Aus der Schweizerischen Vogelwarte Sempach

Einfluss der Landschaftsstruktur auf die Zahl der Brutvogelarten im aargauischen Reusstal[1]

Luc Schifferli, Heinz Blum und Beat Naef-Daenzer

In verschiedenen Untersuchungen der letzten Jahre wurden im Hinblick auf die Raumplanung Landschaften und einzelne Biotope anhand avifaunistischer Daten bewertet und besonders wertvolle Strukturen herausgestellt. Meist wurden dabei regional bis national seltene und bedrohte Arten, Biotopspezialisten und Endglieder von Nahrungsketten ausgewählt und kartiert. Die Vorkommen dieser Arten dienten als Bewertungskriterien für die Schutzwürdigkeit bestimmter Landschaftselemente.

Im Kanton Zürich wurde eine objektbezogene Methode gewählt, um Inventare verschiedener Lebensräume wie Hecken, Obstgärten, Trockenhänge und Feuchtgebiete zu erarbeiten (Müller et al. 1977). Im Kanton Thurgau wurden die Hecken anhand von Karten und Luftbildern aufgenommen und durch gezielte Feldbeobachtungen nach Vorkommen ausgewählter Indikatorarten überprüft (Leutenegger & Pfaendler 1979). Solche Inventare haben sich in der Praxis bewährt, denn sie ermöglichen eine genaue Beschreibung und Abgrenzung besonders erhaltenswerter Strukturen. Im Unterschied zu diesem objektbezogenen Ansatz verwendeten Bezzel & Ranftl (1974) und Bezzel (1976) die Methode der Rasterkartierung, um grössere Gebiete entsprechend ihrer Reichhaltigkeit zu bewerten, wobei die Artenvielfalt pro Rastereinheit als Kriterium verwendet wird.

In Ergänzung zu solchen Inventaren haben Blana (1978) im Bergischen Land BRD und Luder (1981) im Berggebiet des Berner Oberlandes Zusammenhänge zwischen der Vielfalt der Vogelwelt und dem Aufbau und der Gestalt der Landschaft untersucht. Anhand von Kartierungen in ausgewählten Probeflächen ermittelten sie die Artenzahl und Dichte der Brutvögel. Der Vergleich dieser avifaunistischen Daten mit landschaftlichen Kenngrössen deckt Beziehungen zwischen der Landschaftsstruktur und der Reichhaltigkeit an Vogelarten und Brutpaaren auf. Solche Beziehungen lassen sich bis zu einem gewissen Grad auf ähnliche Gebiete übertragen. Sie sind deshalb für die Raumplanung von grosser Bedeutung.

In der vorliegenden Arbeit stehen folgende Fragen im Vordergrund: (1) Wie verändert sich im landwirtschaftlich intensiv genutzten Mittelland die Artenzahl in Abhängigkeit vom Angebot an verschiedenen Landschaftsstrukturen bzw. Biotopen? (2) Lassen sich daraus Mindestansprüche an bestimmte Landschaftsstrukturen bzw. Biotope ableiten, die im Kulturland eine möglichst artenreiche Avifauna gewährleisten könnte? Dieser Fragestellung dienten 1980 durchgeführte Rasterkartierungen im aargauischen Reusstal. Sie erstreckten sich auf 31 Quadrate von 1 km² Fläche und sehr unterschiedlicher landschaftlicher Zusammensetzung, und beschränken sich auf die Erfassung der Artenzahl.

1. Methode

1.1. Erfassen der Avifauna

Das 31 km² grosse Untersuchungsgebiet liegt in der Reussebene zwischen Mühlau

[1] Die Vogelwarte dankt der Brunette Stiftung für Naturschutz für die finanzielle Unterstützung des Projektes.

und Unterlunkhofen AG auf 385 m ü.M. (ca. 47.17 N/8.20 E). Das Nord-Süd gerichtete Tal ist zwischen Molassehügeln eingebettet und wird grösstenteils landwirtschaftlich genutzt. Weitere Angaben über das Untersuchungsgebiet vermittelt Fuchs (1979).

Das Untersuchungsgebiet wurde entsprechend den Koordinaten der Landeskarte in 31 Quadrate von je 1 km Seitenlänge eingeteilt. Vom 21.April bis 30.Juni 1980 wurde jedes Quadrat insgesamt je 4mal während jeweils genau einer halben Stunde an 3–4 verschiedenen Tagen verteilt über die ganze Brutzeit aufgesucht (gesamte Beobachtungszeit 2 h/km^2). In jedem Quadrat wurden alle vorkommenden Biotope untersucht und jede Beobachtung auf eine standardisierte Artenliste eingetragen. Für jede halbstündige Exkursion wurde eine neue Liste erstellt. Diese avifaunistischen Daten sind halb-quantitativ (presence-absence), da keine Angaben über die Häufigkeit erhoben wurden.

Die beobachteten Arten jedes Quadrates wurden als Brutvögel, Nahrungsgäste oder Durchzügler eingestuft. *Brutvögel*: Revieranzeigende Vogelarten (meist singende ♂) in einem möglichen Brutbiotop, die zur Brutzeit mindestens einmal festgestellt wurden (entsprechend «Atlaskriterien» 3–19, Schifferli et al. 1980). Es wurden keine besonderen Anstrengungen unternommen, um Brutnachweise zu erbringen. *Nahrungsgäste*: Beobachtete Arten mit grossen Territorien und umherstreifende Arten, die 1980 im Untersuchungsgebiet gebrütet haben, wahrscheinlich aber nicht im betreffenden Quadrat (z.B. Graureiher). *Durchzügler*: Während der Zugzeit beobachtete Arten, die unseres Wissens aber im Untersuchungsgebiet nicht gebrütet haben (z.B. Braunkehlchen) sowie Zugvögel, deren Vorkommen nach Abschluss der Zugzeit nicht bestätigt werden konnte (z.B. Gartenrötel). *Besondere Arten*: Mindestens zweimal im selben Quadrat festgestellte Stockenten wurden zu den Brutvögeln gezählt. Zur Brutzeit beobachtete Höckerschwäne, Mauersegler, Ufer-, Mehl- und

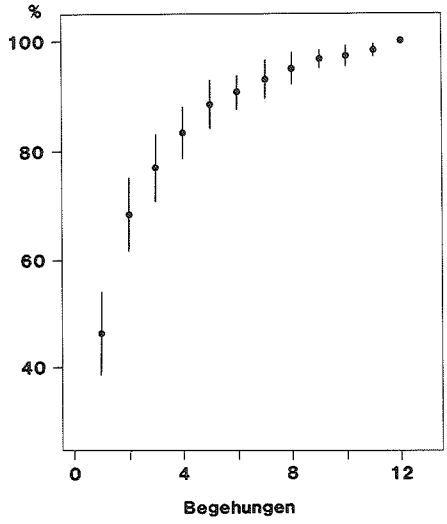

Abb. 1. Prozentualer Anteil der mittels 1–12 je halbstündigen Begehungen erfassten Brutvogelarten. Mittelwerte (Punkte) und Standardabweichungen (Balken) von 7 1×1 km grossen Quadraten. Die Begehungen wurden in zeitlich zufälliger Reihenfolge ausgewertet; 100% = Zahl der Brutvogelarten anhand von 12 kombinierten Begehungen.

Rauchschwalben galten als Nahrungsgäste, soweit nicht besetzte Nester gefunden wurden. Dasselbe gilt für Mäusebussard, Schwarzmilan, Rotmilan, Turmfalke, Waldohreule, Waldkauz, Rabenkrähe und Elster; bei diesen Arten wurden zusätzlich die Ergebnisse der flächendeckenden Bestandsaufnahmen von 1978–80 übernommen (Fuchs 1980, Fuchs & Schifferli 1981, Schifferli & Fuchs 1981). Für den Baumpieper wurden die flächendeckenden Brutbestandserhebungen aus dem Jahre 1983 von R.Meury (pers. Mitt.) einbezogen, ebenso unpublizierte Kartierungen von Haubentaucher, Zwergtaucher, Wasserralle, Teichhuhn und Blässhuhn von 1977.

Für jedes Quadrat wurde eine wegen der relativ kurzen Beobachtungszeit sicher unvollständige Artenliste mit allen erfassten Brutvögeln, Nahrungsgästen und Durchzüglern erstellt. Um zu prüfen, welcher Anteil der Brutvogelarten mit vier Begehungen erfasst werden kann, besuchten wir 7 Quadrate 12mal (6 h). Wenn die erste Be-

gehung durch weitere ergänzt wird, kommen jeweils neue Arten hinzu, die vorher nicht registriert worden waren. Die Zahl der Brutvogelarten wurde anhand von 1–12 auf diese Weise kumulierten Begehungen ermittelt, wobei die Begehungen in zufälliger zeitlicher Reihenfolge ausgewertet wurden. Abb.1 zeigt, dass der Anteil der gefundenen Arten bis zu 3–4 kumulierten Begehungen sehr steil ansteigt, da jeweils viele neue Arten gefunden wurden. Durch vier halbstündige Beobachtungen wurden 83,3% (Standardabweichung s = 6,3) der anhand von 12 Besuchen ermittelten Artenzahl erfasst. Bei den folgenden 8 Exkursionen kamen im Mittel pro Quadrat 7,6 (s = 2,9) weitere Arten dazu. Diese insgesamt 53 neuen Nachweise verteilen sich auf 40 verschiedene Vogelarten, so dass mit bloss vier Begehungen offenbar keine Art eindeutig schwächer erfasst wurde als die übrigen. Die Spechtarten wurden wohl lückenhaft erfasst, da die Feldarbeit erst Ende April aufgenommen wurde. Blana (1978) und Svensson (1971) erfassten mit drei kombinierten Begehungen 90% der Brutvogelarten. Ihre Daten sind jedoch mit unseren nicht direkt vergleichbar, da wir weniger Zeit/ha aufgewendet haben.

Eine entsprechende Auswertung der Nahrungsgäste und Durchzügler ergab, dass sie sich durch nur vier Begehungen nicht ausreichend erfassen lassen. Wir beschränken uns deshalb in der vorliegenden Arbeit auf die Brutvögel.

Die Feldarbeit wurde während der ganzen Brutperiode durchgeführt. Abb.2 zeigt den Erfassungsgrad (Zahl der pro Begehung beobachteten Brutvogelarten, in % der nach 4 kombinierten Begehungen festgestellten Arten) vom 21.April bis 20.Juni pentadenweise zusammengefasst. Der mittlere Anteil der pro Begehung erfassten Brutvögel liegt bei 52% und schwankt von 44–65%. Einerseits werden in den ersten Pentaden früh brütende Arten leichter beobachtet, andererseits werden spät zurückkehrende Zugvogelarten erst später erfassbar, so dass der Erfassungsgrad insgesamt keinen saisonalen Trend erkennen lässt.

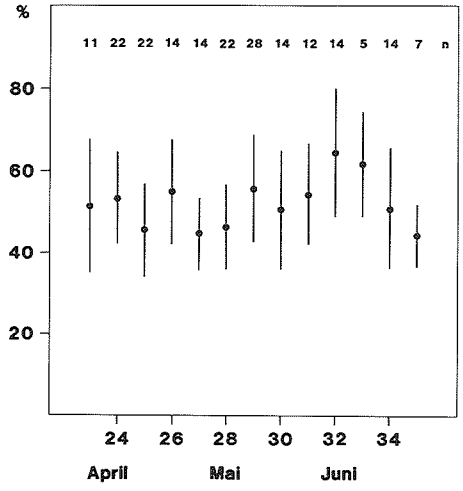

Abb.2. Prozentualer Anteil der pro halbstündige Begehung erfassten Brutvogelarten in 31 1×1 km grossen Quadraten, zusammengefasst nach Pentaden vom 21.April bis 20.Juni. Mittelwerte (Punkte) und Standardabweichungen (Balken). Pentade 21 = 21.–25.April; 100% = Zahl der Brutvogelarten anhand von 4 kombinierten Begehungen.

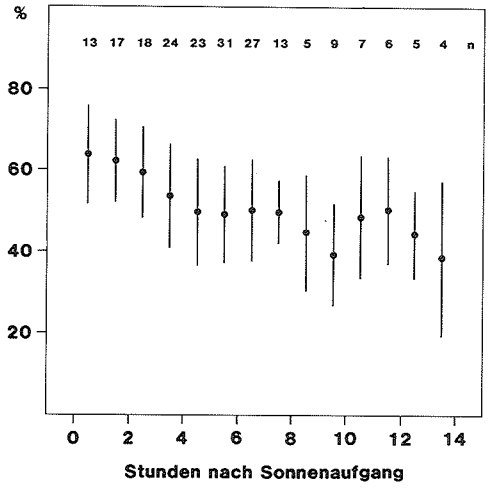

Abb.3. Prozentualer Anteil der pro halbstündige Begehung erfassten Brutvogelarten in 31 1×1 km grossen Quadraten, zusammengefasst nach der Tageszeit (Stunden nach Sonnenaufgang). Mittelwerte (Punkte) und Standardabweichungen (Balken). 100% = Zahl der Brutvogelarten anhand von 4 kombinierten Begehungen.

Die Exkursionen wurden während des ganzen Tages durchgeführt, mehrheitlich jedoch vor Mittag abgeschlossen. In Abb.3 wird der Erfassungsgrad der Tageszeit (Stunden nach Sonnenaufgang) gegenübergestellt. Erwartungsgemäss ist er in den ersten Morgenstunden am höchsten, sinkt bis vier Stunden nach Sonnenaufgang kontinuierlich ab und bleibt dann mehr oder weniger konstant. Einzelne Arten sind aber offenbar nach Mittag leichter zu erfassen, so dass eine Kombination von Morgen- und Nachmittagsexkursionen das Artenspektrum am besten wiedergibt. Dies zeigt eine Auswertung von sechs Quadraten mit genügend Morgen- und Nachmittagsbegehungen. Werden zwei Morgenbegehungen durch zwei weitere Morgenbegehungen ergänzt, erhöht sich die Zahl der Brutvogelarten/km² um 5,7 Arten (15,8% der mit 4 kombinierten Begehungen ermittelten Artenzahl). Wenn zwei Morgenbegehungen durch zwei Nachmittagsbegehungen ergänzt werden, beträgt die Zunahme jedoch 7,7 Arten (20,3%). Wir haben deshalb nach Möglichkeit drei Morgenbeobachtungen und eine vom Nachmittag verwendet. Obschon wir mit je vier Begehungen pro Quadrat sicher nur eine annähernd vollständige Artenliste erhalten, betrachten wir die Daten der verschiedenen Quadrate mit identischem Zeitaufwand als vergleichbar.

1.2. Charakterisierung der Landschaft

Um die Vielfalt der Landschaft an Biotopen und Strukturen zu erfassen, wurden diese für jedes der 31 Quadrate anhand von farbigen Luftbildern vom September 1980 im mittleren Massstab von 1:5600 und der Landeskarte 1:25'000 von 1976 vermessen. Folgende Variablen wurden aufgenommen (jeweils pro km²): (1) *Lineare Strukturen*: Länge der Hecken, Fliessgewässer, Waldränder, Uferlinien stehender Gewässer. (2) *Flächen*: Feuchtes Wies- und Riedland, Wälder, Gewässer, Kulturland, Überbauungen, Aufschüttungen, Kiesgruben, hoch- und niederstämmige Obstgärten. (3) *Zahl* der Hecken, Gewässer und Wälder.

2. Ergebnisse

2.1. Zahl der Brutvogelarten

Im 31 km² grossen Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 75 Brutvogelarten festgestellt (Tab.1). Pro Quadrat waren es im Mittel 36,5 Arten (s = 6,2, n = 31; min. 20, max. 48). Wenn wir berücksichtigen, dass etwa 83% der Brutvogelarten erfasst wurden (vgl. Abb.1), können wir mit durchschnittlich rund 44 Brutvogelarten/km² rechnen.

Abb.4 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Brutvogelarten pro Quadrat. Am häufigsten wurden 36–40 Arten gefunden (39%); artenärmere mit weniger als 26 und artenreichere mit mehr als 45 Arten sind relativ selten (je 6%). Vier Arten besiedelten alle 31 Quadrate (Amsel, Buchfink, Star und Rabenkrähe). 39 Arten (52%) kamen in mehr als der Hälfte der Quadrate vor, 19 (25%) nur in 1–5 (Tab.1). Im Mittel besiedelte jede der 75 Brutvogelarten 15,1 Quadrate (s = 9,9), also etwa die Hälfte.

2.2. Zusammensetzung der Landschaft

Die flächenmässige Zusammensetzung des Untersuchungsgebietes nach Lebensräumen und die Grenzlinien zwischen einzelnen Biotopen sind in Tab.2 zusammengestellt (Mittelwerte der 31 Quadrate). Der weitaus grösste Teil ist offenes Kulturland (69%) und der Bewaldungsgrad erreicht knapp 10%. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Quadraten sind jedoch beträchtlich. Der Anteil des feuchten Wies- und Riedlandes variiert beispielsweise zwischen 0 (in 10 Quadraten) und 48,9%; 54% der 121 ha liegen in zwei Quadraten. Ähnliche Verhältnisse finden wir auch bei den übrigen Biotopen. Im allgemeinen liegt der Variationskoeffizient über 100%, d.h. die Streuung ist grösser als der Mittelwert (Tab.2). Die Landschaft ist also sehr heterogen zusammengesetzt; während einzelne, grossflächig genutzte Quadrate arm an Biotopen sind, weisen andere eine kleinräumig-mosaikartige Vielfalt auf.

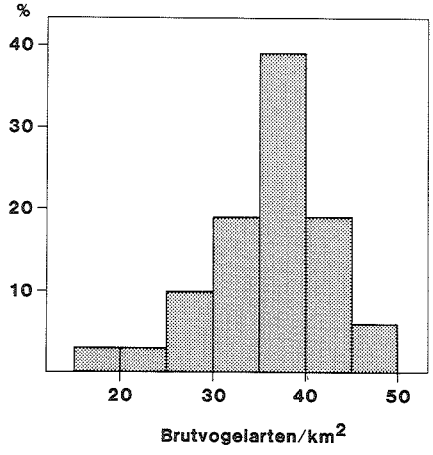

Abb.4. Zahl der Brutvogelarten pro Quadrat von 1×1 km. Prozentuale Häufigkeitsverteilung in 31 Quadraten.

Trotz dieser Unterschiede zwischen den Quadraten zeigen sich gewisse Gesetzmässigkeiten in der Zusammensetzung, die in den folgenden Korrelationen zwischen den Flächenanteilen zum Ausdruck kommen: (1) Je grösser der Überbauungsgrad, desto grösser ist die Fläche der hochstämmigen Obstgärten ($r = 0{,}69$), da sie oft in Siedlungsnähe liegen. (2) Je grösser die Fläche der Gewässer, desto mehr Hecken (Gesamtlänge/km^2) sind vorhanden ($r = 0{,}63$), da Gewässer oft von Hecken gesäumt sind. (3) Je geringer der Bewaldungsgrad, desto grösser ist die Fläche des Kulturlandes ($r = -0{,}50$), da grossflächig genutzte Quadrate relativ schwach bewaldet sind. (4) Die Fläche der Naturschutzgebiete/km^2 ist umso grösser, je mehr Riedland ($r = 0{,}56$), Gewässer ($r = 0{,}58$) und Hecken ($r = 0{,}65$) vorhanden sind, da vor allem solche Gebiete unter Naturschutz gestellt wurden. Alle diese Zusammenhänge sind statistisch gut gesichert ($n = 31$, $p < 0{,}01$).

Verschiedene Untersuchungen belegen, dass nicht nur das Vorkommen verschiedener Biotope, sondern auch Grenzlinien zwischen benachbarten Biotopen wie Hecken, Waldränder und Uferlinien die Vielfalt an Vogelarten beeinflussen (Blana 1978, Luder 1981). Um dies zu prüfen, haben wir

Tab.1. Liste der als Brutvögel bezeichneten Vogelarten (gemäss «Atlaskriterien» 3–19, Schifferli et al. 1980) und Zahl der von ihnen besiedelten Quadrate. Unvollständig erfasste Arten in Klammern (vgl. Text).

Tachybaptus ruficollis	5	*Hirundo rustica*	23	*Regulus ignicapillus*	18
Podiceps cristatus	1	*Delichon urbica*	7	*Muscicapa striata*	22
Cygnus olor	1	*Anthus trivialis*	17	*Ficedula hypoleuca*	3
Anas platyrhynchos	25	*Motacilla cinerea*	2	*Aegithalos caudatus*	5
Milvus migrans	14	*Motacilla alba*	30	*Parus palustris*	16
Buteo buteo	25	*Troglodytes troglodytes*	21	*Parus ater*	18
Falco tinnunculus	10	*Prunella modularis*	24	*Parus caeruleus*	27
Phasianus colchicus	19	*Erithacus rubecula*	18	*Parus major*	30
Rallus aquaticus	1	*Luscinia megarhynchos*	5	*Sitta europaea*	21
Gallinula chloropus	12	*Phoenicurus ochruros*	22	*Certhia brachydactyla*	25
Fulica atra	12	*Phoenicurus phoenicurus*	8	*Oriolus oriolus*	11
Charadrius dubius	1	*Saxicola torquata*	2	*Garrulus glandarius*	14
Vanellus vanellus	12	*Turdus merula*	31	*Pica pica*	28
Numenius arquata	1	*Turdus pilaris*	23	*Corvus corone*	31
Columba palumbus	23	*Turdus philomelos*	20	*Sturnus vulgaris*	31
Streptopelia decaocto	2	*Locustella naevia*	1	*Passer domesticus*	26
Cuculus canorus	17	*Acrocephalus palustris*	22	*Passer montanus*	29
Strix aluco	11	*Acrocephalus scirpaceus*	14	*Fringilla coelebs*	31
Asio otus	18	*Sylvia communis*	8	*Serinus serinus*	14
Apus apus	3	*Sylvia borin*	25	*Carduelis chloris*	24
(Picus canus)	1	*Sylvia atricapilla*	27	*Carduelis carduelis*	19
(Dendrocopos major)	6	*Phylloscopus sibilatrix*	1	*Carduelis cannabina*	7
(Dendrocopos minor)	1	*Phylloscopus collybita*	28	*Emberiza citrinella*	4
Alauda arvensis	20	*Phylloscopus trochilus*	15	*Emberiza schoeniclus*	20
Riparia riparia	1	*Regulus regulus*	20	*Miliaria calandra*	6

Tab. 2. Flächenmässige Zusammensetzung des Untersuchungsgebietes nach Lebensräumen (ha/km² = %) und Länge der Randlinien einzelner Biotope (km/km²). Mittelwert (Mi), Standardabweichung (s), Variationskoeffizient (V = 100 s/Mi) sowie Median (Me).

	Mi	s	V	Me
Flächen				
Wald	9,9	9,9	100	0,8
stehende Gewässer	0,6	1,2	203	0,3
fliessende Gewässer	2,6	3,6	136	0,0
Kulturland (nicht feucht)	69,0	17,8	26	70,1
Obstgärten, hochstämmig	7,8	6,0	77	5,9
Obstgärten, niederstämmig	0,5	0,8	180	0,0
Überbauungen	5,3	5,7	108	3,4
Kiesgruben	0,5	0,8	175	0,3
feuchtes Wiesland, Riedland	3,9	9,1	233	8,7
Naturschutzgebiete	11,3	15,3	135	1,6
Randlinien				
Wald	2,0	1,8	90	1,6
Hecken	1,2	0,8	67	1,0
Gewässer	2,2	1,6	73	1,7

neben der Heckenlänge auch den Umfang der verschiedenen Biotope vermessen. Im Folgenden werden diese Landschaftsvariablen der Artenvielfalt gegenübergestellt. Nachweisbare Korrelationen können andeuten, dass Unterschiede bei diesen Variablen Unterschiede in der Artenzahl der entsprechenden Quadrate verursachen. Bei der Interpretation solcher Korrelationen müssen die erwähnten Beziehungen zwischen den Landschaftsvariablen jedoch berücksichtigt werden, denn sie können bestehende Korrelationen überdecken. Andererseits kann eine mit der Artenzahl korrelierte Variable stellvertretend für eine andere auftreten, wenn die beiden Variablen miteinander korreliert sind. Fläche und Umfang der verschiedenen Biotope sind beispielsweise derart stark korreliert, dass bei einem Vergleich der Artenzahl mit diesen beiden Grössen nicht zu entscheiden ist, ob die Fläche und/oder der Umfang von Bedeutung sind.

2.3. Multiple Auswertung

Um herauszufinden, welche Landschaftselemente die Zahl der Brutvogelarten beeinflussen, wurde eine multiple, rückwärtsschrittweise Regressionsanalyse auf dem IBM-XT Computer der Vogelwarte durchgeführt (Software SPSS/PC rel.1.0, 1984). Da viele der Variablen nicht normal verteilt waren, wurden sie logarithmiert, und da Nullwerte auftraten, wurde jeder Wert um 1 erhöht. Folgende 14 unabhängige Variablen wurden auf ihren Einfluss auf die Zahl der Brutvogelarten geprüft: (1) Flächen von Kulturland, Wäldern, Gewässern, feuchtem Wies- und Riedland, Überbauungen sowie Hoch- und Niederstammobstanlagen. (2) Randlinien von Gewässern, Hekken und Wäldern. (3) Zahl der Wälder, Hecken, Gewässer und der feuchten Wies- und Riedlandparzellen.

Zuerst wurden alle 14 unabhängigen Variablen berücksichtigt; dann wurden schrittweise diejenigen eliminiert, für die kein signifikanter Einfluss auf die Zahl der Brutvogelarten (BV) nachweisbar ist. In der Endauswertung verbleiben drei Variablen, nämlich die Flächen von Wald (ha/km², FW) und Gewässern (ha/km², FG) sowie die Zahl der Hecken (pro km², HZ). Die Gleichung dieser Auswertung lautet:

$$\log(BV+1) = 0{,}060 \log(FG+1) + 0{,}097 \log(FW+1) + 0{,}112 \log(HZ+1) + 1{,}346$$

Diese Funktion erklärt 59% der Variabilität der Zahl der Brutvogelarten (adjusted

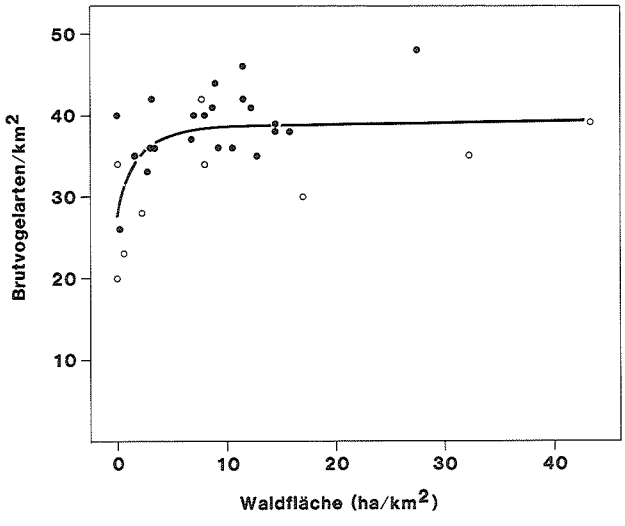

Abb. 5. Zahl der Brutvogelarten/km² in Abhängigkeit der im Quadrat enthaltenen Waldfläche (ha/km²). $y = -11{,}60\,(1/x+1) + 39{,}46$, $n = 31$, $r = -0{,}56$, $p < 0{,}001$. Kreise = Quadrate mit einem Defizit an Hecken und Feuchtgebieten (s. Text).

R^2 der multiplen Korrelation; $F = 15{,}2$, FG 3;27, $p < 0{,}0001$). Wenn die anhand der Luftbilder ermittelten Werte für jedes bearbeitete Quadrat in die obige Gleichung eingesetzt werden, kann für jedes eine erwartete Zahl an Brutvogelarten errechnet werden. Ein Vergleich der erwarteten mit der im Feld gefundenen Artenzahl zeigt absolute Differenzen von im Mittel 3,1 Arten ($s = 2{,}4$, $n = 31$). Bei einer mittleren Artenzahl von 36,5 entspricht dies einer Genauigkeit von ±8,5%.

Erwartungsgemäss ist die Waldfläche ein wichtiger Faktor in der gefundenen Gleichung, da dieser Habitat sehr artenreich ist. Gewässer und Hecken wirken sich aber auf die Artenzahl ebenfalls sehr positiv aus. Wie wir bereits erwähnt haben, zeigt die Landschaft des aargauischen Reusstales trotz ihres heterogenen Aufbaues gewisse Gesetzmässigkeiten inbezug auf ihre Biotop-Zusammensetzung. Eine multiple Auswertung berücksichtigt solche Interkorrelationen zwischen den Biotopvariablen. Die in diesem komplexen Beziehungsgefüge gefundenen Einflussgrössen «Wald», «Hekken» und «Gewässer» dürften auch aus biologischen Gründen einen echten Einfluss auf die Artenzahl ausüben. Im Folgenden werden die Länge/km² resp. die Fläche/km² dieser drei Biotope der Artenzahl/km² direkt gegenübergestellt.

2.4. Vergleich von Avifauna und Zusammensetzung der Landschaft

2.4.1. Bewaldung

In der eher schwach bewaldeten aargauischen Reussebene (im Mittel 10%, was den Niederungen des landwirtschaftlich recht intensiv genutzten Mittellandes entsprechen dürfte) sind Wälder wichtige Biotope. Von den insgesamt 75 Vogelarten brüten 40 (53%) in Wäldern, weshalb der in Abb. 5 dargestellte Zusammenhang zwischen der Bewaldung (ha/km²) und der Artenzahl den Erwartungen entspricht. Die Kurve steigt anfänglich steil an und nähert sich dann einem Grenzwert von knapp 40 Brutvogelarten/km². Dieser Verlauf deutet an, dass bereits bei einem geringen Bewaldungsgrad die meisten der im Untersuchungsgebiet zu erwartenden Arten vorkommen können.

Der Einfluss der Bewaldung wird jedoch durch den Anteil an Hecken und Feuchtgebieten modifiziert. Vier Quadrate, die reich an Hecken und Feuchtgebieten sind (>1,9 km Hecken/km² und gleichzeitig insgesamt >4,6 ha Gewässer/feuchtes Wies-und Riedland) beherbergen im Durchschnitt 3,3 Ar-

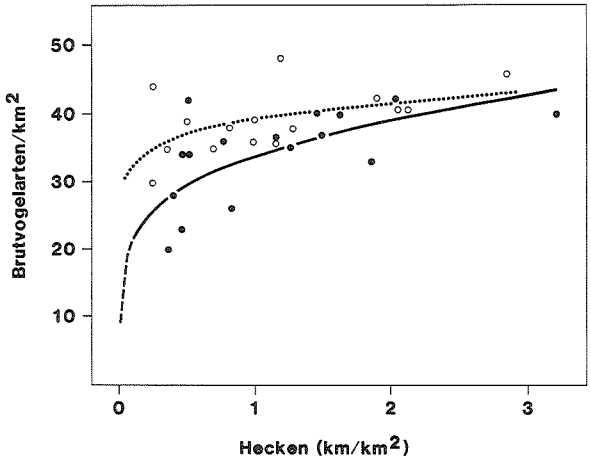

Abb. 6. Zahl der Brutvogelarten/km² in Abhängigkeit der Heckenlänge (km/km²). Punkte = schwach bewaldete Quadrate (bis 8 ha/km²), ausgezogene Kurve: $y = 33{,}86\ x^{0.21}$, $n = 16$, $r = 0{,}63$, $p < 0{,}01$. Kreise = stärker bewaldete Quadrate, punktierte Kurve: $y = 39{,}19\ x^{0.08}$, $n = 15$, $r = 0{,}52$, $p < 0{,}05$.

ten mehr, als von der Bewaldung her zu erwarten wäre; neun Quadrate mit einem Defizit an Hecken und Feuchtgebieten (<0,5 km Hecken/km² und gleichzeitig <3,4 ha feuchtes Wies- und Riedland/km²) liegen dagegen um 3,6 Arten unter der Kurve (Kreise in Abb.5).

2.4.2. Hecken

Abb.6 zeigt den Zusammenhang zwischen der Länge der Hecken (km/km²) und der Gesamtzahl der Brutvogelarten, wobei schwach (bis 8%) und stärker bewaldete Quadrate getrennt dargestellt werden. In beiden Fällen steigt die Artenzahl anfänglich steil an und nähert sich dann einem Grenzwert. Eine kurvilineare Zunahme der Artenzahl mit steigender Heckenlänge wird auch durch andere Untersuchungen belegt (Beispiele in Bezzel 1982). In den schwach bewaldeten Quadraten des aargauischen Reusstales mit weniger als 0,5 km Hecken/km² ist die Streuung der Zahl der Brutvogelarten beträchtlich (20–42). In den heckenreicheren Quadraten ist sie geringer, da artenarme Quadrate fehlen. Da keine Angaben über heckenlose Quadrate vorliegen, kann die Verlässlichkeit des Kurvenverlaufes bis 0,5 km Hecken nicht beurteilt werden. Zusätzliche Daten aus heckenarmen Gebieten wären nötig, um die Anfangsphase der Kurve abzusichern.

Nach den vorliegenden Angaben nähern sich die beiden Kurven in Abb.6 mit zuneh-

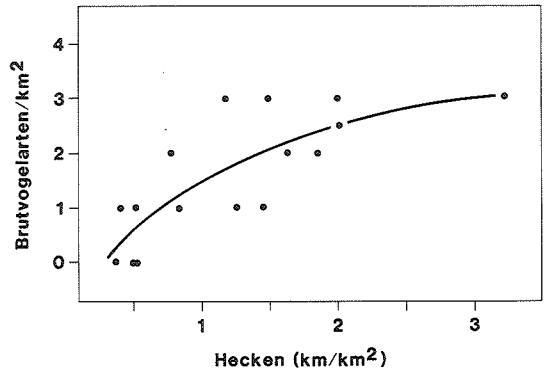

Abb. 7. Zahl wenig verbreiteter Brutvogelarten/km² in schwach bewaldeten Quadraten in Abhängigkeit der Heckenlänge (km/km²). $y = -5{,}90\ (1/x+1) + 4{,}48$, $n = 16$, $r = -0{,}80$, $p < 0{,}001$.

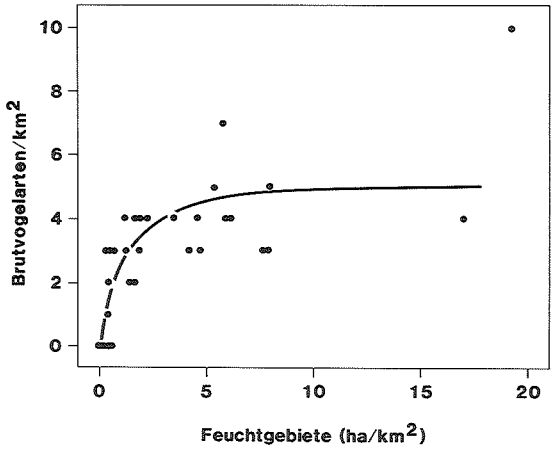

Abb. 8. Zahl der in Feuchtgebieten lebenden Brutvogelarten/km² in Abhängigkeit der Fläche dieses Biotopes (ha/km²). $y = -5{,}41\ (1/x+1) + 5{,}39$, $n = 31$, $r = -0{,}77$, $p < 0.001$.

mender Heckenlänge. Solange letztere unter 3 km/km² liegt, sind stärker bewaldete Quadrate artenreicher, da die meisten im Untersuchungsgebiet vorkommenden Arten im Wald einen gleich oder besser geeigneten Biotop finden können. Bei rund 3 km Hecken/km² sind in schwach bewaldeten Quadraten gleich viele Vogelarten zu erwarten wie in waldreicheren. Dies unterstreicht die Bedeutung der Hecken als wertvollen Biotop, insbesondere im landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebiet.

In der vorliegenden Arbeit konnte nur die Zahl der Hecken/km² und ihre Länge berücksichtigt werden. Ebenso wichtig ist jedoch der Aufbau der Hecken und ihre Zusammensetzung nach Baum- und Straucharten (Lasserre 1982). Pfister et al. (1985) belegen beispielsweise die Bedeutung der Dornensträucher und einer ausgeprägten Krautschicht sowie der Art der Bewirtschaftung des Heckenumfeldes auf die Vorkommen von Indikatorarten. Die Zahl solcher biotopspezifischer Arten steigt ebenfalls mit der Länge der Hecken. Der Kurvenverlauf ist jedoch bedeutend flacher und erreicht den Grenzwert erst bei einem grösseren Heckenangebot. Der steilere Anstieg der Gesamtartenzahl im aargauischen Reusstal (Abb.6) hängt wohl damit zusammen, dass die Mehrzahl der vorkommenden Arten wenig biotopspezifisch ist und schon kurze Hecken für ihr Vorkommen ausreichen. Die Zahl der anspruchsvolleren Arten ist für eine detaillierte Auswertung zu klein. Wir haben deshalb versucht, die Arten nach ihrer Verbreitung zu gruppieren. Abb.7 zeigt die Zahl der wenig verbreiteten Arten (Vorkommen in höchstens 50% der Quadrate), die in Hecken leben, in Abhängigkeit von deren Länge. Im Vergleich zu Abb.6 ist der Kurvenverlauf bedeutend flacher und erreicht den Grenzwert von 4–5 Arten pro km² erst bei einem reichen Angebot an Hecken. Bei einer Heckenlänge von 1,6 km/km² ist erst die Hälfte dieser Arten zu erwarten, bei 4 km/km² rund drei Viertel. Dieser Unterschied deutet an, dass anspruchslosere Arten schon bei einem relativ geringen Heckenangebot vorkommen können, dass aber die selteneren Arten erst bei einem reicheren Angebot auftreten.

2.4.3. Feuchtgebiete

In der multiplen Auswertung ist der Einfluss der Gewässerfläche auf die Gesamtartenzahl der Brutvögel nachweisbar. Der direkte Vergleich dieser beiden Grössen ergibt ebenfalls eine signifikante Beziehung, obwohl nur etwa 20% der 75 Brutvogelarten auf Feuchtgebiete angewiesen sind. In Abb.8 haben wir die Zahl der in Feuchtgebieten lebenden Brutvogelarten der Fläche

dieses Habitates gegenübergestellt (Fläche der stehenden Gewässer und des feuchten Wies- und Riedlandes, ha/km²). Die Graphik zeigt, dass die Artenzahl mit zunehmender Fläche der Feuchtgebiete anfänglich rasch zunimmt und sich dann einem Grenzwert von 5 Arten/km² nähert. Bei 1 ha/km² sind 50% dieser Arten zu erwarten, bei 3 ha rund 75%.

3. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, in einem Vergleich der Vogelartenzahl mit der Zusammensetzung der Landschaft aus verschiedenen Biotopen kritische Flächengrössen zu ermitteln, die im intensiv genutzten Kulturland das Vorkommen einer möglichst artenreichen Avifauna erlauben. Wir benützten dazu die Methode der Rasterkartierung. Sie hat den Vorteil, dass in relativ kurzer Zeit grosse Flächen gleichmässig bearbeitet werden können. 62 Stunden Feldarbeit reichten, um für 31 Kilometerquadrate vergleichbare Artenzahlen zu erhalten. Die Methode hat allerdings den Nachteil, dass lediglich die Zahl, nicht aber die Dichte der Arten bekannt ist. Immerhin zeigt sich bei kleinen Flächen oft eine gute Korrelation von Artenzahl und Gesamtzahl aller Brutvogelpaare. In 17 von Luder (1981) bearbeiteten Probeflächen von je 20–25 ha Grösse finden wir beispielsweise eine Korrelation von $r = 0{,}97$. Die Artenzahl scheint also die Avifauna recht gut zu charakterisieren. Ob dies auch für grössere Flächen gilt, muss allerdings offen bleiben.

Ein weiterer Nachteil der Rasterkartierung besteht darin, dass der Aufbau der Landschaft nicht berücksichtigt wird, und zusammenhängende Biotopeinheiten willkürlich zerschnitten werden. Ein kleines, durch die Rastergrenzlinie angeschnittenes Teilstück eines grossen, zusammenhängenden Biotopes kann beispielsweise die Artenzahl des betreffenden Quadrates bei geringem Flächenanteil unverhältnismässig stark erhöhen. Solche Effekte können sich vor allem bei kleinen Stichproben auswirken. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit müssen deshalb mit Vorsicht interpretiert werden, und die vorläufigen Schlussfolgerungen sollten durch genaue Kartierungen in ökologisch klar abgrenzbaren Flächen überprüft werden.

Unsere Ergebnisse bestätigen weitgehend die Befunde vieler anderer Untersuchungen. Die Zahl der Arten steigt in der Regel mit zunehmender Fläche anfänglich steil und nähert sich dann einem Grenzwert. Reichholf (1980) hat anhand von zahlreichen Literaturangaben für Mitteleuropa folgende Arten-Areal-Kurve errechnet: $S = 42{,}8\ A^{0{,}14}$ (S = Zahl der Brutvogelarten, A = Arealgrösse in km²). Nach dieser Formel sind im Untersuchungsgebiet von 31 km² insgesamt 69 Brutvogelarten zu erwarten resp. 43 pro km², was mit unseren Ergebnissen gut übereinstimmt (75/31 km² resp. 44/km² als korrigierter Wert). Die Avifauna des aargauischen Reusstales entspricht also durchschnittlichen mitteleuropäischen Verhältnissen. Obschon das Gebiet landwirtschaftlich recht intensiv genutzt wird, ist es keineswegs als artenarm einzustufen.

Bei kleinen Flächen, insbesondere bis 1 km², sind jedoch beträchtliche Abweichungen zu erwarten, die unter anderem von der Landschaftsstruktur und der Biotopvielfalt beeinflusst werden (Rafe et al. 1985, Bezzel 1982, dort weitere Literatur). Im aargauischen Reusstal variiert die Zahl der Brutvogelarten von minimal 20 bis maximal 48. Diese Streuung ist zu einem grossen Teil auf Unterschiede in der Vielfalt der Landschaft zurückzuführen. Die Variabilität wird nämlich statistisch zu 59% durch die Kenngrössen «Wald», «Hecken» und «Gewässer» erklärt. Anhand dieser drei Variablen kann die Zahl der Brutvögel des Untersuchungsgebietes mit einer Genauigkeit von ± 3,1 Arten geschätzt werden.

Diese überraschend hohe Genauigkeit darf nicht dazu verleiten, die angewandte Untersuchungsmethode zur Charakterisierung der Avifauna als besonders genau zu betrachten. Sie dürfte wohl eher damit zusammenhängen, dass viele der vorkommenden Arten auf die allgemeine Land-

schaftsstruktur, nicht aber unbedingt besonders sensibel auf Feinheiten der Biotopstruktur ansprechen. Fast drei Viertel der 75 Brutvogelarten wurden im Verbreitungsatlas der Brutvögel der Schweiz (Schifferli et al. 1980) in mehr als 50% der 468 Quadrate von 10 km² nachgewiesen, die Hälfte in mehr als 80%. Die Mehrheit der gefundenen Arten ist also in unserem Land weit verbreitet und häufig. Sobald der Biotop in einer Minimalfläche vorhanden ist, kommen solche Arten bereits vor. Wenn wir aus unseren Ergebnissen Schlussfolgerungen ziehen, müssen wir deshalb ausdrücklich auf die Begrenztheit unserer Befunde hinweisen und betonen, dass es sich um Angaben zu vorwiegend nicht besonders anspruchsvollen Arten handelt. Die Zahl der biotopspezifischeren Arten war zu klein, um aussagekräftige Daten zu bekommen.

4. Vorläufige Schlussfolgerungen

Anhand der vorliegenden Ergebnisse können unter den erwähnten Vorbehalten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Die Reichhaltigkeit der Landschaft des aargauischen Reusstales an Strukturen und Biotopen beeinflusst die Zahl der Brutvogelarten. Im eher schwach bewaldeten und ziemlich intensiv genutzten Kulturland spielen Hecken und Feuchtgebiete eine wichtige Rolle für die Artenreichhaltigkeit der Avifauna.

2. Waldarme Quadrate können ebenso artenreich sein wie stärker bewaldete, wenn mindestens 3 km Hecken/km² vorhanden sind. Für im Untersuchungsgebiet verbreitete Arten bedeuten bereits 300 m Hekken eine Bereicherung. In Quadraten mit 1–2 km Hecken/km² können jedoch nur etwa die Hälfte der im Untersuchungsgebiet weniger verbreiteten Arten erwartet werden, bei 4 km rund drei Viertel.

3. Selbst kleine Feuchtgebiete und Gewässer erhöhen die Artenzahl/km². In Quadraten mit 1 ha können 50% der im Untersuchungsgebiet beobachteten, für diesen Biotop typischen Arten erwartet werden, bei 3 ha etwa 75%. Feuchtgebiete sind heute derart selten, dass die verbliebenen Reste unabhängig von ihrer Grösse unbedingt erhalten werden müssen. Im landwirtschaftlich genutzten Kulturland des Mittellandes sind beispielsweise pro Gemeinde durchschnittlich mindestens 3 ha/km² anzustreben.

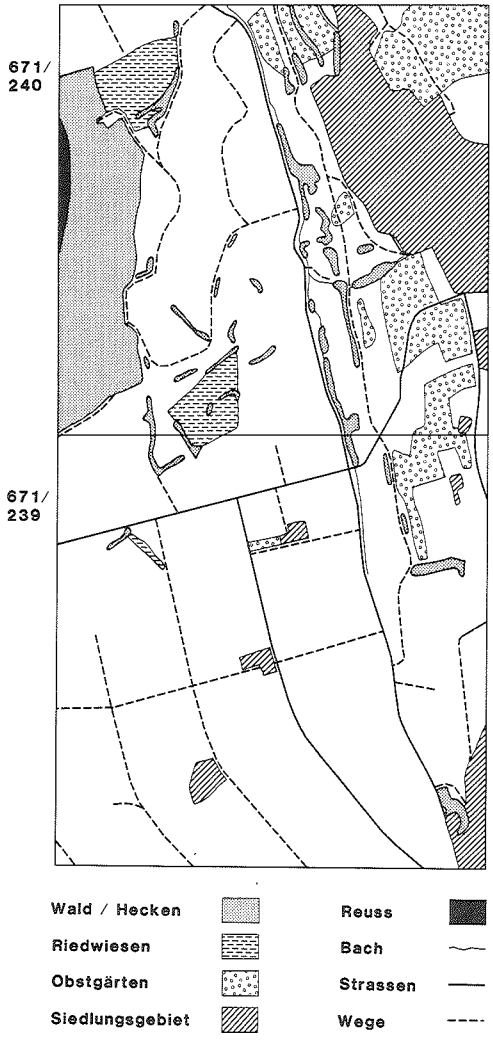

Abb. 9. Beispiele zweier benachbarter, 1×1 km grosser Quadrate unterschiedlicher Landschaftsstruktur. Das landschaftlich vielfältige Quadrat 671/240 beherbergt 46 Brutvogelarten, das strukturarme 671/239 nur 20.

4. In Bezug auf die übrigen Biotope (Kulturland, Obstgärten und Überbauung) können anhand des vorliegenden Materials keine Schlussfolgerungen gezogen werden. Unsere Aussagen beziehen sich im weiteren vor allem auf verbreitete Vogelarten, die keine ausgeprägten Biotopspezialisten sind. Bei Indikatorarten spielen (in dieser Arbeit nicht quantifizierte) Biotop-Feinheiten eine ebenso wichtige Rolle (Müller 1979, Lasserre 1982, Pfister et al. 1985).

Dank den vorbildlichen Anstrengungen der Interessenkreise Naturschutz, Land-, Forst- und Wasserwirtschaft konnte im aargauischen Reusstal nicht nur ein Flachwasser von 22 ha bei Unterlunkhofen geschaffen werden, sondern eine grosse Zahl von zusätzlichen Naturschutzgebieten mit einem Flächenanteil von 11% erhalten werden (Tab.2). Dies ist ein im schweizerischen Mittelland anderswo kaum erreichter Stand, der grosse Anerkennung verdient.

In Abb.9 sind zwei Quadrate als Beispiele dargestellt, welche den Zusammenhang von Artenzahl und Strukturreichtum illustrieren. Das Quadrat 671/239 liegt im grossflächig intensiv genutzten Kulturland. Es ist vergleichsweise arm an Biotopen und Strukturen und ist mit 20 Brutvogelarten das ärmste Quadrat. Wie aus den Bestandsaufnahmen von Ritter (1980) in der in diesem Quadrat liegenden Probefläche hervorgeht, sind vier der vorkommenden Feuchtgebietsarten auf kleine Riedflächen beschränkt. Das unmittelbar angrenzende Quadrat 671/240 ist mit 46 Arten eines der artenreichsten. Es hat einen teilweise mosaikartigen Charakter und ist reich an verschiedenen Biotopen und Grenzlinien. Solche Landschaften, die sich durch eine Vielzahl verteilter, naturnaher Elemente auszeichnen, sind besonders erhaltenswert. Das Beispiel dieser beiden extremen Quadrate soll stellvertretend die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit veranschaulichen.

Dank. Dr. E.Fuchs, der damalige Leiter der Vogelwarte, hat den Anstoss zu dieser Arbeit gegeben. Er sowie die Herren H.P.Althaus, F.Benoit, M.Ritter und D.Zwygart haben bei der Feldarbeit mitgewirkt. P.Brož stellte freundlicherweise die Luftbilder zur Auswertung zur Verfügung. Dr. R.Luder, Dr. H.P.Pfister und Dr. E.Sutter haben das Manuskript kritisch gelesen und durch ihre reiche Erfahrung wesentliche Anregungen eingebracht. O.Biber hat die französische Zusammenfassung verfasst und Frau R.Keller hat die Arbeit ins Reine geschrieben. Ihnen allen danken wir herzlich für ihre Hilfe.

Zusammenfassung, Résumé, Summary

In der Brutzeit 1980 wurden im aargauischen Reusstal Rasterkartierungen der Brutvögel in 31 je 1×1 km grossen Quadraten durchgeführt. Anhand von je 4 kombinierten Begehungen à 30 min. (0,3 min./ha) konnten 83,3% der Brutvogelarten erfasst werden (100% = 12 kombinierte Begehungen). Mit 1 Begehung wurden im Mittel 52% der Arten registriert; dieser Erfassungsgrad nahm in den ersten 4 Stunden nach Sonnenaufgang kontinuierlich ab und blieb anschliessend mehr oder weniger konstant, zeigte jedoch keinen saisonalen Trend.

Insgesamt wurden 75 Brutvogelarten festgestellt, im Durchschnitt 36,5/km² (korrigierter Wert 44/km²), was aufgrund der Arten-Areal-Kurve von Reichholf (1980) den durchschnittlichen Verhältnissen in Mitteleuropa entspricht.

Anhand von Luftaufnahmen wurde die Zusammensetzung der Landschaft durch 14 verschiedene Variablen quantifiziert (Tab.2). Ihr Einfluss auf die Zahl der Brutvogelarten/km² wurde in einer multiplen Computerauswertung geprüft. Die Kenngrössen «Waldfläche», «Heckenzahl» und «Gewässerfläche» erklären 59% der Variabilität der Artenzahl (min. 20, max. 48/km²). Ein direkter Vergleich der Artenzahl mit der Länge der Hecken/km² zeigt eine anfänglich starke Zunahme der gesamten Artenzahl in schwach bewaldeten Quadraten. Solche können ebenso artenreich sein wie stärker bewaldete, wenn sie mindestens 3 km Hecken/km² aufweisen. Für die im Untersuchungsgebiet verbreiteten Arten sind bereits kurze Hecken von rund 300 m/km² von Bedeutung. Die im Untersuchungsgebiet weniger verbreiteten Arten, die in Hecken brüten, sind erst bei einem Angebot von mindestens 1–2 km Hecken/km² zur Hälfte zu erwarten, bei 4 km etwa drei Viertel.

Ähnliches gilt auch für die in Feuchtgebieten lebenden Arten. Bei einem Anteil von 3 ha/km² wurden rund drei Viertel der im Untersuchungsgebiet in diesen Biotopen lebenden Arten festgestellt. Feuchtgebiete sollten jedoch als allgemein bedrohter Lebensraum unabhängig von ihrer Grösse erhalten werden. Im intensiv genutzten Kulturland des Mittellandes ist grossflächig ein Durchschnitt von 3 ha/km² anzustreben. Diese vorläufigen Schlussfolgerungen werden eingehend diskutiert, wobei ausdrücklich auf die Grenzen der Aussage und ihre Problematik hingewiesen wird.

L'influence de la structure et de la diversité du paysage sur le nombre d'espèces nicheuses

En 1980 un relevé des oiseaux nicheurs fut réalisé sur 31 carrés de 1 km² dans la vallée de la Reuss (canton d'Argovie). En 4 parcours de 30 minutes chacun par carré 83,3% des espèces furent détectées (100% = 12 parcours). Un parcours permet en moyenne de détecter 52% des espèces. Le taux de détection diminue régulièrement au cours des 4 heures suivant le lever du soleil et reste, par la suite, relativement constant; il ne varie guère au fil de la saison de reproduction.

En tout, 75 espèces nicheuses furent observées, la moyenne étant de 36,5/km² (valeur corrigée 44/km²). Si nous nous référons à la courbe aire-espèces de Reichholf (1980) ce chiffre correspond à la moyenne pour l'Europe centrale. La composition du paysage fut analysée à partir de photographies aériennes et quantifiée selon 14 variables (tableau 2). L'influence de ces variables sur le nombre d'espèces par km² fut étudiée à l'aide d'un ordinateur. Les variables «surface boisée», «nombre des haies» et «surface des cours d'eau» expliquent 59% de la variabilité du nombre d'espèces (minimum 20, maximum 48/km²). Une comparaison directe du nombre d'espèces avec la densité de haies par km² montre que dans les carrés contenant peu de forêts le nombre d'espèces augmente rapidement plus la densité des haies est élevée. Pour autant qu'ils contiennent au moins 3 km de haies, de tels carrés peuvent être aussi riches en espèces que les carrés forestiers. Pour les espèces les plus répandues dans la région d'étude, la présence de petites haies ne totalisant qu'environ 300 m/km² ont déjà un effet positif sur la richesse spécifique. Quant aux espèces moins répandues qui nichent dans les haies, la moitié d'entre elles sont représentées à partir d'une densité d'au moins 1 à 2 km de haies par km²; avec 4 km/km² on note la présence de trois quarts de ces espèces.

La situation est semblable pour les zones humides. On note la présence de trois quarts des espèces inféodées à ce type de milieux dès que leur surface atteint 3 ha au km². Vu les menaces qui pèsent sur les lieux humides d'une manière générale, ces habitats doivent cependant être conservés intégralement indépendamment de leur surface. Il est souhaitable de maintenir une surface moyenne de 3 ha de zones humides par km² sur toute l'étendue du Plateau suisse. Cette conclusion est discutée de manière détaillée en raison des difficultés d'une telle réalisation.

The influence of structure and diversity of landscape on species richness

The number of breeding species in the lower Reuss valley (Kanton Aargau, approx. 47.17 N/8.20 E, 385 m ASL) was established on 31 squares of 1×1 km in 1980. 83,3% of species were recorded by 4 combined excursions of 30 minutes each (100% = number of species recorded during 12 combined excursions). Recording efficiency was 52% per visit of 30 minutes; it decreased during the first 4 hours after sunrise to a more or less constant level; no seasonal trend was apparent.

A total of 75 breeding species were recorded in the 31 squares (Tab.1), with a mean of 36,5/km² (corrected value 44/km²). These values are comparable to numbers expected from a species-area-function compiled from central European data by Reichholf (1980).

The composition of the agriculturally intensively used study area by habitat (area covered by woodland, farmland, orchards, villages, marshes and wetland; length of hedgerows, woodland- and wetland-edge; number of hedges, ponds, woods and marshland plots; cf. Tab.2) was quantified by 14 variables, based on aerial photographs. Their influence on species richness was tested in a step-back multiple regression analysis. The independent habitat variables «woodland» (ha/km²), «hedges» (km/km²) and «wetlands» (ha/km²) had a significant effect on total species richness, accounting for 59% of the variation. The number of all breeding species per km², when plotted against woodland area and length of hedges, respectively, showed curvi-linear relationships, initially increasing steeply and then levelling off (Abb.5, 6). Squares with a small proportion of woodland (up to 8%) were as rich in species as squares with more woodland, if they include at least 3 km of hedges/km².For species that are wide spread in the study area, 300 m may be sufficient. However, only half of the less wide spread species may be expected to occur, if there are 1–2 km of hedges per km², 3 quarters if there are 4 km/km². Similar results were obtained for species of marsh- and wetlands. Some 75% of the species occurring in the study area may be found, if their availability exceeds 3 ha/km². As this habitat is threatened, all available marshland areas should be preserved, regardless of their size. Within the intensively used farmland of the plains, a mean proportion of 3 ha/km² should be aimed for.

The conclusions drawn from the results of this paper refer mainly to wide spread species which may not be particularly habitat specific, and should be tested by quantitative census studies.

Literatur

BEZZEL, E. (1976): Vögel als Bewertungskriterien für Schutzgebiete – einige einfache Beispiele aus der Planungspraxis. Natur u. Landschaft 5: 73–78. – (1982): Vögel in der Kulturlandschaft. Stuttgart.

BEZZEL, E. & H. RANFTL (1974): Vogelwelt und Landschaftsplanung. Tier u. Umwelt 11/12: 1–92.

BLANA, H. (1978): Die Bedeutung der Landschaftsstruktur für die Vogelwelt. Beitr. Avif. Rheinl. 12: 1–225.