

# Repräsentative Bestandserhebung am Beispiel des Steinkauzes (*Athene noctua*)

Karl RADLER, Moringen, Wilhelm BERGERHAUSEN und Oliver KRISCHER,  
Heimbach

## Einleitung

Eine wichtige Motivation für die Erfassung des Bestandes (bzw. der Populationsgröße) von Tierarten ist, den Grad ihrer Bedrohung durch die menschliche Nutzung und Veränderung der Landschaft einzuschätzen. Ein vom amtlichen Naturschutz ebenso wie von den Naturschutzverbänden genutztes Instrument sind hierbei die Roten Listen der gefährdeten Arten. Dazu ein Vertreter des Naturschutzbund Deutschland: »Da die Roten Listen für viele unserer Gruppierungen in der täglichen Arbeit die entscheidende Argumentationsgrundlage für die Verhinderung einer Planungsmaßnahme oder für die Förderung einer Unterschutzstellung darstellen, müssen sie auch auf möglichst hieb- und stichfesten Fakten beruhen. Andernfalls sind sie angreifbar und verlieren ihren naturschutzpolitischen Wert« (OPITZ 1992). Zur Quantifizierung des Grads der Bedrohung einer Art werden bisher von den zuständigen Gremien

Gefährdungsklassen verwendet, wobei die Bestandsgröße und deren Veränderung (»Rückgangsgeschwindigkeit«) die wichtigsten Kriterien für die Einstufung sind. Genauer als durch Formulierungen wie »kleine Bestände« und »auf eine bedrohliche bis kritische Größe zusammenschmolzen«, sind die Kriterien in einem Vorschlag definiert, der erstmals auch die hierbei so wichtigen populationsgenetischen Aspekte berücksichtigt (vgl. MACE & LANDE 1991). Dieser vom »International Council for Bird Preservation« (ICBP) zur weltweiten Anwendung empfohlene Kriterienkatalog (vgl. TUCKER 1992) enthält die Abhängigkeit von der Bestandsgröße ganz explizit, d. h. es werden klar definierte Bereiche der Populationsgröße zur Einstufung in eine von drei Kategorien empfohlen.

Vor allem für regionale Vergleiche sowie bei der Aufstellung von bun-des-, europa- und weltweiten Roten Listen wird offensichtlich, wie wichtig eine möglichst objektive Bestimmung der Populationsgröße und ihrer Veränderung bei gefährdeten Arten ist. Noch wichtiger dürfte allerdings die Einsicht sein, daß eine vollständige und regelmäßig zu wiederholende Erfassung nicht einmal auf der Fläche eines Landkreises für alle Arten möglich ist.

Um Populationsgrößen dennoch objektiv einschätzen zu können, ist vor allem eine repräsentative Bestandserhebung zu fordern, weil sie durchaus realisierbar ist. In vielen Fällen ist dazu nämlich nur die Vorgehensweise bei der Bestandsaufnahme zu verändern, nicht aber der zeitliche Aufwand zu erhöhen. Das Prädikat »repräsentativ« (z. B. für eine Kreisoder Landesfläche) kann eine Erfassung nur dann in Anspruch nehmen, wenn bei der Auswahl der Stichprobe von Beobachtungsflächen die damit verbundenen mathematisch-statistischen Prinzipien beachtet wurden. Leider wurde bisher in den unter Avifaunisten verbreiteten deutschsprachigen Leitfäden und

Lehrbüchern auf diese Notwendigkeit nicht deutlich bzw. ausdrücklich genug hingewiesen.

Für die vermehrte Anwendung dieser Prinzipien möchten wir mit unserem Beitrag werben, in dem die Vorgehensweise für eine repräsentative Erfassung des Steinkauzbestandes beschrieben wird, die von der »Gesellschaft zur Erhaltung der Eulen e.V.« (EGE) im Kreis Düren aus einer Reihe von ökologisch-statistischen Methoden für das Monitoring dieser gefährdeten Eulenart ausgewählt wurde.

## **Was macht eine Bestandserhebung repräsentativ?**

Eine repräsentative Bestandserfassung ist nur mit einem klar beschriebenen Stichprobenplan möglich. Hilfreich sind dabei die in der Statistik üblichen Begriffe der Stichprobeneinheit und der Grundgesamtheit: Die Stichprobeneinheit ist die kleinste Einheit, auf der eine interessierende Variable erhoben wird, während die Grundgesamtheit als die Menge aller Stichprobeneinheiten definiert ist, die aufgrund des Auswahlverfahrens in die Stichprobe gelangen können.

Was den faunistischen Artenschutz in der Regel interessiert, sind Eigenschaften (Variablen) von Populationen auf (meistens zweckbestimmten) Flächen; typische Beispiele für solche Variablen und ihre Stichprobeneinheiten sind:

- Körpergewichte von Einzelvögeln
- Gelege- und Brutgrößen von Bruten bzw. Brutpaaren
- Anzahl von Individuen auf einer Flächeneinheit

Für den Anwender ist es wichtig, daß er sich bei jeder Untersuchung über die Beziehung zwischen

- Population
- (statistische) Grundgesamtheit
- Stichprobeneinheit
- Stichprobe

völlig im klaren ist. Für eine häufige feldornithologische Untersuchung, die Bestimmung der mittleren Brutgröße einer Art auf einem größeren Gebiet, in dem nicht alle bekannten Bruten kontrolliert werden können, ergeben sich z. B. folgende Definitionen:

- Die Brut-Population besteht aus allen Bruten im interessierenden Gebiet (einschließlich der nicht gefundenen Bruten!).
- Die Grundgesamtheit besteht nur aus den bekannten Bruten.
- Die Stichprobeneinheit ist eine Brut, und als
- Stichprobe werden die überprüften Bruten bezeichnet.

Ein hierbei sehr hilfreicher Merksatz findet sich in einem BTO-Führer (FOWLER & COHEN, ohne Jahresangabe) als allgemeine Beschreibung einer Beobachtung für eine repräsentative Erhebung von Daten:

»Dies ist eine Beobachtung der Variablen  $x$  in der Stichprobeneinheit  $i$  aus einer Stichprobe von  $n$  Stichprobeneinheiten, die aus einer Grundgesamtheit von  $N$  Stichprobeneinheiten ausgewählt wurde.«

Auf jede Bestandserfassung, die als repräsentativ gelten möchte oder zu einer

»Hochrechnung« verwendet wird, muß dieser Satz anwendbar sein. Seine Anwendung für eine regelmäßige repräsentative Schätzung des Steinkauzbestandes

soll im folgenden demonstriert werden.

## **Material und Methoden**

Unser Stichprobenplan stützte sich auf eine Rasterung des Kreisgebiets, wie sie durch die Deutsche Grundkarte im Maßstab 1:5.000 gegeben ist. Seine wichtigsten Elemente sind folgendermaßen definiert (vgl. Merksatz von FOWLER & COHEN oben):

- Stichprobeneinheit  $i$ : ein Blatt der Deutschen Grundkarte (Raster)
- Grundgesamtheit  $N$ : Menge der betrachteten Raster
- Stichprobe  $n$ : Teilmenge der ausgewählten Raster
- Beobachtung  $x$ : rufende Männchen auf einer Rasterfläche
- Population: alle Steinkauz-Männchen des Kreisgebietes.

Die wichtige Beziehung zwischen Population und Grundgesamtheit macht Abb. 1 deutlich. Die Grundgesamtheit besteht in unserer Anwendung nur aus den 136 Rastern, auf denen ein Habitat (und damit ein Verhörplatz) vorkam, der einem Steinkauzmännchen als Lebensraum dienen könnte. Von der Population unterscheidet sich der auf unserer statistischen Grundgesamtheit erhobene Bestand durch die Steinkauzmännchen, die auf den restlichen 154 Rastern vorkommen. Eine Stichprobeneinheit wurde als die Fläche ( $2 \times 2$  km) eines Blattes der Deutschen Grundkarte (Raster) definiert.

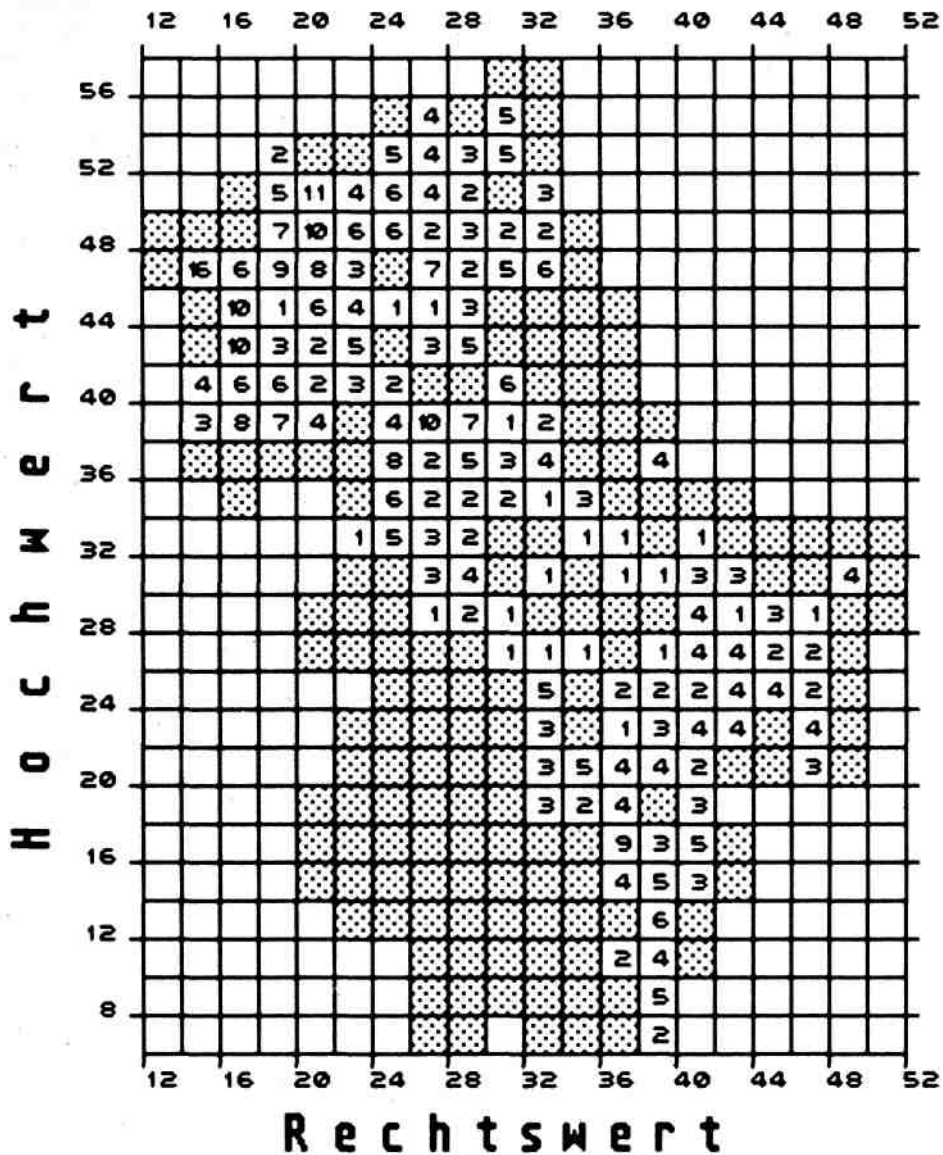


Abb. 1: Stichprobenplan für eine repräsentative Bestandserfassung des Steinkauzes im Kreis Düren. Die Grundgesamtheit sind die mit der Anzahl der Verhörplätze versehenen 136 Raster. Auf den restlichen 154 punktierten Rastern gibt es keinen geeigneten Habitat (vgl. Text).

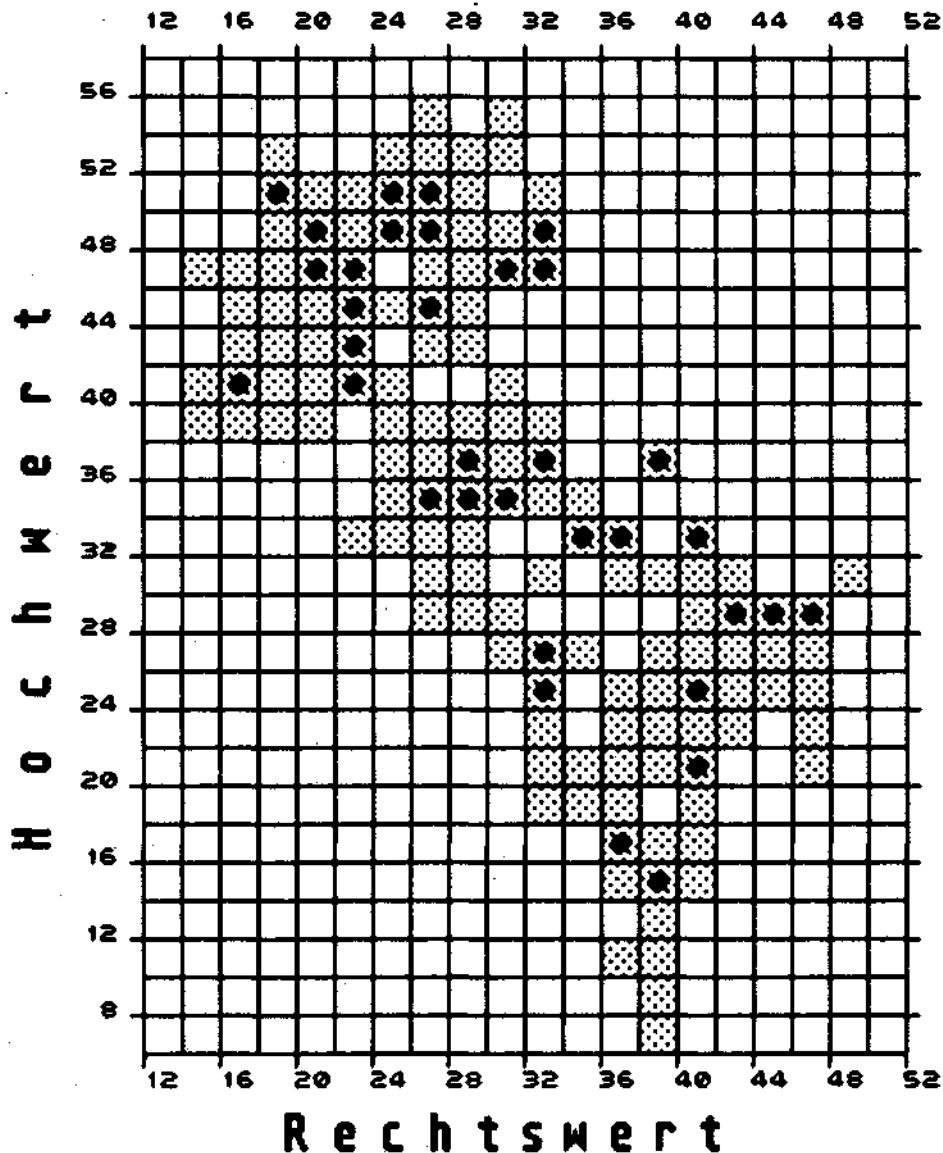


Abb. 2: Grundgesamtheit (punktierte Raster) und zufällig ausgewählt Raster (mit schwarzem Kreis); vgl. Text.

Eine von der EGE durchgeführte Grünlandkartierung lieferte zusammen mit der Kenntnis über die für Steinkauzreviere typischen Habitatmerkmale (LOSKE 1986) die Grundlage, alle für den Steinkauz geeigneten Habitate je Raster zu kartieren. Vor Beginn der Bestandserfassung wurden außerdem alle Verhörstandorte kartographisch so festgelegt, daß jeder potentielle Habitat von mindestens einem Standort aus mit der Klangtrappe erreicht werden konnte. Diese Zählung der rufenden männlichen Käuze erfolgte durch Anwendung eines standardisierten Anlockverfahrens, das in der Literatur beschrieben ist (EXO & HENNES 1978). Auf die dort ebenfalls angesprochenen technischen Probleme wird hier nicht eingegangen, weil sie für jede Strategie zur Bestandserfassung in gleicher Weise bestehen. Die Diskussion hierzu ist aber noch keineswegs abgeschlossen (z. B. LÖLF-NW 1993)

Mit Hilfe eines Zufallszahlengenerators wurde aus der Grundgesamtheit von 136 Rastern eine Auswahl von 34 (25 %) der Stichprobeneinheiten getroffen. Die Auswahl war dabei zufallsmäßig, d. h. jedes Raster hatte die gleiche Chance für eine Kontrolle. Abb. 2 zeigt die aus unserer Grundgesamtheit zufallsmäßig ausgewählten Raster.

Auf jedem dieser Raster wurden an den kartierten Verhörplätzen die rufenden Steinkauzmännchen durch Anwendung des standardisierten Anlockverfahrens gezählt. Die Beobachtungsdaten wurden für diese (und weitere) Auswertung(en) mit Hilfe eines masken-gesteuerten Erfassungsprogramms als dBase-Daten-bank und mit folgenden Variablen dokumentiert: Lfd. Nummer, Rastername, Rechtswert, Hochwert, Anzahl der Verhörstellen, Anzahl der rufenden Männchen.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Tabelle 1 listet den für die Bestandsschätzung hier nur relevanten Teil aus unserer Dokumentation. In dieser Stichprobe von  $n = 34$  Rastern wurden im Mittel

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 1,384$$

rufende Männchen (r. M.) pro Raster beobachtet. Der Bestand  $B$  für die Grundgesamtheit von  $N = 136$  Rastern kann damit am einfachsten nach folgender Formel berechnet werden:

$$B = \frac{N}{n} \sum x_i = 188 \text{ r. M.}$$

Tab. 1: Beobachtungsdaten aus einer repräsentativen Bestandserhebung des Steinkäuzes im Kreis Düren

Lfd. Nr. der Stichprobeneinheit (i)	Anzahl Verhörplätze	Anzahl rufende Männchen (x <sub>i</sub> )
1.	6	1
2.	4	4
3.	5	1
4.	1	0
5.	2	0
6.	2	0
7.	1	0
8.	3	1
9.	2	1
10.	2	1
11.	5	0
12.	6	5
13.	6	4
14.	1	0
15.	2	1
16.	5	3
17.	1	0
18.	1	0
19.	2	0
20.	8	3
21.	6	6
22.	4	3
23.	3	0
24.	1	0
25.	2	0
26.	5	2
27.	9	2
28.	5	2
29.	4	0
30.	1	0
31.	5	1
32.	3	1
33.	4	1
34.	10	4

Unter der Annahme, daß auf den restlichen 154 Rastern keine Steinkäuze brüten, weil bestimmte Biotopeigenschaften nicht vorliegen, gilt diese repräsentative Schätzung der Bestandsgröße für das gesamte Kreisgebiet. Gemessen an unserer Zielgröße, dem Steinkäuzbestand im Kreis Düren, würde sich unsere Schätzung sehr wahrscheinlich - wenn überhaupt - nur wenig erhöhen, wenn wir alle Raster des Kreisgebiets als Grundgesamtheit definiert hätten. Deutlich erhöhen würde sich dadurch aber der Aufwand für die nächtlichen Verhöraktionen, der sich mit 40 Stunden für zwei Personen durchaus im Rahmen hält.

Avifaunistische Untersuchungen müssen immer auf Teilflächen beschränkt bleiben. Mit der Auswertung solcher Untersuchungen ist ein statistisches Stichprobenverfahren (auch wenn es nicht so genannt wird) immer dann verbunden, wenn die Ergebnisse auf der untersuchten Fläche (Probefläche) auf eine größere Fläche übertragen werden. Das Ziel unseres Beitrages war es, prinzipiell und exemplarisch deutlich zu machen, welche Kriterien eine Auswahl von Teilflächen erfüllen muß, damit eine »Hochrechnung« für einen Landkreis oder ein Bundesland dieses Prädikat auch verdient.

Außerdem sollte hier klar geworden sein: Eine Ermittlung von Bestandsgrößen bzw. Siedlungsdichten für ein geographisch definiertes Gebiet ist repräsentativ nicht

wegen des Anteils der untersuchten Flächen, entscheidend ist nur die Art ihrer Auswahl. Wertvoll ist an dieser Stelle vielleicht der Hinweis, daß (in der Regel) eine völlig andere Definition des Begriffs »repräsentativ« zugrundeliegt, wenn man in Publikationen z. B. liest: »Die Probefläche ist repräsentativ für ... (eine größere Fläche)«. Gemeint sein kann dabei nur, es wurde eine typische (was immer das sein mag) bzw. dem Durchschnitt entsprechende Fläche ausgewählt. Interessant ist in diesem Zusammenhang, was KOSTRZEWA (1988) für den Turmfalken zeigen konnte: Bei der gängigen Art der Bestandserhebung ergibt sich, daß die ermittelte Bestandsgröße umso kleiner war, je größer ein Bearbeiter seine Untersuchungsfläche gewählt hatte. Die Autorin vermutet, daß vor allem die kleineren Probeflächen so gewählt wurden, daß möglichst viele Falken in ihnen vorkamen. Solche Verzerrungen sind bei unserem Verfahren natürlich nicht zu erwarten.

Ein weiterer methodischer Vorteil der regelmäßigen Bestandsschätzung mit Hilfe von repräsentativen Stichproben liegt in ihrer Verwendung für ein Monitoring von Populationsgrößen. Um hierbei Prognosen abzugeben, werden gerne die auf den Probeflächen ermittelten Bestandsgrößen der einzelnen Jahre mit Hilfe der Regressionsrechnung oder der Rangkorrelation auf eine signifikante Zu- oder Abnahme getestet. Die hierbei meistens verwendeten Signifikanzschranken sind aber nicht gültig, weil die so ermittelten Bestandsgrößen der einzelnen Jahre nicht voneinander unabhängig sind. Wenn man jedoch bei Bestandserfassungen die hier demonstrierte Vorgehensweise wählt und in jedem Jahr eine neue Stichprobe (von Teilflächen oder Rastern) zieht, sind die Werte der einzelnen Jahre voneinander unabhängig und mit den statistischen Methoden dieser beliebten Standardverfahren testbar.

Wichtiger noch erscheint uns die Relevanz für den Naturschutz: Die im administrativen und planenden Naturschutz oft verwendeten Roten Listen (vgl. oben) werden nicht für Untersuchungsflächen, sondern für politische Einheiten aufgestellt. Das hier vorgestellte Verfahren z. B. wäre exakt auf diese Verwendung zugeschnitten. Andere Anwendungen würden eine Modifizierung nahelegen. Bei einer repräsentativen Bestandserfassung für ein Land wie Hessen etwa würde man versuchen, die räumliche Heterogenität in der erwarteten Siedlungsdichte zu berücksichtigen, und z. B. stratifizierte und mehrstufige Stichprobenverfahren einsetzen. Die Stichprobeneinheiten würden dazu in Klassen, z. B. nach Grünlandanteil, Höhenstufe oder Waldanteil, unterteilt.

Zusammenfassend läßt sich für unsere repräsentative Bestimmung des Bestandes einer Eulenart der Beobachtungsplan in folgende Arbeitsschritte unterteilen:

- Rasterung des Gebiets, für das der Bestand bestimmt werden soll
- Kartierung aller potentiell geeigneten Habitate je Raster
- Kartierung aller Verhörstandorte je Raster
- Definition der Stichprobeneinheit und Grundgesamtheit
- Zufällsmäßige Auswahl von Stichprobeneinheiten (-> Stichprobe)
- Standardisierung der Feldmethodik
- Erfassung aller rufenden männlichen Käuze in jedem der ausgewählten Stichprobeneinheiten durch Anwendung der standardisierten Feldmethode an allen kartierten Verhörstandorten.

Wie bei allen Erhebungs- und Berechnungsmethoden gilt natürlich auch hier, daß der Bestand um den Anteil der nicht rufenden Männchen unterschätzt wird. Dieser Anteil, den EXO (1987) mit bis zu 10% angibt, ließe sich über die zusätzliche Anwendung einer anderen Feldmethode - z. B. Suche nach Kotspuren und Gewölln (KIMMEL, mündl.) - einschätzen. Erfolgt diese Schätzung nach ähnlichen statistischen Methoden wie hier, so ist dies ein Weg, um die durch die angewandte Feldmethodik bedingte Verzerrung der Bestandsschätzung zu korrigieren.

Im Vergleich zu den bisher meistens angewandten Verfahren bei Bestandserhebungen hat die hier demonstrierte Vorgehensweise den besonderen Vorteil, daß es eine klare Beziehung zum tatsächlichen Bestand gibt. Ausgedrückt wird diese durch den mittleren Fehler bzw. einen Vertrauensbereich, in dem sich der tatsächliche Bestand um den statistisch geschätzten Bestand mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit bewegt. Angesprochen ist hierbei die Variation der Bestandsschätzung aus Stichproben um die tatsächliche Größe des Bestandes in der Grundgesamtheit. Diese Variation kann verringert werden, wenn man für die Schätzung des Bestandes aus der Stichprobe nicht die oben angegebene Formel benützt, sondern z. B. auch die Anzahl der Verhörplätze bzw. der potentiellen Habitate. Diese von uns auch dokumentierte Anzahl ist mit der Anzahl der beobachteten rufenden Männchen korreliert, was bereits aus den Rohdaten der Tabelle 1 erkennbar ist. Für ihr Monitoring benützt die EGE deshalb ein anderes Berechnungsverfahren, das diese Korrelation nutzt und z. B. bei COCHRAN (1972) als Regressionsschätzung beschrieben ist. Als weitere Information wurde von uns auch noch die Anzahl der Verhörplätze jedes Rasters (vgl. Abb. 1) verwendet. Dieses etwas kompliziertere Berechnungsverfahren - Statistiker nennen dies ein Schätzverfahren - liefert für die Daten der Tabelle 1 und der Abb. 1 einen Steinkauzbestand von  $B = 196$  Tieren. Dieser Wert liegt sehr wahrscheinlich näher am tatsächlichen Bestand als die oben berechnete Populationsgröße.

Wie verlässlich ist nun aber unser Stichprobenverfahren? Auf diese ganz wichtige Frage gibt es bei der Art der traditionell üblichen Bestandserhebung überhaupt keine begründete Antwort. Sie wurde hier ausgeklammert, weil eine ausreichend begründete Antwort zusätzliche statistische Details enthalten müßte und den Rahmen dieses Beitrags sprengen würde. Ein Untersuchung dieser Frage wird im Rahmen einer vergleichenden Bewertung mit weiteren Auswertungsverfahren an anderer Stelle publiziert (RADLER & SABOROWSKI, in Vorbereitung). Der allgemeine Zweck dieser vergleichenden Datenanalyse und Simulation ist, den Arbeitsaufwand für repräsentative Bestandserhebungen bei ausreichender Verlässlichkeit der Schätzung zu minimieren.

## Danksagung

Für statistisch-methodischen Rat zum Monitoring der EGE sowie für wertvolle Anmerkungen zu einer früheren Version dieser Arbeit danken wir Privatdozent Dr. J. SABOROWSKI.

## Literatur

- COCHRAN, W.G. (1972): Stichprobenverfahren. - Walter de Gruyter, Berlin.
- EXO, M. (1987): Das Territorialverhalten des Steinkauzes (*Athene noctua*). - Dissertation, Universität Köln.
- EXO, M. & R. HENNES (1978): Empfehlungen zur Methodik von Siedlungsdichte-Untersuchungen am Steinkauz (*Athene noctua*). - Die Vogelwelt 99: 137-141.
- FOWLER, J. & L. COHEN (o. J.): Statistics for Ornithologists. - BTO Guide No. 22.
- KOSTREWA, R. (1988): Die Dichte des Turmfalken (*Falco tin-nunculus*) in Europa - Übersicht und kritische Betrachtung. - Die Vogelwarte 34: 216-224.
- LÖLF-NW (1993): Experten-Gespräch zum Steinkauz-Monitoring. - Eulen-Rundblick 39: 13-15.
- LOSKE, K.-H. (1986): Zum Habitat des Steinkauzes (*Athene noctua*) in der Bundesrepublik Deutschland. - Die Vogelwelt 107: 81-101.
- MACE, G.M. & R. LANDE (1991): Assessing extinction threats: Toward a reevaluation of IUCN threatened species categories. - Conservation Biology 5: 148-157.
- OPITZ, H. (1992): Möglichkeiten der naturschutzpolitischen Umsetzung von Monitorprogrammen. - Die Vogelwelt 113: 157-159.

TUCKER, G. (1992): Results of phase I of the dispersed species project. In: ICPB (ed.). The conservation of dispersed species in Europe. -Proceedings of the XVIII ICBP European Continental Section Conference, Aachen 18-23 May 1992.

**Anschriften der Verfasser**

Dr. Karl Radler  
Büro für Ökologische Statistik  
Kastanienweg 1  
37186 Moringen

Wilhelm Bergerhausen und Oliver Krischer EGE e.V. Postfach 1146 52394  
Heimbach