

Kikeriki, Miau, Wau Wau, I-Ah

Die empfundene Musikalität von Tierlauten

Christoph Reuter¹, Isabella Czedik-Eysenberg^{1,2}, Gabriel Feller¹, Miriam Griebaum¹, Jeanette Kilicci¹, Nicole Lorek¹, Ingrid Schachner¹, Sabrina Schmidbauer¹, Yoko Yamada¹, Michael Oehler²

¹ Universität Wien, Musikwissenschaftliches Institut

² Universität Osnabrück, Institut für Musikwissenschaft und Musikpädagogik



Hintergrund

Nachdem 1963 durch Peter Szöke der Begriff der "Ornithomusicology" geprägt wurde und François-Bernard Mâche 20 Jahre später die "Zoomusicology" (1983) ins Leben gerufen hatte, entstand in den letzten Jahrzehnten eine immer größer werdende Strömung im Bereich der Musikpsychologie/Kognitionswissenschaften, in der die musikähnlichen Aspekte von Tiervokalisationen im Vordergrund stehen (Wallin, 1991; Hauser & McDermott, 2003; Martinelli, 2009; Doolittle & Gingras, 2015; Hoeschele, Merchant, Kikuchi, Hattori, & ten Cate, 2015; Taylor, 2020).

Während der Fokus vor allem auf rhythmischen und melodisch-harmonischen Beziehungen (im Sinne der abendländischen Harmonik) liegt, gibt es so gut wie keine Untersuchungen darüber, welche (klangfarblichen) Audiomerkmale damit in Verbindung stehen, dass Tiervokalisationen als musikalisch empfunden werden.

Ziele und Fragestellung

Aus diesem Grund wurde am Beispiel der schon vor mehr als 200 Jahren legendenbildenden "Bremer Stadtmusikanten" (Grimm & Grimm, 1819) folgender Frage nachgegangen:

Aufgrund welcher Audiomerkmale werden Tiervokalisationen als besonders musikalisch empfunden und inwieweit stimmen diese Merkmale speziesübergreifend überein?

Methode

Zur Klärung dieser Frage wurde das in der Lautstärke normierte

🐔 Krähen von **50 Hähnen** von **51 Versuchspersonen** (26 ♂/25 ♀, Alter: 21-81, ø 46 Jahre)

🐈 Miauen von **35 Katzen** von **45 Versuchspersonen** (18 ♂/27 ♀, Alter: 20-82, ø 38 Jahre)

🐶 Bellen von **40 Hunden** von **28 Versuchspersonen** (8 ♂/19 ♀/1 ♂, Alter: 17-65, ø 30 Jahre)

🐴 I-Ah von **40 Esel** von **40 Versuchspersonen** (11 ♂/29 ♀, Alter: 13-65, ø 32 Jahre)

auf einer Skala zwischen 1 und 100% auf die subjektiv empfundene **Musikalität** bewertet (0 = völlig unmusikalisch, 100 = absolut musikalisch). Die beurteilten Klänge wurden mit **Signalanalyse-Toolboxen** (Bodanov et al., 2013; Lartillot et al., 2008; Jadoul et al., 2018; McFee et al., 2015; Pearce et al., 2019) auf **180** Klangmerkmale analysiert, die unter Anwendung einer Bonferroni-Korrektur auf Korrelationen mit den Hörer*innenbewertungen untersucht wurden.

Ergebnisse

Auch wenn Cronbachs Alpha ein hohes Maß an interner Konsistenz unter den Hörer*innenentscheidungen suggeriert, fällt die Interrater-Reliabilität gemessen an Pearsons' *r* und Krippendorffs Alpha eher schwach aus. Bestenfalls in der Einschätzung der Hundevokalisationen ist sie moderat.

Auf Basis der mittleren Bewertungen zeigen sich nach einer Korrelationsanalyse deutliche, spezies-übergreifende Zusammenhänge zwischen der empfundenen Musikalität und bestimmten Klangmerkmalen:

| | Esel | Hunde | Katzen | Hähne |
|---------------------|-------|-------|--------|-------|
| n (Rater) | 40 | 28 | 45 | 51 |
| n (Stimuli) | 40 | 40 | 35 | 50 |
| Pearsons <i>r</i> | 0,288 | 0,378 | 0,252 | 0,096 |
| Cronbachs Alpha | 0,938 | 0,935 | 0,938 | 0,859 |
| Krippendorffs Alpha | 0,153 | 0,243 | 0,161 | 0,033 |

Interrater Reliability für die subjektive Einschätzung der Musikalität von Tiervokalisationen

| Pearson-Korrelation Musikalität | Katzen | | Hunde | | Esel | | Hähne | |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> |
| Timbral Roughness | -0,744 | 0,000* | -0,746 | 0,000* | -0,525 | 0,001 | -0,645 | 0,000* |
| Chroma Entropy (harmonic) | -0,713 | 0,000* | -0,607 | 0,000* | -0,037 | 0,820 | -0,521 | 0,000* |
| Dissonance | -0,656 | 0,000* | -0,766 | 0,000* | -0,315 | 0,046 | -0,362 | 0,010 |
| Spectral Entropy | -0,646 | 0,000* | -0,686 | 0,000* | -0,185 | 0,252 | -0,420 | 0,002 |
| Inharmonicity | -0,572 | 0,000 | -0,463 | 0,003 | -0,378 | 0,016 | -0,663 | 0,000* |
| Percussive/Harmonic Ratio | -0,478 | 0,004 | -0,459 | 0,003 | -0,112 | 0,492 | -0,596 | 0,000* |
| Shimmer (local) | -0,473 | 0,004 | -0,738 | 0,000* | -0,483 | 0,002 | -0,464 | 0,001 |
| Jitter (local) | -0,442 | 0,008 | -0,739 | 0,000* | -0,381 | 0,015 | -0,340 | 0,016 |
| Dynamic Complexity | -0,134 | 0,445 | -0,008 | 0,962 | 0,529 | 0,000 | 0,153 | 0,290 |
| Envelope Kurtosis | 0,093 | 0,596 | 0,171 | 0,292 | 0,567 | 0,000* | 0,092 | 0,526 |
| Spectral Contrast (400-1600 Hz) | 0,630 | 0,000* | 0,826 | 0,000* | 0,157 | 0,326 | 0,284 | 0,046 |
| Pitch Saliency | 0,671 | 0,000* | 0,705 | 0,000* | 0,205 | 0,204 | 0,308 | 0,029 |
| Harmonicity (HNR) | 0,772 | 0,000* | 0,830 | 0,000* | 0,471 | 0,002 | 0,623 | 0,000* |

Stärkste Zusammenhänge zwischen subjektiv empfundener Musikalität von Tiervokalisationen und deren Klangmerkmale (* = signifikant nach Bonferroni-Korrektur)

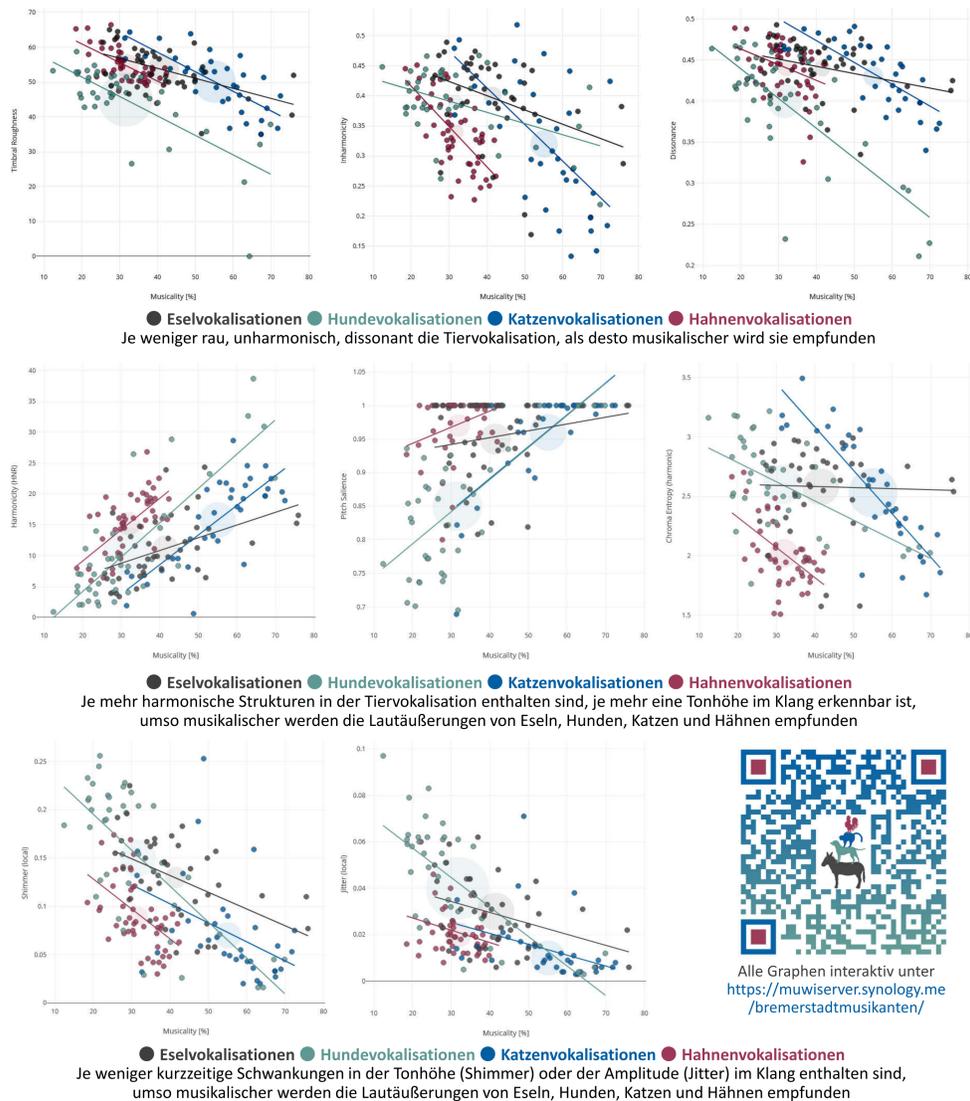


Allgemein zeigt sich: Je weniger Rauigkeit im Tierlaut enthalten ist (Timbral Roughness, Dissonance, Inharmonicity), als desto musikalischer wird er empfunden.

🐶 Für die Laute von Hund, Katze und Hahn sind darüber hinaus deutliche harmonische bzw. tonale Anteile im Spektrum von Bedeutung (Harmonicity, Pitch Saliency, spektraler Kontrast besonders im Bereich zwischen 400 und 1600 Hz, entsprechend einer geringen Spectral und Chroma Entropy und einer geringen percussive/harmonic Ratio).

🐴 Leicht abweichende Muster zeigen die Eselsvokalisationen, bei denen der Ausdruck in Form von starken Dynamikunterschieden eine zusätzliche Rolle (Dynamic Complexity und Envelope Kurtosis) zu spielen scheint.

Ergebnisse



Alle Graphen interaktiv unter <https://muwiserver.synology.me/bremerstadtmusikanten/>

Unabhängig von diesen allgemeinen Zusammenhängen wurde auf Basis der hier gefundenen Korrelationen für jedes Tier ein spezifisches Modell der subjektiv zugewiesenen Musikalität mittels linearer Regression errechnet. Dieses wurde anhand der jeweils anderen Tierspezies validiert:

| | Katzen-vokalisationen | Hunde-Vokalisationen | Esels-Vokalisationen | Hahnen-Vokalisationen |
|---------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Katzen-Modell | 0,905* | 0,800* | 0,397* | 0,566* |
| Hunde-Modell | 0,711* | 0,891* | 0,270 | 0,493* |
| Esels-Modell | 0,416* | 0,551* | 0,653* | 0,507* |
| Hahnen-Modell | 0,708* | 0,770* | 0,514* | 0,719* |

Modell-Vorhersageleistung (angegeben als Pearson-Korrelation der Modellergebnisse mit den mittleren tatsächlichen Bewertungen) der speziespezifischen Musikalitätsmodelle auf den vier Stimuli-Datensätzen (* = $p < 0,05$).

Während sich hierbei eine verhältnismäßig hohe speziesübergreifende Übertragbarkeit des Katzen-, Hunde- und Hahnen-Modells untereinander zeigt (besonders zwischen Katzen und Hunden), zeichnet sich eine deutlich geringere Übertragbarkeit des Esels-Modells auf die drei anderen Spezies ab, während zugleich auch die Musikalitätsbewertungen der Eselsvokalisationen weniger gut durch die auf den anderen Spezies basierten Modellen vorhergesagt werden können.

Zusammenfassung

- Insgesamt zeigt sich eine Relevanz einer hohen Harmonizität (Harmonics-to-Noise Ratio), ausgeprägten Tonhöhen-Saliency und geringen Rauigkeit für die mittlere Musikalitseinschätzung der untersuchten Tiervokalisationen.
- → Vokalisationen mit klar wahrnehmbarer Tonhöhe und wenig "heiserer"/rauer Stimm-Klangfarbe werden als musikalischer eingeschätzt.
- Dabei erweisen sich die Klangmerkmale als größtenteils speziesübergreifend übereinstimmend, wobei die getesteten Eselsvokalisationen sich hinsichtlich ihrer Korrelationsstrukturen leicht von den anderen einbezogenen Spezies unterscheiden.

Literatur

Bogdanov D., Wack N., Gomez E., Gulati S., Herrera P., Mayor O., et al. (2013). Essentia: an audio analysis library for music information retrieval. Proceedings of the 14th ISMIR conference; Curitiba. p. 493-498. <> Doolittle, E.L., Gingras, B. (2015). Zoomusicology. Current Biology 25, R811-R826. <> Grimm, J., Grimm, W. (1819). Die Bremer Stadtmusikanten. Grimm, J., Grimm, W. (Ed.). Kinder- und Hausmärchen, Band 1. 2. Auflage (S. 141-145). Berlin: Reimer. <> Hauser, M.D., and McDermott, J. (2003). The evolution of the music faculty: A comparative perspective. Nature Neuroscience 6, p. 663-668. <> Hoeschele, M., Merchant, H., Kikuchi, Y., Hattori, Y., and ten Cate, C. (2015). Searching for the origins of musicality across species. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 370, 20140094. <> Jadoul, Y., Thompson, B., & De Boer, B. (2018). Introducing parselmouth: A python interface to praat. Journal of Phonetics, 71, 1-15. <> Lartillot O., Toiviainen P., Eerola T. (2008). A matlab toolbox for music information retrieval. In: C. Preisach, H. Burkhardt, L. Schmidt-Thieme, R. Decker (Eds.). Data analysis, machine learning and applications (p. 261-268). Berlin, Heidelberg: Springer. <> Mâche, F.-B. (1983). Music, Myth and Nature, or the Dolphins of Arion. Taylor & Francis. p. 205. <> Martinelli, D. (2009). Of Birds, Whales and Other Musicians: An Introduction to Zoomusicology. London: University of Scranton Press. <> McFee B., Raffel C., Liang D., Ellis D.P.W., McVicar M., Battenberg E. et al. (2015). Librosa: audio and music signal analysis in python. Proceedings of the 14th python in science conference (p. 18-25). Austin. <> Rosenzweig, S., Schwär, S., & Müller, M. (2022). Libf0: A Python Library for Fundamental Frequency Estimation. In Late Breaking Demos of the International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR), Bengaluru, India. <> Szöke P. (1963). Ornithomuzikológia. Magyar Tudomány 9, 592-607. <> Pearce A., Safavi S., Brookes T., Mason R., Wang W., Plumley M. (2019). AudioCommons: D5.8 Release of timbral characterisation tools for semantically annotating non-musical content. AudioCommons Initiative, Tech. Report. <> Taylor, H. (2020). How Musical Are Animals? Taking Stock of Zoömusicology's Prospects. In Music Research Annual 1, p. 1-35. <> Wallin, N.L. (1991). Biomusicology: neurophysiological, neuropsychological, and evolutionary perspectives on the origins and purposes of music. Stuyvesant: Pendragon.