

- GÖRNER M. & HACKETHAL, H. (1987): Säugetiere Europas. – Leipzig und Radebeul (Neumann Verlag): 371 S.
- NAGEL, A. (2005): Wasserspitzmaus *Neomys fodiens* (Pennant, 1771). – S. 69-77. In: BRAUN, M. & DIETERLEN, F. (Hrsg.): Die Säugetiere Baden-Württembergs, Band 2. Stuttgart (Eugen Ulmer).
- NIETHAMMER, J. & KRAPP, F. (Hrsg.) (1978-1990 ff.): Handbuch der Säugetiere Europas. – Wiesbaden.
- PALIOCHA, E. & TURNI, H. (2003): Gewölleanalyse. – S. 68-86. In: BRAUN, M. & DIETERLEN, F. (Hrsg.): Die Säugetiere Baden-Württembergs, Band 1. Stuttgart (Eugen Ulmer).
- SCHRÖPFER, R. 1983: Die Wasserspitzmaus als Biotopanzeiger für Uferhabitate an Fließgewässern. – Verh. Dtsch. Zool. Ges.: 137-141.
- SENKLAUB, K., HANNEMANN, H.-J. & KLAUSNITZER, B. (2003): Stresemann – Exkursionsfauna von Deutschland, Wirbeltiere. – Heidelberg und Berlin (Spektrum Akademischer Verlag): 481 S.

### **Anschrift:**

Hans-Werner Maternowski, Meisenstraße 11, 77855 Achern

E-Mail: HW.Maternowski@t-online.de

## **Auswirkungen der Landschaftsfragmentierung auf Dispersalverhalten, Demographie, Populationsgenetik und Artendiversität von Kleinsäugetern im Schwarzwald**

Elizabeth M. Bickford und Ilse Storch

### **Einleitung**

Die Fragmentierung und Zerschneidung der Landschaft bedrohen die Biodiversität in Deutschland. Waldinseln umgeben von Offenland, aber ebenso Offenland umgeben von Wald sind auch für Baden-Württemberg typische Landschaftsmuster, die in ihrer Konsequenz für Vorkommen, Dynamik und Diversität terrestrischer Tierarten bislang zwar theoretisch, kaum aber empirisch untersucht sind. Mit einem Mosaik aus Wald, landwirtschaftlichen Nutzflächen und Siedlungen bietet der Schwarzwald ideale Bedingungen für solche Untersuchungen.

Das in einer Arbeitsgruppe am Forstzoologischen Institut der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg im Breisgau angesiedelte Vorhaben soll die Auswirkungen der vorgefundenen Landschaftsfragmentierung auf das Dispersalverhalten, die Demographie, die Populationsgenetik und die Artendiversität von Kleinsäugetern im Schwarzwald auf Habitat- und Landschaftsebene beschreiben und die Auswirkungen aktueller Landschaftsveränderungen, wie die Wiederbewaldung von Offenland, auf Kleinsäugeterpopulationen als Indikatoren der Biodiversität prognostizieren.

Methodische Ansätze sind ein Vergleich der Kleinsäuger in fragmentierten und unfragmentierten Probeflächen mittels Fang und Wiederfang (Dispersalverhalten, Demographie, Artendiversität) sowie populationsgenetische Analysen mit Hilfe von Mikrosatellitenmarkern (Genfluss, genetische Diversität). Die Studie, die von der Arbeitsgemeinschaft Wildlebende Säugetiere Baden-Württemberg e.V. (AGWS) unterstützt wird, leistet einen Beitrag zur Identifizierung von Risiken für die Biodiversität im Schwarzwald durch Landschaftsfragmentierung und trägt dadurch dazu bei, solche Risiken zu vermindern.

### **Fragmentierung und Biodiversität**

Durch Fragmentierung und Zerschneidung kann der Austausch terrestrischer Lebensformen zwischen den einzelnen Fragmenten (= Habitatsinseln, Patches) erschwert oder verhindert werden, so dass die Vorkommen von Habitatspezialisten zunächst in Metapopulationen getrennt, dann vollständig isoliert werden und letztendlich erlöschen. So kommt es in kleinen, isolierten Lebensräumen früher oder später zu einer Verminderung der Artenvielfalt. Isolierte Habitatfragmente bedeuten kleine Populationen mit hohem Risiko des Aussterbens aufgrund von umweltbedingten, demographischen oder genetischen Zufallsabhängigkeiten. Das Aussterberisiko in einem Fragment hängt vor allem von der Körpergröße und der Dispersionsrate ab: kleine, wenig mobile Taxa, wie viele der Kleinsäuger, sind besonders gefährdet. In bestimmten Fällen kann die Verteilung einer Art über mehrere Fragmente auch positive Auswirkungen auf das Überleben bei Umweltkatastrophen haben, solange sich diese nämlich nicht synchron ereignen (FAHRIG & PALOHEIMO 1988, RAY 2001, JOHST et al. 2002, JOHST & DRECHSLER 2003).

Die Fragmentierung von Landschaften begrenzt den genetischen Austausch zwischen den Populationen wenig mobiler Arten und führt damit zu einer Verminderung der genetischen Diversität (GARNER 2005, WANG et al. 2005). Während die unmittelbare Persistenz einer Metapopulation meist von Umwelt- und demographischen Faktoren beeinflusst wird, spielt die genetische Variabilität eine entscheidende Rolle im langfristigen Überleben (LACY 1997, RAY 2001). Wird der Genpool vermindert, kann dies in zweierlei Weise Einfluss auf eine Population haben.

Die Homozygotität für schädliche Allele kann durch Inzucht erhöht und gleichzeitig die individuelle Fitness reduziert werden und/oder die Tiere können sich nur erschwert an Umweltveränderungen anpassen (WANG et al. 2005). So hat unsere Arbeitsgruppe gezeigt, dass isolierte Populationen im Vergleich zu Populationen großflächiger Lebensräume geringere genetische Diversität und damit einen Verlust von Anpassungsfähigkeit zeigen (SEGELBACHER et al. 2003).

### **Kleinsäuger als Stellvertreter**

Viele der grundlegenden theoretischen und experimentellen Studien zu populationsökologischen Fragmentierungseffekten weltweit sind an Kleinsäugetern erarbeitet worden. Diese Arbeiten bilden eine solide konzeptionelle Basis für unser Vorhaben. Kleinsäuger sind ideale Forschungsobjekte, um Fragmentierungseffekte zu untersuchen. Sie sind häufig, sind auf verschiedenste Habitatspezialisiert, nutzen kleine Streifgebiete, haben kurze Lebensspannen und verlassen als Jungtiere ihr Geburtsgebiet. Damit bieten sie gute Voraussetzungen, um auf kleinen Flächen in einem kurzen Zeitraum Einblicke in Ausbreitungsverhalten, Dispersion und Persistenz von Populationen und Metapopulationen sowie in die Diversität von Artengemeinschaften zu erhalten. Außerdem bilden Kleinsäuger die Nahrungsgrundlage vieler Säuger und Vögel. Durch ihre Rolle im Nahrungsnetz repräsentieren sie unmittelbar die Auswirkungen der Fragmentierung auf die gesamte Biozönose.

### **Forschungsbedarf**

Vergleichbare Untersuchungen zur Kleinsäugerfauna in Baden-Württemberg und zu den Auswirkungen des Landschaftsmosaiks auf die Verbreitung, Dynamik und Populationsgenetik von Kleinsäugetern liegen bisher nicht vor. Solche Studien sind eine wichtige Grundlage für weiterführende Arbeiten und Managemententscheidungen in den Bereichen Forstschutz, Landwirtschaft, Natur- und Artenschutz. Sie tragen zu einem besseren Verständnis der Zusammenhänge zwischen Biodiversität und Landschaft bei.

Im „Nationalen Waldprogramm“ der Bundesregierung, das auf die Beschlüsse der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCED, Rio de Janeiro 1992) zurückgeht, wurde Fragmentierung als große Gefahr für die Erhaltung der Biodiversität und der Tierarten des Waldes in Deutschland identifiziert. Aus diesem Anlass wurde das Ziel formuliert, „die Vernetzung fragmentierter Waldflächen zu Ökosystemverbänden in der Raumordnung“ auf den Ebenen von Bund, Land und Kommunen zu verbessern. Für die Praxis ergeben sich aus dieser Zielsetzung Fragen, die nicht leicht zu beantworten sind, z.B.: Wie sollten die Waldflächen miteinander verbunden werden? Wie nah müssen sie zueinander liegen, damit sich Tiere zwischen ihnen bewegen können?

Erst wenn es zu derartigen Fragen Antworten gibt, können Pläne zur Schaffung eines effektiven Ökosystemverbunds erfolgreich in Angriff genommen werden. Im „Nationalen Waldplan“ wurde dies erkannt und folgendermaßen formuliert: „Es besteht ... Bedarf an zusätzlichen Informationen zu Bestandteilen der biologischen Vielfalt auf allen drei Ebenen (Ökosysteme, Arten und Genetik). Untersuchungen über die Situation der genetischen Vielfalt der meisten Tierarten liegen nicht vor.“ Genau in diese Lücke stößt das geplante Forschungsvorhaben. Es ist auch deshalb von besonderer Dringlichkeit, weil Kleinsäuger aufgrund ihrer geringen Mobilität zu den durch Fragmentierung am meisten gefährdeten Wirbeltier-Taxa gehören.

### **Wichtigste Fragestellungen**

*Dispersion:* Gibt es Unterschiede in der Frequenz und Distanz von Dispersionsbewegungen von Kleinsäufern zwischen fragmentierten und unfragmentierten Gebieten des Schwarzwalds? Ab welcher Entfernung zwischen den Habitatfragmenten ist mit Isolation zu rechnen?

*Demographie:* Besteht ein Zusammenhang zwischen der Habitatfragmentierung und den demographischen Parametern der Kleinsäugerpopulationen, wie Geschlechterverhältnis, Altersaufbau, Abundanz, Persistenz, Häufigkeit von Immigranten und Kondition?

*Populationsgenetik:* Sind Unterschiede bezüglich genetischer Zusammensetzung, genetischer Diversität und Genfluss in fragmentierten und unfragmentierten Gebieten erkennbar?

*Artendiversität:* Bestehen Unterschiede innerhalb (alpha-Diversität) und zwischen (beta-Diversität) Untersuchungsflächen fragmentierter und unfragmentierter Gebiete? Wie sind aktuelle Landschaftsmuster und Landschaftstrends, z.B. die Wiederbewaldung von Offenflächen, in Bezug auf die Kleinsäugerfauna naturschutzfachlich zu bewerten?

### **Konzeptioneller Rahmen**

Aufbauend auf der Theorie zur Biogeographie von Inseln (MACARTHUR & WILSON 1967) wurden seit den 1980er Jahren fundierte konzeptionelle Grundlagen zum Thema Landschaftsfragmentierung entwickelt (z.B. SOULÉ 1987, HANSKI 1989, GILPIN & HANSKI 1991, HARRISON & HASTINGS 1996, WIENS 1996). In der Literatur ist eine Vielzahl von Ansätzen zur Untersuchung von Fragmentierungseffekten auf Wirbeltiere beschrieben. Je nach betrachteter Organisationsebene (Gen – Population – Metapopulation – Artengemeinschaft) und berücksichtigten Taxa unterscheiden sich die Ansätze, die von theoretischen Arbeiten (Simulationsmodelle) über Experimente in Labor und Freiland bis zu empirischen Fallstudien in den verschiedensten Ökosystemen reichen.

## **Kleinsäuger-Studien mit der Fang-Wiederfang-Methode**

Die große Mehrheit der vorliegenden Studien zur Auswirkung von Fragmentierung auf Kleinsäuger hat sich der Fang-Wiederfang-Methode bedient (GITZEN & WEST 2002, TALLMON & MILLS 2004, COX et al. 2003), womit vor allem Daten zu Vorkommen, Abundanz und Diversität von Arten, Altersaufbau, Geschlechterverhältnis und Kondition von Populationen sowie, mit Einschränkung, zu individueller Raumnutzung und Dispersionsbewegungen gewonnen werden können. Der Nachweis von Dispersion durch Fang und Wiederfang bleibt jedoch oft anekdotisch; quantifizierbare Aussagen sind auf sehr große Stichproben markierter Tiere angewiesen. Der Nachweis erfolgreicher Immigration, gemessen an erfolgter Fortpflanzung (Mech & Hallett 2001), ist mit der herkömmlichen Fang-Wiederfang-Methode kaum möglich. Über molekulargenetische Verfahren ist Genfluss dagegen heute problemlos nachweisbar.

## **Neuere genetische Ansätze in der Ökologie**

Die erforderlichen Techniken wurden in den letzten 10 Jahren zur Routine und haben vor allem durch die Entwicklung nicht-invasiver Analyseverfahren, z.B. aus Kot, Haaren oder Federn, der Conservation Biology ein weites Spektrum neuer Möglichkeiten eröffnet. Wichtige mit genetischen Methoden bearbeitete Fragestellungen sind Artendifferenzierung (HAPKE 2005) und phylogeographische Struktur von Populationen (OGDEN et al. 2005), genetische Variabilität und Populationsstatus bedrohter Arten (ORTEGA et al. 2005), Verwandtschaft zwischen Individuen und Populationen sowie Zuordnung von Individuen zu ihren Ursprungspopulationen (GLOWATZKI-MULLIS et al. 2005, SEGELBACHER 2002, GARNER et al. 2005, BAKER et al. 1999) und der Nachweis von Genfluss zwischen Populationen (MECH & HALLET 2001, HAPKE 2005) bzw. Dispersion, Metapopulationstrukturen und Isolation (SEGELBACHER et al. 2003). An Hörnchen-Arten wurde ein Zusammenhang zwischen niedriger individueller Fitness und geringer genetischer Diversität der Population festgestellt (OGDEN et al. 2005, GARNER et al. 2005). Die Nutzung genetischer Methoden für Fragmentierungsstudien an Kleinsäufern steht zwar noch am Anfang, erlebt aber seit wenigen Jahren einen rasanten Aufschwung. So zeigten Microsatelliten-Studien an Reiseratten in den Florida Keys, dass halb-isolierte Populationen von *Oryzomys argentatus* eine niedrigere genetische Variation aufwiesen als ihre Verwandten (*Oryzomy palustris natator*) auf dem Festland (WANG et al. 2005). Bei Fledermäusen der Art *Rhinolophus hipposideros* wurden Mikrosatellitenmarker zur Schätzung der Abwanderungsrate und anderer demographischer Faktoren benutzt (PUECHMAILLE et al. 2005). Das geplante Forschungsprojekt im Schwarzwald wird sich in die wachsende Liste der Studien einreihen, die diese innovative Technik zur Untersuchung der Fragmentierung nutzen.

## Vorstudie

In Kooperation mit der Arbeitsgemeinschaft Wildlebende Säugetiere Baden-Württemberg e.V. (AGWS) wurde im Oktober und November 2006 sowie im April 2007 eine Vorstudie durchgeführt. In diesem Rahmen wurden verschiedene Fangmethoden, Fallenraster und Distanzen zwischen Probeflächen zum Nachweis von Dispersals getestet und die zu erwartenden Abundanzen und Fangerfolge abgeschätzt. Aufgrund der Ergebnisse wurden anschließend die Untersuchungsgebiete festgelegt und Details des Studiendesigns für das Forschungsvorhaben ausgearbeitet.

## Dank

Der AGWS gebührt Dank für ihren fachlichen Rat sowie für materielle Unterstützung. Mit dieser wurden Fallen gekauft, die dringend für diese Arbeit benötigt werden. Außerdem möchten wir Wolfgang Schlund und Friederike Scharfe für ihre Gastfreundschaft während der Vorstudie danken. Schließlich danken wir Arthur Kempster und Thomas Rathgeber für ihre Korrekturvorschläge an diesem Manuskript.

## Literatur

- BAKER, R. J., K. D. MAKOVA & R. K. CHESSEY (1999): Microsatellites indicate a high frequency of multiple paternity in *Apodemus* (Rodentia). – *Molecular Ecology* 8: 107-111.
- BRÜNNER, H. & M. BRAUN (1991): Zur Alpenspitzmaus (*Sorex alpinus*) in Baden-Württemberg. – *Carolinea* 49: 115-120.
- Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2004): Nationales Waldprogramm. Ein gesellschaftspolitischer Dialog zur Förderung nachhaltiger Waldbewirtschaftung. – URL: <http://www.nwp-online.de> (Stand: September 2006).
- COX, M. P., C. R. DICKMAN & J. HUNTER (2003): Effects of rainforest fragmentation on non-flying mammals of the Eastern Dorrigo Plateau, Australia. – *Biological Conservation* 115: 175-189.
- FAHRIG, L. & J. PALOHEIMO (1988): Effect of Spatial Arrangement of Habitat Patches on Local Population Size. – *Ecology* 69: 486-475.
- GARNER, A., J. L. RACHLOW & L. P. WAITS (2005): Genetic diversity and population divergence in fragmented habitats: Conservation of Idaho ground squirrels. – *Conservation Genetics* 6: 759-774.
- GERLACH, G. & K. MUSOLF (2000): Fragmentation of Landscape as a Cause for Genetic Subdivision in Bank Voles. – *Conservation Biology* 14: 1066-1074.

- GITZEN, R. A. & S.D. WEST (2002): Small mammal response to experimental canopy gaps in the southern Washington Cascades. – *Forest Ecology and Management* 168: 187-199.
- GLOWATZKI-MULLIS, M. L., J. MUNTWYLER, W. PFISTER, E. MARTI, S. RIEDER, P.A. PONCET & C. GAILLARD (2005): Genetic diversity among horse populations with a special focus on the Franches-Montagnes breed. – *Animal Genetics* 37: 33-39.
- HAPKE, A. (2005): Populationsgenetik und Differenzierung von Arten der Gattung Mausmaki, *Microcebus* (E. Geoffroy St. Hilaire, 1828) und Katzenmaki, *Cheirogaleus* (E. Geoffroy St. Hillaire, 1812) in Südost-Madagaskar. – Dissertation. Universität Hamburg, Fachbereich Biologie.
- HANSKI, I. (1989): Metapopulation Dynamics: Does it help to have more of the same? – *TREE* 4: 113-114.
- HANSKI, I. & M. E. GILPIN (Editors) (1997): *Metapopulation Biology. Ecology, Genetics, and Evolution*. – Academic Press (San Diego).
- HARRISON, S. & A. HASTINGS (1996): Genetic and evolutionary consequences of metapopulation structure. – *TREE* 11: 180-183.
- HIGGINS, K. F., J. L. OLDENMEYER, K. J. JENKINS, G. K. CLAMBAY & R. F. HARLOW (1996): *Vegetation sampling and measurement. Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. – 5th Edition. S. 275-306. Allen Press, Inc.
- JOHST, K., R. BRANDL & S. EBER (2002): Metapopulation persistence in dynamic landscapes: the role of dispersal distance. – *Oikos* 98: 263-270.
- JOHST, K. R. & M. DRECHSLER (2003): Are spatially correlated or uncorrelated disturbance regimes better for the survival of species? – *Oikos* 103: 449-456.
- LACY, R. C. (1997): Importance of genetic variation to the viability of mammalian populations. – *Journal of Mammalogy* 78: 320-335.
- MACARTHUR, R. H. & E. O. WILSON (1967): *The theory of island biogeography*. – Princeton University Press (Princeton, USA).
- MECH, S. G. & J. G. HALLETT (2001): Evaluating the Effectiveness of Corridors: A Genetic Approach. – *Conservation Biology* 15: 467-474.
- MILLS, L. S. (1995): Edge Effects and Isolation: Red-Backed Voles on Forest Remnants. – *Conservation Biology* 9: 395-403.
- OGDEN, R., C. SHUTTLEWORTH, R. McEWING & S. CESARINI (2005): Genetic Management of the red squirrel, *Sciurus vulgaris*: a practical approach to regional conservation. – *Conservation Genetics* 6: 511-525.
- ORTEGA, J., S. YOUNG, L. H. SIMONS & J. E. MALDONADO (2005): Characterization of six microsatellite DNA loci for *Sorex arizonae*. – *Molecular Ecology Notes* 5: 851-853.

- PUECHMAILLE, S., G. MATHY & E. PETIT (2005): Characterization of 14 polymorphic microsatellite loci for the lesser horseshoe bat, *Rhinolophus hipposideros* (Rhinolophidae, Chiroptera). – *Molecular Ecology Notes* 5: 941-944.
- RAY, C. (2001): Maintaining genetic diversity despite local extinctions: effects of population scale. – *Biological Conservation* 100: 3-14.
- SEGELBACHER, G. (2002): Genetic structure of capercaillie populations: a non-invasive approach at multiple spatial scales. – Dissertation. Technische Universität München, Fakultät für Ernährung, Landnutzung und Umwelt.
- SEGELBACHER, G., J. HÖGLUND & I. STORCH (2003): From connectivity to isolation: genetic consequences of population fragmentation in capercaillie across Europe. – *Molecular Ecology* 12: 1773-1780.
- SOULÉ, M. E. (1987): Viable populations for conservation. – 189 S. Cambridge Univ. Press, Cambridge (New York).
- TALLMON, D. A., L. S. MILLS (2004): Edge Effects and Isolation: Red-Backed Voles Revisited. – *Conservation Biology* 18: 1658-1664.
- WANG, Y., D. A. WILLIAMS & M. S. GAINES (2005): Evidence for a recent genetic bottleneck in the endangered Florida Keys silver rice rat (*Oryzomys argentatus*) revealed by microsatellite DNA analyses. – *Conservation Genetics* 6: 575-585.
- WIENS, J. A. (1996): Wildlife in patchy environments: metapopulations, mosaics, and management. – In: McCULLOUGH, D. R. (Ed.): *Metapopulations and wildlife conservation*. S. 53-84. Island Press (Washington).

**Anschriften:**

Elizabeth M. Bickford / Prof. Dr. Ilse Storch, Forstzoologisches Institut der Universität (Arbeitsbereich Wildtierökologie und Wildtiermanagement), Tennenbacher Straße 4, 79106 Freiburg i. Br.

E-Mail: libbybickford@yahoo.com / ilse.storch@wildlife.uni-freiburg.de

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Maus - Mitteilungen aus unserer Säugetierwelt](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Bickford Elisabeth M., Storch Ilse

Artikel/Article: [Auswirkungen der Landschaftsfragmentierung auf Dispersalverhalten, Demographie, Populationsgenetik und Artendiversität von Kleinsäugetern im Schwarzwald 16-23](#)