

## Vogelindikator für die Agrarlandschaft auf der Grundlage der Abundanzen der Brutvogelarten im Kontext zur räumlichen Landschaftsstruktur

Jörg Hoffmann<sup>1</sup>, Joachim Kiesel<sup>2</sup>, Dierk-Dieter Strauß<sup>3</sup>, Jörg-Michael Greef<sup>1</sup> und Karl-Otto Wenkel<sup>2</sup>

### Zusammenfassung

Für die Entwicklung eines Vogelindikators der Agrarlandschaft sollen nachfolgend die Abundanzen und Populationen der Brutvögel in Beziehung zu den relevanten Landschaftstypen Berücksichtigung finden. Zu diesem Zweck wurde unter Nutzung der Methode der Revierkartierung in den Jahren 2005 und 2006 in Deutschland am Beispiel Brandenburgs ein Methodenansatz entwickelt, mit dessen Hilfe Flächeninformationen der gesamten Agrarlandschaft des Landes und repräsentative Abundanzen der darin vorkommenden Brutvogelarten erhalten werden. Ausgehend von einer GIS-gestützten Systematisierung und räumlichen Ausgrenzung der Landschaften des Landes wurde die Agrarlandschaft in ihrer räumlichen Lage definiert und Agrarlandschaftstypen sowie Agrarlandschaftsmosaiktypen ausgewiesen. Darauf basierend wurden innerhalb dieser 65 1 km<sup>2</sup> Untersuchungsflächen zufällig verteilt positioniert.

Im Ergebnis der avifaunistischen Untersuchungen konnten erstmals flächenrepräsentative Abundanzen und Populationsgrößen der verbreiteten Brutvogelarten der Agrarlandschaft Brandenburgs vorgelegt und damit auch frühere Schätzwerte objektiviert werden. Aus festgestellten 112 Brutvogelarten wurden 14 Indikatorarten für die Agrarlandschaft selektiert. Unter Vorgabe von Zielwerten wurden die aktuellen Zielerreichungsgrade der Indikatorarten und aus diesen der Vogelindikator für die Agrarlandschaft errechnet. Er dient der Bewertung der Agrarlandschaft aus der Sicht der Lebensraumeignung für Brutvögel. Der Vogelindikator ermöglicht differenzierte Bewertungen einzelner Agrarlandschaftstypen. Gegenüber indexbasierten Vogelindikatoren erlaubt der entwickelte abundanzbasierte Indikator direkte Rückschlüsse auf Veränderungen der Populationen.

*Schlüsselwörter:* Vogelindikator, Revierkartierung, Landschaftssystematisierung, Brutvögel, Abundanz, Population, Indikatorarten, Agrarlandschaft

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig/Deutschland; Email: joerg.hoffmann@fal.de

<sup>2</sup> Leibnitz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Landschaftssystemanalyse, Eberswalder Chaussee 84, 15374 Müncheberg/Deutschland

<sup>3</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Informations- und Datenzentrum, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig/Deutschland

### Abstract

#### Farmland bird indicator on the basis of abundances of the breeding bird species in context to the spatial landscape structure

Information on the territory density of breeding birds in the context to land use and biotope structures in the various landscapes are of particular value in the evaluation of the habitat conditions. Therefore, for the development of a farmland bird indicator, abundances and populations of breeding birds should be considered. For this purpose, a methodological approach was developed using the territory mapping method to procure information for the agrarian landscape, and representative abundances of the breeding bird species in these areas. Development and testing of the methods was done in Germany in the federal state of Brandenburg (30.000 km<sup>2</sup>) 2005 and 2006. Starting with a GIS supported systematization and spatial marking off of the landscape of the entire country, the agrarian landscape is defined in terms of the spatial location. Within the agrarian landscape, under particular consideration of the agricultural land use as well as the biotope structures, agrarian landscape types and agrarian landscape mosaic types are defined. In the agrarian landscape, then, equipped proportionally to the defined landscape types, 65 1 km<sup>2</sup> study areas were positioned and randomly distributed. On the basis of the abundance data collected over the two study years, as well as the area information drawn from the landscape systematic, the metapopulations of the breeding bird species are assessed. From the total of 112 breeding bird species, 14 representative indicator species for the entire agrarian landscape as well as the subindicators for the agrarian landscape types were selected. Through the use of target values of the indicator species, the current level of goal achievement for each of the species were calculated. From these values the farmland bird indicator was calculated. This serves to evaluate the agrarian landscape overall as well as additionally the individual agrarian landscape types. In contrast to index based bird indicators, this indicator gives a direct feedback to the population changes in the landscapes.

*Keywords:* farmland bird indicator, territory mapping method, landscape systematization, breeding birds, abundance, population, indicator species, landscape

## 1 Einleitung

Für die Bewertung der Biodiversität in landwirtschaftlichen Gebieten wurde von Seitens der EU als „Headline indicator“ Trend der Abundanz und der Verbreitung ausgewählter Vogelarten vorgeschlagen (EEA, 2007). Dieser Indikator soll in die Berichtspflichten zur Situation der biologischen Vielfalt in Deutschland eingehen. Zur Charakterisierung der Lebensraumeignung für Vögel werden als wichtigste Kenngrößen das Artvorkommen sowie Abundanzen der Brutvogelarten (Reviere  $\times 10 \text{ ha}^{-1}$ ), als Maßzahlen der Besiedlungsdichte und gleichzeitig der Habitateignung, verwendet. Anhand der Abundanz, deren Ermittlung über die Methode der Revierkartierung erfolgt, wird die Siedlungsdichte einzelner Brutvogelarten aber auch von Artengemeinschaften in verschiedenen Biotopstrukturkomplexen, Landschaftsteilen oder Landschaften ersichtlich. Bei Kenntnis der räumlichen Beziehung zwischen Abundanz und Landschaft sind Hochrechnungen zur Populationsgröße der Arten möglich, wobei Veränderungen der Vogelpopulationen als sensitive Indikatoren für die Qualität der Lebensraumbedingungen gelten (OECD/OCDE, 1999; Ten Brink, 2000).

Dominierende Landschaftstypen Mitteleuropas sind die in sehr unterschiedlichen Fassetten ausgeprägten Agrarlandschaften. Sie nehmen mit über 50 % der gesamten Fläche den weitaus größten Flächenanteil ein. Innerhalb der Agrarlandschaften stehen das Vorkommen und die Abundanz der Brutvogelarten in enger Beziehung zu den verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungen sowie den darin vorkommenden naturnahen und anthropogenen Lebensräumen.

Für einen nachfolgend zu entwickelnden Vogelindikator\* soll daher die Abundanz im Zusammenhang mit den bestehenden, räumlich und strukturell differenzierten Ausprägungen der Agrarlandschaften als Eingangsparameter Verwendung finden. Auf der Grundlage einer Systematisierung und räumlichen Ausgrenzung der Landschaften, als Basis für den Indikator, soll ein Methodenkonzept für die repräsentative Ermittlung der Abundanzen vorgeschlagen und in einem größeren Gebiet beispielhaft angewandt werden. Basierend auf ermittelten Abundanzen der Brutvogelarten sowie von zugehörigen Landschaftsdaten ist die Selektion von Indikatorvogelarten und sind Hochrechnungen der lokalen Populationen sowie der Metapopulationen der häufigen und der mittelhäufigen Brutvogelarten vorgesehen. Schließlich soll mit Hilfe dieser Ergebnisse ein Vorschlag für einen Vogelindikator der Agrarlandschaft

erarbeitet werden, durch welchen die Agrarlandschaft insgesamt sowie Teilbereiche dieser mit Hauptnutzungen der Landwirtschaft hinsichtlich ihrer Lebensraumqualität für Brutvögel bewertet werden können.

## 2 Methoden

Die Methodenentwicklung und deren Anwendung erfolgten in Deutschland am Beispiel des Bundeslandes Brandenburg. Das Gebiet hat eine Größe von etwa 30.000  $\text{km}^2$ . Mehr als die Hälfte dieser Flächen werden durch landwirtschaftliche Nutzungen dominiert. Das Jahresmittel der Lufttemperatur beträgt ca. 8,5 °C, die Niederschlagssumme ca. 600 mm.

Zur Ermittlung der Abundanz einzelner Vogelarten wurde die Methode der Revierkartierung ausgewählt (Dornbusch et al., 1968; Oelke, 1968; Berthold, 1976). Erhaltene Reviervdaten wurden im Kontext zur Biotopstruktur und Flächennutzung digitalisiert und in einer GIS-gestützten Datenbank abgelegt.

Für repräsentative Abundanzdaten der Mehrzahl der Vogelarten mit Lebensräumen in Agrarlandschaften wird eine Größe der Untersuchungsflächen von etwa 50 bis 150 ha empfohlen (Fischer et al., 2005). Die Geometrie der Flächen sollte möglichst kompakt sein, um Randeffekte zu minimieren. Aus diesen Gründen wurden für die Erhebungen quadratische Flächen von je 100 ha gewählt.

Die Positionierung der Untersuchungsflächen wurde in der Agrarlandschaft zufällig verteilt und stratifiziert vorgenommen. Die Stratifizierung erfolgte entsprechend der Hauptnutzungen der Landwirtschaft. Dementsprechend lassen sich in Brandenburg Gebiete unterscheiden, die entweder durch Ackerbau, durch Grünland, durch Obstanbau oder durch Heiden dominiert werden. Sämtliche Flächen waren in ihrer räumlichen Geometrie vollständig in den einzelnen Straten der Agrarlandschaft zu positionieren, ohne andere zu berühren oder in sie hinein zu reichen. Um Grenzeffekte gering zu halten, wurde ein Mindestabstand der Untersuchungsflächen von 50 m zu anderen Straten vorgegeben. Als statistisches Minimum waren je Stratum mindestens sieben Flächen vorzusehen. Ferner war eine flächenproportionale Anzahl der Untersuchungsflächen anzustreben, um unterschiedliche Größen der Straten dadurch berücksichtigen zu können.

Um die oben aufgeführten Rahmenbedingungen für die Positionierung der Untersuchungsflächen zu gewährleisten, wurden als Vorbedingung eine Systematisierung der Landschaften und deren räumliche Ausgrenzung erforderlich. Das gesamte Gebiet des Landes Brandenburg war zu diesem Zweck, entsprechend der auftretenden Biotope, in räumlich voneinander abgrenzbare Landschaften zu gliedern. Zu diesem Zweck standen Ergebnisse der Biotoptypenkartierung zur Verfügung, die in digitaler Form flächendeckend

\* Die Arbeiten erfolgten im Rahmen des vom BMELV geförderten Projektes „Artenvielfaltsindikator BMELV“ in enger Kooperation von ZALF Münchenberg, Institut für Landschaftssystemanalyse und FAL Braunschweig, Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft.

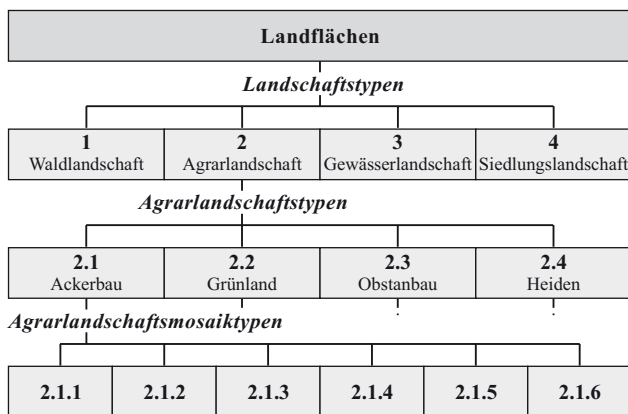


Abbildung 1: Modell der Landschaftssystematisierung als Grundlage für die räumliche Ausgrenzung der Agrarlandschaften

verfügbar waren (LUA, 2001). Für die Systematisierung und räumliche Ausgrenzung der Landschaften wurde ein hierarchischer Gliederungsansatz gewählt (Hoffmann et al., 2004; 2004a). Entsprechend der auftretenden Hauptlebensräume wurden vier Landschaftstypen, die Waldlandschaft (1), die Agrarlandschaft (2), die Gewässerlandschaft (3) und die Siedlungslandschaft (4) unterschieden. Unter Berücksichtigung der Hauptnutzungen in der Landwirtschaft erfolgte eine Untergliederung der Agrarlandschaft in vier Agrarlandschaftstypen. Zu diesen zählen die durch Ackerbau dominierte Agrarlandschaft (2.1) sowie die durch Grünland (2.2), Obstanbau (2.3) und Heiden (2.4) dominierte Agrarlandschaft (Abbildung 1). Die Ermittlung und räumliche Ausgrenzung der Landschaftstypen sowie der Agrarlandschaftstypen erfolgte mit Hilfe einer GIS-gestützten Berechnungsmethode (Kiesel et al., 2006) unter Verwendung der Moving-Windows-Technologie (Silvermann, 1986) nach dem Dominanzprinzip auftretender Lebensräume. Innerhalb der Agrarlandschaftstypen wurde ferner eine räumliche Differenzierung in Agrarlandschaftsmosaiktypen auf der Grundlage von fünf avifaunistisch unterschiedlich bedeutsamen Biotopstrukturgruppen vorgenommen. Schwellwerte für die Ausgrenzung der

Tabelle 1: Biotopstrukturgruppen in den Agrarlandschaftstypen mit verwendeten Schwellwerten (Flächenanteil) zur Ausgrenzung von Agrarlandschaftsmosaiktypen (Priorität von oben nach unten fallend)

Biotopstrukturgruppen in den Agrarlandschaftstypen	Schwellwerte (Flächenanteil)
x.x.1 Gebäude, bauliche Anlagen, Verkehrswege	≥ 8 %
x.x.2 Kleine Stand- und Fließgewässer	≥ 4 %
x.x.3 Moore, Sümpfe	≥ 4 %
x.x.4 Flurgehölze, z. B. Hecken, Feldholzinselfen	≥ 4 %
x.x.5 Graslandflächen in Ackerbaugebieten	≥ 8 %

Agrarlandschaftsmosaiktypen analog der oben beschriebenen Vorgehensweise für die Ermittlung der Agrarlandschaftstypen sind in Tabelle 1 enthalten. Auf diese Weise lassen sich sechs Agrarlandschaftsmosaiktypen ausgrenzen. Zu diesen zählen z. B. in der durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaft die Agrarlandschaftsmosaiktypen 2.1.1 – mit hohem Anteil an Gebäuden, baulichen Anlagen und Verkehrswegen, 2.1.2 – mit hohem Anteil an Stand- und Fließgewässern, 2.1.3 – mit hohem Anteil an Mooren und Sümpfen, 2.1.4 – mit hohem Anteil an Flurgehölzen sowie 2.1.5 – mit hohem Anteil an Graslandflächen (vgl. Abbildung 1). Verbleibende gering strukturierte Landschaftsteile ohne oder mit nur geringer Biotopstruktur sind dem Agrarlandschaftsmosaiktyp 2.1.6 zugehörig. Zu diesem zählen Areale, die über die Nutzflächen hinaus nur wenige naturnahe oder anthropogene Biotopstrukturen aufweisen und als mehr oder weniger ausgeräumt gelten können.

Neben der nach den Hauptnutzungen erfolgten Stratifizierung wurde eine weitere auf der Grundlage der naturräumlichen Gliederung Deutschlands (Meynen et al., 1962) vorgenommen, um auch die biogeografischen Unterschiede des Landes beachten zu können. Dabei ließen sich vier Naturräume voneinander differenzieren, in denen potenziell jeweils sämtliche Agrarlandschaftstypen vorkommen können. Aus diesen Gründen ergab sich theoretisch eine erforderliche Mindestanzahl von 112 Untersuchungsflächen für statistisch abgesicherte Ergebnisse zur Situation der Brutvogelarten.

Die Durchführung der Revierkartierungen erfolgte 2005 und 2006. Auf der Grundlage der erhaltenen Felddaten wurde die Abundanz (Reviere\*10 ha<sup>-1</sup>) der einzelnen Brutvogelarten auf jeder einzelnen Fläche, die mittlere Abundanz in den Straten sowie insgesamt über alle Probeflächen ermittelt. Mit Hilfe der Revierdaten wurden dann die lokalen Populationen der 65 Untersuchungsflächen errechnet. Die Schätzung der Vogelpopulationen für die gesamte Agrarlandschaft, hier als Metapopulation bezeichnet, erfolgte unter Berücksichtigung der landschaftlichen Differenzierungen in die durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaften 2.1 sowie in die durch Grünland dominierten Agrarlandschaften 2.2, nach Gleichungen 1 bis 3:

$$\text{Gl. 1 } \sum \text{Reviere Vogelart} * B_{2.1} = \text{Schätzwert Metapopulation}_{2.1} = P_{2.1}$$

mit  $B_{2.1} = \text{Beiwert}_{2.1} = \sum \text{Flächen}_{2.1} / \sum \text{Probeflächen}_{2.1}$ .

$$\text{Gl. 2 } \sum \text{Reviere Vogelart} * B_{2.2} = \text{Schätzwert Metapopulation}_{2.2} = P_{2.2}$$

mit  $B_{2.2} = \text{Beiwert}_{2.2} = \sum \text{Flächen}_{2.2} / \sum \text{Probeflächen}_{2.2}$ .

und

$$\text{Gl. 3 } \sum P_{2.1} + \sum P_{2.2} = \text{Schätzwert Metapopulation Agrarlandschaft Hauptnutzungen}$$

Als Indikatorarten für die Agrarlandschaft wurden durch Vorselektion über Literaturstudien, u. a. Zenker (1982); Flade

(1994); Kretschmer et al. (1995); ABBO (2001); Bauer et al. (2005), Brutvogelarten definiert, deren Lebensräume sich ausschließlich bzw. überwiegend in der Agrarlandschaft befinden und deren aktuelle Populationsgröße und räumliche Verteilung repräsentativ für die Agrarlandschaft sind. Auf der Grundlage ermittelter Revierdaten wurden dann unter Verwendung von Chi<sup>2</sup>-Test Indikatorarten für die gesamte Agrarlandschaft (Prüfkriterium: P >= 0,05, Brutvogelarten, deren Reviere relativ gleich verteilt in der gesamten Agrarlandschaft auftreten) sowie Subindikatoren für einzelne Agrarlandschaftstypen als Differenzialarten zu anderen (Prüfkriterium: P < 0,05, Brutvogelarten, deren Reviere ungleich verteilt sind, jedoch eine signifikante Bindung an einen bestimmten Agrarlandschaftstyp aufweisen), selektiert.

In den Felderhebungen ermittelte Abundanzen und Populationsgrößen der Indikatorarten sowie definierte Zielwerte der Abundanzen und zugehörigen Populationen bilden die Datengrundlage für den zu entwickelnden Vogelindikator. Für jede der Indikatorarten wurden unter Verwendung von Literaturdaten, u. a. in Rutschke (1983); ABBO (2001) sowie Expertenwissen, Zielwerte der Abundanzen definiert, bei denen in der Agrarlandschaft gute Lebensraumbedingungen existieren. Ferner wurden Schwellwerte fixiert, bei deren Unterschreitung für die Art schlechte Lebensraumbedingungen auftreten würden. Für *Alauda arvensis* sind dies z. B. die Abundanzwerte >= 3,0 für gute sowie < 0,5 für schlechte Lebensraumbedingungen. Diese Schwellwerte sind artspezifisch verschieden und wurden für jede Indikatorart separat definiert. Erhaltene Schwellwerte dienen als Maßstab für die Einordnung der durch die Felderhebungen ermittelten Abundanzen sowie der daraus errechenbaren lokalen Populationen und der Metapopulationen der Indikatorarten. Der Zielwert für gute Lebensraumbedingungen, am Beispiel von *Alauda arvensis* mit >= 3,0, entspräche einem Zielerreichungsgrad von 100 %. Für die Berechnung des Vogelindikators wurde dann der Zielerreichungsgrad der einzelnen Indikatorarten, resultierend aus den in den Felderhebungen ermittelten mittleren Abundanzen der Indikatorarten und den Zielwerten errechnet:

Gl. 4

$$\text{Zielerreichungsgrad Indikatorart } x_1 = \frac{\text{mittlere Abundanz Indikatorart } x_1}{\text{Zielwert Indikatorart } x_1} \cdot 100$$

Der Vogelindikator wurde schließlich aus den Einzelbeiträgen der Indikatorarten nach Gleichung 5 errechnet und grafisch dargestellt.

Gl. 5

$$\text{Vogelindikator Agrarlandschaft} = \sum \frac{\text{Zielerreichungsgrad Indikatorart } x_1 \dots x_n}{n}$$

### 3 Ergebnisse

Mit Hilfe der GIS-gestützten Systematik und Ausgrenzung der Landschaften wurden die für die Positionierung der Untersuchungsflächen erforderlichen räumlichen und inhaltlichen Flächendaten der Landschaften ermittelt. Unter den vier Landschaftstypen nimmt die Agrarlandschaft mit 16.166 km<sup>2</sup> etwa 55 % der gesamten Landesfläche ein. Sie wird nahezu vollständig aus den Agrarlandschaftstypen 2.1 und 2.2, die durch Ackerland bzw. Grünland dominiert werden, bestimmt. Innerhalb dieser sind Gebiete ohne oder mit nur einem sehr geringen Biotopstrukturanteil (Agrarlandschaftsmosaik 2.1.6) am weitesten verbreitet (Abbildung 2). In der durch Grünland dominierten Agrarlandschaft überwiegen hingegen Gebiete, die durch zahlreiche Kleingewässer (Gräben, Bäche, kleine Seen) gekennzeichnet sind.

Aufgrund der geringen Flächengrößen der Agrarlandschaftstypen 2.3, dominiert durch Obstanbau und 2.4, dominiert durch Heiden (vgl. Abbildung 2), wurden die Untersuchungsflächen ausschließlich in den Agrarlandschaftstypen 2.1 und 2.2 positioniert. Aus der Kombination der nur zwei relevanten Straten aus Agrarlandschaftstypen und der vier Straten aus Naturraumtypen waren somit mindestens 56 Untersuchungsflächen in der gesamten Agrarlandschaft, je zur Hälfte in den Ackerbau- und den Grünlandgebieten notwendig. Da die Ackerbaugebiete einen größeren Flächenanteil einnehmen wurden hier 2005 34 Flächen, in den Grünlandgebieten 29 Flächen, summarisch 63 Flächen zufällig verteilt positioniert. Die Lage der Flächen wurde 2006 beibehalten, jedoch in den Ackerbaugebieten um 1 auf 35 sowie in den Grünlandgebieten um 1 auf 30 Flächen, insgesamt auf 65 erhöht.

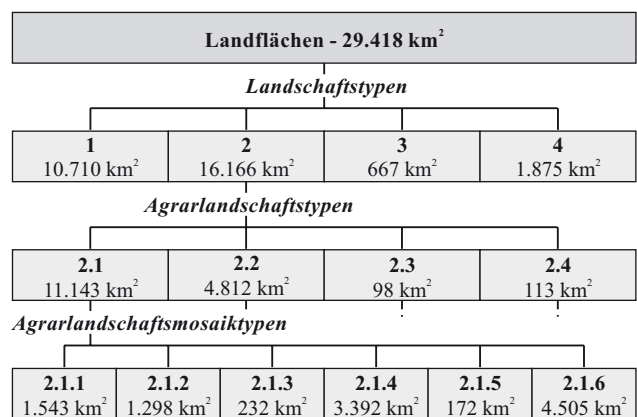


Abbildung 2: Ermittelte Flächengrößen entsprechend dem Modell der Landschaftssystematisierung

In den zwei Untersuchungsjahren wurden insgesamt 112 Brutvogelarten festgestellt. In Abhängigkeit von Biotop-

struktur und landwirtschaftlicher Nutzung wurden Minimal 5 und Maximal 41 Brutvogelarten auf einzelnen Untersuchungsflächen nachgewiesen, im Mittel 2005 21 und 2006 22. Im Vergleich zu den Ackerbaugebieten wurden in den Grünlandgebieten höhere Artenzahlen und Bestandsdichten sowie teilweise signifikant unterschiedliche Artenspektren gefunden. Im Mittel wurden im Grünland 24 Brutvogelarten, im Ackerland 19 Brutvogelarten festgestellt.

Für jede Brutvogelart wurde die Abundanz auf den Untersuchungsflächen, die Abundanzspanne (von bis) über alle Flächen sowie die mittleren Abundanzen differenziert nach Agrarlandstypen (2, 2.1, 2.2) ermittelt. Zudem wurde die Frequenz der Art nachweise als Prozentanteil der Untersuchungsflächen, auf denen die Brutvogelart nachgewiesen wurde sowie die mittlere „Ein-Revier-Nachweisfläche“ errechnet. Diese Daten werden in Tabelle 2 für alle Brutvogelarten mit einer Mindestanzahl von drei Revieren über alle Untersuchungsflächen, das entspricht 78 Arten, aufgeführt. Weitere 34 Arten wurden in beiden Jahren mit je ein bis zwei bzw. in einem Jahr ein bis zwei Revieren nachgewiesen. Zu diesen seltenen, z. T. auch unbeständigen Brutvogelarten zählen z. B. Baumfalke, Flussregenpfeifer, Gartenrotschwanz, Krickente, Uferschnepfe, Wendehals und Wiedehopf.

Anhand der Frequenz der Art nachweise wird ersichtlich, dass nur wenige Brutvogelarten auf mehr als 80 % der Untersuchungsflächen auftreten. In der gesamten Agrarlandschaft sind dies nur Feldlerche, Goldammer und Buchfink, in der durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaft außer diesen noch die Schafstelze sowie in der durch Grünland dominierten Agrarlandschaft Rohrammer, Feldlerche, Sumpfrohsänger, Braunkehlchen, Goldammer und Buchfink. Über die gesamte Agrarlandschaft betrachtet weisen 67 % der gefundenen Brutvogelarten, also die deutlich überwiegende Anzahl der Arten, eine Frequenz < 20 % auf, in der Ackerbaulandschaft 70 % und in der Grünlandlandschaft 63 %.

Die mittlere „Ein-Revier-Nachweisfläche“ ergibt sich aus der untersuchten Hektarfläche dividiert durch die Summe der festgestellten Reviere der jeweiligen Art. Auf diese Weise wird die Untersuchungsflächengröße erhalten, die im Kontext zur gegenwärtigen Nutzungs- und Biotopstruktur der Agrarlandschaft erforderlich wäre, um bei zufälliger Flächenauswahl im Mittel ein Revier der betreffenden Art anzutreffen. Die mittlere Ein-Revier-Nachweisfläche ergab 2006 z. B. für die Feldlerche in den Landstypen 2, 2.1 und 2.2 jeweils 5 ha, für das Braunkehlchen in der gesamten Agrarlandschaft 60 ha, in der durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaft 135, hingegen in der durch Grünland dominierten Agrarlandschaft nur 35 ha. Weitere Arten vgl. Tabelle 2.

Auf der Grundlage ermittelter Reviere und Abundanzen

wurden die Größe der lokalen Populationen sowie die Schätzwerte der Metapopulationen (Gleichungen 1 bis 3) errechnet. Demnach zählen in entsprechender Reihenfolge *Alauda arvensis* in den Jahren 2005/2006 mit lokalen Populationen von 1232/1288 Revieren und Metapopulationen von 318.500/323.500 Revieren, *Emberiza citrinella* mit 319/317 und 83.500/77.700 Revieren, *Fringilla coelebs* mit 262/249 und 70.200/64.600 Revieren, *Emberiza schoeniclus* mit 266/242 und 54.500/47.200 Revieren sowie *Motacilla flava* mit 154/228 und 40.900/60.400 Revieren zu den fünf häufigsten Brutvogelarten in der Agrarlandschaft. Die Metapopulationen der in der Agrarlandschaft häufigen und mittelhäufigen Brutvogelarten (Top 33) sind Abbildung 3 zu entnehmen, die der zerstreut vorkommenden Brutvogelarten (Top 34 bis 66) Abbildung 4.

Der Vergleich der Abundanz- und Populationsdaten von 2005 mit denen von 2006 zeigt artspezifisch unterschiedlich gerichtete und verschieden starke Bestandsveränderungen (Abbildung 5 und 6). Die Amplitude der Bestandsveränderungen reicht bei den Top 33 von -18 % (Blaumeise) bis +40 % (Braunkehlchen) und mehr (Haussperling 42 %, Feldsperling 46 %, Schafstelze 48 %, Rauschschwalbe 59 % und Wachtel 75 %). Für die Mehrzahl der Arten lässt sich anhand der Probeflächendaten eine Bestandszunahme konstatieren.

In der Gruppe der zerstreut vorkommenden Brutvogelarten (Top 34 - 66) zeigen sich starke Bestandsrückgänge von 2005 zu 2006 bei Aaskrähe (71 %), Rotkehlchen (65 %), Mehlschwalbe und Zaunkönig (60 %). Ohne Veränderungen sind Pirol, Kuckuck, Zwergtaucher, Sprosser und Schilfrohsänger. Knapp die Hälfte der Arten weist Bestandszunahmen auf, besonders deutlich bei den relativ seltenen Arten Sumpfmehlschwalbe, Schlagschwirl, Kranich und Kolkkrabe. Je geringer die Anzahl der nachgewiesenen Reviere und je seltener eine Art auftritt, desto stärker wirken sich jedoch bereits geringe Zu- oder Abnahmen der Anzahl der Reviere auf den erhaltenen Betrag der Populationsveränderungen aus.

Aus der Gesamtzahl aller nachgewiesenen Brutvogelarten ließen sich insgesamt 14 Indikatorvogelarten filtern (Tabelle 3, vgl. Abbildung 3 - 6). Für die gesamte Agrarlandschaft sind dies *Alauda arvensis*, *Emberiza citrinella*, *Sylvia communis*, *Lanius collurio*, *Motacilla flava* und *Passer montanus*. Diese Arten erfüllen die Kriterien einer relativen Gleichverteilung mit  $P > 0,05$  (Tabelle 3) und zählen gleichzeitig zu den für die Agrarlandschaft Brandenburgs häufigen und damit auch landschaftlich repräsentativen und typischen Brutvogelarten (vgl. Abbildung 3).

Die für die Agrarlandschaft typischen Brutvogelarten *Emberiza calandra*, *Emberiza hortulana*, *Acanthis canabina*, *Coturnix coturnix* wurden als Indikatoren für die durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaften ausgewiesen (Tabelle 3). Die Erhebungen und statistischen Analysen

Tabelle 2:

Liste der 78 Brutvogelarten mit  $\geq 3$  Reviernachweisen auf den 65 1 km<sup>2</sup> Untersuchungsflächen 2006 in der Agrarlandschaft (2) Brandenburgs, darin 35 1km<sup>2</sup> Flächen in Agrarlandschaftstyp 2.1 und 30 1 km<sup>2</sup> Flächen in Agrarlandschaftstyp 2.2, mit ermittelten Abundanzen (Reviere/10 ha), Frequenz der Art-nachweise (%) und mittlere Ein-Revier-Nachweisfläche (ha)

Brutvogelarten 2006	Agrarlandschaft (2) und Agrarlandschaftstypen (2.1, 2.2)											
	Abundanzen (Reviere/10 ha)						Frequenz der Art-nachweise (%)			mittlere Ein-Revier-Nachweisfläche (ha)		
	2	2	2.1	2.1	2.2	2.2	2	2.1	2.2	2	2.1	2.2
	von bis	Mittel	von bis	Mittel	von bis	Mittel						
Aaskrähe	0-0,2	0,014	0-0,1	0,003	0-0,2	0,027	10,8	2,9	20,0	722	3500	375
Amsel	0-1,0	0,182	0-1,0	0,203	0-0,7	0,157	67,7	71,4	63,3	55	49	64
Bachstelze	0-0,3	0,035	0-0,2	0,029	0-0,3	0,043	23,1	17,1	30,0	283	350	231
Baumpieper	0-1,4	0,065	0-0,4	0,049	0-1,4	0,083	18,5	22,9	13,3	155	206	120
Bekassine	0-0,7	0,018	0-0,1	0,003	0-0,7	0,037	7,7	2,9	13,3	542	3500	273
Blaumeise	0-0,7	0,137	0-0,6	0,114	0-0,7	0,163	50,8	42,9	60,0	73	88	61
Bluthänfling	0-0,3	0,020	0-0,2	0,026	0-0,3	0,013	15,4	22,9	6,7	500	389	750
Braunkehlchen	0-1,0	0,166	0-0,6	0,074	0-1,0	0,273	56,9	31,4	86,7	60	135	37
Buchfink	0-1,7	0,383	0-1,2	0,446	0-1,7	0,310	86,2	88,6	83,3	26	22	32
Buntspecht	0-0,2	0,018	0-0,1	0,011	0-0,2	0,027	16,9	11,4	23,3	542	875	375
Dorngrasmücke	0-0,7	0,174	0-0,7	0,171	0-0,5	0,177	66,2	68,6	63,3	58	58	57
Drosselrohrsänger	0-0,4	0,035	0-0,4	0,020	0-0,4	0,053	16,9	8,6	26,7	283	500	188
Eichelhäher	0-0,1	0,011	0-0,1	0,009	0-0,1	0,013	10,8	8,6	13,3	929	1167	750
Elster	0-0,1	0,011	0-0,1	0,009	0-0,1	0,013	10,8	8,6	13,3	929	1167	750
Fasan	0-0,3	0,037	0-0,2	0,023	0-0,3	0,053	27,7	20,0	36,7	271	438	188
Feldlerche	0-5,1	1,982	0,4-4,3	2,114	0-5,1	1,827	98,5	100,0	96,7	5	5	5
Feldschwirl	0-0,3	0,037	0-0,1	0,003	0-0,3	0,077	20,0	2,9	40,0	271	3500	130
Feldsperling	0-0,5	0,103	0-0,5	0,106	0-0,4	0,100	43,1	40,0	46,7	97	95	100
Fitis	0-0,6	0,060	0-0,5	0,040	0-0,5	0,083	29,2	22,9	36,7	167	250	120
Gartenbaumläufer	0-0,6	0,025	0-0,1	0,006	0-0,6	0,047	12,3	5,7	20,0	406	1750	214
Gartengrasmücke	0-0,9	0,171	0-0,7	0,154	0-0,9	0,190	64,6	62,9	66,7	59	65	53
Gelbspötter	0-1,2	0,142	0-0,6	0,129	0-1,2	0,157	52,3	54,3	50,0	71	78	64
Goldammer	0-1,7	0,488	0-1,7	0,486	0-1,4	0,490	84,6	85,7	83,3	21	21	20
GrauParammer	0-1,0	0,151	0-1,0	0,234	0-0,5	0,053	36,9	54,3	16,7	66	43	188
Graugans	0-0,2	0,008	0-0,2	0,009	0-0,1	0,007	6,2	5,7	6,7	1300	1167	1500
Grauschnäpper	0-0,4	0,017	0-0,1	0,009	0-0,4	0,027	12,3	8,6	16,7	591	1167	375
Großer Brachvogel	0-0,2	0,005	0	0,000	0-0,2	0,010	3,1	0,0	6,7	2167	ohne	1000
Grünfink	0-0,6	0,071	0-0,4	0,086	0-0,6	0,053	43,1	51,4	33,3	141	117	188
Hausrotschwanz	0-0,3	0,014	0-0,3	0,023	0-0,1	0,003	9,2	11,4	3,3	722	438	3000
Haussperling	0-1,7	0,057	0-0,5	0,097	0-0,2	0,010	13,8	20,0	6,7	176	103	1000
Heckenbraunelle	0-0,3	0,017	0-0,1	0,011	0-0,3	0,023	12,3	11,4	13,3	591	875	429
Heidelerche	0-0,2	0,011	0-0,2	0,020	0	0,000	7,7	14,3	0,0	929	500	ohne
Höckerschwan	0-0,2	0,009	0-0,1	0,003	0-0,2	0,017	7,7	2,9	13,3	1083	3500	600
Kernbeißer	0-0,2	0,006	0-0,1	0,003	0-0,2	0,010	4,6	2,9	6,7	1625	3500	1000
Kiebitz	0-0,4	0,046	0-0,1	0,003	0-0,4	0,097	20,0	2,9	40,0	217	3500	103
Klappergrasmücke	0-0,5	0,049	0-0,5	0,060	0-0,3	0,037	29,2	31,4	26,7	203	167	273
Kleiber	0-0,3	0,008	0-0,1	0,003	0-0,3	0,013	4,6	2,9	6,7	1300	3500	750
Kleinspecht	0-0,1	0,005	0-0,1	0,003	0-0,1	0,007	4,6	0,0	6,7	2167	3500	1500
Knäkente	0-0,1	0,005	0	0,000	0-0,1	0,010	4,6	0,0	10,0	2167	ohne	1000

Brutvogelarten 2006	Agrarlandschaft (2) und Agrarlandschaftstypen (2.1, 2.2)											
	Abundanzen (Reviere/10 ha)						Frequenz der Artnachweise (%)			mittlere Ein-Revier- Nachweisfläche (ha)		
	2	2	2.1	2.1	2.2	2.2	2	2.1	2.2	2	2.1	2.2
	von bis	Mittel	von bis	Mittel	von bis	Mittel						
Kohlmeise	0-1,2	0,211	0-1,1	0,180	0-1,2	0,247	64,6	62,9	66,7	47	56	41
Kolkrabe	0-0,1	0,009	0-0,1	0,014	0-0,1	0,003	9,2	14,3	3,3	1083	700	3000
Kranich	0-0,2	0,014	0-0,2	0,020	0-0,1	0,007	12,3	17,1	6,7	722	500	1500
Kuckuck	0-0,4	0,052	0-0,3	0,023	0-0,4	0,087	38,5	17,1	63,3	191	438	115
Mäusebussard	0-0,2	0,028	0-0,1	0,009	0-0,2	0,043	24,6	8,6	43,3	361	1167	200
Mehlschwalbe	0-0,5	0,009	0-0,5	0,017	0	0,000	3,1	5,7	0,0	1083	583	ohne
Mönchsgrasmücke	0-1,0	0,172	0-0,9	0,151	0-1,0	0,197	64,6	60,0	70,0	58	66	51
Nachtigall	0-0,8	0,174	0-0,8	0,203	0-0,7	0,140	61,5	65,7	56,7	58	49	71
Neuntöter	0-0,6	0,125	0-0,5	0,103	0-0,6	0,150	55,4	51,4	60,0	80	97	67
Ortolan	0-0,9	0,065	0-0,9	0,117	0-0,1	0,003	27,7	48,6	3,3	155	85	3000
Pirol	0-0,3	0,025	0-0,1	0,014	0-0,3	0,037	16,9	14,3	20,0	406	700	273
Rauchschwalbe	0-0,6	0,042	0-0,6	0,057	0-0,3	0,023	15,4	17,1	10,0	241	175	429
Rebhuhn	0-0,1	0,005	0-0,1	0,009	0	0,000	4,6	8,6	0,0	2167	1167	ohne
Ringeltaube	0-0,3	0,069	0-0,2	0,043	0-0,3	0,100	46,2	31,4	63,3	144	233	100
Rohrhammer	0-2,6	0,372	0-1,7	0,151	0-2,6	0,630	55,4	34,3	100,0	27	66	16
Rohrschwirl	0-0,2	0,006	0	0,000	0-0,2	0,013	3,1	0,0	6,7	1625	ohne	750
Rohrweihe	0-0,1	0,006	0-0,1	0,006	0-0,1	0,007	6,2	5,7	6,7	1625	1750	1500
Rotkehlchen	0-0,3	0,022	0-0,2	0,020	0-0,3	0,023	15,4	14,3	16,7	464	500	429
Schafstelze	0-1,9	0,351	0-1,4	0,431	0-1,7	0,257	61,5	80,0	43,3	29	23	39
Schilfrohrsänger	0-1,4	0,045	0	0,000	0-1,4	0,097	10,8	0,0	23,3	224	ohne	103
Schlagschwirl	0-0,3	0,011	0	0,000	0-0,3	0,023	6,2	0,0	13,3	929	ohne	429
Schwanzmeise	0-0,1	0,008	0-0,1	0,003	0-0,1	0,013	7,7	2,9	13,3	1300	3500	750
Schwarzmilan	0-0,1	0,009	0-0,1	0,006	0-0,1	0,013	9,2	5,7	13,3	1083	1750	750
Singdrossel	0-0,5	0,032	0-0,3	0,037	0-0,5	0,027	15,4	20,0	10,0	310	269	375
Sperbergrasmücke	0-0,3	0,017	0-0,2	0,009	0-0,3	0,027	9,2	5,7	13,3	591	1167	375
Sprosser	0-0,6	0,014	0-0,1	0,003	0-0,6	0,027	6,2	2,9	10,0	722	3500	375
Star	0-1,9	0,192	0-1,9	0,140	0-1,7	0,253	55,4	45,7	63,3	52	71	39
Stieglitz	0-0,3	0,046	0-0,2	0,043	0-0,3	0,050	33,8	31,4	36,7	217	233	200
Stockente	0-0,5	0,068	0-0,5	0,043	0-0,4	0,097	38,5	25,7	53,3	148	233	103
Sumpfmiese	0-0,3	0,011	0-0,3	0,014	0-0,1	0,007	7,7	8,6	6,7	929	700	1500
Sumpfrohrsänger	0-2,1	0,308	0-1,6	0,180	0-2,1	0,457	60,0	37,1	86,7	33	56	22
Teichrohrsänger	0-1,0	0,145	0-1,0	0,091	0-0,8	0,207	33,8	17,1	53,3	69	109	48
Turmfalke	0-0,1	0,008	0-0,1	0,003	0-0,1	0,013	7,7	2,9	13,3	1300	3500	750
Wachtel	0-0,3	0,043	0-0,3	0,051	0-0,2	0,033	32,3	34,3	30,0	232	194	300
Weidenmeise	0-0,2	0,009	0	0,000	0-0,2	0,020	7,7	0,0	16,7	1083	ohne	500
Wiesenpieper	0-2,2	0,231	0-0,1	0,003	0-2,2	0,497	35,4	2,9	76,7	43	3500	20
Zaunkönig	0-0,2	0,012	0-0,2	0,011	0-0,1	0,013	10,8	8,6	13,3	813	875	750
Zilpzalp	0-1,2	0,074	0-0,3	0,037	0-1,2	0,117	27,7	17,1	40,0	135	269	86
Zwergtaucher	0-0,3	0,006	0-0,3	0,011	0	0	3,1	5,7	0,0	1625	875	ohne

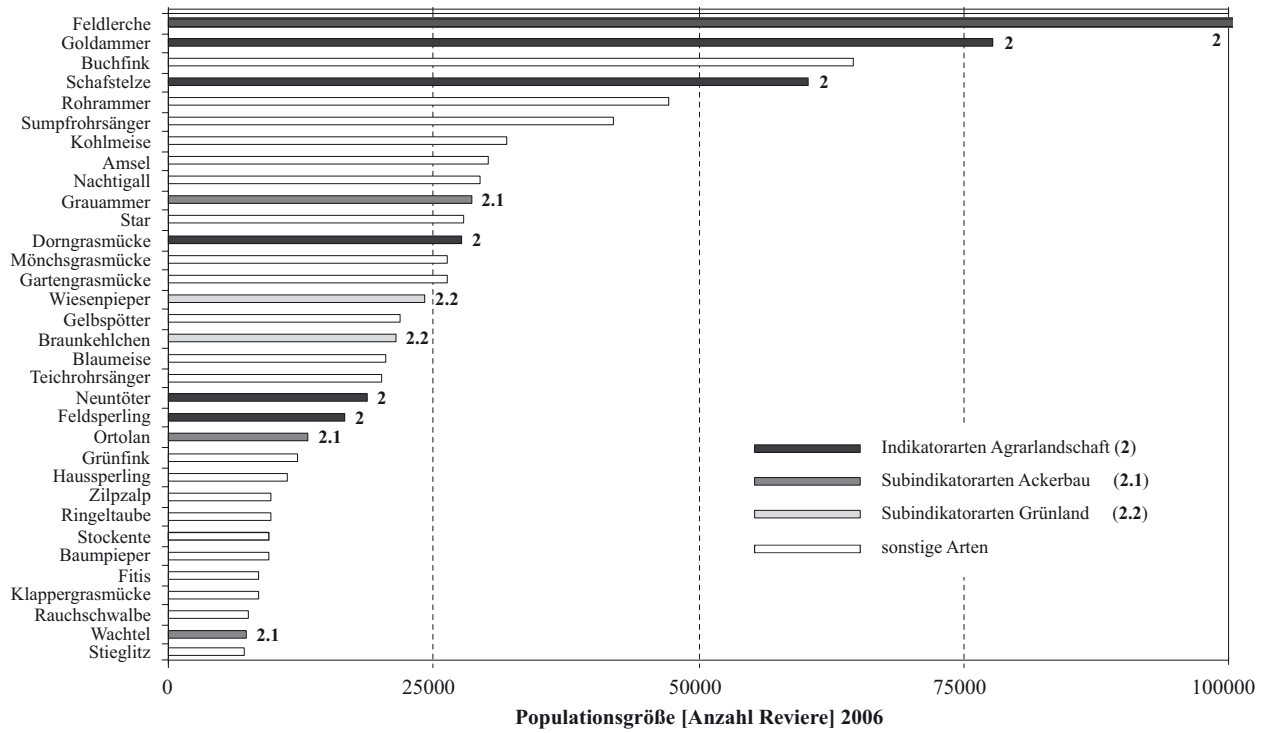


Abbildung 3:  
Schätzwerte der Metapopulationen der häufigen und mittelhäufigen Brutvogelarten der Agrarlandschaft Brandenburgs (Top 33)

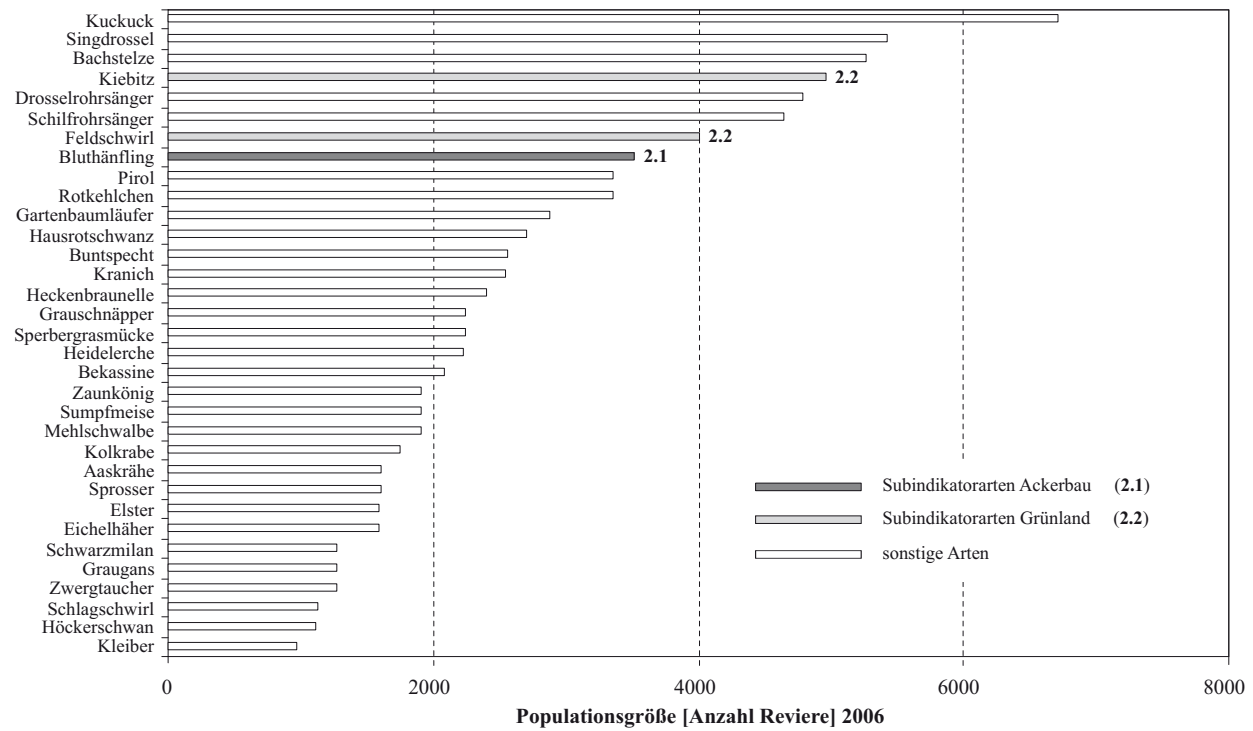


Abbildung 4:  
Schätzwerte der Metapopulationen der zerstreut vorkommenden Brutvogelarten der Agrarlandschaft Brandenburgs (Top 34-66)



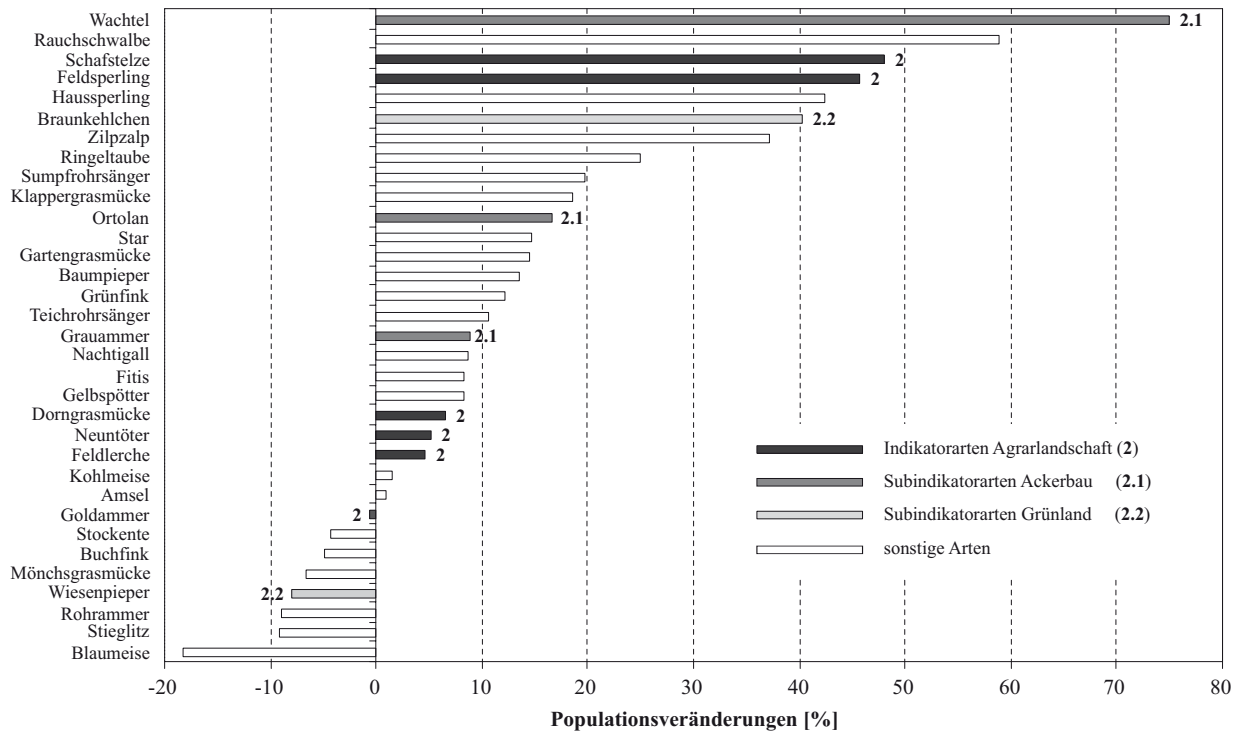


Abbildung 5: Veränderungen der auf den Meßflächen ermittelten Revierzahlen (lokale Populationen) der häufigen und mittelhäufigen Brutvogelarten der Agrarlandschaft Brandenburgs (Top 33) von 2005 zu 2006

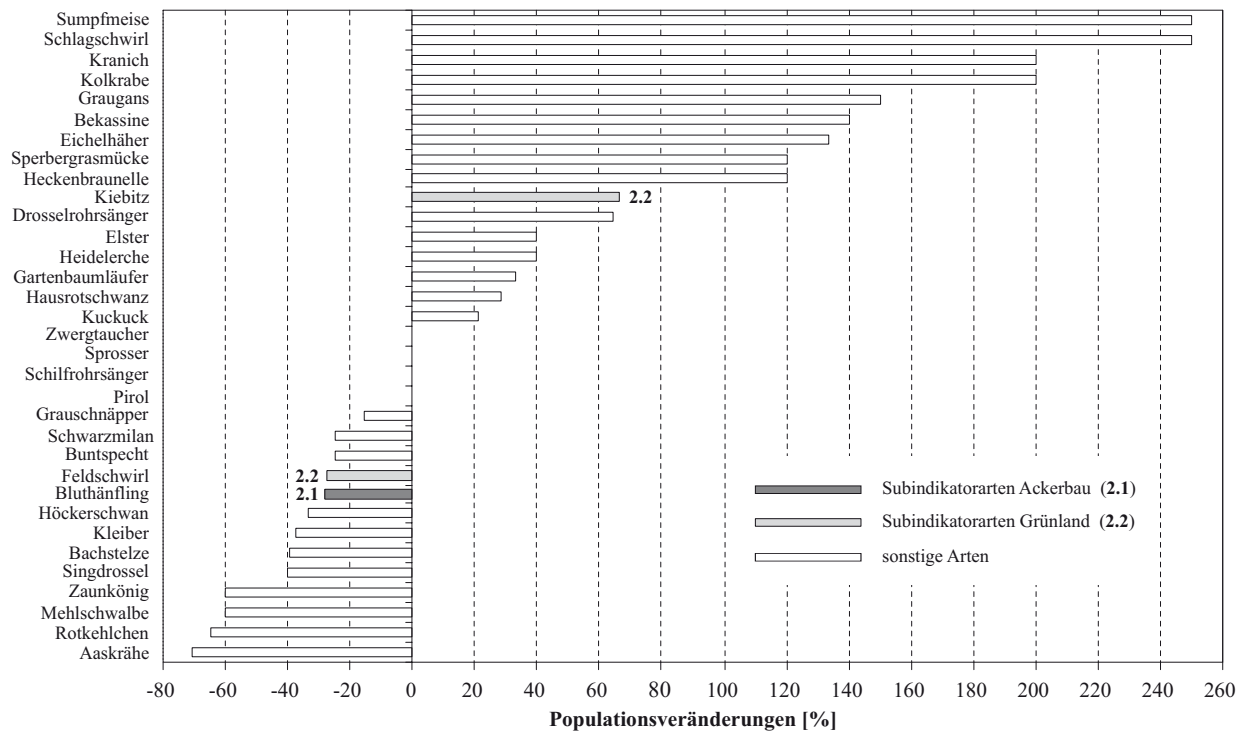


Abbildung 6: Veränderungen der auf den Meßflächen ermittelten Revierzahlen (lokale Populationen) der häufigen und mittelhäufigen Brutvogelarten der Agrarlandschaft Brandenburgs (Top 34 - 66) von 2005 zu 2006

Tabelle 3:

Signifikanz der Revierverteilung der Indikatorarten (2005) in den Agrarlandschaftstypen (Chi<sup>2</sup>-Test) mit Abundanzen in den Agrarlandschaftstypen der durch Ackerbau bzw. durch Grünland dominierten Agrarlandschaften Brandenburgs

Landsch.-Typen	Indikatorarten	Abundanz		Chi <sup>2</sup> -Werte	P	Signifikanz der Revierverteilung	
		Acker	Grünland				
2	Feldlerche	414,8*	363,4*	3,3950	0,0654	signifikant	gleichverteilt
2	Goldammer	111,2*	89,6*	2,3235	0,1274	signifikant	gleichverteilt
2	Dorngrasmücke	34,8*	32,4*	0,0870	0,7697	signifikant	gleichverteilt
2	Neuntöter	19,4*	30,4*	2,4297	0,1191	signifikant	gleichverteilt
2	Schafstelze	55,8*	40,6*	2,3967	0,1216	signifikant	gleichverteilt
2	Feldsperling	15,8*	13,2*	0,2331	0,6292	signifikant	gleichverteilt
2.1	Grauammer	43,6*	11*	19,4645	< 0,0001	hoch signifikant	ungleichverteilt
2.1	Ortolan	20,6*	0,6*	18,8679	< 0,0001	hoch signifikant	ungleichverteilt
2.1	Bluthänfling	11,4**	5,1**	2,4055	0,1209	signifikant	gleichverteilt
2.1	Wachtel	10,5**	4,2**	4,0000	0,0455	signifikant	ungleichverteilt
2.2	Wiesenpieper	0,6*	111,8*	165,0192	< 0,0001	hoch signifikant	ungleichverteilt
2.2	Braunkehlchen	11,2*	40*	19,7532	< 0,0001	hoch signifikant	ungleichverteilt
2.2	Feldschwirl	0,6*	22*	30,3956	< 0,0001	hoch signifikant	ungleichverteilt
2.2	Kiebitz	0,6*	11,4*	9,7200	< 0,0018	hoch signifikant	ungleichverteilt

\* Abundanz bezogen auf 2000 ha Untersuchungsfläche

\*\* Abundanz bezogen auf 3000 ha Untersuchungsfläche

Tabelle 4:

Ermittelte Abundanzen und Populationen der Indikatorarten der Agrarlandschaftstypen im Bundesland Brandenburg mit Zielwerten und Zielerreichung 2005 und 2006

Land-sch.-typen	Indikatorarten	lokale Populationen (Abundanzen / Reviere)		Schätzwerte Metapopulationen (Reviere)		Zielwerte		Zielerreichung (%)	
		2005	2006	2005	2006	Abun- danzen	Metapopu- lationen	2005	2006
2	Feldlerche	1,96 / 1232	1,98 / 1288	318500	323500	≥ 3,0	≥ 478700	66,5	67,6
2	Goldammer	0,51 / 319	0,49 / 317	83500	77700	≥ 0,8	≥ 127600	65,4	60,9
2	Dorngrasmücke	0,17 / 106	0,17 / 113	27100	27600	≥ 0,7	≥ 111700	24,3	24,7
2	Neuntöter	0,12 / 77	0,12 / 81	18100	18700	≥ 0,3	≥ 47900	37,8	39,0
2	Schafstelze	0,24 / 154	0,35 / 228	40900	60400	≥ 0,3	≥ 47900	85,4	126,1
2	Feldsperling	0,07 / 46	0,10 / 67	12000	16600	≥ 0,5	≥ 79800	15,0	20,8
2.1	Grauammer	0,22 / 74	0,23 / 82	24300	26100	≥ 0,5	≥ 55700	43,5	46,9
2.1	Ortolan	0,10 / 35	0,12 / 41	11500	13100	≥ 0,15	≥ 16700	68,6	78,4
2.1	Bluthänfling	0,04 / 13	0,03 / 9	4300	2900	≥ 0,5	≥ 55700	7,6	5,1
2.1	Wachtel	0,03 / 12	0,05 / 18	4000	5700	≥ 0,2	≥ 22300	17,6	25,7
2.2	Wiesenpieper	0,56 / 162	0,50 / 149	26900	23900	≥ 0,3	≥ 14400	186,2	165,6
2.2	Braunkehlchen	0,20 / 58	0,27 / 82	9600	13200	≥ 0,3	≥ 14400	66,7	91,1
2.2	Feldschwirl	0,11 / 32	0,08 / 23	5300	3700	≥ 0,3	≥ 14400	36,8	25,5
2.2	Kiebitz	0,06 / 17	0,10 / 29	2800	4700	≥ 0,2	≥ 9600	29,3	48,3

**Landschaftstypen** - 2 Agrarlandschaft, 2.1 durch Ackerbau domi. Agrarlandschaft, 2.2 durch Grünland domi. Agrarlandschaft

**Abundanzen** - mittlere Abundanzen (Reviere/10 ha), gerundet auf zwei Stellen hinter dem Komma

**2005** - 63 Probeflächen je 1 km<sup>2</sup>, 34 in Agrarlandschaftstyp 2.1, 29 in Agrarlandschaftstyp 2.2

**2006** - 65 Probeflächen je 1 km<sup>2</sup>, 35 in Agrarlandschaftstyp 2.1, 30 in Agrarlandschaftstyp 2.2

**Schätzwerte Metapopulationen** (Reviere) - gerundet auf 100

ergaben, dass die Reviere von *Emberiza calandra*, *Emberiza hortulana* und *Coturnix coturnix* mit  $P < 0,05$  signifikant ungleich verteilt in der Agrarlandschaft auftreten. Sie konzentrieren sich nahezu vollständig in den durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaften und sind somit nicht für die gesamte Agrarlandschaft repräsentativ. Diese Brutvogelarten dienen daher als Subindikatoren für die Ackerbaugebiete und können gleichzeitig als Differenzialarten zu den Grünlandgebieten gelten. Von diesen vier Indikatorarten erfüllt *Acanthis cannabina* das Prüfkriterium für die geforderte signifikante Ungleichverteilung nicht (vgl. Tabelle 4). Diese Art tendiert jedoch nach vorliegenden Reviervdaten stärker zu den Ackerbaugebieten als zu den Grünlandgebieten. *Acanthis cannabina* gilt aus nahrungsökologischer Sicht in besonderem Maße als eine auf Sämereien der Ackerwildkräuter spezialisierte Vogelart (ABBO, 2001; Hötter, 2004; Bauer et al., 2005). Aus diesen Gründen, sowie auch aus Ermangelung anderer, aufgrund der Datenlage ggf. besser geeigneten Brutvogelarten, wurde diese Art zu den Indikatorarten für Agrarlandstyp 2.1 gestellt.

Die Arten *Anthus pratensis*, *Saxicola rubetra*, *Locustella naevia* und *Vanellus vanellus* wurden als Subindikatoren für den Agrarlandstyp 2.2 identifiziert (Tabelle 3). Deren Populationen sind nahezu ausschließlich, bzw. größtenteils (*Saxicola rubetra*), in den Grünlandgebieten anzutreffen ( $P < 0,05$ ). Diese Arten können aufgrund ihrer spezifischen Habitatbindung an die Grünlandgebiete gleichzeitig als Differentialarten zu den durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaften gelten.

Die ermittelten Abundanzen und lokalen Populationen der Indikatorarten auf den Untersuchungsflächen sowie deren Schätzwerte der Metapopulationen bilden in Verbindung mit definierten Zielwerten der Abundanzen und der

sich daraus ergebenden Metapopulationen (Tabelle 4) die Basisinformation für den Vogelindikator der Agrarlandschaft. Die Metapopulationen der Zielwerte der Indikatorarten der gesamten Agrarlandschaft errechnen sich analog Gl. 1 bis 3 aus den in Tabelle 4 aufgeführten Zielwerten der Abundanzen und den ermittelten Agrarlandschaftsflächen, die summarisch aus den Agrarlandstypen 2.1 (11.143 km<sup>2</sup>) und 2.2 (4.812 km<sup>2</sup>) des gesamten Landes gebildet werden. Die aufgeführten Zielwerte der Metapopulationen der Subindikatorarten 2.1 gelten für die summarische Fläche der durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaften, die der Subindikatoren 2.2 für die summarische Fläche der durch Grünland dominierten Agrarlandschaften. Demnach beträgt für die Indikatorart Feldlerche der Zielwert für die Metapopulation in der gesamten Agrarlandschaft Brandenburgs 478.700 Reviere. Gegenüber einer auf den Untersuchungsflächen gefundenen mittleren Abundanz von 1,96 2005 und 1,98 2006 und der im Berechnungsverfahren ermittelten Schätzwerte der Metapopulationen von 318.500 sowie 323.500 Revieren beträgt die Zielerreichung für 2005 66,5 % und für 2006 67,6 % vom Zielwert. Analog werden die Werte der anderen Indikatorarten errechnet (vgl. Tabelle 4).

Der aus den Einzeldaten der Indikatorarten ermittelte Vogelindikator nach Gl. 4 und 5 wird grafisch über die Position eines Zeigers auf einem skalierten Kreisring, ähnlich dem Ziffernblatt einer Uhr dargestellt (Abbildung 7). Dabei soll die Stellung des Zeigers die Situation der Lebensraumbedingungen für die Indikatorarten in der Agrarlandschaft anzeigen. Die getroffene Skalierung hat einen Bereich von 0 bis 120. Unter Verwendung dieser Zahlwerte (zusätzlich einer Farbskala von rot zu grün mit Zwischenstufen) werden die Lebensraumbedingungen von gut = grün  $\geq 100$  bis schlecht = rot  $< 30$  in der Agrarlandschaft dargestellt.

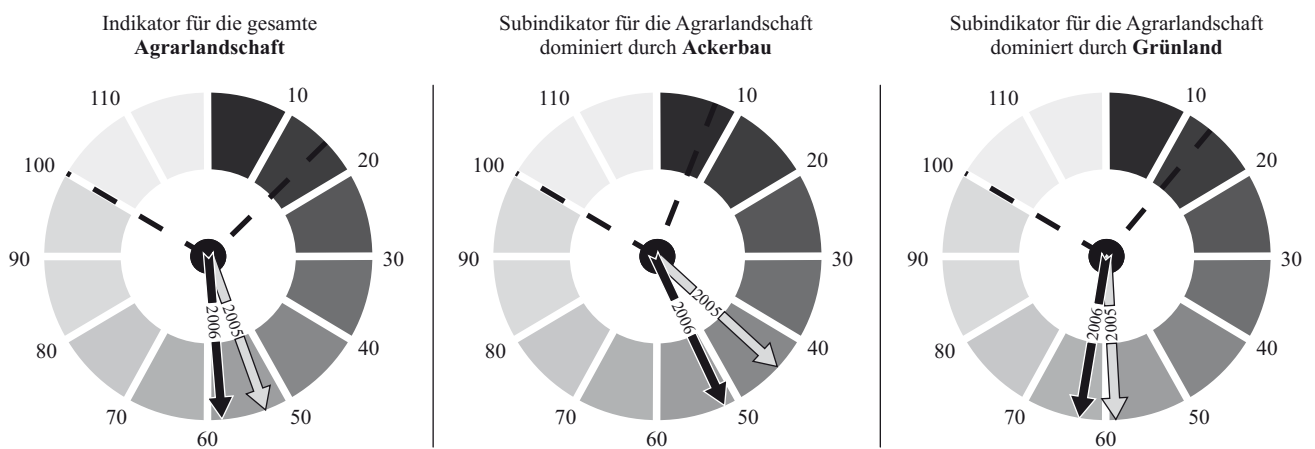


Abbildung 7:

Vogelindikator für die Agrarlandschaft im Bundesland Brandenburg 2005 und 2006 für die gesamte Agrarlandschaft (links) und Subindikatoren für die Agrarlandstypen (Mitte, rechts)

Die Zahl 100 entspricht dem Zielwert für den Indikator. Niedrigere Werte würden einer sukzessiven Verschlechterung der Lebensraumbedingungen gleichkommen.

Für die Berechnung des Vogelindikators der Agrarlandschaft fanden die sechs für die Agrarlandschaft als repräsentativ selektierten Indikatorarten Berücksichtigung (Tabelle 3 und 4 oben, Landschaftstyp 2) sowie anteilig die je vier Subindikatorarten der Landschaftstypen 2.1 und 2.2 (Tabelle 4). Der erhaltene Vogelindikator zeigt mit 53,6 % für 2005 sowie 59,0 % für 2006 vom Zielwert (Abbildung 7, links) Lebensraumbedingungen für die gesamte Agrarlandschaft an, die aktuell als mäßig charakterisierbar sind. Von 2005 zu 2006 ist eine Verbesserung des Zielerreichungsgrades um 5,4 % feststellbar.

Die Subindikatoren dienen darüber hinaus der Bewertung der Lebensraumqualität separat in den Agrarlandschaftstypen, die sich aufgrund der Dominanz der auftretenden Nutzungen durch Ackerbau oder Grünland als avifaunistische Lebensräume unterscheiden. Der Subindikator für die durch Ackerbau dominierten Agrarlandschaften (Abbildung 7, Mitte) wurden entsprechend Gl. 4 und 5 aus den sechs Indikatorarten der Agrarlandschaft sowie den vier Subindikatorarten von Agrarlandschaftstyp 2.1 (vgl. Tabelle 3 und 4 oben und Mitte) errechnet. Zu diesem Zweck wurden die Abundanzen der Indikatorarten (2) sowie der Subindikatorarten (2.1) ausschließlich von den Flächen des Agrarlandschaftstyps 2.1 verwendet. Der erhaltene Subindikator Ackerbau zeigt mit Werten von 44,2 % 2005 und 51,1 % 2006 für die Ackerbaugebiete eine etwas schlechtere Situation an als im Vergleich zur gesamten Agrarlandschaft.

Der Subindikator für die durch Grünland dominierten Agrarlandschaften (Abbildung 7, rechts) wird analog berechnet, jedoch unter Verwendung der Subindikatorarten der Grünlandgebiete (vgl. Tabelle 3 und 4 oben und unten). Er zeigt an, dass in den Grünlandgebieten im Vergleich zu den anderen Arealen aktuell die besten Lebensraumbedingungen für die Avifauna der Agrarlandschaft in Brandenburg existieren. Mit Zielerreichungsgraden von 59,1 % 2005 und 63,3 % 2006 bestehen jedoch auch in diesen Gebieten erhebliche Differenzen zum Zielwert.

#### 4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Mit der Methode der Revierkartierung werden im Vergleich zu Punkt-Stopp und Linienkartierung die vollständigsten und genauesten Daten zur Besiedlung von Flächen durch Brutvögel erzielt (Südbeck und Fischer, 2005; Fischer et al., 2005). Sie fand jedoch, zu Gunsten vereinfachter, für Brutstatus und Abundanz weniger aussagekräftigeren Methoden im Monitoring verbreiteter Vogelarten der Agrarlandschaft und für die Entwicklung eines Vogelindikators bisher keine hinreichende Beach-

tung. In Deutschland wurde zunächst die Punkt-Stopp-Methode etabliert (Schwarz and Flade, 2000) und ab 2005 sukzessive von der Linienkartierung abgelöst (Mitschke et al., 2005). Punkt-Stopp und Linienkartierung dienen im Rahmen der Erhebung von Bestandsdaten der Brutvögel zur Berechnung von Indexwerten. Diese finden, stellvertretend für Abundanz und Populationsgröße, Eingang zur Ermittlung eines Vogelindikators (Achtziger et al., 2004). Abundanzangaben zur Charakterisierung der Siedlungsdichte der Brutvögel sowie Populationsangaben sind aus Punkt-Stopp-Erhebungen methodisch bedingt nicht verfügbar, Extrapolationen erhaltener Revierdaten aus Linienkartierungen auf Landschaften vage, da in vielen Fällen keine ausreichend scharfen Flächeninformationen über die Abgrenzung der Reviere von der Kartierlinie in den Raum existieren. Darüber hinaus werden bei beiden Methoden markante, avifaunistisch besonders interessante Biotopstrukturen für den Routenverlauf der Kartierung ausgewählt. Dies kann im Kontext zur gesamten Landschaftsstruktur, hier der Agrarlandschaft Brandenburgs mit vielen weiträumig gering strukturierten bzw. ausgeräumten Landschaftsteilen, leicht zu Fehlinterpretationen der Revierdichten führen. Mindestanforderungen an die Flächengröße für den Erhalt landschaftlich repräsentativer Abundanzen werden zudem bei Linienkartierungen oft nicht erfüllt. In der Literatur mitgeteilte Abundanzen, z. B. in Bauer et al. (2005), weisen auf die Probleme der Probeflächengröße hin. In der Regel werden auf kleinen, nur wenige ha großen Probeflächen hohe (maximale) Abundanzen festgestellt, wenn für die Art besonders günstige Habitatstrukturen ausgewählt wurden. Mit Zunahme der Flächengröße des untersuchten Landschaftsausschnitts nehmen die Siedlungsdichten ab, bis zu einem Maß von großräumig etwa vergleichbaren Landschaftsausschnitten. Sogenannte „Großflächendichten“ mit einem Flächenbezug von  $> 100 \text{ km}^2$  dienen z. B. in Bauer et al. (2005) als ein Bezugsmaß zur Besiedlungsdichte in Landschaften. Nähere Unterscheidungen der Landschaften nach den für Brutvogelarten bedeutsamen Hauptlebensräumen, z. B. in bestimmte Typen von Wald- oder Agrarlandschaften werden jedoch nicht getroffen.

Um mit Hilfe eines Vogelindikators für die Agrarlandschaft aussagekräftige Informationen zur Lebensraumqualität der agrarisch genutzten Landschaften für die dort vorkommenden Brutvogelarten zu erhalten, besitzt die Ermittlung von landschaftsbezogenen Abundanzen auf der Grundlage eines repräsentativen Probeflächendesign eine herausragende Bedeutung. Für die Festlegung der Größe der einzelnen Untersuchungsflächen ist dabei zu berücksichtigen, dass in den intensiv genutzten Agrarlandschaften die Siedlungsdichte gering und damit auch die Möglichkeit zum Nachweis vieler Brutvogelarten erst bei ausreichend großen Probeflächen und mit entsprechendem

Stichprobenumfang gegeben ist. Betrachtet man die über die Gesamtfläche von 6.500 ha ermittelten mittleren „Ein-Revier-Nachweisflächen“ der Brutvogelarten, erfordern bereits häufige Arten wie z. B. Goldammer und Schafstelze statistisch gesicherte Mindestflächengrößen für die Feststellung nur eines einzigen Reviers in der Brandenburger Agrarlandschaft von 20 bis 21 bzw. 23 bis 39 ha. Für seltenere Arten sind weit größere Mindestflächen erforderlich. Das gewählte Probeflächendesign von 1 km<sup>2</sup> für die Revierkartierung kann somit als eine Kompromisslösung zwischen der Anforderung nach großen Untersuchungsflächen und der personellfinanziell begrenzten Situation angesehen werden.

Im Vergleich zu der im bundesweiten DDA-Vogelmonitoring (Mitschke, 2005) erfolgten Randomisierung der Untersuchungsflächen nach einem Verfahren des statistischen Bundesamtes (Heidrich-Riske, 2004) sollten für den Vogelindikator der Agrarlandschaft „Mischflächen“ vermieden werden, d. h. Überschneidungen der Untersuchungsflächen mit anderen Landschaftstypen bzw. Hauptlebensräumen, z. B. mit Waldlandschaften bzw. Waldflächen, ausgeschlossen sein. Unter Berücksichtigung der räumlichen Geometrie der Untersuchungsflächen bei der Randomisierung wurde erreicht, dass sämtliche Untersuchungsflächen vollständig in der Agrarlandschaft positioniert wurden. Ein wichtiger Vorteil dieser Verfahrensweise besteht darin, dass im Vergleich zum DDA-Vogelmonitoring sämtliche Untersuchungsflächen komplett in ihrer 1 km<sup>2</sup>-Geometrie zur Ermittlung der Abundanzen für die Agrarlandschaft sowie die Agrarlandschaftstypen nutzbar sind.

Eine weitere, für die Positionierung der Untersuchungsflächen sowie insbesondere auch für die flächenabhängige Schätzung der Metapopulationen erforderliche Grundlage war die Systematisierung und hierarchische Gliederung der Landschaften. Mit Hilfe des entwickelten Modells der Landschaftssystematik sowie des GIS-gestützten Berechnungsverfahrens zur räumlichen Ausgrenzung der Landschaftstypen sind genaue Landschaftsbilanzen in Beziehung zur räumlichen Vorkommensdichte der Brutvogelarten realisierbar. Aus der Synthese aus Kartierungsdaten der Untersuchungsflächen und Flächeninformation der Agrarlandschaftstypen sind erstmals für das Bundesland Brandenburg Schätzwerte zur Bestandssituation häufiger und zerstreut vorkommender Brutvogelarten der Agrarlandschaft möglich, die auf einem systematischen Flächenansatz beruhen. Die auf den ermittelten Abundanzen und lokalen Populationen der Revierkartierung sowie der Landschaftssystematik beruhenden Schätzwerte der Metapopulationen können zu einer Objektivierung der Vogelbestandsschätzungen des Landes beitragen. Die erhaltenen Ergebnisse weisen z. B. darauf hin, dass im Vergleich zu früheren Bestandsschätzungen noch ohne systematischen Flächenansatz (ABBO, 2001) zum Teil erhebliche Popu-

lationsunterschiede feststellbar sind. Beispielhaft seien im Vergleich zu ABBO (2001) für deutlich niedrigere Populationsgrößen die Arten Feldlerche, Feldschwirl und Bluthänfling, für deutlich höhere Graumammer, Ortolan und Wiesenpieper (vgl. Tabelle 4, Abbildung 3, 4), genannt.

Im Vergleich zu dem als Vogelindikator der Agrarlandschaft verwendeten Populationsindex in Achtziger et al. (2004) und PECBM (2006), dessen Zahlwerte indirekte Rückschlüsse auf Veränderungen von Meta- und lokalen Populationen zulassen, sind mit dem auf Abundanzen beruhenden Vogelindikator direkte Rückschlüsse möglich. Dargestellte Indexwerte in Achtziger et al. (2004) und PECBM (2006) zeigen sowohl in Deutschland als auch in der EU für die landwirtschaftlichen Gebiete in den vergangenen 15 bis 20 Jahren weder einen positiven noch einen negativen Trend des Indikators. Diese Aussage steht jedoch im Kontrast zur Populationsentwicklung einer großen Anzahl der typischen Feldvogelarten, z. B. von *Perdix perdix*, *Acanthis cannabina* und *Vanellus vanellus*, die drastische Bestandsrückgänge hinnehmen mussten. Als Folge zunehmender Intensivierungen auf ertragsstarken Böden, der Auffassung von Grenzertragsböden sowie teilweise noch mangelnder Effizienz von Agrarumweltmaßnahmen (Kleijn et al., 2001; Kleijn and Sutherland, 2003), haben tendenziell die Populationen vieler der typischen Feldvogelarten negative Bestandsentwicklungen. Dieser Trend könnte zukünftig noch verstärkt werden durch die Zunahme des Flächenanteils mit Intensivkulturen für die Erzeugung von pflanzlicher Biomasse zur Energiegewinnung, aktuell von Raps- und Maiskulturen, bei denen es sich häufig um großflächige, im Bestand sehr dichte Monokulturen handelt, deren Habitat-eignung für die Mehrzahl der Feldvogelarten gering ist.

Ein Vorzug des abundanzbasierten Vogelindikators der Agrarlandschaft besteht in der Möglichkeit, Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Veränderungen der Siedlungsdichten der Brutvögel und der landwirtschaftlichen Nutzungen näher analysieren zu können, insbesondere wenn langjährige Datenreihen verfügbar werden. Unter Nutzung der Kenntnisse über die Habitatansprüche der Indikatorvogelarten ließen sich ferner Empfehlungen für zielgerichtete Naturschutzmaßnahmen ableiten. Die über die Indikatorarten abgebildete, regional differenzierte Situation der Lebensraumbedingungen für Brutvögel macht andererseits aber auch deutlich, dass entsprechend dem Mosaik-Indikatorenkonzept (Hoffmann und Greef, 2003) die Vielgestaltigkeit der Agrarlandschaften regional unterschiedliche Zielwerte des Vogelindikators verlangt (Hoffmann et al., 2004a). Dementsprechend bestehen mit dem über die Landschaftssystematisierung erhaltenen Agrarlandschaftstypen und Mosaiktypen sowie der erfolgten Positionierung innerhalb dieser beispielhaft Feldinformationen zu einer weiteren räumlichen Differenzierung möglicher Zielwerte der Indikatorvogelarten sowie des Vogel-

Indikatoren selbst. Vorgenommene Definition der Zielwerte der Indikatorvogelarten bilden somit zunächst einen über die gesamte Agrarlandschaft relativ groben Bezugswert bzw. für die Subindikatoren der jeweils durch die Dominanz der landwirtschaftlichen Hauptnutzungen geprägten Agrarlandschaftstypen. Zusätzlich ist mit dem entwickelten Methodendesign jedoch die Möglichkeit gegeben, Indikatorvogelarten regional für die Agrarlandschaftsmosaiktypen zu selektieren und für diese auch regional angepasste Zielwerte zu verwenden.

Abschließend sei vermerkt, dass mit dem entwickelten Vogelindikator der relative Zustand der Lebensraumbedingungen der Brutvogelarten der Agrarlandschaft dargestellt werden kann, festgestellte Bestandsveränderungen von 2005 zu 2006 jedoch noch keine ursächlichen Zusammenhänge zu möglichen Veränderungen der landwirtschaftlichen Nutzungen in hinreichendem Maße erlauben. Um diese gesichert belegen zu können, bieten sich Vergleiche zwischen ähnlich strukturierten jedoch unterschiedlich genutzten Untersuchungsflächen an. Darüber hinaus wäre jedoch eine Fortsetzung des begonnenen Monitorings erforderlich, um Trends aus landwirtschaftlichen Einflussfaktoren ableiten zu können.

## Danksagung

Das Projekt wurde finanziell durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) gefördert und damit die Arbeiten für die Entwicklung eines für die Agrarlandschaft geeigneten Vogelindikatoren sehr hilfreich unterstützt. An dieser Stelle herzlichen Dank ganz besonders an Annette Seliger für ihre sehr große Unterstützung in der Vorbereitung des Projektes.

Die Felderhebungen zur Kartierung der Brutvogelarten wurden in sehr sachkundiger und kompetenter Weise von nachfolgenden Ornithologen durchgeführt, denen unser ganz besonderer Dank gilt: Andreas Hagenguth, Andreas Koszinski, Astrid Sutor, Beate Kalz, Beatrix Wuntke, Carina Vogel, Carsten Hinnerichs, Falk Hübner, Gerd Haase, Gertfred Sohns, Günther Schmitt, Heinz Wawrzyniak, Justus Maierhöfer, Krista Dziewiaty, Lutz Manzke, Martin Fiddicke, Peter Meffert, Rainer Fiddicke, Sabine Schwarz, Simone Müller und Ulf Kraatz.

Nicht zu letzt herzlichen Dank an Beatrix Wuntke und Marion Voß für ihre umfangreichen Arbeiten an der avifaunistischen Datenbank.

## Literatur

- ABBO (2001) Die Vogelwelt von Brandenburg und Berlin. Rangsdorf : Natur und Text,
- Achtziger R, Stickroth H, Zieschank R (2004) Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt : ein Indikator für den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland. *Angew Landschaftsökol* 63
- Bauer H-G, Bezzel E, Fiedler W (eds) (2005) Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas : alles über Biologie, Gefährdung und Schutz. Wiebelsheim : Aula
- Berthold P (1976) Methoden der Bestandserfassung in der Ornithologie : Übersicht und kritische Betrachtung. *J Ornithol* 117:1-69
- Dornbusch M, Grün G, König H, Stephan B (1968) Zur Methode der Ermittlung von Brutvogel-Siedlungsdichten auf Kontrollflächen. *Mitt IG Avifauna DDR* 1:7-16
- EEA (2007) Halting the loss of biodiversity by 2010 : proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, Technical report 2007(11)
- Fischer S, Flade M, Schwarz J (2005) Revierkartierung. In: Südbeck P, Andretzke H, Fischer S, Gedeon K, Schikore T, Schröder K, Sudfeldt Ch (eds) *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands*. Radolfzell : Mugler, pp 47-53
- Flade M (1994) Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands. Eching : IHW-Verl.
- Heidrich-Riske H (2004) Bericht zur Durchführung der Ziehung einer räumlichen Stichprobe für das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben "Monitoring von Vogelarten in Deutschland" des Bundesamtes für Naturschutz, Monitoringmodul I : Zustand der Normallandschaft. Wiesbaden : Statistisches Bundesamt
- Hoffmann J, Greef JM (2003) Mosaic indicators : theoretical approach for the development of indicators for species diversity in agricultural landscapes. *Agric Ecosyst Environ* 98(1-3):387-394
- Hoffmann J, Kiesel J, Greef JM, Lutze G, Wenkel K-O (2004) Ansätze für eine biologisch relevante Landschaftsgliederung unter Einbeziehung von Biotopstrukturen und Artmustern. *IÖR-Schriften* 43:175-190
- Hoffmann J, Kiesel J, Greef JM (2004a) Systematik von Agrarlandschaften als Grundlage für den Nachhaltigkeitsindikator für Artenvielfalt. In: Tagung und Dialogforum Nachhaltigkeits- und Agrarumweltindikatoren : 25-26. März 2004, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Bonn ; Tagungsdokumentation. Bonn, BMELV, pp 100-110
- Hötter H (2004) Vögel der Agrarlandschaft – Bestand, Gefährdung, Schutz. Meckenheim : Warlich
- Kiesel J, Hoffmann J, Lutze G, Wenkel K-O (2006) Methoden der räumlichen Generalisierung und Disaggregation im Kontext der GIS-gestützten explorativen Landschaftsanalyse. *Lecture notes in informatics : proceedings* 78:121-124
- Kleijn D, Berendse E, Smit R, Gillissen N (2001) Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature* 413:723-725
- Kleijn D, Sutherland W (2003) How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *J App Ecol* 40:947-969
- LUA (2001) Digitalisierte Ergebnisse der Biotoptypenkartierung des Landes Brandenburg. Potsdam : Unze
- Kretschmer H, Pfeffer H, Hoffmann J, Schrödl G, Fux I (1995) Strukturelemente in Agrarlandschaften Ostdeutschlands : Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz. *ZALF-Berichte* 19
- Meynen E, Schmidhüsen J, Gellert J-F, Neef E, Müller-Miny H, Schultze J-H (1962) *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bad Godesberg : Bundesamt für Landeskunde und Raumforschung
- Mitschke A, Sudfeldt Ch, Heidrich-Riske H, Dröschmeister R (2005) Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands – Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. *Vogelwelt* 126:127-140

- OECD/OCDE (1999) Environmental indicators for agriculture: Methods and results. Paris : OECD
- Oelke H, (1968) Empfehlungen für Siedlungsdichte-Untersuchungen von Sommervogelbeständen. *Vogelwelt* 89:69-78
- PECBM (2006) The state of Europe's common birds 2005. Prague : CSO/RSPB
- Rutschke E (ed) (1983) Die Vogelwelt Brandenburgs. Jena : Fischer
- Schwarz J, Flade M (2000) Ergebnisse des DDA-Monitoringprogramms : Teil I: Bestandsveränderungen von Vogelarten der Siedlungen seit 1989. *Vogelwelt* 121:87-106
- Silvermann BW (1986) Density estimation for statistics and data analysis. New York : Capman and Hall, 175 p
- Südbeck P, Andretzke H, Fischer S, Gedeon K, Schikore T, Schröder K, Sudfeldt Ch (eds) (2005) Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell : Max-Planck-Inst Ornithol
- Südbeck P, Fischer S (2005) Welche Methode zu welchem Zweck? In: Südbeck P, Andretzke H, Fischer S, Gedeon K, Schikore T, Schröder K, Sudfeldt Ch (eds) Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell : Max-Planck-Inst Ornithol, pp 40-46
- Ten Brink B (2000) Biodiversity indicators for the OECD environmental outlook and strategy. RIVM Report 402001014
- Zenker W (1975) Beziehungen zwischen dem Vogelbestand und der Struktur der Kulturlandschaft. – *Beitr Avifauna Rheinlandes* 15:1-249

