,245	-0,566	-0,233	0,388	-0,513	0,066
63 Hz	0,464	0,093	-0,139	-0,195	-0,435	-0,115	0,449	-0,461	0,025
80 Hz	0,29	0,243	0,044	-0,173	-0,359	0,067	0,26	-0,378	-0,168
100 Hz	0,368	0,248	0,156	-0,084	-0,396	0,03	0,285	-0,474	-0,226
125 Hz	0,427	0,198	0,032	-0,185	-0,446	-0,078	0,416	-0,538	-0,086
160 Hz	0,169	0,391	0,215	-0,109	-0,208	0,36	0,011	-0,211	-0,272
200 Hz	0,106	0,204	0,222	0,149	-0,224	-0,054	0,007	-0,297	-0,255
250 Hz	0,082	0,33	0,235	-0,004	-0,241	0,057	-0,062	-0,357	-0,359
315 Hz	0,086	0,278	0,106	-0,161	0,018	0,301	-0,067	0,055	-0,241
400 Hz	-0,01	0,348	0,397	0,098	-0,039	0,082	-0,323	-0,092	-0,413
500 Hz	-0,061	0,64	0,565	-0,065	-0,06	0,405	-0,499	-0,112	-0,604
630 Hz	0,131	0,263	0,112	0,101	-0,018	0,044	-0,2	0,039	-0,13
800 Hz	-0,194	0,158	0,323	0,177	0,031	0,064	-0,287	0,026	-0,179
1000 Hz	-0,296	-0,128	0,17	0,354	0,31	0,058	-0,243	0,252	-0,065
1250 Hz	-0,213	-0,401	-0,173	0,354	0,262	-0,03	0,098	0,254	0,376
1600 Hz	-0,399	-0,409	-0,049	0,38	0,571	0,109	-0,087	0,506	0,154
2000 Hz	-0,277	-0,415	-0,3	0,201	0,628	0,196	-0,056	0,707	0,334
2500 Hz	-0,546	-0,807	-0,613	0,068	0,56	-0,223	0,162	0,596	0,662
3150 Hz	-0,429	-0,621	-0,426	0,138	0,623	-0,095	0,031	0,702	0,482
4000 Hz	-0,369	-0,701	-0,631	-0,126	0,447	-0,272	0,167	0,531	0,628
5000 Hz	-0,219	-0,628	-0,639	-0,181	0,337	-0,232	0,281	0,409	0,583
6300 Hz	0,012	-0,553	-0,586	-0,297	0,134	-0,321	0,379	0,212	0,558
8000 Hz	0,157	-0,357	-0,513	-0,31	-0,127	-0,35	0,455	-0,052	0,484
10000 Hz	0,209	-0,275	-0,434	-0,302	-0,249	-0,332	0,503	-0,202	0,419
12500 Hz	0,334	-0,172	-0,368	-0,373	-0,352	-0,237	0,541	-0,275	0,323
16000 Hz	0,387	-0,075	-0,286	-0,326	-0,44	-0,217	0,528	-0,352	0,238
20000 Hz	0,424	0,019	-0,203	-0,226	-0,49	-0,192	0,473	-0,423	0,135

Korrelationen (Spearman *r*) zwischen der wahrgenommenen Vokalähnlichkeit von Musikinstrumenten und ihren Terzband-Spektren.
https://muwiserver.univie.ac.at/vowellike/terzbands.htm

Ein Vergleich der gemessenen Vokalähnlichkeiten mit den in der Literatur gefundenen Vokalzuordnungen zeigt bei den Holz- und Blechblasinstrumenten tonhöhen- und dynamikabhängige Ähnlichkeiten, während es bei den Streichinstrumenten nur wenige passende Vokalzuordnungen gibt.

Quelle:	in der Messung						In der Literatur		
Register_	tief		mittel		hoch		tief	mittel	hoch
Dynamikstufe:	*pp*	*ff*	*pp*	*ff*	*pp*	*ff*			
Flute	U	A	Ü	U	I	I	A		
Oboe	A	A	A	A	I	I	A / Ä		
Clarinet	U	Ö	U	U	U	I			I
Bassoon	O	O	O	O	O	O	O		
Trumpet	A	A	A	Ä	I	I	A / Ä		
Trombone	O	A	U	A	U	Ä	Å		
French Horn	O	Ö	O	Ä	O	Ä	O		
Tuba	O	O	O	O	U	O	U		
Violin	A	E	E	E	I	I	O / A		
Viola	E	E	E	E	I	I	U	O	Å
Cello	A	Ö	A	Ä	Ä	E	U / O	Å	A
Double Bass	O	Ö	Ö	O	A	Ä	U / O	Å	A

Vergleich der wahrgenommenen Vokalähnlichkeit mit der in der Literatur beschriebenen Vokalähnlichkeit von Musikinstrumentenklängen

Zusammenfassung

- Die Klänge von Musikinstrumenten weisen in der Tat hörbare Vokalähnlichkeiten auf. Diese sind jedoch abhängig von Instrument, Register und Dynamikstufe mehr oder weniger deutlich vorhanden.
- Besonders bei Holzblasinstrumenten sind die Vokalähnlichkeiten ausgeprägter, während sie bei Streichinstrumenten weniger stark in Erscheinung treten.
- Die tonhöhen- und dynamikabhängigen Vokalähnlichkeiten bei den Holz- und Blechblasinstrumenten entsprechen weitestgehend den Beschreibungen in der Literatur.
- Die Energieverteilung in den Terzbändern der jeweiligen Instrumentenspektren stimmen in etwa mit den Vokalformantpositionen der als am ähnlichsten empfundenen Vokale überein.

Literatur

Gieseler, W., Lombardi, L., & Weyer, R.-D. (1985). Instrumentation in der Musik des 20. Jahrhunderts: Akustik, Instrumente, Zusammenwirken. Moeck.

Meyer, J. (2015). Akustik und musikalische Aufführungspraxis: Leitfaden für Akustiker, Tonmeister, Musiker, Instrumentenbauer, und Architekten (6. erweiterte Auflage). PPVMedien GbmH, Edition Bochinsky.

Reuter, C. (1996). Die auditive Diskrimination von Orchesterinstrumenten: Verschmelzung und Heraushörbarkeit von Instrumentalklangfarben im Ensemblespiel. Peter Lang.

Stumpf, C. (1926). Die Sprachlaute. Experimentell-Phonetische Untersuchungen nebst einem Anhang über Instrumentenklänge. Springer.