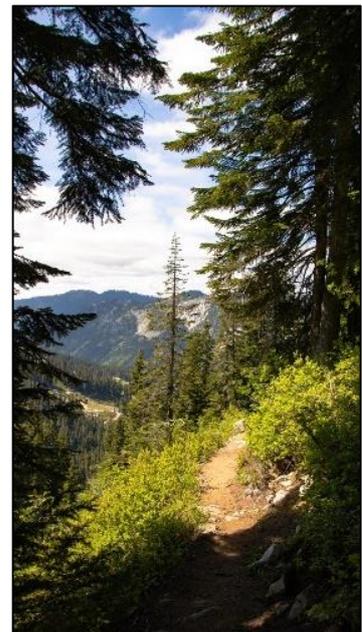


## Abschlussbericht

---

### „Lärm in der Stille – Die Effekte von anthropogenem Lärm auf Bergwald-Vögel“

---



Autorin:  
Julia PATERNO

Betreuer:  
Pia ANDERWALD  
Valentin AMRHEIN

## Hintergrund

Akustische Signale wie Gesänge und Rufe spielen eine zentrale Rolle in der Kommunikation von Singvögeln. In Anpassung an verschiedene Habitats entwickelten sich im Laufe der Evolution individuelle Gesangsmuster für jede Art (z.B.: Van Buskirk 1997; Seddon 2005; Slabbekoorn 2004). Menschliche Einflüsse beeinträchtigen immer mehr natürliche Habitats. Anthropogener Lärm stellt für Singvögel einen besonders relevanten Störfaktor dar (z.B.: Nemeth et al. 2013; Slabbekoorn and Peet 2003; Villain et al. 2016). Die vorliegende Studie untersucht einerseits die Auswirkungen von menschlichem Lärm auf das Gesangsverhalten verschiedener Vogelarten im Bergwald und andererseits den Einfluss der Höhenlage auf das Brutverhalten dieser Vogelarten.

## Projektbereiche

Im Folgenden werden die verschiedenen Teilbereiche des Projekts näher erläutert und einige beispielhafte Grafiken dargestellt:

### Einfluss verschiedener Umweltvariablen auf das Gesangsverhalten von Bergwaldvögeln

In diesem Teil des Projekts untersuchten wir die Auswirkungen von physikalischen Umweltvariablen auf den Beginn des Morgenchors von Singvögeln im Schweizerischen Nationalpark (SNP) und der nahen Umgebung.

Dazu verwendeten wir automatisierte Aufnahmegeräte und nahmen den Morgenchor im Bergwald entlang der Ofenpassstrasse und der Wanderwege im SNP auf. Die so erhobenen Daten werteten wir anschliessend im Büro aus, wobei der Fokus der Auswertungen auf den sechs häufigsten Arten lag: Rotkehlchen, Singdrossel, Misteldrossel, Tannenmeise, Alpenmeise und Buchfink.



Automatisiertes Aufnahmegerät (Audiomoth)

Die Auswertungen zeigten, dass die sechs Arten auf einige der untersuchten Faktoren sehr ähnlich reagierten, auf andere hingegen sehr unterschiedlich. So begannen die Vögel beispielsweise in Gebieten mit erhöhtem Strassenlärm (Abbildung 1) und an ost-exponierten Hängen früher zu singen. Auch wärmere Nächte und Vollmondnächte führten zu einem früheren Gesangsstart während des Morgenchors. Vor allem die Alpenmeise und die Singdrossel veränderten ihr Verhalten jedoch auch im Laufe der Brutsaison: So begannen Singdrosseln am Ende des Untersuchungszeitraums im Durchschnitt 9,0 min früher, Alpenmeisen hingegen 4,9 min später zu singen. Vor allem die Alpenmeise reagierte auch auf Unterschiede in der Höhenlage, so fingen Alpenmeisen auf 2200 m im Durchschnitt 2,5 min früher an zu singen als auf 1500 m ü.d.M.

Die Untersuchungsergebnisse dieser Studie stehen im Einklang mit bisherigen Erkenntnissen, vor allem über die Auswirkungen von nächtlichem Licht (Mond), Strassenlärm und teilweise auch der Temperatur. Die Studie zeigt, dass der Beginn des Morgenchors von verschiedensten Umweltvariablen beeinflusst wird und dass menschliche Störung, wie beispielsweise Strassenlärm selbst in einem streng geschützten Gebiet das Verhalten von Vögeln beeinflussen kann.

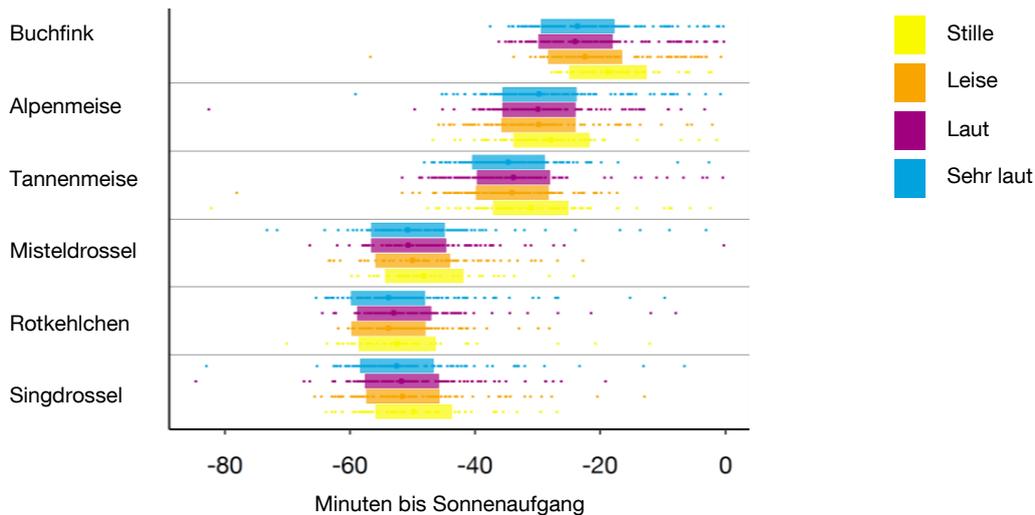


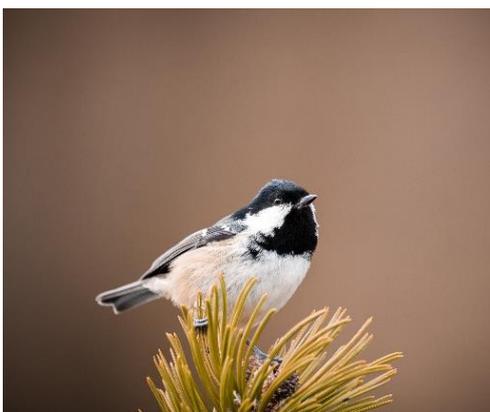
Abbildung 1 Die Gesangsstart sechs verschiedener Vogelarten in Abhängigkeit vom Lärmpegel; die verschiedenen Farben symbolisieren verschiedene Lärmkategorien

Paterno J, Korner-Nievergelt F, Anderwald P, Amrhein V (2024) Start of dawn singing as related to physical environmental variables in an alpine environment. *Journal of Ornithology*. 165, 533–544. <https://doi.org/10.1007/s10336-023-02134-z>

### Wie Lebensraum und Strassenlärm die Gesangsaktivität von Tannenmeisen in subalpinen Wäldern beeinflussen

Singvögel reagieren mit unterschiedlichen Strategien auf einen erhöhten Lärmpegel (z.B.: Strassenlärm). Mögliche Strategien sind beispielsweise lauter zu singen, die Gesangsfrequenzen zu ändern oder den Zeitpunkt bzw. die Menge des Gesangs anzupassen.

In diesem Teil des Projekts untersuchten wir die Auswirkungen von Strassenlärm auf die Gesangsaktivität von Tannenmeisen, die in den Wäldern des SNP brüten. Da sich auch andere Umweltvariablen auf die Gesangsaktivität auswirken können, berücksichtigten wir zusätzlich den Wald-Typ, die Tageszeit, das Datum und die Temperatur.



Tannenmeise (*Periparus ater*)

Die stärksten Auswirkungen beobachteten wir bei Strassenlärm und dem Wald-Typ: Tannenmeisen sangen tagsüber in der Nähe der Strasse bis zu 18 % mehr als in grösserer Entfernung von der Strasse (Abbildung 2), und in Mischwäldern sangen sie bis zu 17 % mehr als in Latschenkieferwäldern. Die Auswirkungen von Datum und Temperatur waren geringer: Tannenmeisen gaben Anfang Mai 4 % mehr Gesangsstrophen von sich als Anfang Juni, und 8 – 10 % mehr Gesangsstrophen in Zeiten mit moderaten Temperaturen (+3,0 °C und +12,0 °C) als bei kälteren (-5,5 bis +3,0 °C) oder wärmeren Temperaturen (+12,0 bis +34,0 °C).

Unsere Ergebnisse stehen im Einklang mit früheren Ergebnissen zu den Auswirkungen von Wald-Typ, Datum, Temperatur und Tageszeit sowie teilweise mit früheren Ergebnissen zu Strassenlärm. Unsere Studie zeigt, dass Strassenlärm das Singverhalten von Tannenmeisen selbst in einem streng geschützten Gebiet, wie dem SNP, beeinflussen kann.

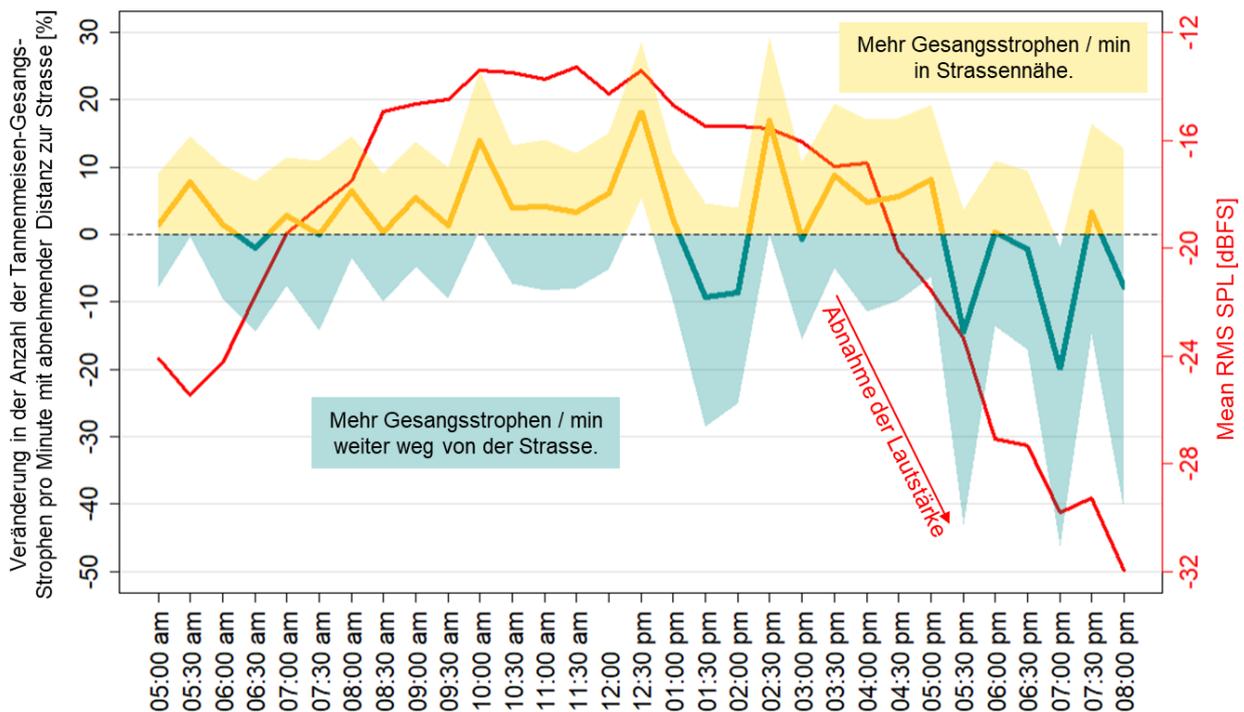


Abbildung 2: Mittlere Veränderung in der Anzahl der Tannenmeisen Gesangs-Strophen (n = 12 Standorte) pro Minute und 95% Konfidenzintervalle (Amrhein & Greenland, 2022) zwischen Standorten die 0,2 km (Strassennähe) und Standorten welche 1,0 km (weiter weg von der Strasse) von der Strasse entfernt waren (linke y-Achse). Die rote Linie zeigt den mittleren Lärmpegel, die Werte und 95% Konfidenzintervalle basieren auf dem «zero-inflated negative binomial Modell) und dem mittleren Lärmpegel (rechte y-Achse; 0 = lautester Wert, mean RMS SPL = root mean square sound pressure level; Henn et al. 2005)

### Alpine Singvögel in höheren Lagen werden nur mit leichter Verzögerung und daher unter härteren Umweltbedingungen aufgezogen

Die Brutzeit von Vögeln fällt oft mit dem Höhepunkt des Nahrungsangebots zusammen. Da sich die Vegetationsperiode mit zunehmender Höhe verkürzt, sind Vögel in hohen Lagen möglicherweise dazu gezwungen aus Zeitgründen früher zu brüten, als es den optimalen Umweltbedingungen entspricht.

In einer schweizweiten Studie untersuchten wir Unterschiede im Zeitpunkt des «flügge Werdens» von fünf häufigen Vogelarten (Singdrossel, Misteldrossel, Buchfink, Tannenmeise, Alpenmeise) entlang eines Höhengradienten. Wir schätzten den Zeitpunkt des Ausfliegens aus einem landesweiten Datensatz (zur Verfügung gestellt von der Vogelwarte: ornitho.ch, BDM, MHB) und konnten so den durchschnittlichen Zeitpunkt der Bruten über einen weiten geografischen Bereich und über viele Jahre hinweg schätzen, ohne nach einzelnen Nestern suchen zu müssen. Anschließend verglichen wir die Unterschiede im Zeitpunkt der Bruten mit den klimatischen Bedingungen und dem Lärchenaustrieb in verschiedenen Höhenlagen.

Die mittlere Tagestemperatur von 10-15 °C wurde auf 2200 m etwa 34-38 Tage später erreicht als auf 1500 m, was einer ähnlichen Verzögerung entspricht, wie sie in früheren Berichten über den Zeitpunkt der Schneeschmelze festgestellt wurde (Schano et al. 2021). Die durchschnittliche Verzögerung des Lärchenaustriebs betrug 19,2 Tage auf 2200 m im Vergleich

zu 1500 m. Im Vergleich dazu war der durchschnittliche Zeitpunkt der Vogelbruten bei Tannenmeisen nur 5,4 Tage später und bei Alpenmeisen 0,5 Tage später auf 2200 m im Vergleich zu 1500 m (die beiden Arten, für welche die klarsten Ergebnisse ermittelt werden konnten; Abbildung 3).

Anstatt den Bruttermin zu verschieben, um später in der Saison bessere Umweltbedingungen vorzufinden, die den früheren Bedingungen in niedrigeren Lagen entsprechen würden, mussten Singvögel, die in höheren Lagen brüten, also möglicherweise Anpassungen entwickeln, um mit den rauerer Bedingungen zurechtzukommen.

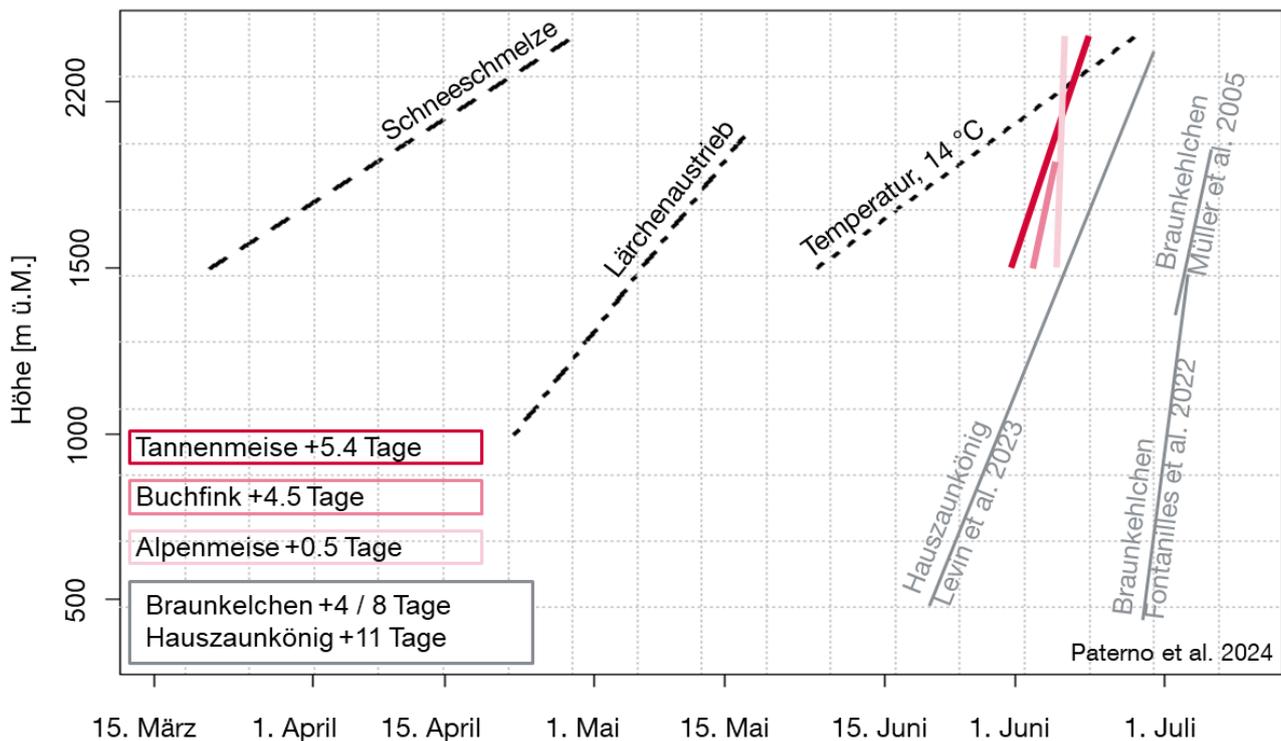


Abbildung 3 Farbige Linien zeigen das mittlere Datum des «flügge Werdens» von Tannenmeise, Alpenmeise und Buchfink. Die gepunkteten Linien zeigen das Datum der Schneeschmelze (basierend auf Daten von Schano et al., 2021); das Datum wann eine mittlere Temperatur von 14 °C überschritten wurde; und den Zeitpunkt des Lärchenaustriebs. Die grauen Linien zeigen das mittlere Ausflugsdatum von zwei anderen Singvogelarten basierend auf Daten aus der Literatur (Altamirano et al., 2015; Fontanilles, 2022; Levin et al., 2023; Müller et al., 2005).

Paterno J, Korner-Nievergelt F, Gubler S, Anderwald P, Amrhein V (2024): Alpine songbirds at higher elevations are only raised with a slight delay and therefore under harsher environmental conditions. *Ecology and Evolution*: 14(7). <https://doi.org/10.1002/ece3.70049>

### Weitere Erkenntnisse

Ein weiterer Teilbereich konzentrierte sich auf die Berechnung von Akustischen Indizes, um Aussagen über Artenreichtum, -diversität und -zusammensetzung von Vogelmenschen treffen zu können. Akustische Indizes wurden bereits in früheren Studien (z.B.: Bradfer-Lawrence et al., 2020; Budka et al., 2023; Depraetere et al., 2012; Sueur et al., 2014) als Proxy für Artenreichtum, -diversität und -zusammensetzung genutzt, in unserer Studie stellte sich

jedoch heraus, dass es keinerlei Korrelation zwischen der manuell ermittelten Artenzahl und verschiedenen Akustischen Indizes gab. Daraus lässt sich schliessen, dass die Akustischen Indizes für unser Gebiet und unsere Fragestellung ungeeignet sind, weshalb wir uns gegen die Verwendung von Akustischen Indizes entschieden.

## Fazit

Das vorliegende Projekt untersucht den Einfluss von physikalischen Umweltvariablen auf das Verhalten von Bergwaldvögeln. Die einzigartige Situation eines streng geschützten Gebiets (SNP), gestört durch eine kantonale Strasse erlaubte uns die Auswirkungen von menschlichem Lärm auf Singvögel in einem alpinen naturnahen Gebiet zu untersuchen.

Wir fanden Veränderungen im Gesangsverhalten aller sechs untersuchten Vogelarten in Abhängigkeit der verschiedenen Umweltvariablen. Weiters scheinen Bergwaldvögel verschiedene Strategien entwickelt zu haben, um mit den härteren Bedingungen in höheren Lagen umgehen zu können. Schlussendlich können wir sagen, dass menschliche Faktoren wie beispielsweise Strassenlärm Singvögel auch in einem komplett geschützten Gebiet, wie dem SNP beeinflussen können.

## Literatur

- Altamirano, Tomás A., José Tomás Ibarra, Mariano De La Maza, Sergio A. Navarrete, and Cristián Bonacic. 2015. "Reproductive Life-History Variation in a Secondary Cavity-Nester across an Elevational Gradient in Andean Temperate Ecosystems." *Auk* 132(4):826–35. doi: 10.1642/AUK-15-28.1.
- Amrhein, Valentin, and Sander Greenland. 2022. "Discuss Practical Importance of Results Based on Interval Estimates and P-Value Functions, Not Only on Point Estimates and Null p-Values." *Journal of Information Technology* 37(3):316–20. doi: 10.1177/02683962221105904.
- Bradfer-Lawrence, Tom, Nils Bunnefeld, Nick Gardner, Stephen G. Willis, and Daisy H. Dent. 2020. "Rapid Assessment of Avian Species Richness and Abundance Using Acoustic Indices." *Ecological Indicators* 115:106400. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106400.
- Budka, Michał, Emilia Sokołowska, Adrianna Muszyńska, and Agata Staniewicz. 2023. "Acoustic Indices Estimate Breeding Bird Species Richness with Daily and Seasonally Variable Effectiveness in Lowland Temperate Białowieża Forest." *Ecological Indicators* 148. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.110027.
- Van Buskirk, J. 1997. "Independent Evolution of Song Structure and Note Structure in American Wood Warblers." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 264:755–61. doi: 10.1098/rspb.1997.0107.
- Depraetere, Marion, Sandrine Pavoine, Frédéric Jiguet, Amandine Gasc, Stéphanie Duvail, and Jérôme Sueur. 2012. "Monitoring Animal Diversity Using Acoustic Indices: Implementation in a Temperate Woodland." *Ecological Indicators* 13:46–54. doi: 10.1016/j.ecolind.2011.05.006.
- Fontanilles, Philippe. 2022. "Abundance, Reproduction and Habitat of the Whinchat *Saxicola Rubetra* in the Pyrenees: Compatibility with Mowing and Grazing Practices."

*Alauda* 90:215–32.

- Henn, Hermann, Gh Reza Sinambari, and Manfred Fallen. 2005. Ingenieurakustik Physikalische Grundlagen Und Anwendungsbeispiele.
- Levin, Rachel N., Stephanie M. Correa, Kate A. Freund, and Matthew J. Fuxjager. 2023. “Latitudinal and Elevational Variation in the Reproductive Biology of House Wrens, *Troglodytes Aedon*.” *Ecology and Evolution* 13:1–15. doi: 10.1002/ece3.10476.
- Müller, Mathis, Reto Spaar, Luc Schifferli, and Lukas Jenni. 2005. “Effects of Changes in Farming of Subalpine Meadows on a Grassland Bird, the Whinchat (*Saxicola Rubetra*).” *Journal of Ornithology* 146:14–23. doi: 10.1007/s10336-004-0059-0.
- Nemeth, Erwin, Nadia Pieretti, Sue Anne Zollinger, Nicole Geberzahn, Jesko Partecke, Ana Catarina Mirand, and Henrik Brumm. 2013. “Bird Song and Anthropogenic Noise: Vocal Constraints May Explain Why Birds Sing Higher-Frequency Songs in Cities.” *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280:1–7. doi: 10.1098/rspb.2012.2798.
- Schano, Christian, Carole Niffenegger, Tobias Jonas, and Fränzi Korner-Nievergelt. 2021. “Hatching Phenology Is Lagging behind an Advancing Snowmelt Pattern in a High-Alpine Bird.” *Scientific Reports* 11:22191. doi: 10.1038/s41598-021-01497-8.
- Seddon, Nathalie. 2005. “Ecological Adaptation and Species Recognition Drives Vocal Evolution in Neotropical Suboscine Birds.” *Evolution* 59:200–215. doi: 10.1111/j.0014-3820.2005.tb00906.x.
- Slabbekoorn, H. 2004. *Singing in the Wild: The Ecology of Birdsong*. edited by Academic Press. San Diego.
- Slabbekoorn, Hans, and Margriet Peet. 2003. “Birds Sing at a Higher Pitch in Urban Noise.” *Nature* 424:267. doi: 10.1038/424267a.
- Sueur, Jérôme, Almo Farina, Amandine Gasc, Nadia Pieretti, and Sandrine Pavoine. 2014. “Acoustic Indices for Biodiversity Assessment and Landscape Investigation.” *Acta Acustica United with Acustica* 100:772–81. doi: 10.3813/AAA.918757.
- Villain, Avelyne S., Marie S. A. Fernandez, Colette Bouchut, Hédi A. Soula, and Clémentine Vignal. 2016. “Songbird Mates Change Their Call Structure and Intrapair Communication at the Nest in Response to Environmental Noise.” *Animal Behaviour* 116:113–29. doi: 10.1016/j.anbehav.2016.03.009.