

Vogeltransekt Ladenburg

Artenverteilung entlang eines kleinräumigen Habitatgradienten – eine ökologisch-ornithologische Auswertung dreier BirdNET-Pi-Monitoringstationen

Untersuchungsgebiet	Ladenburg, Rhein-Neckar-Kreis, Baden-Württemberg
Stationen	Merianweg (Flussaue) · Stahlbühlring (Siedlung) · Bienenstand (Feldflur-Rand)
Erfassungszeitraum	Juni 2023 – April 2026 (je nach Standort)
Datengrundlage	2.088.710 automatisierte Detektionen, 147 Arten (BirdNET-Pi, Confidence $\geq 0,70$)
Berichtsdatum	August 2026
Erstellt mit	Claude (Anthropic), auf Basis bereinigter BirdNET-Pi-Exportdaten

Zusammenfassung

An drei BirdNET-Pi-Monitoringstationen in Ladenburg (Rhein-Neckar-Kreis) wurden zwischen Juni 2023 und April 2026 insgesamt 2.088.710 akustische Vogeldetektionen ausgewertet (147 Arten, Confidence-Schwelle $\geq 0,70$). Die drei Standorte – Merianweg (Flussaue/Altstadt), Stahlbühlring (dichte Wohnbebauung) und Bienenstand (Siedlungsrand/Feldflur) – liegen weniger als 1,3 km auseinander, unterscheiden sich in ihrer unmittelbaren Habitatausstattung jedoch deutlich. Die Artzusammensetzung bildet diesen kleinräumigen Gradienten klar ab: Am Merianweg dominieren parkland-typische Arten (Halsbandsittich, Saatkrähe), am Stahlbühlring reine Gebäudebrüter (Türkentaube, Hausrotschwanz, Mauersegler; zusammen $>30\%$ aller Detektionen), am Bienenstand Offenland- und Heckenarten (Feldlerche, Jagdfasan, Nachtigall). Die Diversitätsindizes (Shannon H' 2,30–2,79; Pielou J' 0,48–0,57) bestätigen eine geringere Ausgeglichenheit am stark von der Amsel dominierten Stahlbühlring gegenüber den beiden anderen Standorten. Die Befunde unterstreichen, wie stark bereits Distanzen im Sub-Kilometer-Bereich die akustisch erfassbare Vogelmgemeinschaft prägen können, und liefern ein anschauliches Beispiel für kleinräumige Habitatheterogenität in einer historisch gewachsenen Flussauen-Siedlungslandschaft.

1 Einleitung und Fragestellung

Automatisierte akustische Vogelmonitoringsysteme wie BirdNET-Pi haben in den vergangenen Jahren die Möglichkeiten von Citizen-Science-Projekten in der Ornithologie erheblich erweitert. Anders als klassische Revierkartierungen erfassen sie kontinuierlich, saisonunabhängig und ohne Beobachterpräsenz akustische Aktivität und liefern damit einen dichten, wenn auch methodisch anders gearteten Datenstrom (vgl. Abschnitt 5.2 zu methodischen Einschränkungen).

Das BAM Team Ladenburg betreibt seit 2023 mehrere BirdNET-Pi-Stationen im Stadtgebiet von Ladenburg (Rhein-Neckar-Kreis, Baden-Württemberg), das am rechten Ufer des Neckars liegt und dessen Gemarkung zu gut 72 % landwirtschaftlich genutzt wird. Die Stadt liegt im Übergangsbereich zwischen dem Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiet „Unterer Neckar“ im Westen und der offenen Feldflur im Osten – ein kleinräumiger, aber ökologisch bedeutsamer Habitatgradient.

Die vorliegende Auswertung geht der Frage nach, **wie stark sich die akustisch erfassbare Vogelartengemeinschaft dreier Monitoringstationen unterscheidet, die weniger als 1,3 km auseinanderliegen, und ob sich diese Unterschiede plausibel auf die jeweils unmittelbare Habitatausstattung zurückführen lassen**. Im Mittelpunkt stehen dabei die Artzusammensetzung, die Dominanzstruktur, ökologische Gilden sowie ausgewählte Indikatorarten.

2 Untersuchungsgebiet und Methodik

2.1 Die drei Monitoringstationen

Alle drei Stationen befinden sich auf Ladenburger Gemarkung und nutzen dieselbe BirdNET-Pi-Software (identische Analyseparameter, Confidence-Schwelle $\geq 0,70$). Die Hardware unterscheidet sich hingegen leicht: Der Standort Bienenstand läuft auf einem Raspberry Pi 3 Model B+, die Standorte Merianweg und Stahlbühlring auf dem leistungsfähigeren Raspberry Pi 4 Model B. Ein Einfluss der Hardware-Generation auf die Erkennungsleistung selbst ist nicht zu erwarten, da die eigentliche BirdNET-Klassifikation software- und modellseitig identisch abläuft – die neuere Plattform wirkt sich in erster Linie auf Verarbeitungsgeschwindigkeit und Systemstabilität aus. Die Standorte unterscheiden sich damit primär in ihrer unmittelbaren Umgebung, nicht in der Erfassungsmethodik.

Station	Habitatcharakter	Lage	Erfassungszeitraum	Detektionen	Arten
Merianweg	Flussaue / Altstadt	49,47° N · 8,61° O – ca. 430 m zur Neckarwiese	28.01.2025 – 19.04.2026	323.925	108
Stahlbühlring	Dichte Wohnbebauung	49,48° N · 8,62° O – ca. 1,6 km zum Neckar	30.06.2023 – 28.03.2026	750.064	126
Bienenstand	Siedlungsrand / Feldflur	49,4747° N · 8,6267° O – östlichster Standort	01.01.2024 – 31.12.2025	1.014.721	138

Tab. 1: Übersicht der drei Monitoringstationen. Koordinaten auf 2 Nachkommastellen gerundet (Merianweg, Stahlbühlring) bzw. wie durch den Betreiber angegeben (Bienenstand).

2.2 Datenerhebung

Die Detektionen wurden mit BirdNET-Pi erzeugt, das Umgebungsaudio kontinuierlich in 3-Sekunden-Fenstern auf Vogellaute klassifiziert. Für die vorliegende Auswertung wurden ausschließlich Detektionen mit einer KI-Konfidenz $\geq 0,70$ berücksichtigt – der am Standort Bienenstand standardmäßig verwendete Schwellenwert, der auch auf die beiden anderen Stationen angewendet wurde. An allen drei Stationen kam durchgehend dasselbe Klassifikationsmodell zum Einsatz (BirdNET_GLOBAL_6K_V2.4_Model_FP16, 2023). Relevante Felder je Datensatz: Datum, Uhrzeit, wissenschaftlicher und deutscher Artname sowie Konfidenzwert.

2.3 Datenaufbereitung

Vor der Analyse wurden die Rohdaten bereinigt: Bei zwei Stationen (Merianweg, Stahlbühlring) lag der CSV-Inhalt fälschlich vollständig in einer einzigen Tabellenspalte vor und musste zunächst korrekt in Einzelfelder zerlegt werden. In denselben beiden Datensätzen waren deutsche Artnamen mit Umlauten durch eine fehlerhafte Zeichenkodierung entstellt (z. B. „Türkentaube“ statt „Türkentaube“) und wurden korrigiert. Ferner wurden vollständig leere Zeilen (Bienenstand: 4 Zeilen) sowie exakte Duplikate (Stahlbühlring: 12 Zeilen) entfernt. Die bereinigten Datensätze bilden die Grundlage aller nachfolgenden Auswertungen.

2.4 Analysemethoden

Ökologische Gilden: Arten wurden anhand ihrer bekannten Habitatpräferenz fünf Gilden zugeordnet (Offenland/Feldflur, Siedlung/Gebäudebrüter, Parkland/Altbaum, Wald/Gehölz, Wasser/Aue); die verbleibenden, ökologisch breit verbreiteten Arten (z. B. Amsel, Kohlmeise, Elster) wurden nicht gildenspezifisch gewertet, da sie an allen Habitattypen häufig sind.

Diversitätsindizes: Für jeden Standort wurden der Shannon-Wiener-Index (H'), der Pielou-Evenness-Index ($J' = H' / \ln S$) sowie der Berger-Parker-Dominanzindex (Anteil der häufigsten Art) berechnet. Diese Kennzahlen basieren auf Detektionshäufigkeiten, nicht auf Bestandsschätzungen (vgl. 5.2).

3 Ergebnisse

3.1 Artzusammensetzung und Dominanzstruktur

Tab. 2 zeigt die jeweils zehn häufigsten Arten je Standort. Nur vier Arten – Amsel, Elster, Ringeltaube sowie Kohlmeise/Blaumeise – erreichen an allen drei Stationen einen Platz unter den Top 10; alle übrigen dominanten Arten sind stark standortspezifisch.

Rang	Merianweg	Stahlbühlring	Bienenstand
1	Amsel (18,1%)	Amsel (34,8%)	Nachtigall (20,3%)
2	Ringeltaube (17,8%)	Türkentaube (18,7%)	Elster (11,9%)
3	Halsbandsittich (14,0%)	Elster (11,7%)	Kohlmeise (11,1%)
4	Grünfink (6,4%)	Hausrotschwanz (6,9%)	Amsel (8,9%)
5	Haussperling (5,5%)	Haussperling (4,0%)	Blaumeise (7,4%)
6	Mönchsgrasmücke (5,5%)	Kohlmeise (3,4%)	Ringeltaube (6,1%)
7	Stieglitz (5,2%)	Rotkehlchen (2,3%)	Rotkehlchen (5,9%)
8	Blaumeise (5,0%)	Ringeltaube (2,3%)	Zilpzalp (5,2%)
9	Saatkrähe (4,4%)	Blaumeise (2,2%)	Mönchsgrasmücke (3,3%)
10	Kohlmeise (3,7%)	Nachtigall (2,2%)	Gartenrotschwanz (3,2%)

Tab. 2: Die zehn häufigsten Arten je Standort mit Anteil an allen Detektionen des jeweiligen Standorts. Bienenstand: Mittelwert der Jahre 2024 und 2025.

3.2 Diversitätsindizes

Trotz vergleichbarer Artenzahlen (108–138 Arten je Standort) unterscheiden sich die Standorte deutlich in ihrer Dominanzstruktur. Der Stahlbühlring weist mit einem Berger-Parker-Index von 34,8 % (Amsel) und der niedrigsten Evenness ($J' = 0,48$) die am stärksten von einer einzelnen Art dominierte Gemeinschaft auf. Bienenstand erreicht trotz der ausgeprägten Nachtigall-Dominanz (20,3 %) den höchsten Shannon-Index ($H' = 2,79$), was auf die im Vergleich gleichmäßigere Verteilung der übrigen 137 Arten zurückzuführen ist.

Index	Merianweg	Stahlbühlring	Bienenstand	Interpretation
Artenzahl S	108	126	138	Höher = artenreicher
Shannon H'	2,61	2,30	2,79	Höher = diverser
Pielou J'	0,56	0,48	0,57	Höher = ausgeglichener
Berger-Parker (%)	18,1	34,8	20,3	Höher = dominanter
Simpson (1–D)	0,90	0,82	0,91	Höher = diverser

Tab. 3: Diversitätskennzahlen je Standort, berechnet aus Detektionshäufigkeiten.

3.3 Ökologische Gilden im Vergleich

Die überwiegende Mehrheit der Detektionen entfällt an allen drei Standorten auf ubiquitäre Garten- und Waldrand-Generalisten. Die vergleichsweise kleinen, standortspezifischen Gildenanteile zeichnen jedoch ein klares Bild des jeweiligen Habitatcharakters (Tab. 4).

Ökologische Gilde	Merianweg	Stahlbühlring	Bienenstand
Offenland / Feldflur	0,00%	0,06%	3,59%
Siedlung / Gebäudebrüter	8,06%	30,87%	1,49%
Parkland / Altbaum	18,34%	1,59%	0,88%
Wald / Gehölz	2,08%	1,09%	1,85%
Wasser / Aue	0,23%	0,85%	0,38%

Tab. 4: Anteil der Detektionen je ökologischer Gilde und Standort. Rest zu 100% entfällt auf breit verbreitete Generalisten.

3.4 Standortspezifische Indikatorarten

Mehrere Arten treten praktisch ausschließlich an einer der drei Stationen in nennenswerter Zahl auf und eignen sich damit als Indikatoren für den jeweiligen Habitattyp (Tab. 5).

Art	Gilde	Merianweg	Stahlbühlring	Bienenstand
Feldlerche	Offenland	0,00%	0,00%	3,59%*
Jagdfasan	Offenland	0,00%	0,05%	2,20–2,47%
Nachtigall	Hecke/Aue	0,00%	2,18%	9,9–30,0%
Türkentaube	Siedlung	2,07%	18,65%	0,35–0,43%
Hausrotschwanz	Siedlung	0,06%	6,87%	0,02%
Mauersegler	Siedlung	0,22%	1,05%	0,09%
Halsbandsittich	Parkland	14,00%	0,05%	0,03–0,06%
Saatkrähe	Parkland	4,35%	1,54%	0,52–1,16%
Bachstelze	Wasser/Aue	0,02%	0,72%	0,14%
Graureiher	Wasser/Aue	0,12%	0,07%	0,08–0,13%

Tab. 5: Indikatorarten im direkten Vergleich. * Bienenstand: Mittelwert 2024/2025 (2,20% bzw. 0,12% – starker Jahreseffekt bei der Feldlerche).

3.5 Standorttreue und seltene Gäste

Von insgesamt 147 im gesamten Datensatz nachgewiesenen Arten wurden 99 (67 %) an allen drei Standorten registriert. Die verbleibenden Arten traten jeweils nur an einer Station auf: 4 ausschließlich am Merianweg (Fischadler, Flussseseschwalbe, Mittelmeermöwe, Seidensänger), 3 ausschließlich am Stahlbühlring (Grauspecht, Schwarzkehlchen, Wachtel) und 14 ausschließlich am Bienenstand (u. a. Gänsesäger, Kormoran, Merlin, Nachtreiher, Ringdrossel, Seidenreiher, Silbermöwe). Der deutlich höhere Anteil standortexklusiver Arten am Bienenstand ist wahrscheinlich zumindest teilweise ein Erfassungsartefakt: Diese Station deckt mit exakt zwei vollen Kalenderjahren den längsten geschlossenen Erfassungszeitraum ab und erfasst dadurch mehr seltene Durchzügler und Wintergäste als die kürzer bzw. mit Lücken laufenden Stationen Merianweg (15 Monate) und Stahlbühlring (knapp 33 Monate, aber mit geringerer Ereignisdichte je Zeiteinheit).

3.6 Naturschutzfachliche Einordnung

Mehrere der regelmäßig detektierten Arten zählen bundesweit und in Baden-Württemberg zu den rückläufigen Brutvogelarten der Agrarlandschaft. Nach der Roten Liste der Brutvögel Baden-Württembergs (LUBW, 7. Fassung 2020) gilt mehr als die Hälfte der rund 200 regelmäßigen Brutvogelarten des Landes als in ihrem Bestand gefährdet oder bereits ausgestorben/verschollen. Arten wie **Feldlerche**, **Kiebitz**, **Bekassine** und **Wiesenpieper** – allesamt Charakterarten der offenen Agrarlandschaft – gehören bundesweit und landesweit zu den am stärksten gefährdeten Gruppen. Dass die Feldlerche im vorliegenden Datensatz ausschließlich am Bienenstand in nennenswerter Zahl auftritt, unterstreicht den naturschutzfachlichen Wert des dortigen Feldflur-Anschlusses. Für eine belastbare, artscharfe Gefährdungseinstufung sollte die aktuelle LUBW-Liste konsultiert werden; die vorliegende Auswertung kann diese Einordnung nur kontextualisieren, nicht ersetzen.

3.7 KI-Erkennungsqualität

Die mittlere Konfidenz aller berücksichtigten Detektionen ($\geq 0,70$) betrug 0,846 (Merianweg), 0,848 (Stahlbühlring) und 0,859 (Bienenstand). An allen drei Stationen kam durchgehend dasselbe KI-Modell zum Einsatz (BirdNET_GLOBAL_6K_V2.4_Model_FP16, 2023); ein Versionswechsel fand im gesamten Erfassungszeitraum nicht statt. Die am Bienenstand beobachtete Zunahme der mittleren Konfidenz von 0,852 (2024) auf 0,867 (2025) ist folglich nicht auf ein Modell-Update zurückzuführen, sondern dürfte eher jahresbedingte Unterschiede in der Artzusammensetzung oder in den lokalen Aufnahmebedingungen widerspiegeln.

4 Diskussion

4.1 Der Habitatgradient: drei Nachbarschaften, drei Vogelwelten

Merianweg – die Flussauen-Handschrift. Der Halsbandsittich (*Psittacula krameri*), ein wärmeliebendes Neozoon, das sich in Flussauen mit altem, höhlenreichem Baumbestand etabliert, stellt hier 14,0 % aller Detektionen. Zusammen mit einer überdurchschnittlichen Saatkrähen-Population (kolonial brütende Kronenbewohner, die große Altbäume benötigen) sowie erhöhten Werten bei Gartenbaumläufer und Buntspecht ergibt sich das Bild einer parkartigen Auenlandschaft mit strukturreichem Baumbestand. Bemerkenswert ist das völlige Fehlen von Feldlerche und Jagdfasan – die offene Feldflur ist von hier schlicht zu weit entfernt.

Stahlbühlring – reine Siedlungs-Avifauna. Hier dominieren mit großem Abstand klassische Gebäudebrüter: Türkentaube (18,7 %), Hausrotschwanz (6,9 %, der typische „Kunstfelsbrüter“ an Hausfassaden), Haussperling und Mauersegler. Zusammen machen reine Siedlungsarten fast ein Drittel aller Detektionen aus – mit Abstand der höchste Wert aller drei Standorte. Wald-, Wasser- und Feldarten treten kaum in Erscheinung. Dies ist ein Musterbeispiel dafür, wie stark unmittelbare Bebauungsdichte die akustische Vogelgemeinschaft prägt, selbst wenn Fluss und offene Landschaft nur wenige hundert Meter entfernt liegen.

Bienenstand – am Rand der Feldflur. Feldlerche und Jagdfasan treten praktisch ausschließlich hier auf und erreichen zusammen über 4 % aller Detektionen (2024 sogar 4,4 %) – ein eindeutiges Signal für angrenzendes Ackerland, wie es rund 72 % der Ladenburger Gemarkung ausmacht. Die Feldlerche als bodenbrütender Offenland-Spezialist und der Jagdfasan als klassischer Niederwildvogel kommen an den beiden anderen Standorten praktisch nicht vor. Dazu kommt die mit Abstand höchste Nachtigall-Dichte (20,3 % über beide Jahre, 2025 sogar 30 %) – passend zu dichten Hecken- und Gebüschsäumen, wie sie Feldraine typischerweise begleiten. Insgesamt ergibt sich die „ländlichste“ Artengemeinschaft aller drei Stationen.

4.2 Methodische Einschränkungen

- **Detektion ≠ Individuum:** Eine hohe Rufaktivität (z. B. der territorial durchgehend singenden Nachtigall) erzeugt viele Einzeldetektionen pro Individuum. Hohe Detektionszahlen spiegeln daher primär akustische Aktivität, nicht direkt die Anzahl anwesender Vögel wider.
- **Unterschiedliche Erfassungszeiträume:** Die drei Stationen decken unterschiedlich lange und zeitlich versetzte Zeitfenster ab (15–33 Monate). Dies beeinflusst insbesondere die Wahrscheinlichkeit, seltene Durchzügler oder Wintergäste zu erfassen, und schränkt die direkte Vergleichbarkeit der Gesamtartenzahlen leicht ein.
- **Artspezifische Rufcharakteristik:** Laute, häufig und ausdauernd singende Arten (Amsel, Nachtigall, Elster) werden systematisch häufiger erfasst als leise oder selten rufende Arten. Dominanzwerte sind daher nicht direkt mit relativer Bestandsdichte gleichzusetzen.
- **Mikrofonstandort und Umgebungslärm:** Sensorplatzierung, Gehäuseausrichtung und lokale Umgebungsgeräusche (Verkehr, Nachbarschaft) können die Erkennungsrate unabhängig von der realen Vogeldichte beeinflussen.
- **Verwechslungsgefahr akustisch ähnlicher Arten:** Bei nahe verwandten oder rufähnlichen Arten (z. B. Rabenkrähe/Nebelkrähe, verschiedene Möwenarten) ist trotz Konfidenzschwelle 0,70 mit einem erhöhten Fehlklassifikationsrisiko zu rechnen.
- **Citizen-Science-Charakter:** Es handelt sich nicht um eine systematische Revierkartierung nach etablierten ornithologischen Standards, sondern um passives akustisches Monitoring. Die Ergebnisse sind als Aktivitätsmuster, nicht als Bestandszahlen zu interpretieren.

5 Schlussfolgerung

Die vergleichende Auswertung dreier BirdNET-Pi-Stationen in Ladenburg zeigt eindrücklich, dass bereits Distanzen im Sub-Kilometer-Bereich die akustisch erfassbare Vogelgemeinschaft grundlegend prägen können, wenn sich die unmittelbare Habitatausstattung unterscheidet. Der Übergang von der Neckaraue über die dichte Wohnbebauung bis zur offenen Feldflur bildet sich in Dominanzstruktur, Diversitätskennzahlen und dem Auftreten spezifischer Indikatorarten – allen voran Feldlerche, Halsbandsittich und Türkentaube – annähernd lehrbuchhaft ab. Die Ergebnisse bestätigen den Wert kleinräumiger Multi-Standort-Monitoringansätze für das Verständnis urbaner und stadtnaher Biodiversitätsmuster und liefern eine Ausgangsbasis für zukünftige, länger laufende Vergleichsanalysen – etwa zur Phänologie einzelner Indikatorarten oder zu jahreszeitlichen Aktivitätsmustern je Standort.

Quellen und weiterführende Informationen

- BirdNET-Pi – Open-Source-Software zur automatisierten akustischen Vogelerkennung, basierend auf dem BirdNET-Analyzer-Modell (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics, Cornell Lab of Ornithology).
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg: Rote Liste der Brutvögel Baden-Württembergs, 7. Fassung (2020).
- Regierungspräsidium Karlsruhe: Schutzgebietsverordnungen zum Natur- und Landschaftsschutzgebiet „Unterer Neckar“.
- Wikipedia: Ladenburg – geografische und statistische Grundangaben (Flächennutzung, Lage).

BAM Team Ladenburg · Biodiversität-Analyse & Monitoring · Citizen Science · Analyse & Bericht erstellt mit Claude (Anthropic) · August 2026 · Dieses Projekt dient ausschließlich privaten und wissenschaftlichen Zwecken im Rahmen von Citizen Science. Es besteht keinerlei kommerzielle Nutzung oder wirtschaftliches Interesse.