

Die Arten-Areal-Kurve bei Vögeln in Mitteleuropa

Von **Josef Reichholf**

1. Einleitung

Wieviele Vogelarten in einem bestimmten Gebiet brüten, läßt sich mit den Methoden der Feldornithologie relativ leicht und schnell feststellen. Schon wenige Jahre gründlicher Kontrollen zur Brutzeit fördern den allergrößten Teil des Artenspektrums zutage. Die noch hinzukommenden Arten zählen in aller Regel zu den unregelmäßigen Brütern und ändern in der Bilanz, die sich nach einem Zeitraum von drei bis vier Jahren ziehen läßt, erfahrungsgemäß nicht mehr viel. Intuitiv werden Gebiete, die auf engem Raum eine auffallend große Artenzahl an Brutvögeln aufweisen, als besonders „artenreich“ eingestuft. Doch fehlt zumeist für diese Einstufung eine einheitliche Bezugsbasis oder eine Wertangabe für einen „durchschnittlich zu erwartenden Artenreichtum“. Befunde, die über solchen Bezugslinien zu liegen kommen, würden dann zu Recht als artenreich eingestuft, während darunterliegende Werte die betreffenden Gebiete als artenarm charakterisieren sollten.

An einem derartigen Bezugssystem mangelte es bisher, zumindest in der mitteleuropäischen Feldornithologie. Die Bewertungskriterien von schutzwürdigen Gebieten orientierten sich entweder an den Beständen bzw. am Vorhandensein von seltenen Arten („Rote Liste“) oder an der „Diversität“, wenn synökologische Gesichtspunkte berücksichtigt werden sollten (vgl. z. B. HÖSER 1973, BEZZEL & REICHHOLF 1974).

Für die Bewertung des Artenreichtums eignen sich solche Kriterien jedoch nicht, weil sie vom gegebenen Zustand ausgehen, aber nicht in Rechnung stellen können, wie sich der aufgefundenen Artenreichtum zum erwarteten verhält.

Die Kernfrage muß daher lauten, ob es eine objektive und hinreichend zuverlässige Methode gibt, die es erlaubt, Voraussagungen über den zu erwartenden Artenreichtum eines Untersuchungsgebietes zu machen.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Artenreichtum offenbar nicht allein von Biotopfaktoren abhängt, sondern die Fläche als dominierende Größe in Erscheinung tritt, sobald man von kleineren zu großen Untersuchungsgebieten übergeht. Diese Flächenabhängigkeit der Artenzahl gilt offenbar – zumindest innerhalb einheitlicher Großlebensräume – ge-

nerell, wie die Ergebnisse der ökologischen Tiergeographie zeigen (KREBS 1972 u. a.). Die zur quantitativen Erfassung der Artenzahl-Fläche-Beziehung ausgearbeitete Methodik (MAC ARTHUR & WILSON 1967) bietet sich daher zur Lösung der Frage nach der Voraussagbarkeit des Artenreichtums eines Gebietes an. Sie soll in dieser Arbeit auf ihre Verwendungsmöglichkeit für mitteleuropäische Verhältnisse in der Vogelwelt überprüft werden.

2. Material und Methode

An avifaunistischen Bestandsaufnahmen gibt es in Mitteleuropa keinen Mangel. Für die Anwendung der biogeographischen Methoden nach MAC ARTHUR & WILSON (1967) und MACARTHUR (1972) steht genügend Datenmaterial zur Verfügung. Bei kleineren und mittelgroßen Gebieten wird es nur durch die selektive Auswahl „guter“ Gebiete etwas einseitig beeinflusst, da solche bei örtlichen Bestandsaufnahmen in der Regel von den Feldornithologen bevorzugt werden. Die Kalkulation der die Arten-Areal-Beziehung bestimmenden Faktoren erfolgte daher (s. u.) auf der Basis von Gebiets- oder Landesavifaunen.

Die Auswahl der kleineren und mittelgroßen Gebiete mit hinreichend genau ausgearbeiteten Avifaunen wurde dagegen ohne besondere Kriterien vorgenommen. Die Studien konzentrieren sich zunächst im bayerischen Raum, werden aber durch Untersuchungen aus ganz Mitteleuropa ergänzt. Aus folgenden Veröffentlichungen wurden die Artenzahlen für Brutvögel (und z. T. auch für alle im Gebiet registrierten Vogelarten) entnommen:

BAIRLEIN (1976), BAUER, FISCHER, MÜHLBAUER & ZACH (1976), BERG-SCHLOSSER (1975), BEZZEL (1974), BEZZEL & LECHNER (1976 a und b), BEZZEL, KOLLER & BUCHER (1966), ERLINGER (1965), GATTER (1967 und 1970), GLUTZ VON BLOTZHEIM (1962), HACKEL (1975), HEISER (1974), HEITKAMP & HINSCH (1969), HOHLT, LOHMANN & SUCHANTKE (1960), HÖLSCHER, MÜLLER & PETERSEN (1959), HÖLZINGER, KROYMANN, KNÖTZSCH & WESTERMANN (1970), HÖLZINGER, MÜLLER & SCHILHANSL (1969), JACOBY, KNÖTZSCH & SCHUSTER (1970), JALOWITSCHAR, HAIMERL & MAGERL (1976), KASPAREK, KRÜGER & PFORR (1975), KOENIG (1962), KOLLER (1970), LECHNER & STIEL (1975 a und b), MAGERL (1975), MÜHLEN (1975), NIEHAMMER, KRAMER & WOLTERS (1964), NITZSCHE (1968), REICHHOLF (1978 und unveröff.), REICHHOLF & UTSCHICK (1977), VIDAL (1973 und 1976), WARNCKE (1962), WESTERMANN & SAUMER (1970), WÜST (1962, 1970 und 1973).

Diese Untersuchungen sollten genügend Daten zur Ausarbeitung der Arten-Areal-Beziehung bei mitteleuropäischen Brutvögeln liefern. Ist die Formel einmal erstellt, läßt sie sich beliebig anhand anderer Daten über-

prüfen und gegebenenfalls verbessern. Weitere Untersuchungen werden zeigen, ob die hier verwendeten Daten bereits ausreichen, um eine allgemein verbindliche Beziehung zwischen Artenzahl und Fläche in Mitteleuropa aufzustellen.

Das methodische Vorgehen beruht auf der Grundformel zur Beschreibung der Relation zwischen Artenzahl und Gebietsfläche nach MACARTHUR & WILSON (1967). Die Formel wurde von MACARTHUR (1972) und KREBS (1972) u. a. ausführlich erläutert. Sie lautet in ihrer einfachsten Form:

$$S = C A^z$$

Hierbei bedeuten S die Artenzahl (Spezies) und A das Areal (Fläche). Der Exponent z gibt die Steigung der Geraden wieder, sobald sie konstanten Verlauf eingenommen hat (nach Überwindung sehr kleiner Gebietsgrößen!), und C ist eine von der Organismengruppe und der gewählten Grundflächeneinheit abhängige Konstante. Während im amerikanischen Schrifttum zumeist (noch) Quadratmeilen als Flächeneinheit verwendet werden, beziehen sich die nachfolgenden Werte alle auf Quadratkilometer-Einheiten. Allein aus diesem Grunde ergeben sich Unterschiede in der Größe der Konstante C im Vergleich zu amerikanischen Befunden. Eine Umrechnung ist jedoch jederzeit möglich und die zunehmende Anwendung des Dezimalsystems im angelsächsischen Raum wird zu einer weitgehenden Vereinheitlichung beitragen.

Zur Anwendung dieser Grundformel für die quantitative Erfassung des Artenreichtums eines Gebietes und seiner biogeographischen Interpretation müssen für jede Gruppe von Organismen und für jeden geographischen Großraum die beiden Größen z und C bestimmt werden. Dies kann anhand größenmäßig genügend weit auseinanderliegender Vergleichsgebiete erfolgen, deren Artenreichtum genau genug bekannt ist, und die keine extremen Bedingungen bezüglich des allgemeinen geographischen Rahmens verkörpern. Geeignet sind hierzu deshalb vor allem Länderavi-faunen oder regionale Untersuchungen, die sich nicht auf bestimmte, ornithologisch besonders interessante Teilgebiete beschränken.

Die Arten-Areal-Beziehung kann grundsätzlich in gleicher Weise für Archipelle von Inseln (seien es echte Inseln im Ozean oder ‚Biotopinseln‘ in der Kulturlandschaft) oder für kontinentale Verhältnisse angewandt werden. Nach den bisherigen Ergebnissen der Biogeographie fallen die z-Werte für Inselverhältnisse in Wertebereiche um 0,3, während festlandsbezogene Befunde nur die Hälfte davon oder weniger betragen (KREBS 1972). Dies bedeutet, daß die Artenzahl auf Inseln schneller wächst, wenn deren Fläche zunimmt, als in vergleichbaren Gebieten auf den Kontinen-

ten, wo schon kleinere Ausschnitte hohe Artenzahlen erreichen. Der Artenbestand nimmt dann mit zunehmender Fläche viel langsamer zu als auf Inseln. Die Gründe hierfür sollen an dieser Stelle nicht näher diskutiert werden. Der Hinweis auf die Größe von überlebensfähigen Minimalpopulationen der betreffenden Arten und die kontinuierlichen Zu- und Abwanderungsmöglichkeiten auf den Kontinenten mag genügen.

3. Ergebnisse

Die den Gebietsavifaunen entnommenen Angaben über die Zahl der Brutvogelarten und eigene, unpublizierte Werte wurden in der Abb. 1 eingetragen. Zu beachten ist dabei, daß es sich um ein doppelt-logarithmisches Koordinatensystem handelt. Sowohl die Artenzahl S als auch die Fläche A werden im Maßstab des dekadischen Logarithmus aufgetragen. Die Werte lassen sich mit Hilfe kleiner Taschenrechner verhältnismäßig leicht bestimmen und in dieses Koordinatensystem eintragen. Bei Berechnungen von Hand empfiehlt sich die Verwendung von Logarithmen (zur Basis 10). Die Flächenabhängigkeit der Artenzahl wird dann durch die Gleichung

$$\log S = \log C + z (\log A)$$

beschrieben. Für die Eintragung der Befunde in das Koordinatensystem genügt zunächst aber die doppelt-logarithmische Auftragung. Dabei er-

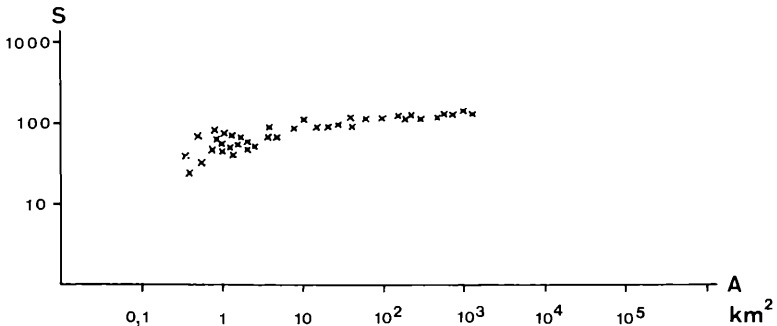


Abb. 1:

Verlauf der Arten (S)-Areal (A)-Beziehung für 51 mitteleuropäische Gebiete (nur Brutvogelarten!). – *Species (S)-area (A)-relationship for the number of breeding birds in 51 areas of different size in Central Europe.*

gibt sich deutlich eine überraschend geringe Wertestreuung, insbesondere in den Bereichen über 10 km² Fläche. Die Werte folgen recht genau einer Geraden und zeigen damit an, daß schon ab mittleren Gebietsgrößen eine eindeutige Abhängigkeit der Artenzahl der Brutvögel von der Fläche gegeben ist.

Nach der in Abschnitt 2. angegebenen Berechnungsmethode folgt die Gerade, die diese Arealgrößenabhängigkeit des Artenreichtums zeigt, der Formel $S = 42.8 A^{0.14}$

Tab. 1: Errechneter und tatsächlicher Wert für die Artenzahl von Brutvögeln in verschiedenen mitteleuropäischen Ländern. – *Calculated and real values for the number of breeding bird species in several Central European countries.*

Land <i>Country</i>	Fläche (km ²) <i>area</i>	Brutvogelarten <i>breeding bird species</i>	errechneter Wert <i>calculated value</i>
Bayern <i>Bavaria</i>	70550	192	202
Belgien <i>Belgium</i>	30507	148	182
Bundesrepublik <i>F R. Germany</i>	355814	259	256
Dänemark <i>Denmark</i>	42931	163	190
Frankreich <i>France</i>	551696	275	272
Holland <i>The Netherlands</i>	34274	180	185
Luxemburg <i>Luxembourg</i>	2586	121	128
Österreich <i>Austria</i>	83850	205	209
Schweiz <i>Switzerland</i>	41298	187	189

Anmerkung: Die Angaben zur Zahl der Brutvogelarten wurden GLUTZ VON BLOTZHEIM (1962) entnommen. Sie entsprechen daher nicht dem neuesten Stand.

Insbesondere der z-Wert stimmt recht genau mit den Voraussagen von MACARTHUR (1972) und MACARTHUR & WILSON (1967) überein, wonach ‚kontinentale Verhältnisse‘ z-Werte um 0,15 einnehmen sollten. Tabelle 1 un-

terstreicht die recht gute Übereinstimmung der errechneten Erwartungswerte für die Brutvogel-Artenzahlen in verschiedenen (mittel)europäischen Ländern. Nur Belgien und Dänemark schneiden mit ihren tatsächlichen Brutvogel-Artenzahlen deutlich schlechter ab, als die Erwartungswerte angeben.

Die kleineren Untersuchungsgebiete streuen dagegen viel stärker. Es ist zudem nicht sicher, ob sie wirklich repräsentativ für die durchschnittlichen Verhältnisse sind, weil wahrscheinlich ornithologisch interessante Stellen überdurchschnittlich häufig darin vertreten sind. Das kommt dadurch direkt zum Ausdruck, daß die errechneten Werte für die zu erwartenden Artenzahlen niedriger liegen als die gefundenen. Aus diesem Grunde ist anzunehmen, daß die gefundene Beziehung auch in mittleren und kleineren Bereichen der Arealgröße die Erwartungswerte einigermaßen richtig liefert, denn besonders artenreiche Gebiete sollten sich ja durchaus von den Mittelwerten deutlich absetzen.

Nur bei sehr kleinen Gebieten versagt die Berechnung, weil hier der „Randeffekt“ praktisch auf jeden Fall zu hohe Werte liefert und zudem beim Unterschreiten der Reviergröße eines Teiles der Brutvogelarten brauchbare Werte von vornherein nicht mehr zustandekommen können. Die Arten-Areal-Beziehung läuft daher nicht geradlinig zum Ursprung weiter, sondern biegt als Kurve mehr oder weniger steil ab. Der Bereich des Ableitens von der Geraden bringt daher eine wichtige Größenangabe für den Flächenbedarf von Vogelgemeinschaften. Sie entwickeln sich nämlich erst dann in der voraussagbaren Weise, wenn die Flächengröße

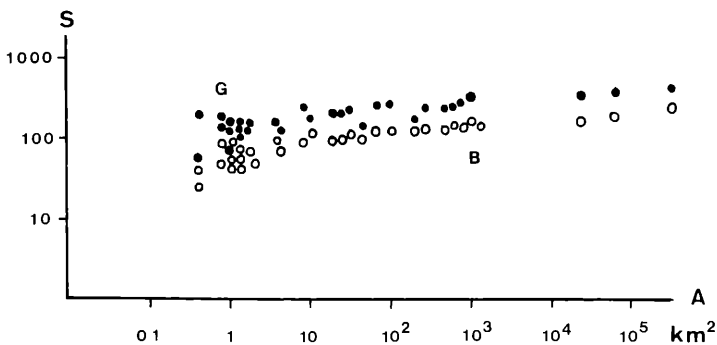


Abb. 2:

Flächenabhängigkeit von Gesamtartenzahl (G) und Zahl der Brutvogelarten (B) für die mitteleuropäischen Untersuchungsgebiete. – *Dependence of area size for all bird species (which includes also the non-breeding), black dots (G), compared with breeding bird species (B). Data from the same sites as in fig. 1.*

den Grenzwert überschritten hat, ab dem die Beziehung geradlinig wird. Dieser Punkt bedarf noch genauerer Diskussion. Er kann vorläufig mit einer Fläche von etwa 0,7–0,8 km² festgelegt werden.

Trotz der stärkeren Streuung zu Beginn der Arten-Areal-Kurve ist die allgemeine Tendenz doch verhältnismäßig sehr einheitlich ausgeprägt. Man kann erkennen, wie die örtlichen Unterschiede im Angebot an unterschiedlichen Lebensräumen innerhalb des untersuchten Areals an Bedeutung verlieren und die bloße Flächenausdehnung immer bestimmender wird. Die Artenzahl nimmt etwa ab 10 km² praktisch monoton zu.

Deutlich unterschiedliche Verhältnisse bekommt man dagegen, wenn man anstelle der Brutvögel alle im betreffenden Gebiet nachgewiesenen Vogelarten nimmt. Abgesehen von der Schwierigkeit, solche Gesamtartenlisten in halbwegs vertretbarer Zeit zu erstellen, sagen sie auch offensichtlich erheblich weniger aus (Abb. 2). Denn schon sehr bald werden – insbesondere bei intensiver feldornithologischer Bearbeitung des Gebietes – vergleichsweise hohe Artenzahlen erreicht. Diese steigern sich nur unwesentlich mit der Flächenzunahme, so daß für Gastvögel der Faktor „Areal“ eine ungleich geringere Rolle spielt als für Brutvögel. Ihre Artenmannigfaltigkeit wird viel bedeutender durch die interne Biotopstruktur beeinflußt, wobei Effekte der Lage (an „Zugstraßen“ oder vor Pässen etc.), die Ungestörtheit oder die Intensität der Beobachtung die entscheidenden Größen werden. Denn die Vögel sind wie praktisch keine andere Gruppe von Organismen mobil und fast jede Art, die überhaupt in der betreffenden Region vorkommt, kann als gelegentlicher Besucher erwartet werden. Eine methodische Beschränkung auf die Brutvögel ist daher durchaus begründet.

4. Diskussion

Bei der Anwendung der Arten-Areal-Beziehung stellen sich drei Fragen, die im Rahmen dieser vorläufigen Studie nur angeschnitten, nicht aber umfassend diskutiert werden können. Es sind dies Vergleichbarkeit, Genauigkeit und Aussagewert.

Das Problem der Vergleichbarkeit läßt sich relativ leicht lösen, denn man braucht nur gleiche Flächeneinheiten zu verwenden, dann lassen sich die beiden Parameter C und z unmittelbar mit den Ergebnissen aus anderen Untersuchungsgebieten vergleichen. C sagt aus, welche Grundanzahl von Arten pro Flächeneinheit nach Erreichen des konstanten Zunahmebereichs zu erwarten ist, während z die Steigung der Geraden liefert. Für den nordamerikanischen Teilkontinent liegen hierzu Angaben für die Land-

vögel vor (PRESTON 1962, vgl. auch KREBS 1972). Die Formel lautet hier $S = 40A^{0,17}$ für Quadratmeilen als Flächeneinheit. Das bedeutet, daß auf einem Quadratkilometer Fläche in durchschnittlichen nordamerikanischen Lebensräumen etwas weniger Vogelarten, nämlich 34, als in Mitteleuropa anzutreffen sind. Dies steht durchaus im Einklang mit den Erwartungen, da die Lebensraum-Dimensionen der Biome in Nordamerika viel größer sind als in Mitteleuropa mit seiner kleinräumigen Gliederung. PRESTON (1962) gibt an, daß die z-Werte für kontinentale Bereiche in der Regel zwischen 0,15 und 0,24 liegen. Dies sind empirische Befunde ohne vorherige Wertung oder Gewichtung. Die mitteleuropäischen Avifaunen liegen also wertemäßig durchaus im Erwartungsbereich. Die grundsätzliche Vergleichbarkeit dürfte daher außer Frage stehen. Ja, man muß sich sogar fragen, wie es kommen kann und welche Mechanismen hier zugrunde liegen, daß so extrem unterschiedliche Tiergruppen, wie Vögel und Ameisen (vgl. MACARTHUR 1972) praktisch die gleichen z-Werte aufweisen. Der einzige wesentliche Unterschied scheint tatsächlich in der Insellage zu bestehen. Denn Faunen und Floren von Inseln weisen durchwegs höhere z-Werte als kontinentale Gebiete auf, ganz gleich, welche Organismengruppen herangezogen werden.

Nun könnte dieser hohe Grad an Ähnlichkeit auch bedeuten, daß die Genauigkeit gering und damit die Aussagekraft sehr beschränkt ist. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß die in Tabelle 1 zusammengestellten und durchaus nicht nach besonderen Kriterien ausgewählten Gebiete einen überraschend hohen Genauigkeitsgrad aufweisen. Das ändert sich sofort, wenn man beispielsweise die für die amerikanische Avifauna (PRESTON l. c.) gefundenen Parameter (C und z) einsetzt. Die mittlere Abweichung wird dann rund dreimal größer (Tab. 2).

Tab. 2: Mittlere Abweichung der in Tab. 1 untersuchten Gebiete vom festgestellten Wert der Brutvogel-Artenzahl bei Verwendung der Parameter für mitteleuropäische ($c = 42,8$ und $z = 0,14$) und nordamerikanische Verhältnisse ($c = 34$ und $z = 0,17$). – *Average deviation of calculated values of numbers of breeding birds for the Central European areas taken in tab. 1 based on the American and the Central European z-values.*

	Europäischer <i>European</i> (0,14)	Nordamerikan. Index z <i>North American</i> (0,17)
Alle Gebiete <i>all areas</i>	11	32
ohne B und DK <i>without Belgium and Denmark</i>	5	28

Aus dem Vergleich der Werte in Tab. 2 ergibt sich ganz klar, daß der für Mitteleuropa errechnete z-Wert (0,14) erheblich bessere Übereinstimmung liefert als der nordamerikanische (0,17). Die nach dem nordamerikanischen Wert berechneten Artenzahlen liegen zudem alle zu hoch. Sie weichen also einseitig ab und streuen nicht bloß verstärkt.

Dagegen finden wir auch für den europäischen Index die Rechenwerte fast durchwegs niedriger liegend als die Befunde für kleinere Untersuchungsgebiete. Die weitaus überwiegende Mehrzahl der in Abb. 1 und 2 verwendeten Probeflächen liegt de facto über der Erwartungslinie. Es wäre aber falsch, hier eine Korrektur anbringen zu wollen, weil es ja gerade die ornithologisch interessanten, d. h. in aller Regel die artenreichen Gebiete sind, die Bearbeiter angezogen haben und von denen deshalb Daten vorliegen.

Wir können uns daher nun der Frage nach der Aussagekraft zuwenden. Sie ist von besonderer Bedeutung, weil hier auch das Interesse des Naturschutzes ansetzt. HELLIWELL (1976) hat diese Problematik in einer Studie über isolierte Waldstücke unterschiedlicher Größe in England und ihre Bedeutung für den Naturschutz aufgerollt. JOHNSON & SIMBERLOFF (1974) behandelten die Artenzahl der Britischen Inseln mit einem breiteren Ansatz. Stets steht jedoch auch die Frage nach der Bedeutung für Schutzgebietssysteme im Vordergrund. SILLEN & SOLBRECK (1977) konnten sogar zeigen, daß bei Wasservögeln auf schwedischen Seen weniger die Biotopvielfalt der Gewässer als deren Größe die Zahl der gefundenen Arten bestimmt.

In Abb. 3 wurden daher versuchsweise Verallgemeinerungen vorgenommen, die die Bedeutung der Arten-Areal-Beziehung als Grundlage für die Beurteilung des örtlichen Artenreichtums eines beliebigen Gebietes deutlich machen sollen. Die empirischen Werte für C und z bestimmen danach für Vögel in Mitteleuropa die zu erwartende Zahl der Arten ab einer Flächengröße von rund 50 Hektar mit hinreichender Genauigkeit, um alle darüber liegenden Befunde als „artenreich“ und alle darunter liegenden als „artenarm“ einstufen zu können. Mit geeigneten statistischen Methoden läßt sich die Abweichung von der Erwartung auch sichern (vgl. Lehrbücher der biologischen Statistik). Gebiete, wie der Ismaninger Speichersee, der mit mehr als 20 Brutvogelarten über dem Erwartungswert liegt, oder der Auwald von „Taubergießen“, dessen 113 Brutvogelarten die erwarteten 37 um fast das Dreifache übersteigen, gehören damit gewiß in die obersten Kategorien der Rangstufen. Für praktische Zwecke läßt sich das Ausmaß der positiven oder negativen Abweichung von der Erwartung entsprechend unterteilen. So könnten z. B. Tabellen erstellt werden, die die Artenzahlen entsprechend ihrer Abweichung von der Erwartung bewer-

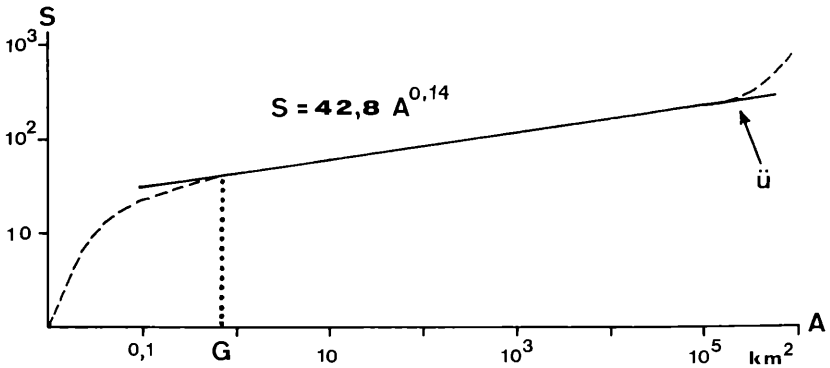


Abb. 3:

Allgemeines Modell der Arten-Areal-Beziehung für Brutvögel in Mitteleuropa. G = Grenzgröße (0,7–0,8 km²) für Schutzgebiete zur Erhaltung der typischen Avifauna und \ddot{U} bezeichnet den Übergang in ein anderes Faunengebiet. Die Artenzahl S ergibt sich aus der angegebenen Formel für ein Gebiet beliebiger Größe. – *Generalized model of the species-area-relationship for breeding bird species in Central Europe. G = lower size limit for conservation areas which should include a typical assemblage of the region's avifauna, and \ddot{U} indicates the transit into another faunal region. Number of species expected for any sites within the study area can be calculated by means of the given formula.*

ten; ein Parameter, der zur Beurteilung der Qualität von Naturschutzgebieten einen wichtigen Beitrag liefern könnte. Die Hinweise an dieser Stelle sollen zur genaueren Prüfung eines solchen Bewertungsverfahrens anregen.

Eine wesentliche Einschränkung der Brauchbarkeit der Arten-Areal-Beziehung als Bewertungsmethode für den Artenreichtum liegt – und dies soll hier ausdrücklich betont werden – in der Unschärfe, die sich für kleine Flächen ergibt. Es erscheint zumindest zum gegenwärtigen Stand der Untersuchungen fraglich, ob Aussagen für Flächen unter 20 Hektar Größe noch sinnvoll sind, weil in diesem Bereich die Kurve mehr oder weniger steil gegen den Ursprung verläuft und nicht mehr der Geraden folgt. Andererseits dürften Flächen unter 20 Hektar Größe, wenn sie nicht Ausschnitte aus einem größeren Zusammenhang darstellen, kaum für eine Vogelart genügend Raum bieten, daß dort überlebensfähige Populationen in isoliertem Zustand existieren könnten. Einzelbrüter werden irgendwie Kontakt zu anderen Artgenossen halten. So lange die festgestellten Werte für kleine Untersuchungsgebiete aber um den Erwartungswert bei lineara-

rer Extrapolation oder sogar darüber liegen, kann es als sicher gelten, daß die betreffende Fläche biologisch kein Isolat darstellt (und daher durchaus auch aus der Sicht des Artenschutzes von Bedeutung sein kann).

Eine weitere Einschränkung ergibt sich aus der Tatsache, daß bei der Arten-Areal-Beziehung einzelne Arten nicht unterschiedlich gewertet werden, wie dies aber der Artenschutz durchaus berechtigtermaßen tun muß. Synökologische Ansätze können naturgemäß keine Einzelwertungen bestimmter Arten vornehmen. Der Artenschutz behält seine Eigenständigkeit; er muß vor allem mit Dimensionen, wie der Bestandsgröße der zu schützenden Art(en) und ihrer Tendenz, die Lage beurteilen und seine Konzepte danach ausrichten.

Zusammenfassung

Die Zunahme des Artenreichtums in Abhängigkeit von der Arealgröße wird nach den empirischen Befunden der Biogeographie durch die einfache Formel $S = C A^z$ beschrieben. Für die mitteleuropäischen Verhältnisse ließ sich berechnen, daß die Zahl der Vogelarten (S) durch die beiden Parameter $C = 42,8$ und $z = 0,14$ mit hinreichender Genauigkeit bestimmt wird, wenn die Flächeneinheiten in km^2 gewählt werden. C ist die faunentypische Konstante, welche die zu erwartende, mittlere Artenzahl pro Quadratkilometer zentraleuropäischer Durchschnittslandschaft angibt. z ist die Steigung der Geraden, die sich bei doppelt-logarithmischer Auftragung von Artenzahl und Flächengröße ergibt. Diese Gerade bietet eine Grundlinie für die Beurteilung des flächengrößenabhängigen Artenreichtums eines Gebietes. Befunde, die klar über der Erwartung liegen, bezeichnen (ornithologisch) sehr reichhaltige, solche die darunter liegen dagegen verarmte Gebiete. Die Anwendbarkeit dieses Konzepts der Arten-Areal-Kurven für den praktischen Naturschutz wird diskutiert. Schutzgebiete für Vögel, die typische Ausschnitte aus der regionalen Fauna enthalten sollen, müßten demnach mindestens 70 Hektar groß sein.

Summary

Species-Area-Relationship for Breeding Birds in Central Europe

The increase in the number of species with increasing area is described by the simple formula $S = C A^z$ according to the results of modern biogeography. For the conditions in Central Europe the constants are $C = 42,8$ and $z = 0,14$ if area is calculated on the basis of square kilometres. These values predict the expected number of species (S) to a sufficiently precise degree. C gives the number of species expected for one average square kilometre of Central European landscape, and z is the slope of the (logarithmic) relation between species number and area. It may be used

as a base line for the evaluation of local richness in species. For areas with values well above the expected one may attribute evaluations as "good sites" and vice versa. The concept of the species-area-relationship, therefore, may be quite useful in nature conservation. Protected areas which should preserve a typical assemblage of birds of the region, must have a size of more than 70 hectares as a result of this calculation.

Literatur

- BAIRLEIN, F. (1976): Die Vogelwelt des Lechstausees Ellgau. Vogelbiotope Bayerns, Dok. 8. Landesbund f. Vogelschutz.
- BAUER, J., A. FISCHER, H. MÜHLBAUER & P. ZACH (1976): Das Rötelseeweihergebiet und die Regenwiesen zwischen Michaelsdorf und Pösing. Vogelbiotope Bayerns, Dok. 10. Landesbund f. Vogelschutz.
- BERG-SCHLOSSER, G. (1975): Ökologie und Siedlungsdichte der Brutvögel des Schwarzen Moores in der Rhön (Brutperiode 1971 bis 1973). Anz. orn. Ges. Bayern 14: 273–295.
- BEZZEL, E. (1974): Vogelwelt zwischen Zugspitze und Staffelsee. Garmisch-Partenkirchen.
- — & F. LECHNER (1976 a): Die Vogelwelt des Murnauer Moores. Vogelbiotope Bayerns Dok. 7. Landesbund f. Vogelschutz.
- — (1976 b): Quantitative Bestandsaufnahmen zur Brutvogelwelt des Erdinger Moores. Garm. vogelkd. Ber. 1:
- — J. KOLLER & K. BUCHER (1966): Kurze quantitative Beiträge zur Avifauna der Stadt München. Anz. orn. Ges. Bayern 7: 605–609.
- — & J. REICHHOLF (1974): Die Diversität als Kriterium zur Bewertung der Reichhaltigkeit von Wasservogel-Lebensräumen. J. Orn. 115: 50–61.
- ERLINGER, G. (1965): Die Vogelwelt des Stauseegebietes Braunau-Hagenau. Jb. oberösterr. Musealverein 110: 422–445.
- GATTER, W. (1967): Die Vögel des Wernauer Baggerteichgebietes. Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württemberg 122: 136–153.
- — (1970): Die Vogelwelt der Kreise Nürtingen und Esslingen. Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württemberg 125.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (1962): Die Brutvögel der Schweiz. Aargauer Tagblatt, Aarau.
- HACKEL, H. (1975): Die Vogelwelt des Unggenrieder Teichgebietes. Vogelbiotope Bayerns Dok. 6. Landesbund f. Vogelschutz.
- HEISER, F. (1974): Zur Siedlungsdichte der Brutvögel in einem Flachmoor bei Donauwörth. Anz. orn. Ges. Bayern 13: 219–230.
- HEITKAMP, U. & K. HINSCH (1969): Die Siedlungsdichte der Brutvögel in den Außenbezirken der Stadt Göttingen. Vogelwelt 90: 161–177.
- HELLIWELL, D. R. (1976): The effects of size and isolation on the conservation value of wooded sites in Britain. J. Biogeogr. 3: 407–416.
- HOHLT, H., M. LOHMANN & A. SUCHANTKE (1960): Die Vögel des Schutzgebietes Achenmündung und des Chiemsees. Anz. orn. Ges. Bayern 5: 452–505.

- HÖLSCHER, R., G. B. K. MÜLLER & B. PETERSEN (1959): Die Vogelwelt des Dümmer-Gebietes. Biol. Abh. 18–21.
- HÖLZINGER, J., G. KNÖTZSCH, B. KROYMANN & K. WESTERMANN (1970): Die Vögel Baden-Württembergs – eine Übersicht. Anz. orn. Ges. Bayern 9. Sonderheft.
- —, K. MÜLLER & K. SCHILHANSL (1969): Die Pflanzen- und Vogelwelt des Schmieder Sees. Jh. Ges. Naturkde. Württemberg 124: 172–184.
- HÖSER, N. (1973): Bestimmung und Interpretation der Artendichte (species diversity) von Vogelbeständen aus Zählergebnissen unterschiedlichen mathematischen und biologischen Charakters. Beitr. Vogelkd. 19: 313–328.
- JACOBY, H., G. KNÖTZSCH & S. SCHUSTER (1970): Die Vögel des Bodenseegebietes. Orn. Beob. 67. Beiheft.
- JALOWITSCHAR, M., G. HAIMERL & C. MAGERL (1976): Die Vogelwelt des Viehlassmooses. Vogelbiotope Bayerns Dok. 9. Landesbund f. Vogelschutz.
- JOHNSON, M. P. & D. S. SIMBERLOFF (1974): Environmental determinants of island species numbers in the British Isles. J. Biogeogr. 1: 149–154.
- KASPAREK, M., G. KRÜGER & M. PFORR (1975): Die Vogelwelt der Isarauen bei Rose-nau/Moosburg. Vogelbiotope Bayerns Dok. 3. Landesbund f. Vogelschutz.
- KOENIG, O. (1962): Das Buch vom Neusiedler See. Wien.
- KOLLER, J. (1970): Quantitative Bestandsaufnahme der Brutvögel im Torfeinfang bei Dachau. Anz. orn. Ges. Bayern 9: 150–154.
- KREBS, C. J. (1972): Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row, New York.
- LECHNER, F. & K. STIEL (1975 a): Die Vogelwelt des Isarstausees Krün. Vogelbiotope Bayerns. Dok. 1. Landesbund f. Vogelschutz.
- — (1975 b): Die Vogelwelt des Barmsees. Vogelbiotope Bayerns Dok. 2. Landesbund f. Vogelschutz.
- MACARTHUR, R. H. (1972): Geographical ecology. Harper & Row, New York.
- — & E. O. WILSON (1967): The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press, Princeton, N. J.
- MAGERL, C. & H. (1975): Die Vogelwelt des Eitinger Weihers. Vogelbiotope Bayerns, Dok. 5. Landesbund f. Vogelschutz.
- MÜHLEN, D. & P. zur (1975): Die Vogelwelt des Naturschutzgebietes Maisinger See. Vogelbiotope Bayerns, Dok. 4. Landesbund f. Vogelschutz.
- NIETHAMMER, G., P. KRAMER & H. E. WOLTERS (1964): Die Vögel Deutschlands. Artenliste. Akadem. Verlagsges. Frankfurt.
- NITSCHKE, G. (1968): Die Vogelwelt des Eggstätter Seengebietes. Anz. orn. Ges. Bayern 8: 321–348.
- PRESTON, F. W. (1962): The canonical distribution of commonness and rarity. I. Ecology 43: 186–215.
- REICHHOLF, J. (1978): Rasterkartierung der Brutvögel im südostbayerischen Inntal. Garmischer vogelkundl. Ber. 4: 1–56.
- — & H. UTSCHICK (1977): Die Brutvögel der Salzachmündung. Garmischer vogelkd. Ber. 2: 41–48.
- SILLEN, B. & C. SOLBRECK (1977): Effects of area and habitat diversity on bird species richness in lakes. Ornis Scand. 8: 185–192.

- VIDAL, A. (1973): Die Vogelwelt des Oberpfälzer Donautales und ihre Bedrohung durch technische Projekte. Anz. orn. Ges. Bayern 12: 65–79.
- — (1976): Die Vogelwelt des Stadtparks Regensburg. Acta Albertina.
- WARNCKE, K. (1962): Beitrag zur Avifauna der March- und unteren Donauauen. Anz. orn. Ges. Bayern 6: 234–268.
- WESTERMANN, K. & F. SAUMER (1970): Die Vögel des Landschaftsschutzgebietes „Taubergießen“ und einiger angrenzender Gebiete. Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F. 10: 375–415.
- WÜST, W. (1962): Prodrömus einer „Avifauna“ Bayerns. Anz. orn. Ges. Bayern 6: 305–358.
- — (1970): Die Vogelwelt der Landeshauptstadt München. Bund Naturschutz in Bayern, Sonderdruck.
- — (1973): Die Vogelwelt des Nymphenburger Parks München. Tier u. Umwelt N. F. 9/10.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Josef Reichholf, Zoologische Staatssammlung,
Maria-Ward-Str. 1b, 8000 München 19

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ornithologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [19_1-2](#)

Autor(en)/Author(s): Reichholf Josef

Artikel/Article: [Die Arten-Areal-Kurve bei Vögeln in Mitteleuropa 13-26](#)