

Abschätzung von Brutvogelrevierdichten mithilfe eines bioakustischen Index

Nils Hinze
Kurzbericht Masterarbeit

11.06.2026

1 Einführung

Die Revierkartierung ist die Standardmethode zur Erfassung von Brutvögeln in der ökologischen Planung und in vielen Monitoringprogrammen. Ihre Durchführung erfordert jedoch umfangreiche ornithologische Fachkenntnisse - eine Voraussetzung, die immer schwieriger zu erfüllen ist, da bereits heute der Kartierungsbedarf die Zahl ausgebildeter Feldornitholog*innen übersteigt. Dies könnte langfristig nicht nur zu schlecht informierten Vogelschutzmaßnahmen führen, sondern auch die Nutzung von Vögeln als wichtige Indikatoren für den Zustand von Ökosystemen erschweren.

Eine mögliche Lösung ist Passives Akustisches Monitoring (PAM). Dabei zeichnen autonome Aufnahmegeräte Vogelstimmen auf, die anschließend mithilfe moderner Klassifizierungs-Software weitgehend automatisiert ausgewertet werden können. Dadurch lassen sich große Flächen und lange Zeiträume mit deutlich geringerem Personalaufwand untersuchen.

Während PAM bereits erfolgreich zum Nachweisen von Arten eingesetzt wird, bleibt die zuverlässige Schätzung von Abundanz eine Herausforderung. Die folgenden zwei Forschungsansätze existieren:

1. Akustische Individualerkennung (AIID), bei der einzelne Individuen anhand ihrer Stimmen unterschieden werden. Dieser Ansatz gilt als vielversprechend, ist derzeit jedoch aufgrund des hohen Bedarfs an Trainingsdaten noch nicht breit anwendbar.

2. Indirekte Abundanzabschätzung, entweder durch Lokalisierung von Individuen mittels mehrerer Aufnahmegeräte oder durch bioakustische Indizes, die den Zusammenhang zwischen Rufaktivität und Abundanz nutzen.

Lokalisierungsverfahren liefern zwar präzisere Ergebnisse, erfordern jedoch mehrere synchronisierte Aufnahmegeräte pro Untersuchungsfläche und

verursachen dadurch hohe Kosten und einen hohen Installationsaufwand. Es existieren daher auch einfachere Ansätze auf Basis bioakustischer Indizes. Diese beruhen auf der Annahme, dass die Häufigkeit von Lautäußerungen mit der Anzahl der Individuen korreliert. Zahlreiche Studien konnten solche Zusammenhänge bereits zeigen.

Bisher wurden bioakustische Indizes meist mit Bestandsdaten aus Punkt- oder Transekterfassungen kalibriert. Die in der Praxis weit verbreitete Revierkartierung wurde dagegen kaum berücksichtigt. Nach meiner Kenntnis existiert bislang keine Studie, die bioakustische Indizes mit Revierkartierungen für in mittleren bis hohen Dichten brütende Vogelarten verknüpft.

Ein weiteres Problem einiger früherer Studien besteht darin, dass die angewandte Methodik zur Validierung von Klassifizierungsergebnissen auf einem falschen Verständnis der von der entsprechenden Software ausgegebenen Konfidenzwerte beruht. Dies kann zu verzerrten Ergebnissen und einer eingeschränkten Übertragbarkeit auf andere Studiengebiete führen.

Die vorliegende Arbeit entwickelt daher einen Ansatz zur Abundanzabschätzung, der den etablierten bioakustischen Index "Detection Rate" mit Abundanzwerten aus Revierkartierungen kalibriert. Der Ansatz beruht auf einer etablierten artspezifischen Methode zur Validierung von Klassifizierungsergebnissen.

Ziel war es, mithilfe der Detection Rate die räumliche Verteilung von Revieren abzubilden und Revierdichten vorherzusagen.

Untersucht wurden verschiedene Singvogelarten in einem artenreichen, heterogenen Lebensraum. Die Arten unterschieden sich hinsichtlich Abundanz, Territorialität und Reviergröße, wodurch die allgemeine Anwendbarkeit des Ansatzes getestet werden konnte.

Zusätzlich wurde die Anzahl der durch PAM bzw. Revierkartierung erfassten Arten verglichen. Aufgrund der höheren zeitlichen und räumlichen Erfassungsintensität wurde erwartet, dass PAM mehr Arten nachweist als die traditionelle Revierkartierung.

2 Methoden

Für den bioakustischen Ansatz zur Abundanzabschätzung platzierte ich 28 AudioMoth-Aufnahmegeräte in einem vogelreichen, heterogenen halboffenen Lebensraumkomplex. Während der Hauptbrutzeit zeichnete ich über einen Zeitraum von sechs Wochen Vogelstimmen auf und führte parallel dazu traditionelle Revierkartierungen durch, die später zur Kalibrierung der bioakustischen Daten diente.

Anschließend nutzte ich BirdNET, den derzeitigen Standard in der automatisierten Vogelstimmenklassifikation, um die aufgezeichneten Vokalisationen den jeweiligen Arten zuzuordnen. Auf Grundlage dieser ersten Klassifikation validierte ich die Artbestimmungen, ermittelte die lokale Artenvielfalt und verglich sie mit der Anzahl der Arten, die durch die Revierkartierungen nachgewiesen wurden.

Aus den identifizierten Arten wählte ich zehn Singvogelarten aus, die während des Aufnahmezeitraums eine ausreichend hohe Rufaktivität zeigten. Für diese Arten bestimmte ich mithilfe logistischer Regressionsmodelle art-spezifische Schwellenwerte für die BirdNET-Konfidenzwerte. Anschließend prüfte ich die Eignung meines Ansatzes zur Abschätzung der räumlichen Revierverteilung und der Revierrichte, indem ich die Detection Rate mit den durch die traditionelle Revierkartierung ermittelten Abundanz- bzw. Revierrichteschätzungen in Beziehung setzte.

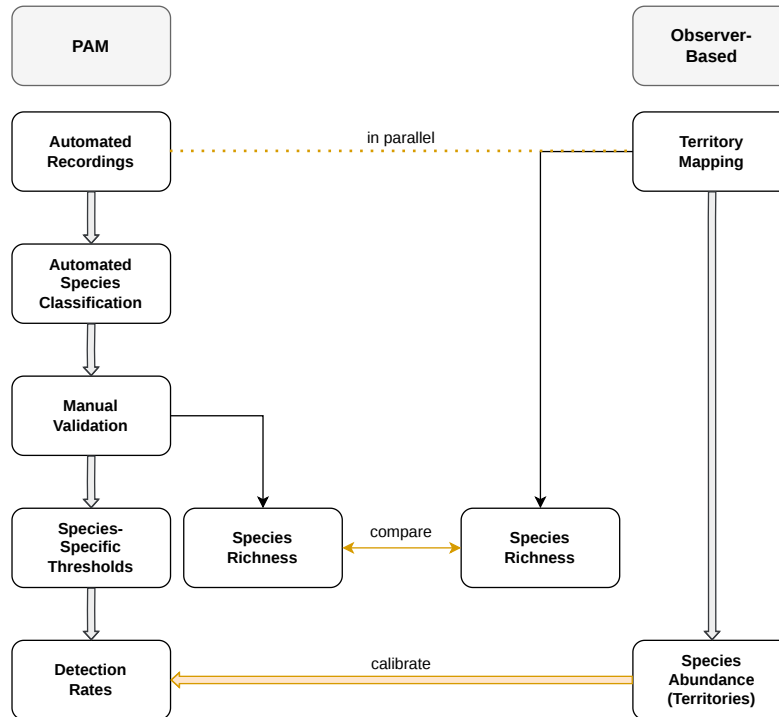


Figure 1: Workflow.

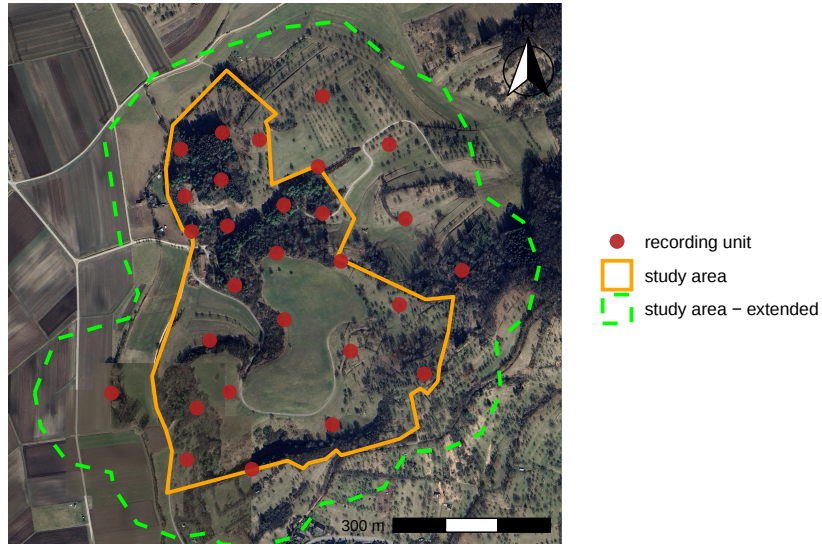


Figure 2: Studiengebiet mit den Positionen der 28 Aufnahmegeräte.

3 Ergebnisse

3.1 Artenzahl

Nach der Validierung der jeweils zehn höchsten BirdNET-Vorhersagen pro Art verglich ich die Anzahl der durch PAM und Revierkartierung nachgewiesenen Arten. Insgesamt wurden 86 Vogelarten erfasst. Davon wurden 84 Arten (97,7 %) durch die PAM-Analyse und 63 Arten (73,3 %) durch die Revierkartierung nachgewiesen.

23 Arten (26,7 %) wurden ausschließlich durch PAM erfasst, während lediglich zwei Arten (2,3 %) ausschließlich durch die Revierkartierung detektiert wurden.

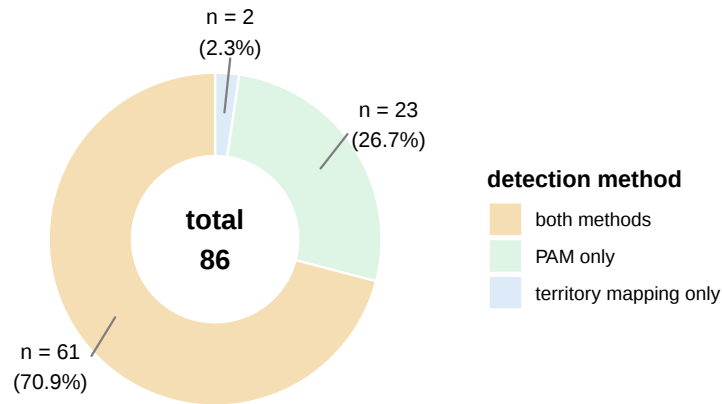


Figure 3: Artenzahl nach Erfassungsmethode.

3.2 Abundanzen

3.2.1 Räumliche Revierverteilung

Um zu prüfen, ob die räumliche Variation der Detection Rate die räumliche Verteilung von Revieren abbilden kann, erstellte ich Karten, die Detection Rates und Revierzentren gegenüberstellen (Figure 4).

Wie erwartet nahm die Übereinstimmung zwischen Detection Rate und Revierzentren mit zunehmender Häufigkeit der jeweiligen Art ab. Während lokal häufige Arten wie Mönchsgrasmücke, Gartengrasmücke und Sumpfmelisse durch die Detection Rate nur unzureichend repräsentiert wurden, zeigte sich für die meisten lokal seltenen Arten eine gute Übereinstimmung. Dazu gehörten Halsbandschnäpper, Stieglitz und insbesondere Gartenbaumläufer.

Eine Ausnahme stellte der Star dar. Trotz seiner geringen Revierzahl zeigte diese Art eine geringe Übereinstimmung zwischen beiden Methoden.

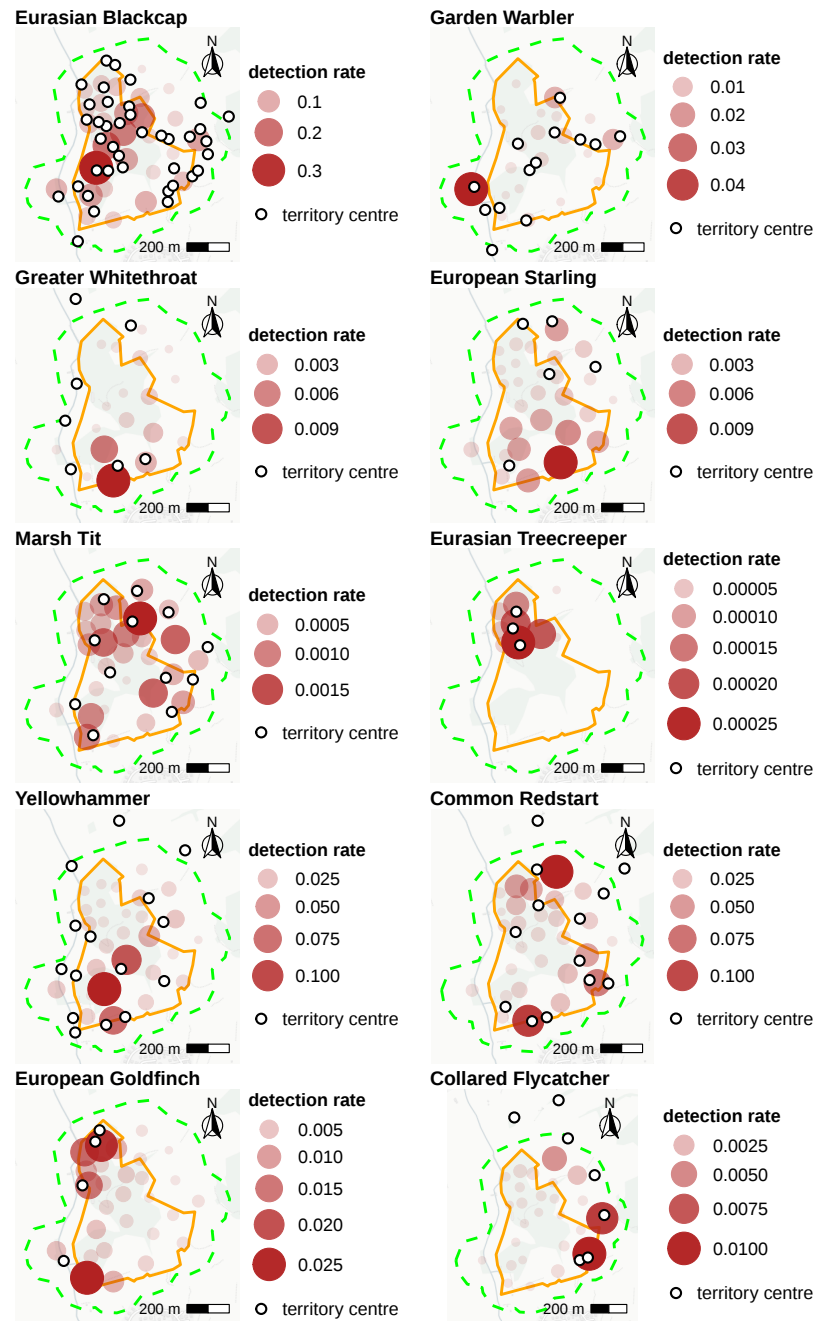


Figure 4: Detection Rates pro Art und Aufnahmegerät verglichen mit der in der Revierkartierung ermittelten Verteilung der Revierzentren.

3.2.2 Revierdichte

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Detection Rate und Abundanz wendete ich artspezifische Generalisierte Additive Modelle (GAMs) an. Dabei wurden sowohl die Revierdichte (Territory Spatial Intensity, TSI) als auch die rohe Anzahl der Detektionen (n records) in Abhängigkeit von der Detection Rate modelliert.

Für die Mehrheit der untersuchten Arten war der Glättungsterm (smooth term) der Detection Rate statistisch signifikant. Die Modelle erklärten dabei einen beträchtlichen Anteil der Abweichung mit Werten zwischen 31,3 % und 91,8 %.

Die Form der Beziehungen unterschied sich je nach Art und abhängiger Variable deutlich und war überwiegend nicht-linear. Am häufigsten traten unimodale oder asymptotische Zusammenhänge auf. Entgegen meiner Erwartung wurden positive lineare Zusammenhänge nur für Mönchsgrasmücke und Sumpfmöwe in den TSI-Modellen sowie für Dorngrasmücke, Gartenbaumläufer und Stieglitz in den Modellen mit der rohen Detektionszahl vorhergesagt.

Für den Gartenbaumläufer und den Stieglitz konnte in den jeweiligen Modellen kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Beim Halsbandschnäpper scheiterte das Modell auf Basis der rohen Detektionszahl.

Die Vorhersageunsicherheit war nur bei den Arten und Modellen mit linearem Zusammenhang vergleichsweise gering, was sich in engen Konfidenzintervallen widerspiegelte. Für die meisten anderen Arten war die Unsicherheit hingegen hoch. Besonders deutlich zeigte sich dies bei hohen Detection Rates für Arten wie Gartengrasmücke, Dorngrasmücke und Gartenrotschwanz, bei denen die Verteilung der Detection Rate stark rechtsschief war.

Bei den meisten Arten unterschied sich die funktionale Form des Zusammenhangs zwischen den beiden Modelltypen (TSI und rohe Detektionszahl), ohne dass dabei ein systematisches Muster erkennbar war.

Neben der Detection Rate wurden zwei weitere Kovariablen in die Modelle aufgenommen: Ein Glättungsterm für die gesamte Aufnahmedauer pro Aufnahmegerät sowie ein räumlicher Glättungsterm, der räumliche Strukturen berücksichtigt.

Der Glättungsterm für die Aufnahmedauer war in nahezu allen Fällen nicht signifikant. Dies deutet darauf hin, dass Unterschiede in der Gesamtaufnahmezeit zwischen den einzelnen Aufnahmegeräten die Modellergebnisse kaum beeinflussten.

Der räumliche Glättungsterm war dagegen in der Mehrheit der Modelle signifikant und insbesondere bei Arten mit einer ungleichmäßigen Verbre-

itung innerhalb des Untersuchungsgebiets hochsignifikant. Dies betraf vor allem Arten, bei denen die Beziehung zwischen Detection Rate und Abundanz schwach ausgeprägt war. Für Arten wie Gartenbaumläufer, Halsbandschnäpper und Stieglitz erklärte die räumliche Komponente einen großen Teil der Modellabweichung.

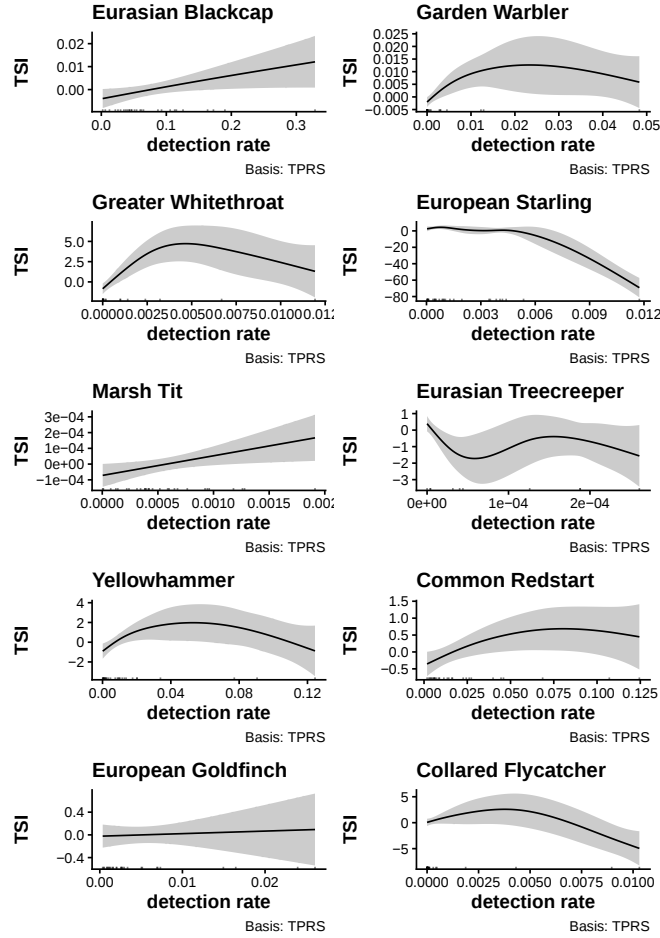


Figure 5: Revierrichte (TSI) in Abhängigkeit von der Detection Rate.

4 Fazit

Meine Studie zeigt, dass ein einfacher bioakustischer Index als Näherungsmaß für die Revierverteilung und Revierdichte von Singvögeln dienen kann, allerdings nur unter bestimmten einschränkenden Bedingungen.

Im Vergleich zu lokalisierungsbasierten Verfahren erfordert der Ansatz einen deutlich geringeren Ressourcenaufwand und integriert gleichzeitig die in der Praxis weit verbreitete Methode der Revierkartierung. Dadurch ist er besonders attraktiv für den Einsatz in Monitoringprogrammen.

Darüber hinaus hinterfrage ich den häufig angenommenen linearen Zusammenhang zwischen bioakustischen Indizes und Abundanz und plädiere dafür, auch komplexere Zusammenhänge in Betracht zu ziehen, um Vorhersagefehler zu reduzieren und die Genauigkeit von Abundanzabschätzungen zu verbessern.

Zukünftige Forschung sollte (i) untersuchen, ob die Robustheit des Zusammenhangs zwischen Detektionsrate und Revierdichte durch größere Datensätze verbessert werden kann und (ii) darauf abzielen, die Unterscheidung zwischen territorialen und nicht-territorialen Lautäußerungen durch ruftypbasierte Klassifikation zu verbessern.