



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2013

Prinzipien eines guten Monitorings

Kéry, M ; Schmidt, B R

Abstract: Werden bei einem Monitoring bestimmte Regeln eingehalten, können zuverlässige Aussagen zum Zustand und zur Veränderung der Bestände der untersuchten Organismen gemacht werden. Von zentraler Bedeutung sind eine saubere Auswahl der Stichprobe und die Minimierung des Messfehlers.

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

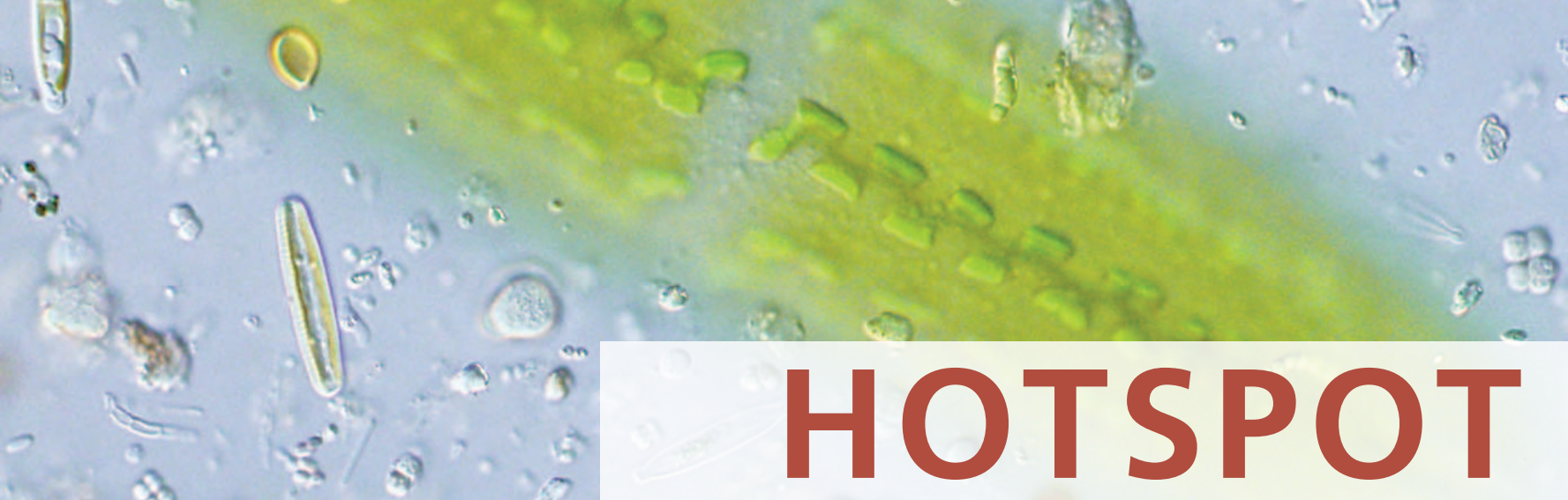
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-85718>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Kéry, M; Schmidt, B R (2013). Prinzipien eines guten Monitorings. *Hotspot*, 28:8-9.



HOTSPOT



Biodiversität messen

Forschung und Praxis im Dialog
Informationen des Forum Biodiversität Schweiz

28 | 2013

Autoren und Autorinnen

Dr. Matthias Albrecht ist Ökologe und arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Agrarlandschaft und Biodiversität an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon und ist am Europäischen FP7-Projekt QUESSA beteiligt. Seine Forschungsschwerpunkte sind Biodiversität und Ökosystemleistungen in Agrarökosystemen und Konzepte zu deren Förderung.

Dr. Ariel Bergamini ist Botaniker und leitet die Forschungsgruppe Lebensraumdynamik an der Eidg. Forschungsanstalt WSL sowie das Projekt «Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz». Daneben beschäftigt er sich mit naturschutzbiologischen Fragestellungen bei Blütenpflanzen und Moosen.

Simon Birrer leitet an der Schweizerischen Vogelwarte Sempach die Abteilung «Förderung der Vogelwelt». Sein Arbeitsschwerpunkt sind angewandte Projekte im Bereich Landwirtschaft und Wald.

Dr. Stefan Eggenberg studierte Pflanzensystematik und Vegetationsökologie und liess sich zum Wissenschaftlichen Zeichner ausbilden. Er war Mitinhaber des Ateliers für Naturschutz und Umweltfragen (UNA) in Bern und ist heute Direktor von Info Flora, dem nationalen Daten- und Informationszentrum zur Schweizer Flora.

Dr. Lisa Garnier hat in Allgemeiner Ökologie promoviert. Sie ist Wissenschaftsjournalistin, Schriftstellerin und Projektkoordinatorin und hat sich auf die Vermittlung von Biodiversitätsthemen für die Öffentlichkeit spezialisiert. Sie führt den Blog «Vigie-Nature» des *Muséum national d'Histoire naturelle* in Paris und entwickelt interaktive wissenschaftliche Experimente.

Christian Ginzler ist Biologe und arbeitet an der Eidg. Forschungsanstalt WSL. Er leitet die Gruppe Fernerkundung und beschäftigt sich vor allem mit Luftbildinterpretation, Photogrammetrie und Bildanalysen, um Veränderungen in der Landschaft messen zu können.

Dr. Yves Gonseth leitet das Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna. Er kümmert sich um die Kontakte zu den Feldforschern (meistens Entomologen), den kantonalen und eidgenössischen Ämtern im Bereich Arten- und Biotopschutz sowie den Institutionen im Ausland, die sich mit ähnlichen Themen befassen.

Anne-Laure Gourmand erarbeitet im *Muséum national d'Histoire naturelle* in Paris wissenschaftliche Programme für das Projekt «Vigie-Nature» und setzt diese zusammen mit lokalen Akteuren um. Sie koordiniert das Observatorium STELL, welches die Entwicklung von Libellenpopulationen in Frankreich verfolgt.

Dr. Gabriela Hofer ist Biologin und arbeitet an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon in der Gruppe Agrarlandschaft und Biodiversität. Sie entwickelt Konzepte zur Abbildung der Dynamik von Arten- und Lebensräumen der offenen Kulturlandschaft und zum Beitrag von ökologischen Ausgleichsflächen zur Erhaltung der Artenvielfalt.

Prof. Dr. Rolf Holderegger ist Professor an der ETH Zürich und leitet die Forschungseinheit Biodiversität und Naturschutzbiologie an der Eidg. Forschungsanstalt WSL. In der «Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz» hat er die administrative Oberleitung inne.

Dr. Markus Jenny ist Biologe und leitet an der Schweizerischen Vogelwarte Landwirtschaftsprojekte an der Schnittstelle zwischen Forschung, Umsetzung, Markt und Politik. Er präsidiert den Verein «Vision Landwirtschaft», eine Denkwerkstatt unabhängiger Landwirtschaftsexperten.

Dr. Marc Kéry ist als Populationsökologe an der Schweizerischen Vogelwarte tätig. Seine Forschungsinteressen beinhalten unter anderem grossräumige Modellierungen von Verbreitung und Bestand von Arten, Populationsmodelle und die Modellierung von Messfehlerprozessen bei ökologischen Felduntersuchungen.

Dr. Meinrad Küchler arbeitet in der Forschungsgruppe Lebensraumdynamik der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL. Der Fokus seiner Arbeit liegt auf der statistischen Datenanalyse und auf der Modellierung von ökologischen Veränderungen in verschiedenen Biotopen der Schweiz.

Dr. Enrique Lara ist Forscher an der Universität Neuchâtel und untersucht Mikro-Eukaryoten (Algen, Pilze und verschiedenste Einzeller). Er interessiert sich insbesondere für ihre Evolutionsgeschichte, Ökologie, geografische Verbreitung und ihre riesige Vielfalt.

Dr. Lukas Mathys ist Biologe und arbeitet bei Sigmaplan als Projektleiter. Er befasste sich in verschiedenen Projekten mit inhaltlichen und technischen Aspekten der Erfassung, Auswertung und Kommunikation von Biodiversitätsinformationen.

Prof. Edward Mitchell leitet seit 2009 das *Laboratoire de Biologie du Sol* der Universität Neuenburg und seit 2011 in Ko-Leitung den Botanischen Garten in Neuenburg. Er beschäftigt sich unter anderem mit der Ökologie und Biodiversität von Bodenorganismen mit speziellem Fokus auf die Protozoen.

Dr. Marco Moretti ist Ökologe und Gruppenleiter an der Eidg. Forschungsanstalt WSL in Bellinzona. Er beschäftigt sich seit 10 Jahren mit diversen Aspekten von Biodiversität und Lebensgemeinschaften und ihrer Beziehung zu Ökosystemprozessen und -leistungen entlang der verschiedenen Umweltgradienten und unter kontrollierten Laborbedingungen.

Prof. Jan Pawlowski ist Leiter des *Laboratoire d'évolution moléculaire des protistes* im *Département de Génétique et Evolution* der Universität Genf. Er erforscht die Evolutionsgeschichte der Eukaryonten und leitet das Netzwerk «Swiss Barcode of Life» (SwissBOL).

Dr. Lukas Pfiffner, Agrarökologe, leitet am Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL Biodiversitäts- und Naturschutzprojekte mit Schwerpunkt ökologische Systemoptimierung und tritrophische Interaktionen von Arthropoden und Bodentieren in unterschiedlichen Anbausystemen.

Dr. Benedikt Schmidt arbeitet bei der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch) und ist Forschungsgruppenleiter an der Universität Zürich. So verbindet er Forschung und Praxis mit dem Ziel, zu einem evidenzbasierten Naturschutz beizutragen.

Dr. Eva Spehn ist wissenschaftliche Mitarbeiterin beim Forum Biodiversität und Geschäftsleiterin des internationalen Netzwerks «Global Mountain Biodiversity Assessment», das ein online-Portal für Biodiversitätsdaten im Gebirge betreibt (www.mountainbiodiversity.ch). Sie ist in der GBIF-CH Kommission und GBIF-Delegierte von DIVERSITAS.

Dr. Sibylle Stöckli ist Projektleiterin im Bereich Biodiversität, Klimaänderung und Ökosystemfunktion mit Fokus Entomologie und Pflanzenschutz am Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL.

Silvia Stofer leitet die Gruppe Biodiversitätserhebung in der Einheit Biodiversität und Naturschutzbiologie an der Eidg. Forschungsanstalt WSL. Sie ist unter anderem verantwortlich für den Unterhalt und die Pflege der nationalen Datenbank der Flechten der Schweiz (SwissLichens).

IMPRESSUM Das Forum Biodiversität Schweiz fördert den Wissensaustausch zwischen Biodiversitätsforschung, Verwaltung, Praxis, Politik und Gesellschaft. HOTSPOT ist eines der Instrumente für diesen Austausch. HOTSPOT erscheint zweimal jährlich in Deutsch und Französisch; PDFs stehen zur Verfügung auf www.biodiversity.ch. HOTSPOT 29|2014 erscheint im Mai 2014 und ist dem Thema «Energie und Biodiversität» gewidmet. **Herausgeber:** © Forum Biodiversität Schweiz, Bern, November 2013. **Redaktion:** Dr. Gregor Klaus (gk), Dr. Daniela Pauli (dp). **Übersetzung ins Deutsche:** Emanuel Balsiger, Textpoint, Rothenfluh (S. 14, 23, 26–27). **Gestaltung/Satz:** Esther Schreier, Basel. **Fotos:** Die Bildautorenachweise sind den Fotos beige gestellt. **Druck:** Print Media Works, Schopfheim im Wiesental. **Papier:** Circle matt 115 g/m², 100% Recycling.

Auflage: 3300 Exempl. deutsch, 1100 Exempl. französisch, 1000 Expl. englisch. **Kontakt:** Forum Biodiversität Schweiz, Schwarztorstr. 9, CH–3007 Bern, Tel. +41 (0)31 312 02 75, biodiversity@scnat.ch, www.biodiversity.ch. **Geschäftsleiterin:** Dr. Daniela Pauli. **Produktionskosten:** 15 CHF/Heft.

Um das Wissen über Biodiversität allen Interessierten zugänglich zu machen, möchten wir den HOTSPOT weiterhin gratis abgeben. Wir freuen uns über Unterstützungsbeiträge. **HOTSPOT-Spendenkonto:** PC 30-204040-6. Manuskripte unterliegen der redaktionellen Bearbeitung. Die Beiträge der Autorinnen und Autoren müssen nicht mit der Meinung des Forum Biodiversität Schweiz übereinstimmen.

sc | nat 

Science and Policy
Platform of the Swiss Academy of Sciences
Swiss Biodiversity Forum

Titelseite (von oben):

1. Vielfältige Mikroorganismen (Foto Edward A. D. Mitchell); 2. Bestimmung der Vielfalt an Obstsorten (Foto ProSpecieRara Basel); 3. Archivierte Vielfalt an Schmetterlingen (Foto Beat Ernst Basel); 4. Biologen bei der Feldarbeit (Foto Edi Stöckli)

Wissenschaftliche Grundlagen

Prinzipien eines guten Monitorings

Marc Kéry, Schweizerische Vogelwarte, CH-6204 Sempach, marc.kery@vogelwarte.ch; Benedikt R. Schmidt, Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz karch, CH-2000 Neuchâtel, benedikt.schmidt@unine.ch

Werden bei einem Monitoring bestimmte Regeln eingehalten, können zuverlässige Aussagen zum Zustand und zur Veränderung der Bestände der untersuchten Organismen gemacht werden. Von zentraler Bedeutung sind eine saubere Auswahl der Stichprobe und die Minimierung des Messfehlers.

Biodiversität ist ein weiter Begriff, der die natürliche Vielfalt von Genen, Individuen, Populationen, Arten, Habitaten und Lebensgemeinschaften beinhaltet. Um Biodiversität zu messen, gilt es als erstes zu entscheiden, welcher ihrer Aspekte am nutzbringendsten, präzisesten und günstigsten bestimmt werden kann. Von zentraler Bedeutung ist die Population, das heisst die Gesamtheit der Individuen einer Art in einem Gebiet. Die direkteste Beschreibung der Population ist ihre Grösse, auch Abundanz oder Bestand genannt, gefolgt von der Verbreitung und den zeitlichen Mustern der Abundanz und der Verbreitung (Trend). Alle drei Kenngrössen sind von zentraler Bedeutung im Biodiversitätsmonitoring (Yoccoz et al. 2001). Die hier vorgestellten Prinzipien gelten aber auch für die Artenzahl, eine andere oft verwendete Kenngrösse für Biodiversität.

Die Gesetze der Statistik

Verbreitung und Bestand werden häufig als separate Grössen behandelt, doch ist Verbreitung einfach eine Funktion des Bestands mit verringertem Informationsgehalt: Eine Art kommt an einem Ort vor, wenn ihr Bestand grösser ist als Null. Wenn man den Bestand an jedem Ort in einem Gebiet kennt, dann kennt man auch die Verbreitung der Art, aber nicht umgekehrt. Trotz dieser Äquivalenz ist es aus praktischen Gründen oft sinnvoll, beide Grössen getrennt zu betrachten, da sich ihre Datensammelprotokolle und statistischen Analysemethoden unterscheiden können.

Von fundamentaler Bedeutung ist die Erkenntnis, dass Kenngrössen der Biodiversität wie Bestand und Verbreitung nach den Grundsätzen einer statistischen Stichprobenerhebung gemessen werden sollten.

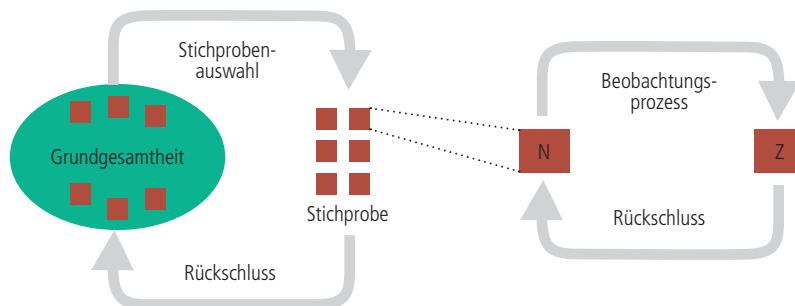


Abb. 1. Die zweistufige Stichprobenerhebung. N = Bestand; Z = Zählung

Das heisst, man wählt nach bestimmten Regeln einen Teil des Ganzen (die sogenannte Stichprobe), untersucht und beschreibt ihn und macht daraus aufgrund der Gesetze der Statistik einen Rückschluss (d.h. eine Extrapolation) auf das Ganze (die sogenannte Grundgesamtheit). Das ist nicht einfach «nice to have» und dient auch nicht nur der Befriedigung akademischer Wünsche; es geht einzig und alleine darum, sicherzustellen, dass zuverlässige Aussagen über die Biodiversität gemacht werden können.

Messfehler korrigieren

Ganz anders als in vielen Stichproben (z.B. in der Wirtschaft oder der Soziologie) ist man bei Tier- und Pflanzenpopulationen praktisch immer mit systematischen Messfehlern konfrontiert, die vor allem damit zu tun haben, dass einzelne Individuen und Arten übersehen werden. Die Wahrscheinlichkeit, Arten im Feld zu entdecken, ist damit meist kleiner als 100% (Kéry 2008). Weder die Verbreitung noch ein Bestand können direkt und fehlerfrei beobachtet werden. Diese triviale Erkenntnis, die jedem Naturbeobachter wohl bekannt ist, hat weitreichende Konsequenzen für die Art der Stichprobenerhebung und ihre Auswertung. Wann immer man mit Hilfe von Zählungen in der Natur die absoluten Bestände oder das reale Vorkommen einer Art messen möchte, ist dieser systematische Messfehler im Stichprobenverfahren zu berücksichtigen, damit er hinterher statistisch eliminiert werden kann.

Ein Zahlenbeispiel

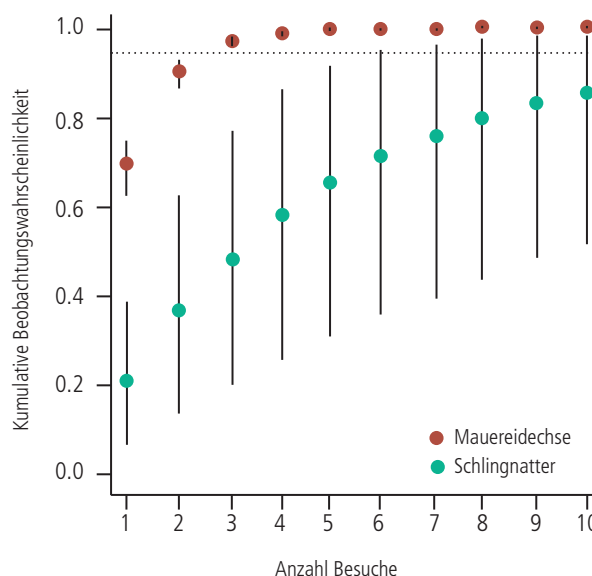
Die Messung der Biodiversität in einem bestimmten Raum muss man sich als zweistufiges Stichprobenverfahren vorstellen (Abb. 1). Der erste Schritt besteht in der Definition der Grundgesamtheit, über die man etwas aussagen will, beispielsweise den Gesamtbestand der Kohlmeise in der Schweiz. Danach bestimmt man eine Stichprobeneinheit (z.B. 1 km²-Quadrat) und wählt davon zufällig eine bestimmte Anzahl aus, wodurch man eine erste, räumliche Stichprobe erhält. In jedem Quadrat gibt es einen Bestand N, den man in einem zweiten Schritt messen kann, beispielsweise indem die Anzahl Kohlmeisenreviere (Z) festgestellt wird. Diese Zählung stellt die zweite, geschachtelte Stichprobe dar. Die Beobachtbarkeit von Kohlmeisen ist kleiner als 100% und somit ist $Z \leq N$. Daher muss der Beobachtungsprozess mit statistischen Modellen beschrieben werden, um aufgrund der Messung Z eine unverzerrte Schätzung des Zustands N im Quadrat zu erhalten. Daraus lässt sich in einem weiteren Schritt der nationale Gesamtbestand der Kohlmeise hochrechnen.

Betrachten wir ein einfaches Zahlenbeispiel und nehmen an, wir hätten zufällig 1000 der ca. 42 000 km² in der Schweiz ausgewählt und darin total 8000 Kohlmeisenreviere gefunden. Nehmen wir ferner an, dass man durchschnittlich 2 von 10 Revieren verpasst hat, dass also ein Revier nur mit einer Beobachtungswahrscheinlichkeit von 0,8 in der Stichprobe Z erscheint, und dass der Beobachtungsprozess keine wesentlichen anderen Faktoren

Abb. 2: Beobachtungswahrscheinlichkeiten von Mauereidechse und Schlingnatter (mit Bayesianischem Vertrauensintervall). Die beiden Arten haben unterschiedliche Beobachtungswahrscheinlichkeiten pro Besuch (etwa 0,7 und 0,2). Besucht man ein Gebiet mehrfach, so erreicht man bei der Mauereidechse nach drei Besuchen eine kumulative Wahrscheinlichkeit über 0,95, so dass man die Art normalerweise gefunden hat, sofern sie vorkommt. Bei der Schlingnatter braucht es dazu wesentlich mehr Besuche. Die notwendige Anzahl Besuche pro Standort ist kaum bezahlbar; somit besteht ein grosses Risiko, die Art nicht zu finden, obwohl sie anwesend wäre. Deswegen lohnt sich der Einsatz statistischer Verfahren, welche Abundanz und Verbreitung korrekt schätzen.



Schlingnatter. Foto Thomas Ott, Bubendorf



(z.B. Doppelzählungen) beinhaltet. Somit kann der Schweizer Kohlmeisenbestand auf $((8000:1000):0,8) \times 42\,000 = 420\,000$ Reviere hochgerechnet werden. Wichtig ist auch die Berechnung eines Konfidenzintervalls, das angibt, wie zuverlässig der Schätzwert ist.

Die Stichprobe

Die explizite Darstellung der Messung von Bestand und Verbreitung als Stichprobenprozess verdeutlicht, dass die beiden Stichproben nach gewissen Regeln gezogen werden müssen, damit Folgerungen basierend auf den Gesetzen der Statistik gemacht werden können. Das wichtigste Prinzip im ersten Schritt ist eine Zufallsstichprobe; nur dann hat man mit Garantie eine repräsentative Stichprobe.

Auch die adäquate Behandlung des Beobachtungsprozesses verlangt das Einhalten einiger Regeln. Wichtig ist eine gewisse Standardisierung der Messung, beispielsweise in Bezug auf die raumzeitliche Stichprobeneinheit, die verwendeten Methoden und die Beobachtungsbedingungen. Standardmethoden allein reichen aber nicht aus, um zuverlässige Biodiversitätsmessungen zu erhalten, denn die Erfahrung zeigt, dass viele Einflussfaktoren nicht vollständig ausgeschaltet werden können (z.B. unterschiedliche Erfahrung der Beobachter oder Bestandsdichten),

und dass Beobachtungswahrscheinlichkeiten auch in stark standardisierten Monitoringprogrammen nicht konstant sind. Will man die Beobachtbarkeit schätzen, so braucht es normalerweise mehrere Besuche an jedem Ort. Dies lässt sich an einem vereinfachten Beispiel illustrieren: Wenn man eine eigentlich vorkommende Art beim ersten Besuch findet, beim zweiten aber nicht, so lässt sich sagen, dass die Beobachtungswahrscheinlichkeit 0,5 ist. Die Abbildung 2 zeigt empirische Beobachtungswahrscheinlichkeiten für die Mauereidechse und die Schlingnatter; die Daten dafür wurden im Rahmen der Aktualisierung der Roten Liste der Reptilien von 2005 gesammelt.

Leider haben die meisten Monitoringprogramme Defizite in einer oder beiden der beschriebenen Stichprobenkomponenten. Schöne Beispiele für Programme, die beide Komponenten explizit berücksichtigen, sind das Schweizer Biodiversitäts-Monitoringprogramm BDM (Weber et al. 2004) und das Monitoring häufiger Brutvögel in der Schweiz (Kéry und Schmidt 2008). Auch bei der Aktualisierung der Roten Liste der Amphibien wurden die hier beschriebenen Grundsätze eingehalten (siehe Artikel S. 16). In allen Fällen wird oder wurde eine räumliche Zufallsstichprobe mehrmals pro Saison mit Methoden untersucht, die es erlauben, die Antreffwahrscheinlichkeit und somit absolute Bestände und Verbreitungsgebiete zu schätzen.

Werden die beschriebenen Regeln eingehalten, so liefert ein Monitoringprogramm gute Informationen; dies gilt auch für solche, die mit freiwilligen Personen durchgeführt werden.

Fazit

Die Prinzipien eines guten Monitorings sind schnell zusammengefasst. Zuerst muss man sich überlegen, welche Fragen das Monitoring beantworten soll. Im Beispiel oben war das «wie viele Kohlmeisen gibt es in der Schweiz?». Danach wird eine Entscheidung benötigt, welche Messgrößen geeignet sind, um die Fragen zu beantworten. Unserer Ansicht nach sind Abundanz und Verbreitung praxisrelevante Messgrößen. Anschliessend braucht es eine saubere Auswahl der Stichprobe und ein Datensammelprotokoll, das es erlaubt, unvermeidliche Messfehler zu minimieren, sei es im Feld oder später rechnerisch bei der Datenanalyse. Wird die Stichprobe zufällig gezogen und nicht vollständige Beobachtbarkeit berücksichtigt, wird das Monitoring zuverlässige Aussagen erlauben, so dass die richtigen Entscheide im Naturschutz gefällt werden.

Literatur

www.biodiversity.ch > Publikationen