

Bedeutung von Nutzungsartenverteilung und Topographie für Feldlerchen *Alauda arvensis*-Vorkommen

Johannes Schreiber und Hans Utschick

Influence of land use system and landscape topography on the breeding density and distribution of Skylarks (*Alauda arvensis*) in South Bavarian hill country.

In a hill landscape 45 km north of Munich skylarks were counted by quantitative grid mapping (250 m x 250 m units). Area A with 1100 ha was surveyed in 2004, area B with 662,5 ha in 2009 and C with 665,25 ha in 2010. In each case three survey visits were made, in late March, April and late May. Based on a fine grained landuse classification, on landscape topography and on rough grained connectivity patterns a model for skylark distribution was developed using data from area A, calibrated by data from B and evaluated with data from C. The most important factors for skylarks are sown grasslands, arable fields (mainly grain) and rape crops, especially in the proximity of set-aside fields, boundary ridges, gravel tracks and small meadows. Also very important are open, smoothed landscape structures towards the top of broad ridges or hills. Only few skylarks were found on steep lanes or in narrow valleys.

Where land use data and topography models are available for 250 x 250 m landscape units, the distribution of skylark habitats may be predicted for South Bavarian hill country and the results employed in nature conservancy management plans.

Key words: *Alauda arvensis*, land use system, landscape topography, distribution

Johannes Schreiber, Steinweg 83, D-06484 Quedlinburg
E-Mail: qpuffin@t-online.de

Dr. Hans Utschick, Lehrstuhl für Tierökologie der TUM, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2,
D-85354 Freising
E-Mail: Hans.Utschick@lrz.tum.de

Zielsetzung

Ursprünglich in den asiatischen Steppengebieten beheimatet, stellen die Agrarflächen in der Kulturlandschaft Europas heute den entscheidenden Lebensraumtyp für die Feldlerche dar (Elle et al. 2003), die dadurch zur Leitart für den Agrarvogelschutz (Hoffmann et al. 2007) wurde. Durch die Industrialisierung der Kulturlandschaft mit Nutzungsintensivierung und erhöhtem Pestizid- und Düngemiteleinsatz sanken die Lerchenbestände schon im letzten Jahrhundert drastisch (Wegler & Widmer 2000), eine Entwicklung, die durch den in jüngster Zeit verstärkten Anbau nachwachsender

Rohstoffe, auch auf vormals Grünland- und Brachestandorten, weiter beschleunigt wird (Herderson et al. 2000, Dziewiaty & Bernardi 2008, Jansen et al. 2008, Hoffmann 2010). Laut Roter Liste (Fünfstück et al. 2003) gilt diese früher so häufige Art in Bayern mittlerweile als gefährdet. Zu den Ursachen für den allgemeinen Rückgang von Agrarvögeln vgl. Newton (2004).

Das südbayerische Tertiärhügelland ist laut bayerischem Brutvogelatlas (Bezzel et al. 2005) ein Schwerpunktgebiet für die Gilde der Agrar- und Wiesenvögel mit noch großen Feldlerchenpopulationen auf ganzer Fläche. Die Abundanzmuster sind aber bereits sehr heterogen. Große

lerchenarme Bereiche wechseln mit dicht gepackten Feldlerchenkolonien.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Muster für das Vorkommen solcher Kolonien zu erkennen und daraus ein Vorhersagemodell für Landschaftsteile abzuleiten, die als Kernareale für Agrarvogelpopulationen in den Fokus entsprechender Schutzbemühungen geraten sollten. Dazu wird anhand der Feldlerchenverteilung eines Teilgebiets ein Habitatmodell erstellt, dieses an einem zweiten Teilgebiet verifiziert und das optimierte Modell in einem dritten Teilgebiet auf seine Vorhersageschärfe getestet. Dabei wird auch geprüft, wie stark Landschaftseinflüsse wie Topografie, Habitat- und Strukturmosaik oder Raumskaleneffekte die Feldlerchenpräferenzen für landwirtschaftliche Nutzungsarten und Anbaufrüchte (vgl. z. B. Hoffmann 2008) beeinflussen. Negative Einflüsse von Hochspannungsmasten oder Horizontüberhöhungen durch Waldbestände, Flurgehölze und Hecken oder von Anbauarten mit dichter und hoher Vegetation sind gut dokumentiert, Abhängigkeiten vom Geländere relief andiskutiert (Dierschke & Vowinkel 1989, Jenny 1990a, Bräuning 1997, 1999, Dervedde 1997, Elle et al. 2003).

Untersuchungsgebiet und Methode

Die drei auf ihre Feldlerchen vorkommen untersuchten Gebietsteile der Gemeinde Schweitenkirchen liegen im tertiären Hügelland, 45 Kilometer nördlich von München (Abb. 1). Gebiet A (1.100 ha) umfasst den Südtteil der Gemeinde (Gauß-Krüger-Koordinaten Rechts 4469500 bis 4474250, Hoch 5369500 bis 5373500). Die Gebiete B (662,5 ha, Rechts 4472500 bis 4475250, Hoch 5375500 bis 5379500) und C (656,25 ha, Rechts 4471000 bis 4473500, Hoch 5375500 bis 5378750) liegen nordöstlich bzw. nördlich davon. Alle drei Areale weisen eine hohe Reliefenergie auf und werden überwiegend land- und forstwirtschaftlich genutzt (Tab. 1). Neben Mais-, Getreide- und Rapsäckern sind die gebietstypischen Hopfengärten landschaftsprägend.

Die Erfassung der Feldlerchen vorkommen erfolgte im Rahmen einer quantitativen Gitterfeldkartierung der gesamten Avizönose auf der Basis von 6,25 ha großen, dem Gauß-Krüger-Netz angepassten Gitterfeldern. In zeitnormierten Begehungen (10 min pro Gitterfeld; 3 Begehungen von Ende März bis Ende Mai) wurden

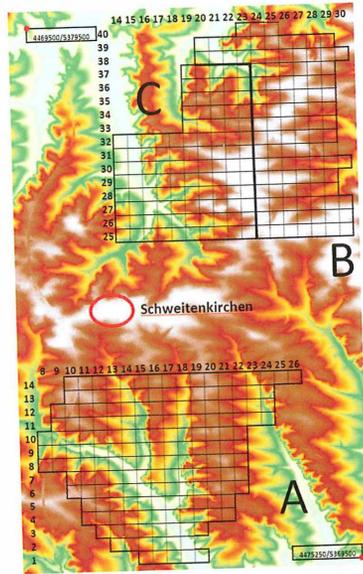


Abb. 1. Lage der untersuchten Teilgebiete der Gemeinde Schweitenkirchen im Geländemodell (DG25; Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation; verändert), Gitterfeldkennungen (250 x 250 m) für die Feldlerchenbestandsaufnahmen sowie Gauß-Krüger-Koordinaten des Kartenausschnitts. Die Geländehöhe steigt von 430 m NN (hellblau) über grün, orange, rot und braun bis auf 533 m NN (weiß). – Topography of survey areas A – C with the grid for the skylark counts. Height a.s.l. increases from 430 m NN (light blue) via green, orange, red, brown to 533 m NN (white).

alle Feldlerchen, die zu hören oder zu sehen waren, in Tageskarten (Maßstab 1:5000) aufgenommen.

Innerhalb der Gitterfelder wurden auf der Basis vorkartierter, aktueller Landnutzungstypen Unterflächen abgegrenzt, auf die die Feldlerchendaten bezogen wurden. Dies wurde durch die Bereitstellung GIS-fähiger Flurkarten durch die Gemeinde Schweitenkirchen ermöglicht. Die Kartierungen wurden nur bei günstigen Bedingungen durchgeführt (kein starker Wind, Niederschlag oder Nebel).

Gebiet A umfasste 176 Gitterfelder und wurde 2004 kartiert, in Gebiet B (106 Gitterfelder) erfolgte die Kartierung 2009. In diesem Jahr waren beim 3. Kartierdurchgang Ende Mai die Erhebungen repräsentativer Ergebnisse schwierig, da die Feldlerchenbestände nach einem massiven Hagelschlag zusammenbrachen. Gebiet C (105 Gitterfelder) wurde 2010 aufgenommen.

Tab. 1. Nutzungsartenverteilung, Landschaftsstrukturen und topografische Eigenschaften der Teilgebiete A bis C im jeweiligen Untersuchungsjahr (A: 2004, B: 2009, C: 2010). – *Land use data, landscape structure und topography in the test areas A – C during the survey period (A: 2004, B: 2009, C: 2010).*

Parameter	A	B	C
Fläche in ha	1100	662,5	656,25
Anzahl der Gitterfelder (6,25 ha)	176	106	105
FAD (mittlere Aktivitätsdichte der Feldlerche pro Gitterfeld)	1.2	1.4	1.1
Div (Nutzungstypendiversität; Anzahl der Nutzungstypen in einem Gitterfeld von 6,25 ha)	4.6	6.2	6.5
Acker(Ackeranteil in %)	44.68	66.6	43.5
Mais (Anteil an Mais oder unbestocktem Acker in %)	6.6	5.2	8.6
Korn (Getreideanteil in %)	35.4	28.7	29.5
Raps (Rapsanteil in %)	2.2	10.3	4.0
Hop (Hopfenanteil in %)	6.22	18	8.2
Hopbra (Anteil der Hopfenbrache in %)	0.3	0.1	0.3
Ackbra (Anteil der Ackerbrache und von Sonderkulturen in %)	0.5	4.2	1.5
Grü (Grünlandanteil in %)	14.5	5.7	10.2
Saat (Anteil des Saatgraslands in %)	3.5	0	0.2
Wiese (Mähwiesenanteil in %)	7.4	3.5	5.4
Weide (Weideflächenanteil in %)	2.8	0.2	2.2
Grübra (Anteil der Grünlandbrache in %)	0.9	1.9	2.4
Bra (Brachflächenanteil in %)	1.6	6.3	4.0
Ext (Anteil an Extensivgrünland in % mit Magerrasen, Feuchtwiesen, Feldrainen, Böschungen)	0.6	0.8	0.2
Heck (Flächenanteil von Feldrainen, Böschungen und Hecken in %)	0.3	0.4	0.6
Flurg (Flurgehölzanteil mit Baumholz in %)	0.6	0.6	0.8
Wald (Waldanteil in %)	22.8	0.2	27
Teich(Anteil der Stillgewässerfläche in %)	0.2	0.06	0.1
Bach(Anteil der Bachfläche in %)	0.3	0.2	0.4
Grab(Anteil der Grabenfläche in %)	0.03	0.2	0.1
Bod (Anteil der Bodenabbaufäche in % inklusive aufgelassener Abbaugebiete)	0.3	0.08	0.05
Siedl (Anteil der Siedlungsfläche in %)	6.5	4.1	6.6
Teer (Anteil geteeter Verkehrsflächen in %)	1.7	1.7	1.4
Weg (Anteil unbefestigter Verkehrsflächen in %)	1.1	0.7	0.6
H_m (mittlerer Höhenwert in m aus dem DGM25)	484.7	500.6	486.2
N_m (mittlerer Wert der Neigung in ° aus dem DGM25)	4.9	5.2	5.9
H_min (minimale Höhe in m aus dem DGM25)	474.5	489.7	474.1

Parameter	A	B	C
H_max (maximale Höhe in m aus dem DGM25)	494.2	510.9	498.4
N_min (minimale Neigung in ° aus dem DGM25)	0.9	1.0	1.1
N_max (maximale Neigung in ° aus dem DGM25)	11.7	10.1	12.4
H_var (mittlere Varianz der Höhe)	28.9	33	42.6
H_m9 (Mittelwert der Höhe im 250 m – Umgriff eines Gitterfelds; Basis jeweils 9 Gitterfelder)	484.7	500.6	486.2
Q (Quotient aus MW9 und H_m = H_m9/H_m)	1	1	1
Div9 (mittlere Diversität im 250 m –Umgriff eines Gitterfelds)	4,69	6,57	6,31
QD (Quotient aus der = Div9 und Div = Div9/Div)	1,19	1,03	1,20
KE (% der DGM25 Mass Points ohne Geländeneigung)	0	1	0
N (% der nordexponierten DGM25 Mass Points)	10	22	17
NO (% der nordostexponierten DGM25 Mass Points)	21	14	13
O (% der ostexponierten DGM25 Mass Points)	16	8	11
SO (% der südostexponierten DGM25 Mass Points)	14	12	8
S (% der südexponierten DGM25 Mass Points)	15	20	12
SW (% der südwestexponierten DGM25 Mass Points)	11	9	14
W (% der westexponierten DGM25 Mass Points)	7	6	9
NW (% der nordwestexponierten DGM25 Mass Points)	6	9	14

Die Feldlerchennachweise pro Gitterfeld aus allen 3 Kartierdurchgängen wurden als Aktivitätsdichte aufsummiert. Die Ermittlung absoluter Feldlerchenabundanzen ist bei dieser Methode nicht sinnvoll, da wegen der relativ geringen Erfassungsintensität kurzfristig wechselnde Beobachtungsbedingungen und lokal unterschiedliche Zeitfenster in den 3 Kartiermonaten kleinräumig zu Unschärfen führen. Aus den Tageskarten ist trotzdem gut die Verteilung von Feldlerchenkolonien und eine grobe Abschätzung der Populationsgrößen ableitbar, nicht aber die Position von Einzelrevieren.

Die Nutzungsartenkartierung (Abb. 2, Abb. 3) erfolgte im Vorlauf der Vogelkartierung gebietspezifisch jeweils Ende März / Anfang April und wurde bis Anfang Mai (Mais-Aussaat) aktualisiert. Aus dem DGM25 wurden für jedes Gitterfeld mithilfe von ArcGis9 (Fa. ESRI) aus den Daten der jeweils 100 Kacheln (25 x 25 m) die Höhen-, Neigungs- und Expositionswerte abgeleitet (Tab. 1).

Um zu prüfen, ob Feldlerchenvorkommen eher auf die Lebensraumqualitäten in 6,25 ha großen Rasterflächen oder eher auf Flächen mit

größerer Raumauflösung reagieren (Skaleneffekte), wurden die Höhenverhältnisse sowie die Nutzungs- und Strukturtypendiversität jedes Gitterfelds dem der umgebenden 8 Gitterfelder (inklusive Zentralfeld; überlappende Rasterflächen von 56,25 ha) gegenübergestellt (Tab. 1).

Für die Entwicklung eines Modells zum Feldlerchenvorkommen in den Testgebieten kann somit auf 28 Nutzungs- und 15 Geländemodellparameter zurückgegriffen werden (Tab. 1).

Die statistische Bearbeitung erfolgte mit der frei zur Verfügung stehenden Software R (Version 2.10.1 [2009-12-14]), Tinn-R-GUI/Editor for R Language and Environment (Version 2.3.5.2) sowie mit Microsoft Office Excel 2007. Da Modelle mit vielen Variablen schwer zu interpretieren sind (Schröder & Reineking 2004 II), wurde der Parametersatz mittels Spearman-Rangkorrelationen, Mittelwertvergleichen von Gebietsteilen mit und ohne Feldlerchenaktivitäten sowie univariaten linearen Regressionen reduziert. Anschließend wurden generalisierte lineare Modelle entwickelt, kalibriert und auf Plausibilität getestet. Zunächst wurden über die Rangkorrelationen aus Parameterpaaren mit Kor-

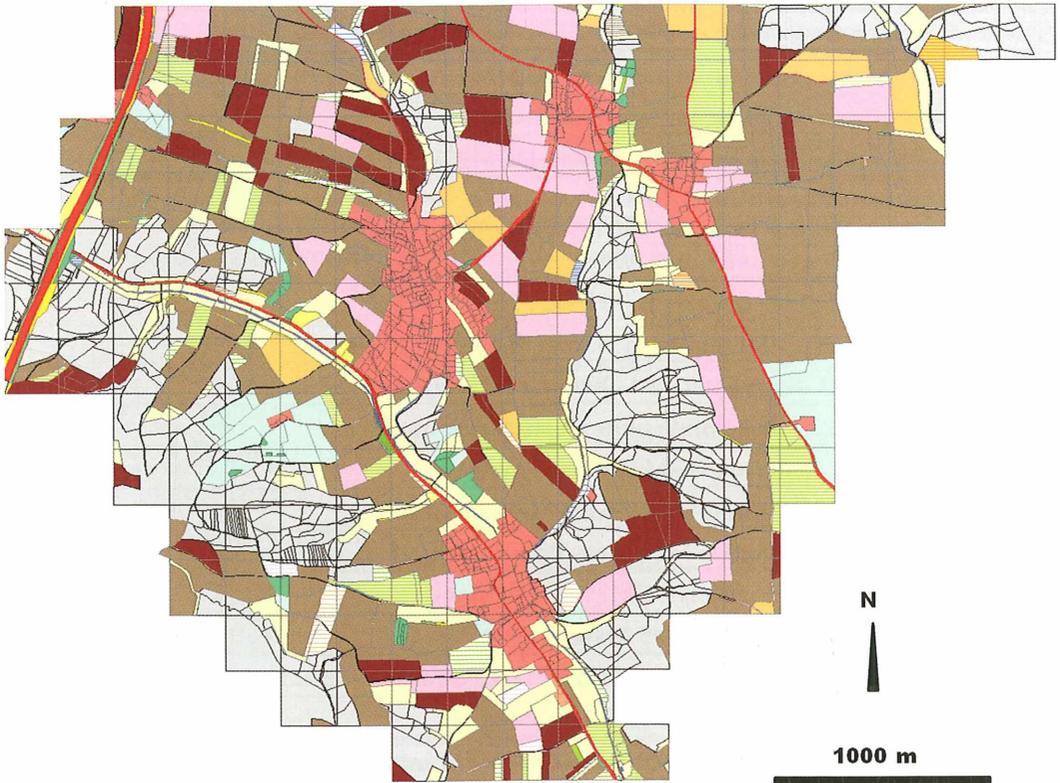


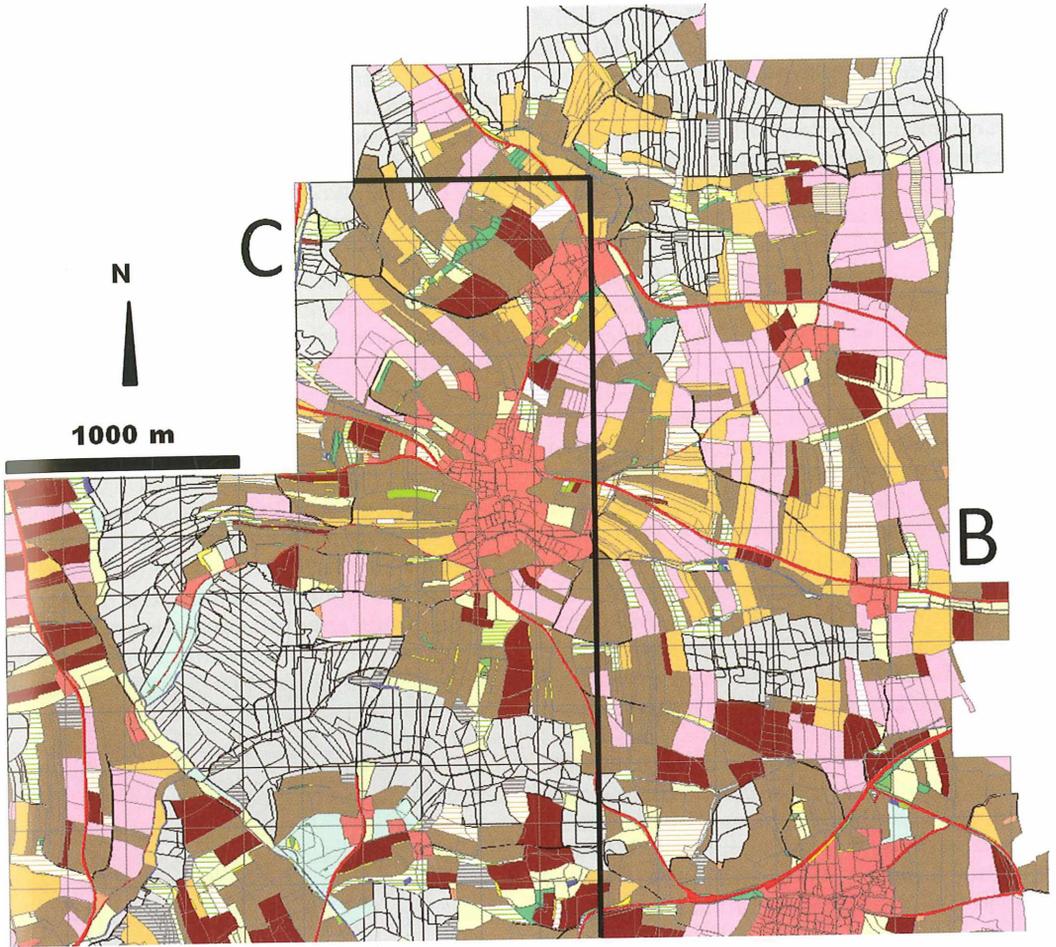
Abb. 2. Nutzungsartenverteilung im Teilgebiet A (2004). – *Land use distribution in area A (2004).*

Abb. 3 (nächste Seite). Nutzungsartenverteilung in den Teilgebieten B (2009) und C (2010). – *Land use distribution in area B (2009) and area C (2010).*

Legende für beide Abb. – *Legend for both figures.*

relationen über $r = 0,7$ bzw. kleiner als $r = -0,7$ die von der Aufnahmedatenqualität her schwächeren bzw. weniger plausiblen Parameter ausgeschlossen (Schröder & Reineking 2004 I nach Fielding & Haworth 1995). Die Mittelwertver-

gleiche wurden bei Normalverteilung (Kolmogorow-Smirnow-Test, F-Fest) mit den t-Test, bei fehlender Normalverteilung mit dem Wilcoxon-U-Test auf Signifikanz ($p > 0,05$) geprüft. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die drei räum-



Legende:

- Mais, unbestockt (maize or without vegetation)
- Getreide (corn)
- Raps/Ölfrüchte (rape, sunflower)
- Hopfen (hop)
- Sonstige Ackerfrüchte (other crops)
- Ackerbrache (abandoned field)
- Hopfenbrache (abandoned hop garden)
- Hopfenbrache/Saatgrasland (hop/clover)
- Energiegetreide (corn for bioenergy)
- Bach (creek)
- Graben (ditch)
- Fischteich, Teichgruppe (pond)
- Klärteich (sewage pond)
- Rückhaltebecken (flood control basin)
- Saatgrasland (grass field, clover)
- Mähwiese (meadow)
- Weide (pasture)
- Wiesenbrache (abandoned meadow)

- Extensivwiese, feucht (wet habitat)
- Extensivwiese, trocken (dry habitat)
- Rain, Böschung, Hochstauden (escarpment, margin)
- Bodenabbau in Betrieb (used gravel pit)
- Bodenabbau aufgelassen (closed gravel pit)
- Betriebsgelände im Außenbereich (farm infrastructure)
- Wall, Deponie (wall, dumping ground)
- Flurgeholz naturnah (small leaf tree area or tree line)
- Hecke/Gebüsch (hedge, bush)
- Dorf (village)
- Weiler (farm)
- Sportplatz im Außenbereich (sports)
- gärtnerische Baumkulturen (nursery)
- Obst im Außenbereich (orchard)
- Flurgeholz naturfern (small spruce area)
- Aufforstung (afforestation)
- Wald (forest)
- Strasse (paved road)
- Weg (gravel road)

lich eng benachbarten Modellgebiete keine unabhängigen Stichproben zulassen. Für die verbliebenen Parameter wurden univariate lineare Regressionen erstellt, in denen die Feldlerchenanzahlen für jeden Parameter einzeln auf signifikante Zusammenhänge geprüft wurden. In das Modell flossen nur Variablen ein, die im univariaten Fall eine Signifikanz von $p < 0.25$ aufwiesen (Schröder & Reineking 2004 I nach Hosmer & Lemeshow 2000).

Für die abschließende Modellierung wurde ein generalisiertes lineares Modell (GLM mit backward selection auf minimale AIC-Werte) benutzt, da dieses viele Regressionsansätze für nicht normalverteilte Zielvariablen umfasst. Das Verfahren wurde beendet, wenn keine Reduktion mehr möglich war (Fahrmeir et al. 2007). Für Zählvariablen wie bei den vorliegenden Feldlerchenzahlen (Werte {0, 1, 2,...}) wurde auf das Log-lineare Poisson-Modell zurückgegriffen. Dieses Verfahren liefert gegenüber der forward-selection oder der stepwise-selection im Allgemeinen das im Sinne der Modellwahlkriterien beste Modell, wodurch es zu weniger Fehlinterpretationen bei der Auswertung kommt (Fahrmeir et al. 2007).

Für die Kalibrierung (Übertragbarkeit auf andere Gebiete mit vergleichbaren Rahmenbedingungen) wurde dem anhand der 176 Datensätze aus Gebiet A (2004) erstellten GLM ein GLM aus Gebiet B (106 Datensätze, 2009) gegenübergestellt. Parameter, die in den beiden Modellen keinen signifikanten Zusammenhang ($p \geq 0.01$) mit der Feldlerchenanzahl zeigten, wurden ausgeschlossen, nur in GLM B signifikante Parameter in das GLM A übernommen.

Das so optimierte, neue Modell A1 wurde abschließend im Rahmen einer Plausibilitätskontrolle anhand der 105 Datensätze zu Gebiet C (2010) bezüglich der Vorhersageschärfe von Vorkommen oder Nichtvorkommen der Feldlerche getestet. Dazu wurden die entsprechenden Parameter aus dem Datensatz C in die Regressionsgleichung von GLM A1 eingesetzt und die berechnete Lerchenaktivität mit der 2010 vorgefundenen verglichen. Errechnete Werte ≥ 0.5 wurden dabei auf eins aufgerundet und als Vorkommen der Feldlerche gewertet, wohingegen Werte < 0.5 gleich null gesetzt wurden.

Dem GLM-Verfahren wurde gegenüber Hauptkomponentenanalysen, mit denen eventuelle Erklärungsbeiträge von im GLM bereits im Vorfeld eliminierten Parametern zum Mo-

dell zu berücksichtigen gewesen wären, der Vorzug gegeben, da dies in der Modellanwendung (Übertragung der Ergebnisse) einen erheblich höheren Aufwand bei der Datenerhebung nach sich zieht (statt Messung der wenigen, im GLM relevanten Parameter Kartierung aller die Hauptkomponenten bedienenden Ausgangsparameter). Wegen der Normierung aller Flächenparameter (%-Anteil im am 6,25-ha-Gitterfeld) wurde auch auf eine z-Standardisierung der Variablen verzichtet (nur Höhen- und Neigungsvariablen mit vom Wertebereich 0 – 100 abweichenden Wertdimensionen).

Ergebnisse

Verteilung der Feldlerchenaktivitäten. Typisch sind kolonieartige Muster, z.T. eine Folge hoher Rückkehraten (Jenny 1990b). Bei Unterlegung des digitalen Höhenmodells ist auch ohne statistische Bearbeitung erkennbar, dass sich die

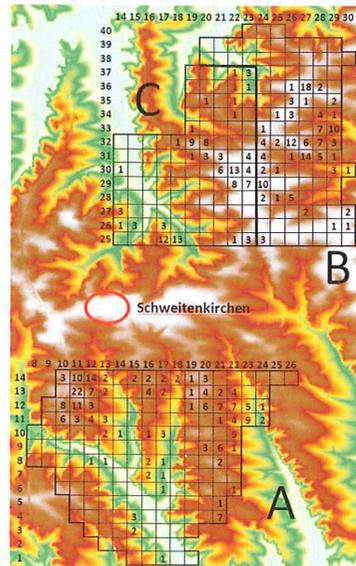


Abb. 4. Aktivitätsmuster der Feldlerche in den Teilgebieten A (2004), B (2009) und C (2010) im Höhenmodell (Individuensumme aus 3 Begängen, Höhenstufen siehe Abb. 1). Große Feldlerchenkolonien konzentrieren sich in den jeweils höchsten Lagen der Teilgebiete, außer, diese werden von Wald, Siedlungen oder Hopfengärten eingenommen (vgl. Abb. 2 und 3). – *Skylark numbers from 3 counts in 2004 (A), 2009 (B) and 2010 (C) based on digital terrain model DGM25. Larks concentrate in the most elevated parts of the test areas, if these are not covered by forest, villages or hop fields.*

Aktivitätszentren der Feldlerche auf die jeweils höchsten Bereiche jedes Teilgebiets konzentrieren (Abb. 4). Ein Vergleich mit den Abb. 2 und 3 macht zudem deutlich, dass erwartungsgemäß Bereiche mit großen Waldkomplexen, Siedlungen und hopfenreiche Areale gemieden werden. Auf Gitterfeldbasis konnten in Gebiet A in keinem Fall Feldlerchen nachgewiesen werden, wenn der Waldanteil über 25 %, der Siedlungsflächenanteil über 30 % oder der Hopfengartenanteil über 40 % lag. Pollheimer & Pollheimer (1998) belegen für Flusstalgrünland den Ausschluss von Feldlerchen durch Gebüschzeilen über Entfernungen von 175 m. In Gebiet A waren die Feldlerchenpräferenzen (Anteil Feldlerchen in einer Nutzungsart am Feldlerchenbestand eines Gebiets / Flächenanteil einer Nutzungsart an der Gebietsfläche) bezüglich der Nutzungsarten besonders hoch für Saatgrasland (3,1) und Acker (2,0), wobei hier Mais (2,8) gegenüber Getreide (1,9) und Raps (0,8) deutlich bevorzugt wurde. In den übrigen laut Literatur für Feldlerchen wesentlichen Nutzungsstrukturen (Hoffmann et al. 2007, Hoffmann 2008, Jenny 1990a) konnten kaum Feldlerchen nachgewiesen werden, in erster Linie eine Folge davon, dass diese Elemente nur sehr kleinflächig oder in linearen Formen auftreten (geringe Zuordnungswahrscheinlichkeit bei Beobachtung von vor allem flugaktiven Individuen, trotz Kartierung der Auffliege- bzw. Landepunkte). Ob solche Nutzungsstrukturen doch von Bedeutung sind, lässt sich klären, wenn man bei den Präferenzberechnungen statt der Flächenanteile von Nutzungsarten die Anteile von Gitterfeldern mit einem bestimmten Nutzungselement verwendet. Die Feldlerchenpräferenzen für Gitterfelder mit Saatgrasland (2,02) und Acker (1,62) stechen dann ebenfalls hervor, wobei aber auf dieser Raumebene Getreide (1,72) gegenüber Raps (1,53), Mais (1,22) und Ackerbrachen (1,10) bevorzugt wurde. Auch Schotterwege (1,08) führten zu höheren Lerchendichten, nicht aber Teerstraßen (0,88). Relativ hoch waren auch noch die Werte für Grünlandanteile (0,94) und Feldraine (0,93).

Kombiniert man rein auf den Nutzungstyp bezogene Bewertungen mit den über Gitterfeldbewertungen erschließbaren Raumeffekten, dann wird deutlich, dass Saatgrasland als Nutzungstyp klar präferiert wird, Maisfelder gegenüber Getreidefeldern nur bevorzugt werden, wenn sie kleinflächig eingestreut sind und

Feldraine, Ackerbrachen und Schotterwege Feldlerchenhabitate deutlich aufwerten. Diese Parameter sollten daher auch im Modell von Bedeutung sein.

Bedeutung der Raumebene für Feldlerchenlebensräume. Inwieweit Feldlerchen auf einer höheren Raumebene als der durch 6,25 ha große Gitterfelder vorgegeben reagieren, wurde sowohl für zwei Geländere Relief-Parameter („H_m9“, „Q“; vgl. Tab. 1) als auch Nutzungs mosaik-Parameter („Div9“, „QD“) geprüft. Für randliche Gitterfelder der 3 Untersuchungs räume waren nur die beiden Reliefparameter ermittelbar, während bei der Nutzungsdiversität die Daten aus angrenzenden Gebieten fehlen. Trotz dieser Datenlücken zeigt die Korrelationsanalyse für die verbleibenden 115 Gitterfelder (Gebiet A), dass die Heterogenität des Nutzungsartenregimes („Div9“) im 50-ha-Umgriff eines Gitterfeldes einen größeren negativen Einfluss ($r = -0,270$) auf das Feldlerchen vorkommen (FAD) hat als die Diversität des einzelnen Gitterfeldes („Div“; $r = -0,142$). Die Feldlerche bevorzugt offensichtlich eher große, nicht durch viele Nutzungstypen aufgelockerte Agrarflächen. Ein Mittelwertvergleich (t-Test) für „Div9“ von lerchenfreien mit lerchengenutzten Gitterfeldern bestätigt dies ($p > 0,035$). Parameter „QD“ (Div9/Div) ist dagegen für Feldlerchen in Gebiet A irrelevant. Diese Ergebnisse bestätigten sich in Gebiet C. In Gebiet B waren die Vorkommen der Feldlerche dagegen von „Div9“ unabhängig. Hier sind allerdings die Feldlerchendaten durch ein massives Hagelereignis „beschädigt“.

„Div9“ sollte aufgrund dieser Ergebnisse modellrelevant sein. Eine Berücksichtigung hätte aber wegen der Datenlücken den für die Modellierung zur Verfügung stehenden Gesamtdatensatz zu stark reduziert. „H_m9“ ($r = 0,362$) und „Q“ ($r = -0,198$) wurden dagegen eingeschlossen, auch wenn die mittlere Höhe der Umgebung („H_m9“) und die Höhe im Gitterfeld („H_m“; $r = 0,365$) ganz ähnliche Korrelationen zur Feldlerchenaktivität aufweisen. Dies bedeutet, dass die Geländehöhe sowohl im Gitterfeld (Hochlage; Kuppe, Rücken) als auch auf höherer Raumebene (hochgelegenes Plateau, breiter Rücken; flächig geringe Reliefenergie) die Feldlerchendaten positiv beeinflusst, vor allem, wenn das Gitterfeld etwas höher liegt als die Umgebung.

Tab. 2. Ergebnis der Parameterselektion für die GLM-Entwicklung der Gebiete A und B mit Hinweisen zu Gebiet C aufgrund von signifikanten Mittelwertvergleichen im Wilcoxon-U-Test (* = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$; t = t-Test; f = Parameter fehlt im Teilgebiet). Bezeichnung der Parameter siehe Tab. 1. In den Modellen weiter verwendete 15 Parameter in Fettdruck. – Results of the selection of GLM-variables by comparing areas with and without skylarks using Wilcoxon-U-test or t-test (t). f = variable not evaluable in the test area. Variables see tab. 1. Variables kept in GLM bold.

Parameter	A	B	C
Div	*t		
Acker	***	***	***
Mais		*	**
Raps	*	**	*
Hopbra			*
Ackbra			*
Saat	***	f	*
Wiese	*		
Weide			**
Grübra			
Bra			
Ext			
Heck			***
Flurg		**	***
Wald	***	***	***
Teich	*		
Bach	***		**
Grab			
Bod			
Siedl			
Teer			
Weg	**		*t
H_min	***	**	***
N_max	***	***	***
KE			
N			
NO	**		
O			
SO			
S			
W	***		**
NW	**		
Q	*		***
H_m9	***	**	*t

Selektion der modellrelevanten Parameter. Die Korrelationsanalysen ergaben nur wenige Ansätze zu Parameterreduktion, wobei hohe Korrelationen zwischen den Parametern in der Regel auch nur teilgebietspezifisch waren. Für Modell A traf dies zu für „Acker“ und „Korn“ (Getreideanteil weniger stark mit der Feldlerchenaktivität korreliert und daher entfernt), „Bra“ und „Hop“ (Brachenanteil „Bra“ wegen positivem Einfluss beibehalten) sowie „SW“ und „W“ (Ausschluss von „W“), für Modell B für „Ackbra“ und „Bra“ sowie „Grü“ und „Wiese“ (Ackerbrachen/Sonderkulturenanteil „Ackbra“ und Mähwiesenanteil „Wiese“ entfernt) und für Modell C für „Acker“/„Korn“, „Bra“/„Hop“ und „Grü“/„Wiese“ („Korn“, „Hop“, „Wiese“ entfernt).

Die Reliefparameter waren schon aufgrund ihrer Ableitung aus dem DGM meist hoch korreliert. In der Korrelationsmatrix wiesen nur „H_min“ und „N_max“ eine gewisse Eigenständigkeit auf. „H_m“, „N_m“, „H_max“, „N_min“ und „H_var“ wurden daher entfernt. „H_m“ und „H_max“ werden auch von den beibehaltenen Raumparametern „H_m9“ und „Q“ mit abgedeckt.

Die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche zeigt Tab. 2. Hier wurden alle Parameter entfernt, die nicht in wenigstens 2 der 3 Teilgebiete felderchenrelevant waren. „Wiese“ wurde daher auch in Gebiet A trotz signifikanter Korrelation mit den Feldlerchendaten ($r = -0,209$) ausgeschlossen, „Acker“ trotz der geringen Korrelation ($r = 0,181$) beibehalten. Insgesamt bieten sich nur 15 Parameter für den Einschluss in die GLM-Modelle A und B an.

Mithilfe der univariaten linearen Regression konnte geprüft werden, welche Parameter für alle Gebiete und welche nur für Modell A oder B von Bedeutung sind (Tab. 3). Für Gebiet C (Plausibilitätskontrolle) war dies nicht erforderlich, wurde aber der dann erleichterten Interpretierbarkeit und Kontrolle wegen ebenfalls durchgeführt. Drei topografische („H_min“, „N_max“, „H_m9“) und 3 Nutzungsparameter („Acker“, „Wald“ sowie „Saat“, das 2009 in Gebiet B nicht auftrat) beeinflussen die Lerchenverteilung in allen drei Gebieten und sollten daher für das Modell besonders wichtig sein. Berücksichtigt man auch tendenzielle Zusammenhänge ($p < 0,15$), dann sind nur 3 der 15 selektierten Parameter gebietspezifisch („NO“ nur in Gebiet A und „Flurg“ sowie „Raps“ nur in Gebiet B von Bedeutung).

Tab. 3. Ergebnisse der univariaten linearen Regressionen für die Gebiete A, B und C (* = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$; Zahlen = $p \leq 0,15$). Vgl. Tab. 2. – Results of univariate linear regressions for the areas A, B and C (see tab. 2).

Variable	Gebiet A	Gebiet B	Gebiet C
Acker	***	***	***
Wald	***	**	***
H_min	***	*	***
N_max	***	*	***
H_m9	***	*	**
Saat	*	f	***
Mais	*		***
W	**	0.125	0.052
Q	*		**
Bach	*		*
Weg	*		0.111
NW	*	0.130	
NO	**		
Raps		**	
Flurg		0.127	

Modelle für Feldlerchenlebensräume. Bei der Modellentwicklung werden zunächst über backward selection alle Parameter entfernt, die die Modellgüte nicht mehr verbessern, mit den verbleibenden ein Habitatmodell erstellt und dafür die Regressionsgleichung mit der erwarteten Feldlerchenaktivität als unabhängiger Variablen berechnet. Tab. 4 zeigt die Ergebnisse für die Teilgebiete A und B sowie für das kalibrierte Modell A+B (282 Gitterfelder).

Modell A und B unterscheiden sich deutlich bezüglich der entscheidenden Parameter. Bei den gleich ist nur ein hoher Stellenwert von großen Ackeranteilen bzw. kleinen Waldanteilen. Saatgrasland („Saat“) wäre auch in Modell B als wertvoller Parameter zu erwarten gewesen, trat dort aber 2009 nicht auf (wohl aber in den Vorjahren, und hier vor allem im Bereich der Feldlerchenkolonie nahe Feld 27_36). In Modell A bestimmen sonst nur noch topografische Parameter die Feldlerchenvorkommen, besonders „H_m9“ (Plateaulagen oder breite Geländerücken), „Q“ (Kuppen) und „NW“ (Nordwestexposition). Letzteres ist eine Folge der eiszeitlichen Geländeformung, die in der in Gebiet A vom Otterbachsystem geprägten Tertiärhügellandschaft vor allem zu west- und nordwestexponierten, meist mit Wald bestockten Steilhängen

Tab. 4. Vergleich der Habitatmodelle A, B und A+B mit Parameterselektion durch backward selection, AIC-Kriterien und Werten für die Regressionsgleichung (* = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$). – Habitat GLM A, B and A+B with selection process by backward selection, AIC and regression matrix.

Modell	Variable	Wert	p	AIC	
A	Acker	0,030975	***	413,68	
	H_m9	0,074801	***	406,65	
	Wald	-0,142401	***	390,14	
	Saat	0,027947	***	357,20	
	NW	-0,038400	**	348,87	
	NO	0,010082	**	348,11	
	Q	-24,956774	*	347,12	
	N_max	0,056164	*	345,54	
	Intercept	-13,810151		343,20	
	Mais	entfernt			
	Bach	entfernt			
	Weg	entfernt			
	H_min	entfernt			
W	entfernt				
B	Raps	0,029622	***	308,34	
	Flurg	-1,894364	*	301,18	
	Wald	-17,717738	***	298,95	
	N_max	0,239260	***	290,48	
	Acker	0,030542	***	290,36	
	W	0,000299	***	285,54	
	H_min	0,001792	**	279,39	
	Intercept	-19,545461	***	271,12	
	NW	entfernt			
	H_m9	entfernt			
	A+B	Acker	0,038478	***	945,97
		Saat	0,045556	***	831,35
		H_min	0,064588	***	807,93
Wald		-0,090146	***	804,45	
H_m9		-0,053063	***	795,17	
NO		0,006553	*	785,24	
NW		-0,000105	*	785,19	
W		-0,018978		783,44	
Raps		0,005637		782,58	
Intercept		-7,675765	**	782,29	
N_max	entfernt				

gen geführt hat (Abb. 1). Gebiet B liegt dagegen im Bereich der Wasserscheide zwischen den Flusssystemen von Ilm (Nordwesten), Abens (Osten) und Amper (Süden) mit überwiegend geringer Reliefenergie (Steilhänge wie im Südteil fehlen), was dazu führt, dass die Lerchen hier die steileren, westexponierten Kuppenlagen zu bevorzugen scheinen („N_max“, „W“). „H_min“ korreliert hier mit geringer Reliefenergie, während der Parameter in Gebiet A eher hohe Reliefenergie in engen Talbereichen signalisiert. Ansonsten spielen mit großen Rapsanteilen („Raps“) und geringen Flurgehölzanteilen (Flurg) in Gebiet B zwei Nutzungsarten eine

entscheidende Rolle, die in Modell A nicht aufscheinen. Die „Flurg“-Funktion ist vermutlich eine Folge der sehr unterschiedlichen Waldverteilung in Gebiet A (eher homogene Verteilung; Abb. 2) und B (Wald auf wenige Bereiche konzentriert (Abb. 3). In Gebiet B beeinträchtigen daher Horizontüberhöhungen durch reife Flurgehölze die Feldlerchen viel stärker. Die hohe Bedeutung von Raps ist dagegen vermutlich eine Folge des Hagelschadens im Mai 2009. Es deutet einiges darauf hin, dass sich Feldlerchen im März/April gerne in oft als Winterzwischenfrucht angebauten Raps aufhalten, um dann im Mai in Getreide- oder Maisfelder zu wechseln. Letzteres war 2009 kaum nachweisbar, da bei der letzten Zählung Ende Mai hagelbedingt kaum noch Feldlerchen anzutreffen waren.

Unabhängig von diesem „Zufallseffekt“ Hagel weisen aber die beiden Modelle darauf hin, dass sowohl die Topografie von Landschaftstypen (hier „Bachtäler“ gegen „Kuppenlandschaft“) als auch die Wald- und vermutlich Siedlungsverteilung die Feldlerchenvorkommen mindestens genauso stark beeinflussen wie das agrarische Landnutzungssystem mit seiner Nutzungsartenverteilung. Will man ein anwendbares, allgemeines Feldlerchenmodell für das Tertiärhügelland entwickeln, so wird man daher dieses Modell durch Kombination der verschiedenen Landschaftstypenmodelle kalibrieren müssen, auch wenn dadurch die Aussagestärke gegenüber den landschaftstypbezogenen Einzelmodellen sinkt.

Mit dem Modell A+B wird dies für den Gemeindebereich Schweitenkirchen versucht. Die wichtigsten Funktionen übernehmen in diesem Modell erwartungsgemäß großer Acker- und Saatgrasland- bzw. geringer Waldanteil (Nutzungsregime) sowie „H_m9“ und „H_min“ (großflächig geringe Reliefenergie). Vorteilhaft sind auch überwiegend der Landschaftsgenese geschuldete eher flache Nordost- gegenüber oft steilen West- und Nordwestlagen, wobei „W“ in Kuppenlandschaftsteilen positiv, in Bachtallandschaften negativ belegt ist und diese wegen der fast doppelt so großen Fläche in Modell A gegenüber Modell B „durchschlagen“. Die allgemeine Bedeutung von hohen Rapsanteilen bleibt offen.

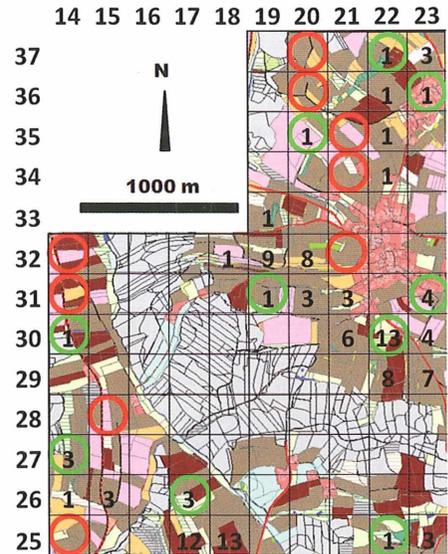


Abb. 5. Vorhersagefehler des Modells A+B für das Gebiet C. Feldlerchenvorkommen entgegen der Modellvorhersage grün, felderchenfreie Gitterfelder trotz Belegung im Modell rot markiert. Legende siehe Abb. 2. – False predictions of Skylark occurrence in area C based on generalized linear model (GLM) results from areas A+B (green = no skylarks expected, red = skylarks predicted). See fig. 2.

Plausibilität und Übertragbarkeit des Modells. Mit der folgenden Regressionsgleichung zu Modell A+B

$$\text{FAD} = -7,675765 + 0,038478 \cdot \text{Acker} + 0,045556 \cdot \text{Saat} + 0,064588 \cdot \text{H}_{\text{min}} - 0,090146 \cdot \text{Wald} - 0,053063 \cdot \text{H}_{\text{m9}} + 0,006553 \cdot \text{NO} - 0,18092 \cdot \text{NW} - 0,018978 \cdot \text{W} + 0,005637 \cdot \text{Raps}$$

sollten bei ausreichender Modellqualität die Feldlerchenvorkommen in Gebiet C (vgl. Abb. 4; typisches Verbreitungsmuster mit Konzentration in wenigen, meist größeren Kolonien) vorhersagbar sein. Da Gebiet C dem Gebiet A mehr ähnelt als dem Gebiet B wird zudem die Übertragbarkeit von Modell A auf Gebiet C getestet (Daten für die Regressionsgleichung zu Modell A siehe Tab. 4). Setzt man die entsprechenden Parameterwerte für die 105 Gitterfelder von Gebiet C ein und vergleicht die errechnete Feldlerchenerwartung mit den 2010 tatsächlich vorgefundenen Lerchenaktivitäten, dann ergibt sich Abb. 5, wobei zu beachten ist, dass isolierte Einzelnachweise in der Regel Nachweise aus dem ersten Kartierdurchgang (Ende März/ An-

fang April) betrafen und vermutlich nur durchziehenden Individuen zuzuordnen sind (keine Brutreviere).

Die Ergebnisse dieser Plausibilitätsprüfung zeigen, dass lediglich Aussagen über das Vorkommen oder Fehlen, nicht jedoch über die Anzahl vorkommender Feldlerchen vom Modell abgedeckt werden. Hier entscheidet das Modell bei 86 von 105 Gitterfeldern korrekt (81.9%). In 18,1 % der Gitterfelder stimmt die Vorhersage von Feldlerchenvorkommen nicht.

Setzt man die Gebietsdaten von Gebiet C in die Regressionsgleichung zu Modell A ein, dann steigt die Trefferwahrscheinlichkeit von 81,9 auf 86,7 % korrekt vorher gesagter Gitterfeld-Feldlerchenbelegungen. In 11 Gitterfeldern tritt die Art entgegen der Modellerwartung auf, in 3 fehlt sie. Wie in Modell A+B problembeladen sind vor allem felderchenrelevante Gitterfelder am Modellgebietsrand (Umgebungseffekte) und bei geringen Feldlerchendichten. Gegenüber Modell A+B erheblich besser markiert Modell A dagegen Ausschlussgebiete für die Feldlerche. Modell A ist allerdings nur auf von Bachtälern geprägte Teile des Tertiärhügellandes übertragbar, Modell A+B im Prinzip wegen der Berücksichtigung verschiedener „naturräumlicher Einheiten“ auf die Gesamtlandschaft.

Diskussion

Von der **Methode** her liefert die quantitative Gitterfeldkartierung mit Unterflächen bei mehrmaliger Durchführung einen guten Überblick der aktuellen Vogelmenschen, vor allem in Agrarland, für das Vowinkel & Dierschke (1989) Mindestgrößen der Untersuchungsgebiete von über 300 ha fordern und damit Revierkartierungen sehr ineffektiv werden. Sie enthält auch Elemente einer Linienkartierung (125-m-Band), bei der die absoluten Feldlerchendichten wohl um ca. 30 % unterschätzt werden (vgl. Hoffmann & Kiesel 2010). Für das Modell reichen aber die ermittelten, relativen Dichten aus.

Während der ersten Kartierungsdurchgänge Ende März bis Ende April besteht die Möglichkeit, dass Nichtbrüter und Durchzügler das Untersuchungsgebiet in größeren Kontingenten nur passieren und es so zu einer Überschätzung der Feldlerchendichte und einer verzerrten Abbildung der brutzeitspezifischen Habitatprioritäten kommt. Außerdem ist zu beachten, dass die Feldlerche nur zu Beginn der Brutsai-

son Wintergetreide und Raps bevorzugt und später vermehrt die dann im Vergleich niedrigeren Aufwüchse im jungen Sommergetreide oder im Mais bevorzugt (Toepfer & Stubbe 2001). Vor allem in Modell B mit Ende Mai infolge eines katastrophalen Hagelschlags weitgehend fehlenden Feldlerchen erklärt dies eventuell die Betonung von Raps als wichtiger Habitatkomponente.

Eine nutzungsartenbedingte Verschiebung der Feldlerchenreviere im Verlauf der Brutsaison, wie sie z. B. aus dem Harzvorland mit seinen von großen Schlägen geprägten Nutzungsstrukturen und bei 25 – 26 Bp/km² homogenen Besiedlungsmustern gemeldet wird (Toepfer & Stubbe 2001), ist im Untersuchungsgebiet bei den kleinen Schlaggrößen und in Verbindung mit eher kolonieartigen Verbreitungsmustern der Feldlerche kaum zu erwarten (Raumskaleneffekte). Selbst in solchen Fällen sollten aber die gewählten 6,25 ha-Einheiten ausreichend groß sein, um modellrelevante Datenqualitäten zu erreichen.

Versucht man über die räumliche Verteilung der Feldlerchennachweise trotz der nur drei Begehungen Reviere abzugrenzen (unter Ausschluss von vermutlich nur durchziehenden Individuen), dann kommt man auf Revierdichten von 8 (A), 21 (B) und 17 (C) Bp/km² Agrarlandschaft. Für britisches Agrarland mit seinen großen Bewirtschaftungseinheiten werden Durchschnittsdichten von nur 4,6 – 6 Bp/km² angegeben (Browne et al. 2000).

Da die Kartierungen 2009 und 2010 im Rahmen eines Praktikums stattfanden, wurden die Zeitnormen pro Gitterfeld nicht stringent eingehalten. Agrarflächen wurden in der Regel weniger zeitintensiv kartiert als Wälder oder Siedlungen. Bei der im Frühjahr relativ auffälligen Feldlerche, die meist auf eine Durchquerung des von ihr besetzten Gitterfeldes durch Auf-fliegen reagiert, sind trotzdem repräsentative Daten zu erwarten.

Der **Einfluss von Landschaftstyp und Landschaftsstruktur** scheint für die Feldlerche mindestens so wichtig zu sein wie die nutzungsartenabhängige Lebensraumqualität der Agrarflächen. Im Untersuchungsgebiet belegt dies vor allem die bevorzugte Besiedlung von breitflächigen Hochlagen und die Meidung von Bereichen mit hoher Reliefenergie wie engen Bachtälern mit steilen Randbereichen, wobei die absolute Höhe von Kuppen- oder Rückenlagen

zumindest auf Gitterfeldbasis weniger wichtig zu sein scheint. Auf den Einfluss der Hangneigung, allerdings ohne Bezug auf die relative Höhenlage weist Elle (2005) hin. Die Bedeutung der Höhenlage, besonders in Verbindung mit hohen Grünlandanteilen, betonen Chamberlain & Gregory (1999) sowie Dressmann (1995), der dafür reichhaltigere Nahrungsgrundlagen infolge höhenangepasster Landnutzungsregime vermutet. Gut erkennbar ist die Wirkung der relativen Höhenlage auch in Bräuning (1997) mit gegenüber weiten Bördereichen Niedersachsens 3-fach höheren Feldlerchendichten (65 – 68 Bp/km²) auf breiten, nur wenig über die Umgebung hinausragenden Geländekuppen. Fast auf die gleiche Feldlerchendichte kommt Jäger (1987) auf einer reliefarmen, schwach welligen Hochfläche im Vorland der Schwäbischen Alb. Solche Reliefeffekte erklären vermutlich auch die Diskrepanz von massiv sinkenden Feldlerchendichten im Harzvorland gegenüber trotz Intensivlandwirtschaft stark steigenden in der Magdeburger Börde (Oelke et al. 1992). Noch wertvollere Feldlerchenlebensräume stellen allerdings großflächige Ebenen dar. In die gleiche Richtung weisen auch Transektzählungen der Feldlerche (2005; Atlasarbeiten im Rahmen des Adebar-Projekts, unpubl.) in den breiten, flachen und weitgehend gehölzfreien Ampertalwiesen wenige km südlich von Gebiet A, die bei entsprechender Umrechnung mit etwa 53 Bp/km² erheblich höhere Feldlerchenaktivitäten als im angrenzenden Tertiärhügelland ergaben. Mit 56 Bp/km² kam Jaskowski (1998) auf vergleichbaren Niederterrassen der Mosel, allerdings bei Getreide- und Rapsdominanz, auf ganz ähnliche Werte. Auf einem planen Flugplatz mit maximal 25 cm hohem Grünland dokumentiert Bosselmann (1999) besonders hohe Feldlerchendichten von 96 Bp/km².

Eine hohe **Nutzungstypendiversität** in Kulturlandschaften scheint trotz ihrer Bedeutung für hohe Artendichten (Petersen 1998) für die Feldlerche eher negativ zu sein (Utschick & Müller 2010). Sowohl auf Gitterfeldbasis als auch in 50-ha-Einheiten wird die Art bei steigender Nutzungstypendiversität seltener. Eine hohe Diversität wird aber vor allem bei einem Zusammentreffen von Feldlerchen ausschließenden Nutzungen wie Siedlungen, Wäldern, Flurgehölzen, Hopfengärten etc. auf kleinem Raum erreicht. Deshalb darf aus dem Ergebnis nicht geschlossen werden, dass Mais- oder

Rapsmonokulturen gegenüber abwechslungsreichen Strukturen aus Saatgrasland, Brache, Mais und Raps bevorzugt werden. Das Gegenteil ist der Fall, besonders im Hinblick auf das auch für andere Agrarvögel wichtige Saatgrasland (Erdmann 1989, Bräuning 1997, Joest 2007), das im Energiepflanzenektor wegen der engen Mahdrhythmen für die Feldlerche zur ökologischen Falle wird (Dziewiaty & Bernardi 2008). Dass eine hohe Diversität offener Nutzungsstrukturen für Feldlerchen eher günstig ist (Dreesmann 1996, Lucan 1999) zeigt sich z. B. in Gebiet A in der Bevorzugung von Maisäckern, die kleinflächig in große Getreideschläge eingebettet sind (nicht aber von großen Maisanbauflächen), oder bei den höheren Dichten in Bereichen mit Schotterwegen, Feldrainen und kleinen Wiesen- bzw. Brachflächen (Hoffmann 2008). Hier ist das potenzielle Nahrungsangebot für die Feldlerche besonders hoch (Jenni 1990a, Poulson 1996, Poulsen et al. 1998), was sich auf die Länge von Nahrungsflügen und damit auf den Energieaufwand auswirkt. Die Bedeutung von Inselbrachen bzw. Ackerrandstreifen oder lichten, kurzrasigen Habitatelementen (Schön 1999, Laiolo 2005), besonders bei Vegetationshöhen von 15 – 60 cm und Vegetationsdichten von 35 – 60 % (Toepfer & Stubbe 2001), steigt im Verlauf der Brutperiode weiter an (Elle et al. 2003, Illner et al. 2004), was auch zur Vorhersage von Feldlerchendichten in fernerkundlichen Modellen verwendet werden könnte (Bradbury et al. 2005). Ähnliche Effekte werden wegen der, zumindest in Süddeutschland, geringeren Schlaggrößen wohl auch im Biolandbau erzielt (vgl. z. B. Christensen et al. 1996, Laußmann & Plachter 1998, Chamberlain et al. 1999, Free-mark & Kirk 2001, Neumann et al. 2007). In extensiv bewirtschafteten, hochdiversen Agrarlandschaften Nordostpolens sind die Feldlerchendichten, rechnet man die entsprechenden Werte (Pugacewicz 2000) in die in dieser Arbeit verwendeten Aktivitätsdichten um, um das 15-fache höher. Die geringere Eignung des im Untersuchungsraum stark vorherrschenden Wintergetreides gegenüber Sommergetreide (Chamberlain et al. 2000) ist derzeit bedeutungslos, könnte sich aber im Zuge vermehrten Energiegetreideanbaus ändern. Auf eine dichte Besiedlung von Rapsfeldern weisen u. a. Watson & Rae (1998) hin. Positive Einflüsse von Brachen und negative von Wald beschreiben auch Lentner (1997) und Chamberlain & Gregory (1999).

Bezüglich der Verkehrsflächen haben nur schmale Schotterwege einen positiven Effekt, während die Feldlerchendichten an vielbefahrenen Teerstraßen sinken (Bieringer et al. 2007).

Bezüglich der **Anwendbarkeit des Modells** auf andere Teilgebiete des Tertiärhügellandes mahnen die aufgrund „naturräumlicher“ Unterschiede von Landschaftseinheiten stark voneinander abweichenden Modelle A und B zur Vorsicht. Für das Gebiet der Gemeinde Schweitenkirchen und angrenzender Gemeinden des nördlichen tertiären Hügellandes mit seiner für die Hallertau typischen Hopfenkultur sollte das Modell aber brauchbar sein. Sollen auch andere Naturraumeinheiten, wie z. B. die Flusstalwiesen an der Amper oder das hopfenfreie, südliche Tertiärhügelland, mit in ein Feldlerchenmodell integriert werden, so wären für die weitere Kalibrierung dort eigene Untersuchungsgebiete nach gleicher Methode zu bearbeiten. Da das Modell zwar gut potenzielle Feldlerchenlebensräume vorhersagen kann, bezüglich der Feldlerchendichten aber zu ungenaue Daten liefert, eignet sich das Modell auch kaum für die Hochrechnung von Feldlerchenbeständen z. B. in Atlasarbeiten (Mitschke et al. 2005) oder für das Monitoring von Zielwerten für den Agrarvogelschutz (Hoffman & Kiesel 2007, 2010). Allerdings vernachlässigen die dort entwickelten, eher bezüglich homogener Landschaftseinheiten stratifizierenden Stichprobenkonzepte niedrigskalige Raumbeziehungen, die vor allem in kleinteiligen Landschaften Süddeutschlands für die Etablierung von Feldlerchenkolonien ganz entscheidend sein können.

Optimierungsmöglichkeiten des Modells lassen sich mittels einer vergleichenden Analyse (Nutzungsartenverteilung, Topografie, Lagebeziehungen) der zehn Gitterfelder, in denen Feldlerchen entgegen der Modellvorhersage auftreten (bzw. der neun, in denen sie trotz Vorhersage fehlen), ableiten:

- Vorhersagen sind schwierig, wenn sich die Feldlerchennachweise nur auf den Randbereich eines Gitterfeldes konzentrieren (Gitterfelder 17_26, 19_31, 22_25, 22_37, 23_31, 23_36). Das Modell indiziert vor allem die Kernbereiche von Feldlerchenkolonien relativ sicher, hat aber Probleme bei deren Abgrenzung (eventuell Folge des gewählten Maßstabs von 6,25 ha als Bezugsinheit). Diese Effekte wären durch Vergrößerung der Modellgebiete behebbar.
- Vorhersagen werden bei geringen Feldlerchendichten und Kleinkolonien unscharf (Gitterfelder 14_25, 14_27, 14_30, 14_31, 14_32). Vermutlich reichen hier 3 Kartierdurchgänge für eine ausreichend genaue Erfassung nicht aus.
- Das Modell versagt, wenn die Feldlerchen aufgrund von Sonderbedingungen und entgegen der üblichen Bevorzugung von Geländerrücken, Kuppen oder Oberhängen auch Talbereiche besiedeln (Gitterfeld 22_30). Allerdings wurde in diesem Bereich in den Vorjahren großflächig Saatgrasland angebaut, wodurch sich eventuell eine Besiedlungstradition entwickelt hat, die im Modell nicht berücksichtigt werden konnte (Einbeziehung von Vorjahres-Nutzungsartenverteilungen in das Modell?).
- Gitterfelder, die von Hopfengärten zentral durchschnitten werden, auch wenn sie nur einen relativ geringen Hopfenanteil aufweisen (Gitterfelder 15_28, 21_35), werden von Feldlerchen gemieden, da Feldlerchen generell den Horizont überhöhende Vegetationsstrukturen wie Gehölze, Hopfengärten etc. meiden. Im Modell werden vermutlich die Flächengeometrien von Wald, Gehölzen und Hopfengärten nicht ausreichend berücksichtigt.
- Ohne die schwierige Trennung von reinen Durchzugsgebieten (Gitterfeld 20_35) und Brutarealen wird das Modell unscharf. Eventuell ist eine Beschränkung der Feldlerchendaten auf den Spätapril- und Maiaspekt sinnvoll (Verdichtung der Begänge in diesem Zeitraum).
- Bei den restlichen vier vom Modell fehlerhaft prognostizierten Feldlerchenvorkommen (Gitterfelder 20_36, 20_37, 21_32, 21_34; trotz Vorhersage keine Feldlerchen) ergeben sich auf Gitterfeldbasis kaum Gemeinsamkeiten (Zufallseffekte bei der Kartierung; eventuell Raum- oder Lagebeziehungen bzw. Effekte von Diversität und Schlaggrößenverteilung?). Aufgrund dieser Unschärfen ist eine weitere statistische Optimierung des Modells (z. B. durch Datentransformationen, z-Standardisierung der verbliebenen Modellparameter etc.) wenig erfolgversprechend. Wenig Sinn machen würde die Wahl eines kleineren Bezugsmaßstabs (z. B. 4 ha oder kleiner), da die Feldlerche eher auf größere Raumeinheiten als die gewählten 6,25 ha reagiert als auf kleine. Dadurch würde es auch zu einem erheblichen Mehraufwand

bei den Kartierungen kommen. Vor allem bei geringen Feldlerchendichten würde eine repräsentative Zuordnung der Art zu bestimmten Gitterfeldern bei den oft die eigentlichen Revieregrenzen überschreitenden Singflügen erschwert. Bei einer Vergrößerung der Kartiereinheiten etwa auf 50 ha wären dagegen im bearbeiteten Landschaftsraum die Koloniemuster der Feldlerche kaum noch zu erkennen. Eine Gitterfeldgröße von 6.25 ha scheint daher optimal zu sein.

Die Modellqualität stark verbessern würde dagegen sicher eine Verdichtung der Kartierdurchgänge vor allem von Ende April bis Ende Mai (von Anfang März bis Ende Mai 6 bis 9 Kontrollen). Vom hohen Aufwand her wäre dies allerdings nur in bereits vorkartierten potenziellen Feldlerchenlebensräumen (unter Ausschluss aller nicht felderchenrelevanten Bereiche, wie Waldflächen, Siedlungen, Hopfengärten, Arealen mit hoher Reliefenergie etc.) möglich. Wegen der naturschutzfachlichen Aspekte ist zudem nur eine Vogelkartierung der gesamten Avifauna auf ganzer Fläche sinnvoller, was schon vom Aufwand her eine hohe Anzahl von Kontrollgängen ausschließt. Modellverbesserungen durch Katalogisierung und eventuell Einarbeitung von „Sonderfällen“ (vgl. Abb. 5) mit Entwicklung zusätzlicher Modellabfragen sind dagegen denkbar.

Ein Problem dürfte auch die nicht ausreichende Parametrisierung von Lagebeziehungen und Geometrien felderchenfeindlicher Habitatstrukturen wie etwa Hopfengärten sein. Denkbar wäre ein Einbau zusätzlicher Landschaftsdiversitätsparameter in das GLM, wie etwa Schlaggrößenverteilungen, Randbeziehungen etc.

Problematisch ist auch die Einbeziehung von nur durchziehenden Feldlerchen mit nur geringem Lebensraumbezug, die vor allem zu Beginn der Brutzeit nur schwer von territorialen Vögeln zu unterscheiden sind. Eventuell ist es sinnvoll, zumindest räumlich isolierte Feldlerchennachweise aus dem zeitigen Frühjahr aus den Datensätzen zu entfernen.

Vorteilhaft wäre auch eine Parametrisierung der an das Untersuchungsgebiet angrenzenden Gitterfelder, um Randeffekte auf den Untersuchungsraum besser beurteilen zu können.

Eine Nutzungsartenkartierung in 6,25 ha – Landschaftsausschnitten auf großer Fläche ist nur bei möglichst automatisierten, mit kartogra-

fischen und topografischen Daten verschnittenen Luftbildauswertungen (Siedlungen, Wald, Strukturelemente des Halboffenlandes etc.) effektiv, die dann im Agrarbereich mit den Schlagdateien der Agrarbehörden kombiniert werden müssten. Rein fernerkundliche Modellansätze wie etwa über eine LiDAR-Messung von Vegetationsdichten als Indikator für optimale Feldlerchenlebensräume (Bradbury et al. 2005) wären möglicherweise eine Alternative, hängen aber erheblich stärker vom Zeitpunkt der Aufnahmen ab (Einfluss von Jahreszeit, Witterungsverlauf, Nutzungsregime und Nutzungsartenverteilung).

Unter **Naturschutzaspekten** stehen bei Schutzmaßnahmen zur Erhaltung vitaler Feldlerchenpopulationen bisher Landnutzungsstrategien im Vordergrund, die den Trend zu immer dichteren, homogeneren und großflächigeren Feldfruchtflächen umkehren sollen (Wilson et al. 2005, Hoffmann 2010). In Bayern bieten sich hierfür vor allem in Landschaftsplänen definierte „Vorranggebiete für den Naturschutz“ an, etwa durch Aufwertung von kommunalen, agrarisch genutzten Ausgleichsflächen (Ökoko) durch „Lerchenfenster“ oder Feldraine. Ob allerdings durch solche eher kleinflächige Maßnahmen der in vielen Roten Listen dokumentierte Abwärtstrend der Feldlerche aufgehoben werden kann (vgl. z. B. Browne et al. 2000, Weggler & Widmer 2000), ist zu bezweifeln, zumal durch die für das Jahr 2008 beschlossene „Energiewende“ mit Aufhebung der Stilllegungsverpflichtungen bereits 2007 rund 50 % aller deutschen Stilllegungsbrachen wieder unter Pflug genommen wurden, wodurch die Agrarvogeldichten auf diesen Flächen innerhalb eines Jahres um 50 % sanken (Dziewiaty & Bernardi 2008, Jansen et al. 2008). Besonders negativ schlägt dabei der nahezu vollständige Verlust an Rotationsbrachen zu Buche (Herderson et al. 2000). Ähnliches gilt zunehmend auch bezüglich des kleinflächig in die Agrarflur eingebetteten Grünlands (Pärt & Söderström 1999, Söderström & Pärt 2000). Prädatoren (Tryanowski 2000) dürften dagegen im Tertiärhügelland keinen großen Einfluss auf die Feldlerchenbestände haben.

Habitatstrukturen, die das Vorkommen der Feldlerche positiv beeinflussen, sollten daher zumindest in allen derzeitigen Verbreitungszentren der Art konsequent erhalten und unterstützt werden. Damit wäre nicht nur der Agrar-

flächen-Leitart Feldlerche selbst geholfen, sondern auch Begleitarten wie Rebhuhn *Perdix perdix*, Wachtel *Coturnix coturnix*, Heidelerche *Lullula arborea* oder Feldhase *Lepus europaeus*.

Zusammenfassung

Mittels einer quantitativen Gitterfeldkartierung auf 6,25-ha-Basis wurden 2004 in einem 1100 ha großen Gebietsteil (A) und 2009 bzw. 2010 in rund 660 ha großen Gebietsteilen (B, C) der Gemeinde Schweitenkirchen (tertiäres Hügelland 45 km nördlich von München) Brutvorkommen der Feldlerchen kartiert (je drei Begehungen Ende März bis Ende Mai). Unter Zugrundelegung von Nutzungsartenanteilen, Geländeeigenschaften wie Höhenlage, Neigung und Exposition sowie Lagebeziehungen (Berücksichtigung des Gitterfeldumgriffs) wurde mit den Daten aus Gebiet A ein Habitatmodell für die Feldlerche entwickelt, dieses mit den Daten aus Gebiet B kalibriert und anschließend mit Hilfe der Daten aus Gebiet C auf Anwendbarkeit und Plausibilität getestet.

Laut Modell kommen den Landschaftsnutzungstypen Saatgrasland, Acker, Raps und besondere Bedeutung für das Vorkommen der Feldlerche zu, besonders bei Nähe zu Ackerbrachen, Feldrainen, Schotterwegen oder kleinen Wiesen. Daneben spielt das Relief eine entscheidende Rolle, insbesondere geringe Reliefenergie in den höchsten Geländelagen. Talbereiche und Gebietsteile mit Steilhängen werden im tertiären Hügelland eher gemieden.

Das Modell sollte es ermöglichen, im tertiären Hügelland Oberbayerns Gebiete mit zumindest potenziellen Feldlerchenvorkommen vorherzusagen. Voraussetzung dafür ist die Erhebung der entsprechenden Nutzungs- und Geländeparameter auf 6,25 ha großen Einheiten des Gauß-Krüger-Netzes. Diese Vorhersagen könnten dann in naturschutzfachliche Planungen wie etwa die Ermittlung von Vorranggebieten für den Natur- und Vogelschutz in Landschaftspläne einfließen.

Dank. Zu Dank verpflichtet sind wir der Gemeinde Schweitenkirchen für die Überlassung GIS-fähiger Flurkarten, dem Bayerischen Landesamt für Vermessung und Geoinformation für die Bereitstellung eines digitalen Geländemodells und Markus Kautz für die Unterstützung bei der GIS-Modellierung. Für Hilfe bei

der statistischen Auswertung danken wir Werner Heitland und Stéphanie Michl.

Literatur

- Bezzel, E., I. Geiersberger, G.V. Lossow & R. Pfeifer (2005): Brutvögel in Bayern. Verbreitung 1996 – 1999. Ulmer, Stuttgart.
- Bieringer, G., H.P. Kollar & M. Pollheimer (2007): Effects of roads and traffic noise on breeding birds in open arable land. Poster Nr. 66, EUO-Congress, Wien 2007.
- Bosselmann, J. (1999): Siedlungsdichteuntersuchungen 1998 „Feldlerche“ in Rheinland-Pfalz. Pflanzen Tiere Rheinl.-Pfalz 9: 160-165.
- Bradbury, R.B., R.A. Hill, D.C. Mason, S.A. Hinsley, J.D. Wilson, H. Balzter, G.Q.A. Anderson, M.J. Wittingham, I.J. Davenport & P.E. Bellamy (2005): Modelling relationships between birds and vegetation structure using airborne LiDAR data: a review with case studies from agricultural and woodland environments. Ibis 147: 443-452.
- Bräuning, C. (1997): Ergebnisse von Revierkartierungen auf zwei unterschiedlich strukturierten Agrarflächen südöstlich von Hannover. Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 29: 127-134.
- Bräuning, C. (1999): Der Einfluss der Umgestaltung einer Agrarlandschaft auf dem „Kronsberg“ am Stadtrand von Hannover (Niedersachsen) auf dessen Brutvogelgemeinschaft. Ber. Naturhist. Ges. Hannover 141: 219-233.
- Browne, S., J. Vickery & D. Chamberlain (2000): Densities and population estimates of breeding Skylarks *Alauda arvensis* in Britain in 1997. Bird Study 47: 52-65.
- Chamberlain D.E., J.A. Vickery & S. Gouch (2000): Spatial and temporal distribution of breeding Skylarks *Alauda arvensis* in relation to crop type in periods of population increase and decrease. Ardea 88: 61-73.
- Chamberlain, D.E. & R.D. Gregory (1999): Coarse and fine scale habitat associations of breeding Skylarks *Alauda arvensis* in th UK. Bird Study 46: 34-47.
- Chamberlain, D.E., J.D. Wilson & R.J. Fuller (1999): A comparison of bird populations on organic and conventional farm systems in southern Britain. Biol. Conserv. 88: 307-320.
- Christensen, K., E. Jacobsen & H. Nöhr (1996): A comparative study of bird faunas in conven-

- tionally and organically farmed areas. Dan. Ornitol. Foren. Tidsskr. 90: 21-28.
- Dernedde, T. (1997): Haben kleine Extensiv-Grünlandflächen für die Vogelwelt einer vielfältig genutzten, reich gegliederten Agrarlandschaft eine Bedeutung? Corax 17: 6 – 18.
- Dierschke, V. & K. Vowinkel (1989): Großflächige Brutvogelbestandsaufnahme und Habitatwahl der Feldlerche (*Alauda arvensis*) auf Ackerland in Süd-Niedersachsen. In: Riewenherm, S. und H. Lieth (Hrsg.) 1990: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Osnabrück 1989) Band XIX/II [Poster]: 216 – 221.
- Dreesmann, C. (1995): Zur Siedlungsdichte der Feldlerche *Alauda arvensis* im Kulturland von Südniedersachsen. Beitr. Nat.kd. Niedersachs 48: 76-84.
- Dreesmann, C. (1996): Neue Ergebnisse zur Siedlungsdichte der Feldlerche (*Alauda arvensis*) im Agrarland Südniedersachsens. Beitr. Nat.kd. Niedersachs. 49: 117-126.
- Dziewiaty, K. & P. Bernardy (2008): Nachwachsende Rohstoffe – was passiert mit den Feldvögeln? Vogelwarte 46: 338-339.
- Elle, O. (2005): Einfluss der Hangneigung auf die räumliche Verteilung der Feldlerche *Alauda arvensis*. Vogelwelt 126: 243-251.
- Elle, O., B. Dawo, J. Hoffmann, K. Schittek, A. Schwarting, C. Strasser & M. Tschepe (2003): Zusammenhänge zwischen der raum-zeitlichen Revierdynamik der Feldlerche (*Alauda arvensis*) und der Flächennutzungsdynamik in der Agrarlandschaft. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung, 42: 2 – 15.
- Erdmann, F. (1989): Struktur von Brutvogelgemeinschaften unterschiedlicher Agrarflächen. Arch. Nat.schutz Landsch.forsch. Berlin 29: 247-256.
- Fahrmeir, L., T. Kneib & S. Lang (2007): Regression – Modelle, Methoden und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Fielding, A. H. & P.F. Haworth (1995): Testing the generality of bird-habitat models. Conservation biology, 9(6):1466 – 1481.
- Freemark, K.E. & D.A. Kirk (2001): Birds on organic and conventional farms in Ontario: partitioning effects of habitat and practices on species composition and abundance. Biol. Conserv. 101: 337-350.
- Fünfstück, H.-J., G. v. Lossow & H. Schöpf (2003): Rote Liste gefährdeter Vögel (Aves) Bayerns. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 166: 39 – 44.
- Herderson, I.G., J. Cooper, R.J. Fuller & J. Vickery (2000): The relative abundance of birds on set-aside and neighbouring fields in summer. J. Appl. Ecol. 37: 335-347.
- Hoffmann, J. & J. Kiesel (2007): Abundanzen und Populationen von Brutvogelarten als Grundlage für einen Vogelindikator der Agrarlandschaft. Otis 15: 61-77.
- Hoffmann, J. & J. Kiesel (2010): Bestandsschätzungen verbreiteter Brutvogelarten in Agrarlandschaften. Vogelwarte 48: 380-382.
- Hoffmann, J. (2008): Einfluss von Maisanbau und Brachen auf die Abundanzen und Populationen von Indikatorvogelarten in der Agrarlandschaft. Vogelwarte 46: 339-340.
- Hoffmann, J. (2010): Erfordernis eines Ausgleichs für den Verlust von Ackerbrachen am Beispiel der Vögel. Acta Ornithoecol. 6: 3-15.
- Hoffmann, J., J. Kiesel, J.-M. Greef & K.-O. Wenkel (2007): Vogelindikator für die Agrarlandschaft auf der Grundlage der Abundanzen der Brutvogelarten im Kontext zur räumlichen Landschaftsstruktur. Landbauforschung Völknerode 4: 333-347.
- Hosmer, D. W. & S. Lemeshow (2000): Applied Logistic Regression. John Wiley & Sons, New York, 2nd edition.
- Illner, H., P. Salm & D. Braband (2004): Modellvorhaben „Extensivierte Ackerstreifen im Kreis Soest“. LÖBF-Mitt. 2/04: 33-38.
- Jäger, O. (1987): Brutvogelbestandsaufnahme innerhalb von intensiv genutzten Agrarflächen und Extensiv-Grünland in Süddeutschland. Orn. Jh. Bad.-Württ. 3: 81-106.
- Jansen, S., K. Dziewiaty & P. Bernardy (2008): Lerche ade? Der Rückgang von Stilllegungsflächen und die Brutvögel der Agrarlandschaft. Vogelwarte 46: 341-342.
- Jaskowski, P. (1998): Ornithologische Siedlungsdichteuntersuchungen in landwirtschaftlich genutzten Ackerflächen im Bereich der Kenner Flur in Trier. Dendrocopos 25: 14-15.
- Jenny, M. (1990a): Nahrungsökologie der Feldlerche *Alauda arvensis* in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft des schweizerischen Mittellandes. Ornithol. Beob. 87: 31 – 53.
- Jenny, M. (1990b): Populationsdynamik der Feldlerche *Alauda arvensis* in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft des schweizerischen Mittellandes. Ornithol. Beob. 87: 153-163.

- Joest, R. (2007): Welchen Beitrag kann der Vertragsnaturschutz zum Vogelschutz in der Agrarlandschaft leisten? – Ein Beispiel aus der Hellwegbörde. *Vogelwarte* 45: 284-285.
- Laiolo, P. (2005): Spatial and seasonal patterns of bird communities in Italian agroecosystems. *Conserv. Biol.* 19: 1547-1556.
- Laußmann, H. & H. Plachter (1998): Der Einfluss der Umstrukturierung eines Landwirtschaftsbetriebes auf die Vogelfauna: Ein Fallbeispiel aus Süddeutschland. *Vogelwelt* 119: 7-19.
- Lentner, R. (1997): Die Vogelwelt der Kulturlandschaft des Krappfeldes in Kärnten: Brutzeitliche Habitatpräferenzen, Strukturbeziehungen und Managementvorschläge. *Egretta* 40: 85-128.
- Lucan, V. (1999): Feldlerchen (*Alauda arvensis*) lieben es lückerig und artenreich. *Vogelkdl. Mitt. Raum Kassel* 18: 8-15.
- Mitschke, A., C. Sudfeldt, H. Heidrich-Riske & R. Dröschmeister (2005): Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands – Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. *Vogelwelt* 126: 127 – 140
- Neumann, H., N. Markones, T. Loges & F. Taube (2007): Mehr Brutvögel auf ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen – Ergebnisse aus zwei unterschiedlichen Landschaften Schleswig-Holsteins. *Vogelwarte* 45: 288-289.
- Newton, I. (2004): The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. *Ibis* 146: 579-600.
- Oelke, H., H.-W. Kulik & U. Nielitz (1992): Die Vögel der Börden im nordwestlichen und nordöstlichen Harzvorland – Siedlungsbiologische Erfassungen 1991 im Kr. Peine, Niedersachsen, und Kr. Aschersleben, Sachsen-Anhalt, auf dem Hintergrund der Peiner Bestandsaufnahme 1961. *Beitr. Nat.kd. Niedersachs.* 45: 153-176.
- Pärt, T. & B. Söderström (1999): The effects of management regimes and location in landscape on the conservation of farmland birds breeding in semi-natural pastures. *Biol. Conserv.* 90: 113-123.
- Petersen, B. (1998): The distribution of Danish farmland birds in relation to habitat characteristics. *Ornis. Fenn.* 75: 105-118.
- Pollheimer, J. & M. Pollheimer (1998): Auswirkungen von Struktur und Bewirtschaftungsform eines Grünlandgebietes im steirischen Ennstal auf Vorkommen und Siedlungsdichte ausgewählter Brutvögel. *Mitt. Landesmus. Joanneum Zool.* 51: 7-14.
- Poulsen, J.G., N.W. Sotherton & N.J. Aebischer (1998): Comparative nesting and feeding ecology of skylarks *Alauda arvensis* on arable farmland in southern England with special reference to set-aside. *J. Appl. Ecol.* 35: 131-147.
- Poulson, J.G. (1996): Behaviour and parental care of Skylark *Alauda arvensis* chicks. *Ibis* 138: 525-531.
- Pugacewicz, E. (2000): Breeding avifauna of a agriculture landscape of the Rownina Bielska plain. *Not. ornitol.* 41: 1-28.
- Schön, M. (1999): Zur Bedeutung von Kleinstrukturen im Ackerland: Bevorzugt die Feldlerche (*Alauda arvensis*) Störstellen mit Kümmerwuchs? *J. Ornithol.* 14: 87-91.
- Schröder, B. & B. Reineking (2004) I: Modellierung der Art-Habitat-Beziehung – ein Überblick über die Verfahren der Habitatmodellierung. *UFZ-Bericht 9/2004 Habitatmodelle – Methodik, Anwendung, Nutzen:* 5 – 26.
- Schröder, B. & B. Reineking (2004) II: Variablenselektion. *UFZ-Bericht 9/2004 Habitatmodelle – Methodik, Anwendung, Nutzen:* 39 – 46.
- Söderström, B. & T. Pärt (2000): Influence of landscape scale on farmland birds breeding in semi-natural pastures. *Conserv. Biol.* 14: 522-533.
- Toepfer, S. & M. Stubbe (2001): Territory density of the Skylark (*Alauda arvensis*) in relation to field vegetation in central Germany. *J. Ornithol.* 142: 184-194.
- Tryanowski, P. (2000): Changes in breeding populations of some farmland birds in W Poland in relation to changes in crop structure, weather conditions and number of predators. *Folia Zool.* 49: 305-315.
- Utschick, H. & J. Müller (2010): Nutzungstypen-diversität und Vogeldichten in einer südbayerischen Kulturlandschaft. *Ornithol. Beob.* 107: 1-24.
- Vowinkel, K. & V. Dierschke (1989): Beziehung zwischen Flächengröße und Abundanz am Beispiel der Feldlerche *Alauda arvensis* mit Anmerkungen zur Arten-Areal-Kurve auf Ackerland. *Vogelwelt* 110: 221-231.
- Watson, A. & R. Rae (1998): Use by birds of Rape

fields in east Scotland. *Brit. Birds* 91: 144-145.

Weggler, M. & M. Widmer (2000): Vergleich der Brutvogelbestände im Kanton Zürich 1986-1988 und 1999. Was hat der ökologische Ausgleich in der Kulturlandschaft bewirkt? *Ornithol. Beobachter* 97: 123 – 146.

Wilson, J.D., M.J. Whittingham & R.B. Bradbury (2005): The management of crop structure: a

general approach to reversing the impacts of agricultural intensification on birds? *Ibis* 147: 453-463.

Eingegangen am 21. Februar 2011

Revidierte Fassung eingegangen am 30. Juni 2011

Angenommen am 7. August 2011



Johannes Schreiber, Jg. 1987, B.Sc. Biology an der TU München; seit Oktober 2010 Studium M.Sc. – Biology (with a focus on ornithology) an der Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg; ornithologischer Schwerpunkt: Alkenvögel.



Dr. Hans Utschick, Jg. 1949, Diplombiologe; seit 1980 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der LMU München, ab 1999 an der TU München (Forstwissenschaften); ornithologische Schwerpunkte: Graureiher, Innstauseen, Einsatz von Vogeldaten in Landschaftsplanung und Naturschutz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ornithologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: [50_2-3](#)

Autor(en)/Author(s): Schreiber Johannes, Utschick Hans

Artikel/Article: [Bedeutung von Nutzungsartenverteilung und Topographie für Feldlerchen *Alauda arvensis*-Vorkommen 114-132](#)