



SCHWEIZERISCHE VOGELWARTE SEMPACH

Wildtiere und Verkehr

Eine kommentierte Bibliographie

Otto Holzgang, Ursula Sieber, Daniela Heynen,
Franziska von Lerber, Verena Keller und Hans Peter
Pfister

Sempach, Februar 2000

Impressum

- Herausgeber: Schweizerische Vogelwarte, Sempach
- Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bereich Wildtiere
- Auftragnehmer: Schweizerische Vogelwarte, Sempach
- Autoren: Otto Holzgang, Ursula Sieber, Daniela Heynen, Franziska von Lerber, Verena Keller und Hans Peter Pfister
- Zitierung: Holzgang, O. / Sieber, U. / Heynen, D. / von Lerber, F. / Keller, V. / Pfister, H. P. (2000): Wildtiere und Verkehr – eine kommentierte Bibliographie. Schweizerische Vogelwarte, Sempach, 72 S.
- Bezugsquelle: Schweizerische Vogelwarte
6204 Sempach
Fax: +41 (0)41 462 97 10

E-Mail: info@orninst.ch
- Preis: CHF 15.- (inkl. MWSt)

© Schweizerische Vogelwarte 2000

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Auswirkungen von Verkehr und Verkehrslinien	3
1.1 Allgemeine Literatur	3
1.2 Mortalität	6
1.2.1 Mortalität - allgemein	6
1.2.2 Mortalität - Schwergewicht Säugetiere	8
1.2.3 Mortalität - Schwergewicht Vögel	13
1.2.4 Mortalität - andere Tiergruppen	15
1.3 Verhalten, Raumnutzung und Populationsdichte	16
1.3.1 Verhalten, Raumnutzung und Populationsdichte - Schwergewicht Säugetiere	16
1.3.2 Verhalten, Raumnutzung und Populationsdichte - Vögel und andere Tiergruppen	20
1.4 Immissionen	24
2 Barrierewirkung und Habitatfragmentierung	28
2.2 Habitatfragmentierung und Barrierewirkung durch Verkehrslinien	36
3 Biotopvernetzung, Korridore	42
4 Massnahmen zur Verminderung der Auswirkungen von Verkehr und Verkehrslinien	48
4.1 Ausgleichsmassnahmen	48
4.1.1 Allgemein	48
4.1.2 Verkehrsrandflächen	50
4.2 Grundlagen für die Strassenplanung und die Linienführung	52
4.3 Unfallverhütung	56
4.3.1 Unfallverhütung - Schwergewicht Säugetiere	56
4.3.2 Unfallverhütung - Schwergewicht Amphibien	59
5 Wildtierspezifische Bauwerke	61
5.1 Planung und Gestaltung von wildtierspezifischen Bauwerken	61
5.2 Wirksamkeit von wildtierspezifischen Bauwerken	66

Einleitung

Die Literaturzusammenstellung mit dem Thema «Wildtiere und Verkehr» erfolgte im Rahmen verschiedener Projekte, die von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach durchgeführt oder koordiniert wurden: u.a. Projekt «Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege» (Pfister et al. 1997); Mitarbeit an der Publikation «Wildtiere, Strassenbau und Verkehr» (Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW) 1995); Leitung und Koordination des Projekts «Wildtierkorridore Schweiz» (SGW 1999).

Ziel dieser kommentierten Literaturzusammenstellung ist, dem Leser einen Überblick über vorhandene Arbeiten zu verschaffen. Zusammenstellungen mit einem derart breit gefächerten Themenkreis können niemals vollständig sein. Da sich die Projekte der Schweizerischen Vogelwarte mit wildtierspezifischen Bauwerken befassen, ist die entsprechende Literatur überproportional vertreten. Bei der Auswahl wurden in erster Linie Publikationen berücksichtigt, die sich mit Säugetieren beschäftigen. Die Zusammenstellung enthält zudem Literatur über Vögel, Amphibien und Wirbellose sowie theoretische Analysen oder Computermodelle. Sowohl Forschungsberichte, Computersimulationen wie auch Reviews, Metaanalysen und Literaturübersichten wurden integriert.

Zu einigen Themenbereichen ist recht viel Literatur vorhanden, bei anderen besteht noch ein grosser Bearbeitungsbedarf. Allgemein untervertreten sind Langzeitstudien im Freiland. Bei allen Themenbereichen spielt die langfristige Auswirkung des Verkehrs auf die Wildtiere und auf Wildtierpopulationen eine wichtige Rolle für das Überleben der Arten. Fast alle Forschungsarbeiten berücksichtigen jedoch sehr kurze Zeiträume von 1-5 Jahren. Verglichen mit den meist langsamen Prozessen in der Natur ist diese Zeitspanne deutlich zu kurz. Populationsveränderungen, im Extremfall das Verschwinden einer Art, können sich über Jahrzehnte erstrecken. Heute basieren viele Voraussagen für die Entwicklung von Tierpopulationen in fragmentierten Habitaten auf Computermodellen, Vermutungen oder auf Resultaten aus Labor- oder Freilandversuchen. Die Auswirkungen von Verkehrslinien und die Erfolgskontrollen für Schutzmassnahmen müssten daher in Zukunft in längerfristig angelegten Projekten untersucht werden.

Die Literatursammlung erfolgte über mehrere Quellen. Ein grosser Teil der Artikel konnte über die Schweizerische Dokumentationstelle für Wildforschung bezogen werden. Ebenfalls eine wesentliche Quelle waren Current Contents und Wildlife Worldwide. Für uns wichtige Literatur wurde bis und mit März 1999 berücksichtigt. Durch die Projektarbeiten erhielt die Schweizerische Vogelwarte zudem einige Literatur direkt von den Autoren zugesandt, insbesondere aus den Niederlanden.

Die Zusammenstellung ist in fünf grössere Themenkreise unterteilt, die ihrerseits noch weiter aufgesplittet wurden. Jeder Abschnitt beginnt mit einer kurzen Übersicht über den Themenbereich anhand ausgewählter Literatur. Anschliessend folgt die Liste der erfassten Publikationen.

Die behandelten fünf Themenkreise sind:

- Auswirkungen von Verkehr und Verkehrslinien
- Barrierewirkung und Habitatfragmentierung
- Biotopvernetzung, Korridore
- Massnahmen zur Verminderung der Auswirkungen von Verkehr und Verkehrslinien
- Wildtierspezifische Bauwerke

Zitierte Literatur

PFISTER, H.P., V. KELLER, H. RECK & B. GEORGII (1997): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege, Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756, 590 S. Bundesministerium für Verkehr, Bonn.

SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE (SGW) (Ed.) (1995): Wildtiere, Strassenbau und Verkehr, 53 S. Chur.

SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE (SGW) (Ed.) (1999): Wildtierkorridore Schweiz – Räumlich eingeschränkte, überregional wichtige Verbindungen für terrestrische Wildtiere im ökologischen Vernetzungssystem der Schweiz. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. 71 S. + Anhang.

1 Auswirkungen von Verkehr und Verkehrslinien

1.1 Allgemeine Literatur

Die im Folgenden aufgeführten Publikationen befassen sich mit Auswirkungen von Verkehrslinien auf Pflanzen und Tiere und auf deren Lebensräume. Breitgefaste Zusammenstellungen bestehender Literatur zum Themenkreis der ökologischen Effekte von Strassen und Verkehr haben **Forman & Alexander (1998)** und **Spellerberg (1998)** veröffentlicht.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden von **Lassen (1987)** die Flächenanteile verkehrslinienarmer Räume untersucht. Der Zehnjahresvergleich ergab eine Flächenabnahme dieser Räume von 18% infolge neuer Strassenbaumassnahmen sowie eine Zunahme der Verkehrsmengen. Mit dieser Entwicklung geht eine zunehmende Zerschneidung der Lebensräume einher. Einen Überblick über bestehende Literatur zur Thematik der Habitatfragmentierung gibt **Andrews (1990)**. In **Bernard et al. (1985)** und **Canter et al. (1997)** sind zu dieser Problematik Konferenzbeiträge diverser Referenten aus Europa und den USA in Tagungsbänden publiziert, beispielsweise jene von **Forman et al. (1997)** und **Kirby (1997)**. **Forman et al. (1997)** geben einen Überblick über die Problematik Wildtiere und Strasse und beurteilen wildtierspezifische Bauwerke in Nordamerika. Abgesehen von Unterführungen sind solche Bauwerke dort selten. **Kirby (1997)** beschreibt die infrastrukturelle Entwicklung in England, ihre Auswirkungen sowie deren unterschiedliche Wahrnehmung und Bewertung durch Politiker und Planer.

Adams & Geis (1981) zeigten in einer breiten Untersuchung in den Vereinigten Staaten, dass verschiedene Kleinsäugerarten auf Strassennähe hinsichtlich Diversität, räumlicher Verteilung und Dichte unterschiedlich reagieren. Habitate in unmittelbarer Strassennähe scheinen für Arten der Graslandschaften sowie für Arten ohne spezifische Habitatsansprüche attraktiv zu sein. Die Autoren führen dies auf die Strukturen der die Strassen begleitenden Randzonen zurück.

Eine Arbeit, die sich mit den Auswirkungen von Strassen und Autobahnen auf Ökosysteme befasst, ist jene von **Mader (1981)**. In einem ersten Teil seiner Publikation gibt der Autor eine breite Übersicht über die Wirkungen des Strassenbaus. Berücksichtigt werden dabei die unmittelbaren Folgen wie Flächenverlust, erhöhte Mortalität und Lärmbelastung, die indirekten Auswirkungen wie Immissionen, Besiedlung durch biotopfremde Arten sowie die Langzeitfolgen wie genetische Differenzierung und Aussterben isolierter Populationen oder Verschiebung der Artenzusammensetzung. Der zweite Teil befasst sich mit dem planerischen Vorgehen beim Strassenbau, wie etwa der Routenführung. Eine neuere, sehr umfassende Zusammenstellung zu diesen Themen wurde auch von **Reck & Kaule (1993)** publiziert. Die Arbeit enthält viele Beispiele aus der Praxis sowie eine ausführliche Literaturliste. Faunistische Kriterien und Entscheidungshilfen bei der Trassenwahl werden von **Erz et al. (1985)** diskutiert. **Küster (1982)** führt neben einer Zusammenstellung möglicher Einflussgrößen im Bereich Strassen und ihrer Wirkungen auf Naturgüter eine Liste mit Vermeidungs-, Schutz- und Ausgleichsmassnahmen auf.

Liste der erfassten Publikationen

- ADAMS, L.W. & A.D. GEIS (1981): Effects of highways on wildlife, 149 S. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Report No. FHWA/RD-81/067, Washington, D.C. 20590.
- ANDREWS, A. (1990): Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: A review. *Australian Zoologist* 26: 130-141.
- BERNARD, J.-M., M. LANSIART, C. KEMPF & M. TILLE (Eds.) (1985): *Routes et Faune Sauvage, Actes du Colloque au Conseil de l'Europe, Strasbourg, 5-7 Juin 1985*, 406 S. Ministère de l'Équipement et du Logement, SETRA, Bagneux.
- CANTERS, K., A. PIEPERS & D. HENDRIKS-HEERSMA (Eds.) (1997): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands, 474 S. Directorate-General for Public Works and Water Management, Delft.
- COUNCIL OF EUROPE (1985): Selective bibliography on wildlife and highways, canals, high tension wires, agricultural machinery, etc. *Naturopera documentation series*, 17. Centre Naturopera, Strasbourg.
- DE SANTO, R.S. & D.G. SMITH (1993): Environmental auditing: An introduction to issues of habitat fragmentation relative to transportation corridors with special reference to high-speed rail (HSR). *Environ. Manage.* 17: 111-114.
- ELLENBERG, H., K. MÜLLER & T. STOTTELE (1981): *Strassen-Ökologie. Auswirkungen von Autobahnen und Strassen auf Ökosysteme deutscher Landschaften*. Deutsche Strassenliga, Bonn: *Ökologie und Strasse* 3: 19-115.
- ERZ, W., H.J. MADER & G. PAURITSCH (1985): Beziehungen zwischen Strasse und freilebender Tierwelt - Faunistische Kriterien und Entscheidungshilfen bei der Strassenwahl. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, Vol. 444, 33 S. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- FORMAN, R.T.T. & L.E. ALEXANDER (1998): Roads and their major ecological effects (Review). *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29: 207-231.
- FORMAN, R.T.T., D.S. FRIEDMAN, D. FITZHENRY, J.D. MARTIN, A.S. CHEN & L.E. ALEXANDER (1997): Ecological effects of roads: Toward three summary indices and an overview for North America. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands*. Delft. 40-54.
- FRANK, H.J. (1993): Laster mit Folgekosten: Die volkswirtschaftlichen Kosten eines Lkw-Kilometers liegen zwischen 3 und 9 Mark. *Bild Wissenschaft. Plus* 93: 18-19.
- FRITZ, G. (1976): Naturpark und Verkehrsnetz. Auswirkungen des Verkehrsnetzes auf das Erholungspotential von Naturparks. *Natur und Landschaft* 51: 137-139.
- GEISSLER, B. (1985): Wild und Verkehr. In: Bernard, J.-M., M. Lansiard, C. Kempf & M. Tille (Eds.): *Routes et Faune Sauvage, Actes du colloque au Conseil de l'Europe, Strasbourg, 5-7 Juin 1985*. Bagneux Cédex. 135-138.
- INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE (1978): Tierwelt und Strasse. *Natur und Landschaft* 64: 134-139.
- JOOP, U., D. LUDEWIG & W.E. BARTH (1988): Ausbau der Bundesstrasse 27 in einem empfindlichen Mittelgebirgsbereich des Harzes. *Strasse und Autobahn* 4: 137-143.
- KATZMANN, W. (1980): Strasse und Umwelt. Review. *Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen* 2: 88-92.
- KAULE, G., A. BEUTELER, G. SCHOLL, H. SCHWENNINGER & F. SEIDL (1984): Ökologische Wirkungen unterschiedlicher Wirtschaftswegetypen. Forschungsvorhaben im Auftrag des Landesamtes für Flurbereinigung und Siedlung Baden-Württemberg. Institut für Landschaftsplanung, Universität Stuttgart. 189 S.

- KELLER, V. (1995): Auswirkungen menschlicher Störungen auf Vögel - eine Literaturübersicht. Ornithol. Beob. 92: 3-38.
- KIEFER, A. & U. SANDER (1993): Auswirkungen von Strassenbau und Verkehr auf Fledermäuse. Eine vorläufige Bilanzierung und Literaturlauswertung. Naturschutz und Landschaftsplanung 25: 211-216.
- KIESLICH, W., V. KLEINSCHMIDT & W. LÖBACH (1992): Verkehrsprojekte "Deutsche Einheit". Umweltauswirkungen der geplanten Verkehrsstrassen im Osten Deutschlands, 141 S. Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- KIRBY, K.J. (1997): Habitat fragmentation and infrastructure: Problems and research. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 32-39.
- KNOFLACHER, H.M. (1981): Untersuchungen von Faktoren im Wirksystem Strassenverkehr-Wild unter besonderer Berücksichtigung Oberösterreichs. Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz 27: 117-144.
- KÜSTER, F. (1982): Ökologische Auswirkungen von Strassenbaumassnahmen auf Boden, Klima/Luft, Vegetation und Tierwelt. Strasse und Autobahn 10: 399-404.
- KUHN, J. (1987): Strassenbau und -verkehr. In: J.Hölzinger (Ed.): Die Vögel Baden-Württembergs (Avifauna Baden-Württemberg), Band 1, Teil 1. Stuttgart. 51-69.
- LACHAT, B. (1989): Etude d'impact sur l'environnement; évaluation écologique de l'avifaune des haies, cordons boisés et lisiers; section 4, 5 et 6 de la RN 16 - Transjurane, 25 S. Bureau technique et d'études en génie de l'environnement, Vicques.
- LASSEN, D. (1987): Unzerschnittene verkehrssarme Räume über 100 qkm Flächengröße in der Bundesrepublik Deutschland. Fortschreibung 1987. Natur und Landschaft 62: 532-535.
- LEEDY, D.L. ET AL. (1982): Methods of determining impacts of highways on wildlife. In: Urban Wildlife Research Center (Ed.): Wildlife Considerations in Planning and Managing Highway Corridors. Columbia, Maryland. 23-40.
- MAAS, D. (1993): Beiträge der Populationsdynamik der Pflanzen für die Wirkungskontrolle von Eingriffen durch den Strassenbau. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 131-141.
- MADER, H.J. (1981): Der Konflikt Strasse-Tierwelt aus ökologischer Sicht. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Vol. 22, 104 S. Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn-Bad Godesberg.
- MADER, H.J. (1988): Auswirkungen von Eingriffen auf die Tierwelt und ihre Biotope. In: Deutscher Rat für Landespflege (Ed.): Eingriffe in Natur und Landschaft - Vorsorge und Ausgleich. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, Vol. 55. 399-404.
- MADER, H.J. (1990): Ökologische Aspekte des Waldwegebaues. Allgemeine Forst Zeitschrift 46/47: 1184-1187.
- MADER, H.J., A. KRAUSE & D. BRANDES (1983): Zur Tier- und Pflanzenwelt an Verkehrswegen, 37 S. Sonderheft 4 der Dokumentation für Umweltschutz und Landschaftspflege. Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie.
- MAIER, F. (1986): Ökologische Auswirkungen der Pyhrnautobahn im Raum Krems-, Steyr- und Teichltal. Öko. L. 8: 3-11.
- MICHAEL, E.D. (1979): Effects of highway construction on game animals. Proc. Ann. Conf. S. E. Assoc. Fish & Wildl. Agencies 32: 48-52.
- MÜLLER, S. (1987): Routes et faune. Schweiz. Z. Forstwes. 138: 701-713.
- OLSCHOWY, G. (1975): Strasse und Umwelt. Ökologische Gesichtspunkte beim Strassenbau. Natur und Landschaft 50: 337-343.
- OLSCHOWY, G. (1977): Straße und natürliche Umwelt; ökologische Gesichtspunkte beim Straßenbau. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege 27: 21-34.

- OLSCHOWY, G. (1981): Strasse und Umwelt. Zielkonflikte und ihre Auswirkungen. *Natur und Landschaft* 56: 388-391.
- PEARCE, F. (1993): Road to Ruin for Britain's Wildlife. *New Scientist* 139/1890: 35-38.
- PENNY ANDERSON ASSOCIATES (1994): Roads and nature conservation; Guidance on impacts, mitigation and enhancement, 81 S. Publicity and Marketing Branch, English Nature, Peterborough.
- RECK, H. (1991): Auswirkungen des Strassenverkehrs auf Arten und Lebensräume. In: Seminar im Rahmen der UTECH (Ed.): Verkehrsbedingte Umweltbelastungen - Analysen, Prognosen, Ziele, Minderungen. Berlin. 79-100.
- RECK, H. & G. KAULE (1993): Strassen und Lebensräume: Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume, 388 S. Abschlussbericht im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg. FE 02.125 G 88 L; FE 02.135 R 89 L. Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart.
- SPELLERBERG, I.F. (1998): Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology & Biogeography Letters* 7: 317-333.
- SWEDISH NATIONAL ROAD ADMINISTRATION VÄGVERKET & SWEDISH NATIONAL RAIL ADMINISTRATION BANVERKET (Eds.) (1996): Assessment of the ecological effects of roads and railways. Recommendations for methodology, 32 S. Borlänge.

1.2 Mortalität

Mit der Mortalität von Tieren entlang von Verkehrslinien beschäftigen sich relativ viele Spezialarbeiten. Bei den unten aufgeführten Publikationen handelt es sich ausschliesslich um Untersuchungen an Wirbeltieren. Zur Datenerhebung wurden grundsätzlich zwei Methoden benutzt: Das Sammeln von getöteten Tieren entlang der Verkehrslinien oder das Auswerten von bestehenden, durch verantwortliche Stellen erhobenen Unfallzahlen. In den meisten Publikationen wird untersucht, wieviele Tiere durch den Verkehr getötet werden. Solche Resultate sind als Minimalwerte zu interpretieren, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle getöteten Tiere gefunden werden können. Die Aussagen sind leider nur selten mit konkreten Angaben zu den jeweiligen Populationsgrössen der Tiere verknüpft. Fallwildstatistiken werden häufig auch danach ausgewertet, zu welcher Tages- oder Jahreszeit am meisten Tiere überfahren werden.

1.2.1 Mortalität - allgemein

In diversen Publikationen wird auf mehrere Wirbeltiergruppen eingegangen. **Smettan (1988)** vergleicht die Anzahl der überfahrenen Wirbeltiere auf unterschiedlichen Strassentypen wie Feldstrassen, Anliegersträsschen, Landstrassen und Ortsrandstrassen. Er gibt detaillierte Angaben zu den Arten sowie zum Zeitpunkt der Unfälle. In seinen Untersuchungen waren von den insgesamt getöteten Wirbeltieren 38% Säuger, 60% Vögel, etwas über 1% Reptilien und 0.3% Amphibien. Die Zahl der verunglückten Wirbeltiere bringt der Autor in erster Linie mit den Populationsdichten, den an die Strassen grenzenden Lebensräumen sowie mit der Verkehrsdichte und der Geschwindigkeit der Fahrzeuge in Zusammenhang. Für den Autor sind grundsätzlich alle landlebenden Wirbeltiere durch den Verkehr gefährdet. Infolge bestimmter Verhaltensweisen werden aber einige Arten seltener getötet, als es ihren Populationsdichten nach zu erwarten wäre. Ähnliche Resultate stellen **Bluemel & Bluemel (1980)** vor. Die Autoren versuchten aufgrund dreijähriger Beobachtung ebenfalls, die Verkehrstopfer bei Wirbeltieren in konkrete Zahlen zu fassen und führten eine Liste der aufgefundenen Arten an.

Unter den Wirbeltierklassen zeigten die Vögel mit 57% die grössten Verluste, während Lurche und Kriechtiere kaum ins Gewicht fielen. Den Hauptanteil der Verkehrsoffer auf Artniveau stellte der Igel mit den höchsten Verlusten in den Herbstmonaten. Bei den restlichen Arten waren die meisten Todesopfer in den Sommermonaten zu verzeichnen. Als Gründe dafür nennen die Autoren höhere Verkehrsdichten und höhere Geschwindigkeiten der Fahrzeuge, erhöhte Populationsdichten aufgrund der Jungtiere sowie die Unerfahrenheit dieser Jungtiere. Andere Autoren kamen bezüglich der Verlustquoten von Amphibien zu anderen Resultaten. **Miech (1988)** untersuchte eine Waldstrasse mit einer mittäglichen Verkehrsspitze von 150 Kraftfahrzeugen/Stunde. Aufgrund seiner Beobachtungen waren die Amphibien die am meisten betroffene Gruppe (59%), gefolgt von Vögeln (33%), Säugern (8%) und Reptilien (0.5%). Er fand die maximale Anzahl der tot aufgefundenen Amphibien im März, jene der Vögel im Mai, am meisten Säuger wurden im Juli und August, am meisten Reptilien im August überfahren. Diese Maximalwerte decken sich weitgehend mit den jahreszeitlichen Aktivitätsmustern der einzelnen Arten. **Fuelhaas et al. (1989)** verglichen über den Zeitraum eines Jahres die durch den Verkehr getöteten Wirbeltiere an einer schwach befahrenen Strasse (780 Kraftfahrzeuge/Tag) mit den getöteten Tieren an einer stark befahrenen Strasse (2650 Kraftfahrzeuge/Tag). Wie bei **Miech (1988)** nahmen insgesamt die Amphibien den grössten Anteil der Verkehrsoffer ein, gefolgt von Vögeln, Säugern und Reptilien. Bei den Säugetieren gab es kaum wesentliche Unterschiede zwischen der stark und der schwach befahrenen Strasse. Die Hälfte der Verkehrsoffer waren bei den Reptilien und Amphibien zu verzeichnen, wobei Erdkröten den Hauptanteil stellten. Eine zweijährige kanadische Untersuchung der verunglückten Wirbeltiere an einer Strasse während der Periode zwischen Frühling und Herbst ergab ebenfalls eine besonders hohe Mortalität bei den Amphibien. Die Verlustraten bei Amphibien und Reptilien hingen neben den saisonalen Aktivitätszyklen eng mit dem Lebensraumtypus entlang des Strassenabschnittes zusammen (**Ashley & Robinson 1996**). In **Evink et al. (1996)** wird die Thematik Mortalität an Verkehrslinien zusammen mit Themenbereichen wie Habitatfragmentierung, Schutzmassnahmen und Raumplanung diskutiert.

Liste der erfassten Publikationen

- ASHLEY, E.P. & J.T. ROBINSON (1996): Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. *Can. Field-Nat.* 110: 403-412.
- BERSUDER, D. & J. CASPAR (1986): Impact de la circulation routière sur la faune locale. *Ciconia* 10: 91-102.
- BLUEMEL, H. & R. BLUEMEL (1980): Wirbeltiere als Opfer des Strassenverkehrs. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Goerlitz* 54: 19-24.
- EVINK, G.L., P. GARRETT, D. ZEIGLER & J. BERRY (Eds.) (1996): Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. State of Florida, Department of Transportation, Environmental Management Office, Florida.
- FEHLBERG, U. (1994): Ökologische Barrierewirkung von Strassen Ök auf wildlebende Säugetiere - ein Tierschutzproblem. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 101: 125-129.
- FRANKE, E. (1992): Durch Kraftfahrzeuge verursachte Tierverluste auf der B96a zwischen Stralsund und Greifswald. *Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern* 35: 49-51.
- FUELHAAS, U., C. KLEMP, A. KORDES, H. OTTERSBERG, M. PIRMAN, A. THIESSEN, C. TSCHOETSCHEL & H. ZUCCHI (1989): Untersuchungen zum Strassentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. *Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens* 42: 129-147.

- HOLISOVA, V. & R. OBRTEL (1986): Vertebrate casualties on a moravian road. Acta Sc. Nat. Brno 20: 1-44.
- LÜPKE, M. (1993): Wirbeltierverluste auf der B103 bei Plau in Mecklenburg. Beitr. Gefiederkd. & Morph. Vögel 1: 11-16.
- MIECH, P. (1988): Wirbeltierverluste auf einer Waldstrasse im Spandauer Forst. Berliner Naturschutzblätter 32: 125-135.
- ODZUCK, W. (1975): Im bayerischen Alpenvorland durch den Strassenverkehr getötete Wirbeltiere. Natur und Mensch 17: 153-158.
- PRÜTER, J., G. VAUK & C. VISSE (1995): Wirbeltierverluste durch Strassenverkehr im Naturschutzgebiet "Lüneburger Heide". Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens 48: 187-196.
- SMETTAN, H.W. (1988): Wirbeltiere und Strassenverkehr - ein ökologischer Beitrag zum Strassentod von Säugern und Vögeln am Beispiel von Ostfildern/Württemberg. Orn. Jh. Bad.-Württ. 4: 29-55.
- STEINECK, T. (1978): Wildverluste durch den Strassenverkehr. Österreichs Weidwerk 12: 672.

1.2.2 Mortalität - Schwergewicht Säugetiere

Der Tagungsband von **Evink et al. (1996)** gibt anhand unterschiedlicher Seminarbeiträge eine Übersicht über die Thematik Mortalität an Verkehrslinien. Die Beiträge drehen sich um Themenbereiche wie Habitatfragmentierung, Schutzmassnahmen und Raumplanung. **Fehlberg (1994)** wies in einer Untersuchung über die ökologische Barrierenwirkung von Strassen auf wildlebende Säuger darauf hin, dass an bundesdeutschen Strassen der Verkehrstod von Tieren bisher wahrscheinlich um 2000% unterschätzt wurde. Fehlberg betonte zudem die Problematik von durch Verkehrsunfälle verletzten, aber noch lebenden Wildsäugern aus der Sicht des Tierschutzes. Neben der Mortalität beschäftigte sich der Autor in dieser Arbeit mit der Durchlässigkeit einer Autobahn und gibt Empfehlungen zur optimalen Lokalisation und Dimension von Wildtierpassagen. Fragmentierungseffekt, Durchlässigkeit und Gefahrenpotential von Landstrassen für verschiedene Säugergruppen werden auch von **van Langevelde & Jaarsma (1997)** besprochen.

In einer Review zum Thema Verkehr und Kollisionen mit Huftieren behandelten **Bruinderink & Hazebroek (1996)** hauptsächlich europäische Literatur. Besprochen werden nationale Statistiken, das Verhalten von Fahrzeuglenkern und Tieren, zeitliche Verteilungsmuster der Unfälle und Unfallverhütungsmassnahmen.

Gemäss den Erhebungen über Verluste von jagdbaren Arten durch Strassenverkehr von **Ueckermann (1964)** ist die Gefährdung der einzelnen Wildtierarten unterschiedlich. Die höchsten Abgänge verzeichnete er beim Reh (*Capreolus capreolus*) und Feldhase (*Lepus europaeus*), örtlich auch beim Damhirsch (*Dama dama*). Ausser beim Reh waren die verkehrsbedingten Verluste in der Paarungszeit am grössten. Die meisten Verkehrsunfälle ereigneten sich in den Morgen- und Abendstunden. Im Vergleich zu anderen Verkehrsunfällen traten bei durch Wild verursachten Unfällen weniger Personenschäden auf. Der Autor macht in seiner Arbeit des weiteren Vorschläge zur Unfallverhütung. Von verschiedenen unfallverhütenden Massnahmen erscheinen dem Autor nur Wildsperrzäune sicher. **Fellinger (1988)** führt die Unfallraten von Feldhasen und Huftieren auf und diskutiert anschliessend mögliche verkehrstechnische, jagdbetriebliche, land- und forstwirtschaftliche Massnahmen zur Verminderung des Fallwildes. **Burnand et al. (1986)** zeigten, dass Rehe eine schwächer befahrene Strasse (800 Kraftfahrzeuge /Tag) in ihren Lebensraum integrierten, eine stark befahrene Strasse (12000 Kraftfahrzeuge/Tag) jedoch mieden. Die Fallwildzahlen blieben allerdings

trotz unterschiedlicher Verkehrsdichte auf beiden Strassen vergleichbar hoch. Auf der stark befahrenen Strasse fanden die Unfälle mit Rehen zu allen Tageszeiten statt, während sich die Zusammenstösse auf der schwächer befahrenen Strasse auf die Dämmerungs- und Nachtzeiten konzentrierten. Auch **Allen & McCullough (1976)** erwähnen in ihrer Arbeit über den Weisswedelhirsch (*Odocoileus virginianus*), dass sich die meisten Unfälle in den Abend- und Morgendämmerungsstunden ereigneten. Die Zahl der Unfälle stand in starkem Zusammenhang mit Wochenendverkehr, erhöhter Geschwindigkeit der Fahrzeuge sowie mit dem an die Strasse grenzenden Lebensraumtyp. 92% der angefahrenen Weisswedelhirsche überlebten den Zusammenstoss nicht. Die Autoren bezeichnen die Personenschäden bei Verkehrsunfällen mit Wildtieren als gering und meist durch sekundäre Kollisionen verursacht. Ein starker Zusammenhang zwischen hoher Verkehrsdichte sowie hohen Fahrgeschwindigkeiten und hohen Unfallzahlen zeigten auch **Romin & Bisonnette (1996b)** beim Maultierhirsch (*Odocoileus hemionus*). Dieselben Autoren sammelten in Ämtern von 50 amerikanischen Staaten Informationen über Registriermethoden und zahlenmässigen Einschätzungen von Hirschenunfällen (*Odocoileus* spp.) an Autobahnen sowie über eingeleitete unfallverhütende Massnahmen (**Romin & Bisonnette 1996a**). Im Mikumi Nationalpark in Tanzania waren bei den Grosssäugern die höchsten Unfallzahlen während der Trockenzeit zu verzeichnen (**Newmark et al. 1996**).

Der Einfluss von Verkehrslinien auf den Igel (*Erinaceus europaeus*) wurde von diversen Autoren wie beispielsweise **Berthoud (1980, 1981)**, **Reichholf & Esser (1981)** sowie **Huijser & Bergers (1997)** diskutiert. Die Häufigkeit von überfahrenen Igeln unterlag ausgeprägten jahreszeitlichen und biotopbedingten Unterschieden. In kleinen Siedlungen sowie in Randzonen grösserer Siedlungen waren Verkehrsverluste beim Igel besonders hoch (**Berthoud 1980, Reichholf & Esser 1981**). Lokal können hohe Verlustquoten den Bestand stark beeinflussen (**Reichholf & Esser 1981**). Eine weitere in hohem Masse betroffene Art ist der Dachs (*Meles meles*). **Aaris-Soerensen (1995)** bezifferte die jährliche verkehrsbedingte Verlustrate beim Dachs in Dänemark auf 10% der Gesamtpopulation. In Grossbritannien wurde der Verkehr als die häufigste Todesursache von Dachsen bezeichnet (**Clarke 1998**).

Madsen (1996) bespricht die verkehrsbedingte Mortalität beim Otter (*Lutra lutra*) und geht auf mögliche Unfallverhütungsmassnahmen für diese Art ein.

Liste der erfassten Publikationen

- AARIS-SOERENSEN, J. (1995): Road-kills of badger (*Meles meles*) in Denmark. Ann. Zool. Fennici 32: 31-36.
- ALLEN, R.E. & D.R. MCCULLOUGH (1976): Deer-car accidents in southern Michigan. J. Wildl. Manage. 40: 317-325.
- ANONYMUS (1993): Strassenverkehr gefährdet letzte Fischotter. Deutsche Jagd-Zeitung 13: 108.
- ANONYMUS (1994): Schadenersatzansprüche bei Tötung von Wild im Strassenverkehr. Jagd in Tirol 46: 11.
- BAKKER, J., J.P. KNAAPEN & P. SCHIPPERS (1997): Fauna dispersal modelling: A spatial approach. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 183-192.
- BASHORE, T.L., W.M. TZILKOWSKI & E.D. BELLIS (1985): Analysis of deer-vehicle collision sites in Pennsylvania. J. Wildl. Manage. 49: 769-774.
- BELLIS, E.D. & H.B. GRAVES (1971): Deer mortality on a Pennsylvania interstate highway. J.

- Wildl. Manage. 35: 232-237.
- BERENDSEN, G. (1986): De Das (*Meles meles*) als Verkeersslochter, 80 S. Studentenverslag Rijkinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.
- BERTHOUD, G. (1978): Note preliminaire sur les déplacements du herisson europeen (*Erinaceus europaeus* L.). La terre et la vie 32: 73-82.
- BERTHOUD, G. (1980): Le herisson (*Erinaceus europaeus* L.) et la route. Rev. Ecol. (Terre Vie) 34: 361-372.
- BERTHOUD, G. (1981): Les causes de mortalité chez le herisson (*Erinaceus europaeus* L.) en Suisse, 31 S. ECONAT, Yverdon.
- BOYE, P. (1996): Ist der Feldhase in Deutschland gefährdet? Natur und Landschaft 7: 167-174.
- BROEKHUIZEN, S., G.J.D.M. MÜSKENS & K. SANDIFORT (1994): Invloed van sterfte door verkeer op de voortplanting bij dassen, 39 S. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- BRUINDERINK, G. & E. HAZEBROEK (1996): Ungulate traffic collisions in Europe. Colisiones de trafico con ungulados en Europa. Conservation Biology 10: 1059-1067.
- BURNAND, J.-D., G. BERTHOUD, J. SIGRIST & S. MULLER (1986): Comportement du gibier dans une zone de terrain traversée par une route. La faune et le trafic automobile dans le canton de Vaud, 145 S. Département Fédéral de l'Intérieur, Commission des Recherches en Matière de Construction de Routes, Mandat de Recherche No. 16/81. ECONAT, Yverdon.
- CHILD, K.N. (1983): Railways and moose in the central interior of british columbia: a recurrent management problem. Alces 19: 118-135.
- CLARKE, G.P., P.C.L. WHITE & S. HARRIS (1998): Effects of roads on badger *Meles meles* Populations in south-west England. Biol. Conserv. 86: 117-124.
- COULSON, G.M. (1982): Road-kills of macropods on a section of highway in Central Victoria. Aust. Wildl. Res. 9: 21-26.
- CRON, J. (1994): Wo passieren die meisten Wildunfälle? Deutsche Jagd-Zeitung 14: 6-7.
- DAVIES, J.M., T.J. ROPER & D.J. SHEPHERDSON (1987): Seasonal distribution of road kills in the european badger (*Meles meles*). J. Zool. 211: 525-529.
- DEUTZ, A. & F. HINTERDORFER (1996): Woran krankt der Feldhase? Der Anblick 6: 12-15.
- DIRECTION DES ROUTES, OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE, OFFICE NATIONAL DES FORETS & SOCIÉTÉS CONCESSIONNAIRES D'AUTOROUTES (1986): Collisions véhicules grands mammifères sauvages recensement national résultats globaux de l'année 1985 (deuxième année). Off. Natl. Chasse Bull. Mens. Nr. 104: 30-32.
- EIBERLE, K. (1972): Rehwildhege und Strassenverkehr. Schweiz. Z. Forstwes. 123: 201-210.
- EVINK, G.L., P. GARRETT, D. ZEIGLER & J. BERRY (Eds.) (1996): Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. State of Florida, Department of Transportation, Environmental Management Office, Florida.
- FEHLBERG, U. (1994): Ökologische Barrierewirkung von Strassen auf wildlebende Säugetiere - ein Tierschutzproblem. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 101: 125-129.
- FELLINGER, S. (1988): L 114 & Wildunfälle. Fachgutachten im Auftrag der Salzburger Landesregierung Abteilung 6/2 Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft an der Universität für Bodenkultur, Wien. 32 S.
- GROOT-BRUINDERINK, G.W.T.A. & E. HAZEBROEK (1996): Ungulate traffic collisions in Europe. Conservation Biology 10: 1059-1067.
- GUTLEB, A.C. (1994): Todesursachenforschung Fischotter - Grundlage für ein Schutzkonzept von *Lutra lutra* L. 1758 - Bericht für die Jahre 1990-1992. WWF-Forschungsbericht 11: 12-25.
- HARTWIG, D. (1991): Gefährlicher Wildwechsel. Die Pirsch 1: 25-27.
- HARTWIG, D. (1993): Auswertung der durch Wild verursachten Verkehrsunfälle nach der Statistik

- für Nordrhein-Westfalen. Z. Jagdwiss. 39: 22-33.
- HAUFFE, P. (1997): Telemetrische Untersuchung der Raumnutzung dreier Dachse im Bereich der B31neu nach Verkehrseröffnung. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 205-224.
- HEINRICH, D. (1978): Untersuchungen zur Verkehrsopferrate bei Säugetieren und Kleinvögeln. Die Heimat. Zeitschrift für Natur- und Landeskunde von Schleswig-Holstein und Hamburg 85: 193-208.
- HICKS, A.C. (1993): Using road - kills as an index to moose population change. Alces 29: 234-247.
- HOEFS, M. (1981): Auswertung der Rehwildstrecken und Fallwildangaben aus fünf Kreisen des Landes Nordrhein-Westfalen unter besonderer Berücksichtigung der unterstellten Geschlechterverhältnisse. Z. Jagdwiss. 27: 109-124.
- HOLISOVA, V. & R. OBRTEL (1986): Vertebrate casualties on a moravian road. Acta Sc. Nat. Brno 20: 1-44.
- HUIJSER, M.P. & P.J.M. BERGERS (1997): The mortality rate in a hedgehog population: The relative importance of road kills. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 98-103.
- JAHN, L.R. (1959): Highway mortality as an index of deer-population change. J. Wildl. Manage. 23: 187-197.
- JEFFERIES, D.J. (1969): Causes of badger mortality in eastern counties of England. J. Zool. 157: 429-436.
- JEFFERIES, D.J. (1975): Different activity patterns of male and female badgers (*Meles meles*) as shown by road mortality. J. Zool. 177: 504-506.
- KAISER, R. (1995): Das Kreuz mit den Wildunfällen. Die Pirsch 47: 25-29.
- KERZEL, H. (1998): Die Arbeit trägt Früchte. Verminderung von Wildunfällen. Die Pirsch 50: 3-9.
- KOFLER, H. (1984): Rehwild und Strassenverkehr. In: Rehwild: Biologie, Hege; Arbeitstagung März 1984 im Nationalpark Bayerischer Wald. 143-149.
- KRUG, W., R. KÖNIG & C. GIESE (1992): Wildunfälle. Tierschutzaspekt im Problemkreis der Wildunfälle: Handeln tut not. Wild und Hund 1: 4-6.
- KUTZER, E. & H. FREY (1979): Auswirkungen des Strassenverkehrs auf Niederwild unter besonderer Berücksichtigung des Feldhasen. Der Anblick 8: 327-331.
- LANGEVELDE, F. VAN & C.F. JAARSMA (1997): Habitat fragmentation, the role of minor rural roads and their traversability. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 171-182.
- LAVSUND, S. & F. SANDEGREN (1991): Moose-vehicles relations in Sweden: a review. Alces 27: 118-126.
- LUTZ, W. (1994a): Fallwilduntersuchungen. Wild und Hund 97: 39-41.
- LUTZ, W. (1994b): Fallwilduntersuchungen in Nordrhein-Westfalen. Allgemeine Forst Zeitschrift 49: 382-384.
- MADSEN, A.B. (1996): Otter *Lutra lutra* mortality in relation to traffic, and experience with newly established fauna passages at existing road bridges. Lutra 39: 76-90.
- MENSCHING, G. (1993): Wildtiergerechte Autobahnen. Deutsche Jagd-Zeitung 13: 8-9.
- NEWMARK, W., J. BOSHE, H. SARIKO & G. MAKUMBULE (1996): Effects of highway on large mammals in Mikumi National Park, Tanzania. Afr. J. Ecol. 34: 15-31.
- NICHOLSON, W.S. & E.P. HILL (1984): Mortality in gray foxes from east-central Alabama. J. Wildl.

- Manage. 48: 1429-1432.
- O'GARA, B.W. & R.B. HARRIS (1988): Age and condition of deer killed by predators and automobiles. J. Wildl. Manage. 52: 316-320.
- OLSSON, J. (1996): Wildwechsel und Unfallschwerpunkte des Schalenwildes - Analyse der Ursachen und Lösungsansätze zur Problemreduzierung. Diplomarbeit Universität-Gesamthochschule Paderborn.
- OSENBRUG, S.M., R.W. MCNEILY, E.W. MERCER & J.F. FOLINSBEE (1986): Some aspects of moose-vehicle collisions in eastern Newfoundland, 1973-1985. Alces 22: 377-393.
- OSENBRUG, S.M., E.W. MERCER & S.H. FERGUSON (1991): Moose-vehicle collisions in Newfoundland - management considerations for the 1990's. Alces 27: 220-225.
- PETRAK, M. (1992): Verhaltensbiologische Grundlagen zu Wildunfällen im Strassenverkehr. Wild und Hund 14: 28-31.
- PILS, C. & M.A. MARTIN (1979): The cost and chronology of Wisconsin deer-vehicle collisions. Research Report, Vol. 103, 5 S. Department of Natural Resources, Madison, Wisconsin.
- PUGLISI, M.J., J.S. LINDZEY & E.D. BELLIS (1974): Factors associated with highway mortality of white-tailed deer. J. Wildl. Manage. 38: 799-807.
- REICHHOLF, J. (1981): Der Bestandestrend beim Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas 1778) und die jahreszeitliche Verteilung der Verluste im Strassenverkehr. Z. Jagdwiss. 27: 240-246.
- REICHHOLF, J. (1982): Höhe und Verteilung der Strassenmortalität von Hauskatzen (*Felis sylvestris catus*). Spixiana 5: 61-68.
- REICHHOLF, J. (1983): Nehmen die Strassenverluste Einfluss auf die Bestandsentwicklung des Igels (*Erinaceus europaeus*)? Spixiana 6: 87-91.
- REICHHOLF, J. (1986): Die Dynamik der Hauskatzenbestände *Felis sylvestris f.catus* in Südbayern: 10jährige Erfassung der Strassenverkehrsverluste. Säugetierkundliche Mitteilungen 33: 264-266.
- REICHHOLF, J. & J. ESSER (1981): Daten zur Mortalität des Igels (*Erinaceus europaeus*), verursacht durch den Strassenverkehr. Z. Säugetierkunde 46: 216-222.
- REICHHOLFF, J.H. (1997): Populationsdynamische Ableitungen aus Strassenverkehrsoferten beim Rotfuchs (*Vulpes vulpes*). Säugetierkundliche Informationen 4: 317-323.
- REUTHER, C. (1994): Kein Platz für *Lutra lutra*. Unsere Jagd 6: 30-33.
- ROBITZKY, U. (1994): Verkehrsunfälle mit Wild: Wann lauert die grösste Gefahr? Wild und Hund 97: 32+34.
- ROMIN, L.A. & J.A. BISSONETTE (1996a): Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. Wildl. Soc. Bull. 24: 276-283.
- ROMIN, L.A. & J.A. BISSONETTE (1996b): Temporal and Spatial Distribution of Highway Mortality of Mule Deer on Newly Constructed Roads at Jordanelle Reservoir, Utah. Great Basin. Nat. 56: 1-11.
- ROTAR, J.P. & M. ADAMIC (1997): Wildlife-traffic relations in Slovenia. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 86-92.
- SANTOLINI, R., G. SAULI, S. MALIERSCHI & F. PERCO (1997): Infrastructures and wildlife relationship: problems, possible project solutions and finished works in Italy. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 202-212.
- SCHOBER, F. (1986): Wildverluste im Strassenverkehr - Verkehrsunfälle mit Wildeinwirkung. Österreichs Weidwerk Nr. 5: 25-28.

- SIMPSON, V.R. (1997): Health status of otters (*Lutra lutra*) in south-west England based on postmortem findings. *Veterinary Record* 141: 191-197.
- SMETTAN, H.W. (1988): Wirbeltiere und Strassenverkehr - ein ökologischer Beitrag zum Strassentod von Säugern und Vögeln am Beispiel von Ostfildern/Württemberg. *Orn. Jh. Bad.-Württ.* 4: 29-55.
- STEINECK, T. (1978): Wildverluste durch den Strassenverkehr. *Österreichs Weidwerk* 12: 672.
- UECKERMANN, E. (1964): Erhebung über die Wildverluste durch den Strassenverkehr und die Verkehrsunfälle durch Wild. *Z. Jagdwiss.* 10: 142-168.
- UECKERMANN, E. (1966): Wildverluste durch den Strassenverkehr und Verkehrsunfälle durch Wild. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 5: 127-133.
- UECKERMANN, E. (1969): Wildverluste durch den Strassenverkehr und Verkehrsunfälle durch Wild im Lande Nordrhein-Westfalen im Jagdjahr 1967/68. *Z. Jagdwiss.* 15: 109-117.
- URBSCHAT, K. (1991): Schaden durch Wild ist auch Schaden am Wild. *Jäger* 8: 28-30.
- VINCENT, J.P., E. BIDEAU, C. CIBIEN & J.P. QUÉRÉ (1988): Verkehrsoffer beim Rehwild (*Capreolus capreolus*). Beispiel eines Waldgebietes des Pariser Beckens. *Z. Jagdwiss.* 34: 63-68.
- WARING, G.H., J.L. GRIFFIS & M.E. VAUGHN (1991): White-tailed deer roadside behavior, wildlife warning reflectors, and highway mortality. *Applied Animal Behaviour Science* 29: 215-223.
- ZWICKL, J. (1984): Einfluss der Sommerzeit auf die Wildunfallrate. *Öko. L.* 6: 10-15.

1.2.3 Mortalität - Schwergewicht Vögel

Die verkehrsbedingte Unfallrate bei Vögeln steht in starkem Zusammenhang mit der Verkehrsdichte und der Fahrzeuggeschwindigkeit. **Fuelhaas et al. (1989)** verglichen in ihren Untersuchungen eine schwach befahrene (780 Kraftfahrzeuge/Tag) mit einer stark befahrenen Strasse (2650 Kraftfahrzeuge/Tag). Bei einer geringen Verkehrsdichte wurden weniger Vögel tot aufgefunden. Trotz häufigem Vorkommen wurden keine Bachstelzen überfahren. Im Vergleich dazu gab es bei den Säugetieren kaum wesentliche Unterschiede zwischen der stark und der schwach befahrenen Strasse. Auf Strassen mit einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 80 km/h wurden etwa 20mal mehr Eulen getötet als auf Strassen mit langsamer fahrenden Fahrzeugen (**Illner 1992**). Neben Verkehrsdichte und Fahrzeuggeschwindigkeit scheinen noch andere Faktoren eine Rolle zu spielen. **Steiof (1996)** nennt Unübersichtlichkeit, Gewässernähe, reich strukturierte Lebensräume im Randbereich der Strasse sowie kleinsäugerreiche Krautfluren und Ansitzwarten als zusätzliche unfallfördernde Eigenschaften von Strassen. Aus einer Studie von **Muselet (1985)** geht ebenfalls hervor, dass das Verhalten von Vögeln beim Überqueren von Autobahnen durch die Verkehrsdichte und die Geländekonfiguration beeinflusst wird. Die Vögel nutzten eine eingeschnittene und durch Gelände- oder Vegetationsspässe kanalisierte Trasse im allgemeinen nicht. **Havlin (1986)** zeigte in seiner Arbeit, dass um so weniger tote Vögel gefunden wurden, desto länger die untersuchten Strassenabschnitte schon im Betrieb waren. Mehr als die Hälfte der Todesopfer waren Feldlerchen. **Smettan (1988)** untersuchte die Anzahl der überfahrenen Wirbeltiere an verschiedenen Strassentypen wie Feldstrassen, Anliegersträsschen, Landstrassen und Ortsrandstrassen. Von den insgesamt gefundenen Wirbeltieren waren 60% Vögel. Mit den im Laufe des Jahres schwankenden Populationsdichten änderte sich auch die Unfallhäufigkeit. Das Maximum der verunglückten Vögel wurde im Juli erreicht. Am häufigsten betroffen waren die Vögel im Siedlungsbereich, wobei der grösste Anteil auf den Haussperling fiel, gefolgt von Amsel und Grünling. Der Autor versuchte, den jährlichen Einfluss des Verkehrstodes auf die Vogel- und Säugerbestände hochzurechnen. **Bergmann (1974)** registrierte die

verunglückten Vögel an durch verschiedene Biotop führende Abschnitten einer Straße. Auch bei ihm stand die verkehrsbedingte Mortalität des Haussperlings an erster und die der Amsel an zweiter Stelle, gefolgt von Goldammer, Hänfling, Grünfink, Buchfink, Rotkehlchen und Dorngrasmücke. Der Anteil der getöteten Jungvögel an der Gesamtzahl der aufgefundenen Vögel lag bei 40%, bei einzelnen Arten tiefer wie z.B. bei der Feldlerche (12%) oder beträchtlich höher wie bei der Rauchschwalbe (80%). Bergmann vermutet, dass Vögel bei erhöhten Verkehrsdichten durch Erfahrung Zusammenstöße zu vermeiden lernen. **Bourquin (1983)** ermittelte an einer Autobahnstrecke in der Westschweiz die verkehrsbedingten Unfallraten von Greifvögeln und Eulen. Die meisten Opfer wurden beim Mäusebussard verzeichnet, gefolgt von Turmfalke, Sperber und Schwarzmilan. Innerhalb der Gruppe der Eulen war die Schleiereule am stärksten betroffen. In einem Testgebiet im Nordosten Frankreichs wurde die höchste verkehrsbedingte Mortalität ebenfalls bei der Schleiereule gefunden (**Massemin et al. 1998**).

Lösekrug (1982) ermittelte die durchschnittlichen Verlustraten von Vögeln an einer Eisenbahnstrecke und fand bei den verunglückten Tieren einen überraschend hohen Greifvogel- und Eulenanteil. Der Autor diskutiert die Beziehung zwischen Vogelverlusten und der Zuggeschwindigkeit, dem Streckenverlauf und der Gestaltung des Bahndammes. An einem Streckenabschnitt mit einer Zuggeschwindigkeit von 140km/h verunglückten weniger Vögel als an einem Abschnitt, in welchem die Züge mit einer Geschwindigkeit von 160km/h verkehrten. Der Autor versucht, die Bedeutung der Vogelverluste für die Populationen einzuschätzen. Von den untersuchten Arten war nur bei der Schleiereule eine lokale Bestandsbedrohung durch die Eisenbahn zu befürchten. Auf die Gefahrenquelle des Zugverkehrs für die Schleiereule und die Waldohreule geht auch **Zucchi (1992)** ein.

Liste der erfassten Publikationen

- BALDAUF, G. (1988): Verunglückte Vögel am Bahndamm. Falke 35: 129-130.
- BERGMANN, H.-H. (1974): Zur Phänologie und Oekologie des Strassentods der Vögel. Vogelwelt 95: 1-21.
- BOSCH, S. (1992): Totfunde von Greifvögeln und Eulen im Bereich des Autobahnkreuzes Weinsberg. Orn. Jh. Bad.-Württ. 5: 109-111.
- BOURQUIN, J.-D. (1983): Mortalité des rapaces le long de l'autoroute Genève-Lausanne. Nos Oiseaux 37: 149-169.
- EXO, K.-M. & R. HENNES (1980): Beitrag zur Populationsökologie des Steinkauzes (*Athene noctua*), eine Analyse deutscher und niederländischer Ringfunde. Vogelwarte 30: 162-179.
- FUELHAAS, U., C. KLEMP, A. KORDES, H. OTTERSBERG, M. PIRMAN, A. THIESSEN, C. TSCHOETSCHEL & H. ZUCCHI (1989): Untersuchungen zum Strassentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens 42: 129-147.
- HAVLIN, J. (1986): Motorways and birds. Folia zool. 36: 137-153.
- HAVLIN, J. (1987): On the importance of railway lines for the life of avifauna in agrocoenoses. Folia zool. 36: 345-358.
- HEINRICH, D. (1978): Untersuchungen zur Verkehrsopferrate bei Säugetieren und Kleinvögeln. Die Heimat. Zeitschrift für Natur- und Landeskunde von Schleswig-Holstein und Hamburg 85: 193-208.
- HERNANDEZ, M. (1988): Road mortality of the little owl (*Athene noctua*) in Spain. Raptor. Res. 22: 81-84.
- HILL, D. & D. HOCKIN (1992): Can roads be bird friendly? Landscape Design 207: 38-42.

- HOLBROOK, H.T. & M.R. VAUGHAN (1985): Influence of roads on turkey mortality. *J. Wildl. Manage.* 49: 611-614.
- ILLNER, H. (1992): Road deaths of Westphalian owls: methodological problems, influence of road type and possible effects on population levels. In: Galbraith, C.A., I.R. Taylor & S. Percival (Eds.): *The ecology and conservation of European owls*. Vol. 5. UK Nature Conservation, Peterborough. 94-100.
- KERAN, D. (1981): The incidence of man-caused and natural mortalities to raptors. *Raptor. Res.* 15: 108-112.
- LÖSEKRUG, R.G. (1982): Vogelverluste durch die Eisenbahn im Raum Göttingen. *Angew. Ornith.* 5: 263-274.
- MARTENS, J. (1962): Gefährdung der Vogelwelt durch Kraftwagen. *Ornithologische Mitteilungen* 14: 221-222.
- MARTINEZ-ABRAIN, A. (1994): Mortalidad estacional de aves en una carretera del P.N de l'Albufera de Valencia (E. Espana). *Donana Acta Vert.* 21: 90-95.
- MASSEMIN, S., Y. LE MAHO & Y. HANDRICH (1998): Seasonal pattern in age, sex and body condition of barn owls *Tyto alba* killed on motorways. *Ibis* 140: 70-75.
- MÜLLER, A. (1995): Vogelverluste durch den Strassenverkehr in Abhängigkeit von der Jahreszeit. *Beitr. Gefiederkd. & Morph. Vögel* 2: 47-54.
- MUSELET, D. (1985): Etudes du comportement ce l'avifaune lors de la traversée de voies autoroutières, autoroute A10 au Nord d'Orléans, Loiret. In: Bernard, J.-M., M. Lansiait, C. Kempf & M. Tille (Eds.): *Routes et Faune Sauvage. Actes du Colloque au Conseil de l'Europe, Strasbourg, 5-7 Juin 1985*. F-92223 Bagneux. 406.
- QUADRELLI, G. (1984): Il traffico stradale come causa di morte per gli uccelli in un'area della pianura padana. *Riv. ital. Orn.* 54: 77-80.
- SMETTAN, H.W. (1988): Wirbeltiere und Strassenverkehr - ein ökologischer Beitrag zum Strassentod von Säugern und Vögeln am Beispiel von Ostfildern/Württemberg. *Orn. Jh. Bad.-Württ.* 4: 29-55.
- STEIOF, K. (1996): Verkehrsbegleitendes Grün als Todesfalle für Vögel. *Natur und Landschaft* 71: 527-532.
- STRAKA, U. (1995): Zur Häufigkeit und Phänologie des Strassentodes von Waldohreule (*Asio otus*) und Waldkauz (*Strix aluco*). *Egretta* 38: 130-132.
- TEMPEL, R. VAN DEN (1993): Vogelstachtoffers in het wegverkeer; Technisch Rapport Vogelbescherming 11, 104 S. Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Zeist.
- WÄSCHER, S., A. JANISCH & M. SATTLER (1988): Verkehrsstrassen - Todesfallen der Avifauna. *Luscinia* 46: 41-55.
- ZUCCHI, H. (1992): Schleiereule *Tyto alba* und Waldohreule *Asio otus* als Opfer des Zugverkehrs. *Vogelkdl. Ber. Niedersachs.* 24: 104-106.

1.2.4 Mortalität - andere Tiergruppen

Van Gelder (1973) untersuchte an einer asphaltierten Strasse mit einer Verkehrsdichte von 10 Kraftfahrzeugen/Stunde die Mortalität von Erdkröten. 30% der Weibchen wurden entweder vor oder nach dem Laichen überfahren. Für die Männchen nahm er eine ähnlich hohe verkehrsbedingte Sterblichkeit an. Anhand der beobachteten Tiere auf der Strasse und durch Zählen der Laichstränge wurde die Populationsgrösse eingeschätzt.

Die **Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH)** verfügt über Literaturlisten von Forschungsarbeiten sowie praxisorientierten Beiträgen zur Thematik Amphibien, Reptilien und Verkehr (KARCH, Bernastrasse 5, 3005 Bern).

Liste der erfassten Publikationen

- CARNIER, T. (1995): Strassentod von Ringelnatter (*Natrix natrix*) und Blindschleiche (*Anguis fragilis*) - Jahresbilanz 1994. Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens 48: 48.
- DONATH, H. (1989): Strassenverkehr und Hummeln - Eine erste Bilanz. Beitr. Ent. 39: 181-187.
- HAVELKA, P. (1980): Gefährdung des flugunfähigen Ölkäfers *Meloe violaceus* durch den Strassenbauverkehr. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 51/52: 399-410.
- HEINE, G. (1987): Einfache Mess- und Rechenmethode zur Ermittlung der Überlebenschance wandernder Amphibien beim Überqueren von Strassen. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 41: 473-479.
- KELLER, C., C. DIAZ-PANIAGUA & A.C. ANDREU (1998): Survival rates and causes of mortality of *Testudo graeca* hatchlings in southwestern Spain. Journal of Herpetology 32: 238-243.
- KUHN, J. (1987): Strassentod der Erdkröte (*Bufo bufo* L.): Verlustquoten und Verkehrsaufkommen, Verhalten auf der Strasse. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 41: 175-186.
- ROSEN, P.C. & C.H. LOWE (1994): Highway mortality of snakes in the Sonoran Desert of southern Arizona. Biol. Conserv. 68: 143-148.
- GELDER, J.J. VAN (1973): A Quantitative Approach to the Mortality Resulting from Traffic in a Population of *Bufo bufo* L. Oecologia 13: 93-95.
- VOS, C.C. (1997): Effects of road density; a case study of the moor frog. In: CANTERS, K., A. PIEPERS & D. HENDRIKS-HEERSMA (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 93-97.

1.3 Verhalten, Raumnutzung und Populationsdichte

In Bezug auf das Verhalten von Wildtieren gegenüber Strassen besteht eindeutig noch eine Forschungslücke. Untersuchungen über die Anpassungsfähigkeit der verschiedenen Tierarten oder ihr verändertes Verhalten nach dem Bau von Verkehrslinien sind noch selten. Die Raumnutzung der Tiere in Bezug auf Strassen wurde häufig untersucht. Bei den meisten Untersuchungen wurde dabei eine Meidung der strassennahen Bereiche beobachtet. Bei geeigneter Gestaltung der Umgebung einer Verkehrslinie kann diese jedoch von einzelnen Tierarten auch bevorzugt werden. Untersuchungen über Auswirkungen von Strassen auf die Populationsdichte sind relativ selten, da sie sehr schwierig durchzuführen sind.

1.3.1 Verhalten, Raumnutzung und Populationsdichte - Schwergewicht Säugertiere

Verschiedene Publikationen handeln von der Aufenthaltsdauer oder -häufigkeit von Wildtieren entlang von Strassen. In Bezug auf Säuger wurden die meisten Arbeiten in den USA oder in Kanada erstellt mit Tierarten wie Bären (**Archibald et al. 1987, Carr & Pelton 1984, Lentz et al. 1981, Mattson et al. 1987, McLellan & Shackleton 1988**), Wapiti-Hirschen (*Cervus elaphus*) (**Czech 1991, Edge 1982, Irwin & Peek 1979, Lyon 1983, Rost & Bailey 1979, Thiessen 1976, Ward 1976**) oder anderen Paarhufern (**Cameron 1983, Carbaugh et al. 1975, Cumming & Hyer 1998, Dau & Cameron 1986, Sage et al. 1983**).

Mittels Scheinwerfertaxationen in bewaldeten und nicht bewaldeten Gebieten entlang der Autobahn untersuchten **Carbaugh et al. (1975)** die Verteilung von Weisswedelhirschen (*Odocoileus virginianus*). In den Waldgebieten nutzten die Hirsche die Auto-

bahnseitenflächen als Äsungsgebiete, während in den Landwirtschaftsflächen nur wenige Individuen in die Nähe der Autobahn kamen. Nach **Czech (1991)** mieden die Wapiti-Hirsche eine 500 m breite Zone in Strassennähe. **Cumming & Hyer (1998)** stellten fest, dass Karibous (*Rangifer tarandus*) in ihren traditionellen Winterhabitaten ihre Verteilung änderten, wenn von einer Strasse aus Waldarbeiten durchgeführt wurden. Nach Beginn der Aktivitäten der Waldarbeiter wanderten die Karibous 8-60 km weit weg. Einige Karibous blieben im Gebiet, änderten aber ihre Aufenthaltsorte. Während sie sich in den Kontrolljahren direkt bei der Strasse aufhielten, zogen sie 2-5 km von der Strasse weg, als diese vom Schnee geräumt wurde. **Lovallo & Anderson (1996)** zeigten, dass Rotluchse (*Lynx rufus*) asphaltierte Wege weniger häufig überquerten als nach ihrer Dichte her zu erwarten wäre. Generell wurden bis zu 100 m von einer Strasse entfernte Gebiete von Rotluchsen als Habitate weniger bevorzugt als strassenlose Gebiete. Eine Meidung grosser Strassen stellten auch **Newmark et al. (1996)** bei 6 von 13 grossen Säugetierarten im Mikumi Nationalpark in Tanzania fest. Je nach Tierart war der gemiedene strassennahe Bereich 200 bis 600 m breit. Aus Europa liegt eine Arbeit von **Burnand et al. (1986)** über das Verhalten von Rehen bei unterschiedlich stark befahrenen Strassen vor. Eine schwächer befahrene Strasse (800 Autos/Tag) wurde von den Rehen in ihren Lebensraum integriert, eine stark befahrene (12'000 Autos/Tag) gemieden. Die Fallwildzahlen blieben trotz der unterschiedlichen Verkehrsdichte auf beiden Strassen in der gleichen Grössenordnung. Bei der stärker befahrenen Strasse fanden die Unfälle während des ganzen Tages statt, auf der schwächer befahrenen waren die Unfälle hingegen auf die Dämmerungszeiten und die Nacht konzentriert. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass die Rehe die stark befahrene Strasse nur betraten, wenn sie gestört und aufgescheucht wurden. Ungewöhnlich ist die Feststellung von **Novakova & Hanzl (1975)**, dass mit steigender Störung durch permanenten Strassenverkehr der Anteil an weiblichen Rehkitzten steige.

Van der Zee et al. (1992) fanden einen signifikanten Zusammenhang zwischen zunehmender Strassendichte und Abnahme der Anzahl genutzter Dachsbauwerke. Als Erklärung dafür wurden weniger die Störungen der Tiere durch Lärm oder Abgase, sondern die hohe Mortalität der Dachse durch den Strassenverkehr angesehen. **Clarke et al. (1998)** untersuchten die Häufigkeit von Todesfällen von Dachsen an Strassen. Die Todesfälle nahmen mit steigender Verkehrsdichte zu, jedoch wurden bei grossen Strassen nicht mehr tote Dachse gefunden als bei mittelgrossen, was die Vermutung nahelegt, dass die grossen Strassen von Dachsen nicht mehr so häufig überquert wurden. Die grossen Strassen stellten vermutlich ein wesentliches Ausbreitungshindernis dar. Ein bedeutendes Hindernis sind Strassen nach **Müller-Stiess & Herrmann (1997)** auch für Siebenschläfer und Haselmäuse, da diese vegetationsfreie offene Flächen meiden. Strassen stellen für diese Tiere keine absolute Barriere dar, sie haben aber eine deutliche ausbreitungsverzögernde Wirkung.

Etwas speziellere Arbeiten wurden von **MacArthur et al. (1979 & 1982)** ausgeführt. Sie massen die Störung der Dickhornschafe (*Ovis canadensis*) anhand der Herzfrequenz. Die Herzfrequenz änderte sich bei Auto- und Flugzeugverkehr nur, wenn die Störung weniger als 200 m entfernt war. Bei 78 % der Herzfrequenzänderungen war keine Verhaltensänderung festzustellen oder die Verhaltensänderung erfolgte mit Verzögerung. Die Herzfrequenz nahm mit der Distanz zur Strasse ab. **Lutz & Kierdorf (1997)** untersuchten den Parasitenbefall bei Rehpopulationen in Revieren mit unterschiedlich starkem Erholungsverkehr. Sie stellten fest, dass Rehe in fast ungestörten Gebieten, die ihren natürlichen Aktivitäts- und Äsungsrythmus aufrechterhalten konnten, deutlich weniger von Parasiten befallen waren als in den anderen Untersu-

chungsgebieten. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass eine störungsbedingte Einschränkung und eine daraus resultierende Ballung von Rehbeständen in wenigen Einstandsbereichen eine verstärkte Parasitierung zur Folge hat.

Cole et al. (1997) untersuchten die Wanderungen und die Überlebensrate von Hirschen (*Cervus elaphus roosevelti*) bevor und nachdem auf einer Strasse der Verkehr stark eingeschränkt wurde. Bei reduziertem Verkehr nahm sowohl die Kerngebiets- wie auch die Home-Range-Grösse der Hirsche ab, auch die täglichen Wanderstrecken wurden kleiner. Die Überlebensrate der Hirsche war in der Zeit der Verkehrsreduktion höher als davor und sank, als die Strasse für den Verkehr wieder geöffnet wurde. Die Daten lassen vermuten, dass limitierter Verkehr die menschlichen Störungen reduzierten, was zu geringeren Bewegungen der Hirsche und weniger Wilderei führte.

Einige Arbeiten untersuchten den Einfluss neu erstellter Strassen auf die Wildtiere. 4 Jahre vor und 4 Jahre nach dem Bau der Strasse untersuchten **Dau & Cameron (1986)**, wo Karibous ihre Jungen zur Welt brachten. In strassennahen Gebieten kalbten vor dem Bau der Strasse 17 % der Karibous, danach waren es nur noch 2 % im gleichen Raum. Die Dichte der Kariboukühe mit Kälbern war positiv korreliert mit der Distanz zur Strasse (Verkehrsaufkommen: ca. 200 Kfz/Tag). Vor und nach der Verkehrseröffnung an der Autobahn B31neu in Süddeutschland wurden Dachse untersucht (**Herrmann et al. 1997**). Während in der Bauphase der B31neu die Streifgebiete der Dachsc clans weitestgehend unverändert und stabil blieben, kam es nach Verkehrsfreigabe zu bemerkenswerten Veränderungen der Lage und Grösse der Streifgebiete. Die Zahl der Querungen reduzierte sich insgesamt auf etwa die Hälfte der vor Fertigstellung der Strasse gezählten Querungen. Dies begründete sich in erster Linie durch Verschiebung und Reduktion bzw. Verlust der Streifgebiete. **Hauffe (1997)** untersuchte telemetrisch die Raumnutzung der Dachse nach dem Bau der B31neu. Die Streifgebiete der drei untersuchten Dachse wurden durch die Autobahn zerschnitten. Aus der Lage der Streifgebiete konnte kein Einfluss des Strassenbaus festgestellt werden, jedoch kamen viele Dachse auf der Strasse ums Leben. Die Dachse waren zur Überquerung der Strasse gezwungen, da Wald und Feld getrennt wurden.

Liste der erfassten Publikationen

- ARCHIBALD, W.R., R. ELLIS & A.N. HAMILTON (1987): Responses of grizzly bears to logging truck traffic in the kimsquit river valley, British Columbia. *Int. Conf. Bear Res. Manage.* 7: 251-257.
- BERTHOUD, G. (1985): Impact d'une route sur une population de chevreuils. In: Bernard, J.-M., M. Lansiant, C. Kempf & M. Tille (Eds.): *Routes et Faune Sauvage, Actes du Colloque au Conseil de l'Europe, Strasbourg. Bagnaux Cédex.* 167-171.
- BURNAND, J.-D., G. BERTHOUD, J. SIGRIST & S. MULLER (1986): Comportement du gibier dans une zone de terrain traversée par une route. La faune et le trafic automobile dans le canton de Vaud, 145 S. (Département Fédéral de l'Intérieur, Commission des Recherches en Matière de Construction de Routes, Mandat de Recherche No. 16/81). ECONAT, Yverdon.
- CAMERON, R.D. (1983): Issue: Caribou and petroleum development in arctic Alaska. *Arctic* 36: 227-231.
- CARBAUGH, B., J.P. VAUGHAN, E.D. BELLIS & H.B. GRAVES (1975): Distribution and activity of white-tailed deer along an interstate highway. *J. Wildl. Manage.* 39: 570-581.
- CARR, P.C. & M.R. PELTON (1984): Proximity of adult female black bears to limited access roads. *Proc. Ann. Conf. S. E. Assoc. Fish & Wildl. Agencies* 38: 70-77.
- CLARKE, G.P., P.C.L. WHITE & S. HARRIS (1998): Effects of roads on badger *Meles meles* Populations in south-west England. *Biol. Conserv.* 86: 117-124.
- COLE, E.K., M.D. POPE & R.G. ANTHONY (1997): Effects of road management on movement and

- survival of Roosevelt elk. *J. Wildl. Manage.* 61: 1115-1126.
- CORSI, F., E. DUPRE & L. BOITANI (1999): A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conservation Biology* 13: 150-159.
- CUMMING, H.G. & B.T. HYER (1998): Experimental log hauling through a traditional caribou wintering area. *Rangifer Special Issue* 10: 241-258.
- CZECH, B. (1991): Elk behaviour in response to human disturbance at Mount St.Helens National Volcanic Monument. *Applied Animal Behaviour Science* 29: 269-277.
- DAU, J.R. & R.D. CAMERON (1986): Effects of road system on caribou distribution during calving. *Rangifer (Special Issue)* 1: 95-101.
- EDGE, W.D. (1982): Distribution, habitat use and movements of elk in relation to roads and human disturbances in western Montana. Master of Sience Thesis University of Montana. 98 S.
- GEORGII, B. (1997): B23-Tunnelgelände bei Oberammergau. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, 756. Bonn. 157-172.
- HAUFFE, P. (1997): Telemetrische Untersuchung der Raumnutzung dreier Dachse im Bereich der B31neu nach Verkehrseröffnung. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, 756. Bonn. 205-224.
- HERRMANN, M., H. MÜLLER-STIESS & M. TRINZEN (1997): Bedeutung von Grünbrücken für Dachse (*Meles meles* L.), untersucht an den Grünbrücken der B31neu zwischen Stockach und Überlingen. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, 756. Bonn. 173-204.
- IRWIN, L.L. & J.M. PEEK (1979): Relationship between road closures and elk behavior in Northern Idaho. In: Boyce, M.S. & L.D. Hayden-Wing (Eds.): *North american elk: ecology, behavior and management*. Laramie. 199-204.
- KING, M.M. & G.W. WORKMAN (1986): Response of desert bighorn sheep to human harassment: management implications. In: *Trans. N. Am. Wildl. Nat. Resour. Conf.* 51: 74-85.
- LENTZ, W.M., R.L. MARCHINTON & D.M. CARLOCK (1981): Black bear habitat in North Georgia: some implications of wilderness designation. *Proc. Ann. Conf. S. E. Assoc. Fish & Wildl. Agencies* 34: 550-556.
- LOVALLO, M. & E.M. ANDERSON (1996): Bobcat movements and home ranges relative to roads in Wisconsin. *Wildl. Soc. Bull.* 24: 71-76.
- LUTZ, W. & H. KIERDORF (1997): Parasite loads on roe deer (*Capreolus capreolus* L.) from neighbouring habitats with different intensities of recreational traffic. *Z. Jagdwiss.* 43: 251-258.
- LYON, L.J. (1983): Road density models describing habitat effectiveness for elk. *JoF* 81: 592-595.
- MACARTHUR, R.A., R.H. JOHNSTON & V. GEIST (1979): Factors influencing heart rate in free-ranging bighorn sheep: a physiological approach to the study of wildlife harassment. *Can. J. Zool.* 57: 2010-2021.
- MACARTHUR, R.A., V. GEIST & R.H. JOHNSTON (1982): Cardiac and behavioral responses of mountain sheep to human disturbance. *J. Wildl. Manage.* 46: 351-358.
- MASSEY, A. (1982): Ecology of house mouse populations confined by highways. *The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 98: 135-143.
- MATTSON, D.J., R.R. KNIGHT & B.M. BLANCHARD (1987): The effects of developments and primary roads on grizzly bear habitat use in Yellowstone National Park, Wyoming. *Int. Conf. Bear Res. Manage.* 7: 259-273.
- MCLELLAN, B.N. & D.M. SHACKLETON (1988): Grizzly bears and resource-extraction industries: effects of roads on behaviour, habitat use and demography. *J. Ecol.* 25: 451-460.

- MÜLLER-STIESS, H. & M. HERRMANN (1997): Bedeutung von Grünbrücken für Bilche (*Myoxidae*) untersucht an der Grünbrücke Schwarzgraben (B31neu Stockach-Überlingen). In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 225-244.
- NEWMARK, W., J. BOSHE, H. SARIKO & G. MAKUMBULE (1996): Effects of highway on large mammals in Mikumi National Park, Tanzania. *Afr. J. Ecol.* 34: 15-31.
- NOVAKOVA, E. & R. HANZL (1975): Rapport entre l'indice sexuel chez les jeunes populations de chevreuil et de cerf et l'impact du aux loisirs et au trafic permanent. XII IUGB Congress: 213-217.
- PFISTER, H.P. (1984): Raumzeitliche Verteilungsmuster von Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas) in einem Ackerbauggebiet des Schweizer Mittellandes. Diss. Universität Zürich.
- PUTMAN, R.J. (1997): Deer and road traffic accidents - options for management. *Journal of Environmental Management* 51: 43-57.
- ROST, G.R. & J.A. BAILEY (1979): Distribution of mule deer and elk in relation to roads. *J. Wildl. Manage.* 43: 634-641.
- SAGE, R.W., W.C. TIERSON, G.F. MATTFELD & D.F. BEHREND (1983): White-tailed deer visibility and behavior along forest roads. *J. Wildl. Manage.* 47: 940-953.
- SMITH, D.J., L.D. HARRIS & F.J. MAZZOTTI (1996): A Landscape Approach to Examining the Impacts of Roads on the Ecological Function Associated With Wildlife Movement and Movement Corridors: Problems and Solutions. In: Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry (Eds.): Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. Florida. 13 S.
- THIESSEN, J.L. (1976): Some relations of elk to logging, roading and hunting in Idaho's game management unit 39. In: Proc. Elk-Logging-Roads Symp., Moscow, Idaho. 3-5.
- THURBER, J.M., R.O. PETERSON, T.D. DRUMMER & A.S. THOMASMA (1994): Gray wolf response to refuge boundaries and roads in Alaska. *Wildl. Soc. Bull.* 22: 61-68.
- WALLISER, G. & M. ROTH (1997): Einfluss der Landschaftszerschnittenheit und des Landnutzungsmusters auf die Raum-Zeitstruktur des Dachses (*Meles meles* L.). *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 22: 237-247.
- WARD, A.L. (1976): Elk behavior in relation to timber harvest operations and traffic on the Medicine Bow Range in South Central Wyoming. In: Proc. Elk-Logging-Roads Symp., Moscow, Idaho. 32-43.
- ZEE, F.F. VAN DER, J. WIERTZ, C.J.F. TER BRAAK & R.C. VAN APeldoorn (1992): Landscape change as a possible cause of the badger *Meles meles* L. decline in the Netherlands. *Biol. Conserv.* 61: 17-22.

1.3.2 Verhalten, Raumnutzung und Populationsdichte - Vögel und andere Tiergruppen

Keller (1995) stellte die Literatur zusammen, die sich mit Auswirkungen von menschlichen Störungen auf Vögel befasst. Die zitierten Untersuchungen behandeln Auswirkungen während der Brutzeit (Fortpflanzungserfolg, Nistplatzwahl, Populationsdichte, Artengemeinschaften) und ausserhalb der Brutzeit (Auswirkungen auf Raumnutzung sowie Aktivitäts- und Energiebudget). Jedoch hatten nur wenige dieser Untersuchungen den Einfluss von Strassenverkehr zum Thema.

Verschiedene Arbeiten zeigen einen Einfluss von Strassen auf die Brutdichte von Vögeln. **Reijnen et al. (1992)** machten Voraussagen zu den Auswirkungen von Schnellverkehr auf Brutvogelpopulationen: mit Hilfe der Verkehrsintensität, der Höchstgeschwindigkeit und der Landschaftsstruktur entlang von Strassen sollten im Wald und auf der offenen Flur die beeinflusste Zone und die relative Abnahme der Brutvogel-

dichte sowie der Effektabstand bestimmt werden. Detaillierte Untersuchungen wurden am Fitis (*Phylloscopus trochilus*) durchgeführt: nach **Reijnen & Foppen (1991)** bieten die Gebiete nahe der Strasse schlechtere Brutgebiete, die vermutlich nur von Jährlingen besiedelt wurden. **Reijnen & Foppen (1994)** wiesen für den Fitis entlang der Autobahn eine deutlich geringere Dichte von territorialen Männchen nach als in vergleichbaren Habitaten weiter von der Strasse entfernt. Die älteren Männchen waren nahe der Autobahn deutlich weniger präsent als weiter entfernt. **Foppen & Reijnen (1994)** zeigten, dass die Wanderungen der Fitis-Jährlinge nach der Brut bei Vögeln, die in der Nähe der Strasse brüteten, weiter waren als bei jenen, die weit von der Strasse entfernt brüteten. Sie wanderten dabei aktiv von der Strasse weg. Ein Einfluss von Strassen auf die Brutdichte wurde bei verschiedenen Vogelarten festgestellt. Von 43 betrachteten Arten auf Vergleichsflächen und in Strassennähe in den Niederlanden hatten 60 % eine verringerte Brutdichte entlang der Strasse (**Reijnen et al. 1995**); auch die Brutdichte von 12 in Grasland brütenden Vogelarten war in Strassennähe geringer. Die Fluchtdistanz der Vögel stieg mit zunehmendem Verkehr. Bei 5000 Autos pro Tag hatten die meisten Vogelarten einen geschätzten Populationsverlust von 12—56 % bis zu einem Abstand von 100 m zur Strasse, bei 50'000 Autos pro Tag war der geschätzte Populationsverlust bei allen Arten 12—52 % bis zu einem Abstand von 500 m zur Strasse (**Reijnen et al. 1996**). Nach **Reijnen & Foppen (1995)** ist der Einfluss der Strassen auf die Brutdichten in Jahren mit geringer Populationsdichte grösser. In Jahren mit allgemein hohen Populationsdichten nahm die Brutdichte entlang einer Strasse nur wenig ab. **Van der Zande et al. (1980)** zeigten, dass die Brutdichten von Kiebitz, Uferschnepfe und Rotschenkel in der Nähe einer Strasse geringer waren als in einiger Entfernung. Beim Austernfischer konnten sie diesen Unterschied jedoch nicht feststellen. Gemäss einer Untersuchung von **Illner (1992b)** ist auch die Rebhuhndichte in einer Zone von 300 m entlang der Autobahn signifikant tiefer (0.8 Paare/km²) als ausserhalb (3.0 Paare/km²). Er erklärt die tiefere Dichte mit der Lärmeinwirkung. Von den vorhergehenden Untersuchungen abweichende Resultate erhielten **Birkan et al. (1994)**. In ihrer Untersuchung war der Bruterfolg von Rebhühnern nahe der Autobahn höher (5.8 Junge/Henne) als bei weiter entfernten (3.4 Junge/Henne). Als mögliche Gründe gaben sie weniger Pestizideinsätze, besseres Nahrungsangebot und grössere Vielfalt in der Umgebung an.

Bairlein & Sonntag (1994) untersuchten die Vögel in verschiedenen Hecken. Strassenhecken an Autobahnen waren von einem nur geringen (tier-)ökologischen Wert. Auf gleicher Fläche siedelten weniger Vogelarten und Brutpaare als in Naturhecken. Zugleich waren der Bruterfolg und die Nestlingsentwicklung von Kohlmeisen in Strassenhecken ungünstig. Insbesondere eine hohe Prädation und ungünstige Ernährungsbedingungen, aber auch die hohe Immissionsbelastung gerade an den vielbefahrenen Strassen, die zusätzliche verkehrsbedingte Mortalität und vielleicht sogar Beeinträchtigungen durch den Verkehrslärm relativierten den tierökologischen Wert solcher Strassenhecken zumindest für Vögel in erheblicher Weise.

Änderungen im Verhalten und in der Raumnutzung wurden verschiedentlich an Gänsen untersucht. Sie zeigten übereinstimmend eine Meidung strassennaher Gebiete zur Nahrungssuche (**Keller 1991, Kruckenberg et al. 1998, Madsen 1985, Mooij 1982**), Änderungen im Aktivitätsbudget, aber auch eine gewisse Gewöhnung in Gebieten, in denen die Gänse den ganzen Winter über bleiben (**Dijkstra & Dijkstra-de Vlieger 1977**).

Crouzier (1998) stellte fest, dass sich einige Singvögel morgens gerne auf der Strasse aufhielten. Es handelte sich dabei hauptsächlich um durchziehende Drosseln, welche auf dem Asphalt ein relativ offenes, trockenes und windgeschütztes Gebiet suchten.

Bei Tagesanbruch wurden die Strassen jedoch rasch verlassen, da die Vögel dann Störungen und potentiellen Räubern ausgesetzt waren.

Vor, während und nach dem Bau eines Teilstückes der TGV-Linie untersuchte **Cuisin (1992)** die Vogelpopulationen der Umgebung. Der Bau hatte im allgemeinen einen relativ kleinen Einfluss auf die Vögel. Jedoch fiel es einigen Vogelpopulationen schwer, sich nach einer Kälteperiode wieder zu erholen, ausserdem wurde die Biozönose des Waldteiles zerstört. **Junker-Bornholdt et al. (1998)** stellten keinen Unterschied in der Brutbiologie von Kohl- und Blaumeisen zwischen Gebieten an einer neuen Autobahn und entfernt gelegenen Gebieten fest. Die geringe Störungsempfindlichkeit dieser Meisen-Arten sowie der bisher geringe Verkehr auf der Autobahn wurden diskutiert. Untersuchungen über den Effekt von Strassen auf andere Tiergruppen sind selten. **Fahrig et al. (1995)** untersuchten den Einfluss von Strassen auf Amphibien.

Liste der erfassten Publikationen

- BAIRLEIN, F. & B. SONNTAG (1994): Zur Bedeutung von Strassenhecken für Vögel. *Natur und Landschaft* 2: 43-48.
- BENSON, R.H. (1996): The effect of roadway traffic noise on territory selection by golden cheeked warblers. *J. Acoust. Soc. Am.* 99: 2575 ff.
- BIRKAN, M., T. AVIGNON, F. REITZ & V. VIGNON (1994): Influence d'une autoroute sur le succès reproducteur de la perdrix grise (*Perdix perdix*) en plaine de grande culture. *Gibier Faune Sauvage* 11: 207-218.
- CAMP, M. & L.B. BEST (1994): Nest Density and Nesting Success of Birds in Roadsides Adjacent to Rowcrop Fields. *American Midland Naturalist* 131: 347-358.
- CLARK, W.D. & J.R. KARR (1979): Effects of highway on Red-winged Blackbird and Horned Lark populations. *Wilson Bull.* 91: 143-145.
- CROUZIER, P. (1998): Des oiseaux sur la route... Observations matinales répétées de passereaux posés sur une route de Revermont (Ain, France) en période automnale. *Nos Oiseaux* 45: 65-69.
- CUISIN, M. (1992): Influence de la construction de la ligne du TGV-Atlantique sur les oiseaux dans la forêt domaniale de Dourdan (91). *L'Oiseau et R.F.O.* 62: 12-27.
- DIJKSTRA, L. & R. DIJKSTRA-DE VLIJGER (1977): Voedseloecologie van de Rotgans. Dissertation, Zoologisch Laboratorium Rijksuniversiteit Groningen.
- DRILLON, V. (1989): Analyse des causes de régression du grand tétras dans le massif de la haute meurthe. *Ciconia* 13: 11-18.
- FAHRIG, L., J.H. PEDLAR, S.E. POPE, P.D. TAYLOR & J.F. WENGER (1995): Effect of road traffic on amphibian density. *Biol. Conserv.* 73: 177-182.
- FERRIS, C.R. (1979): Effects of interstate 95 on breeding birds in northern Maine. *J. Wildl. Manage.* 43: 421-427.
- FOPPEN, R. & R. REIJNEN (1994): The Effects of Car Traffic on Breeding Bird Populations in Woodland. 2. Breeding Dispersal of Male Willow Warblers (*Phylloscopus trochilus*) in Relation to the Proximity of a Highway. *J. Appl. Ecol.* 31: 95-101.
- HJORT, I. (1977): The territorial system of the Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and the influence on the leks of environmental disturbances, especially with regards to forestry and highway traffic. *Viltrapport* 5: 73-77.
- ILLNER, H. (1992a): Effect of roads with heavy traffic on grey Partridge (*Perdix perdix*) density. *Gibier Faune Sauvage* 9: 467-480.
- ILLNER, H. (1992b): Roads and grey partridge densities in Germany. *Gibier Faune Sauvage* 9: 467-480.
- ISHIGAKI, K. (1987): The effects of a highway on the behaviour of birds. *Research Bulletins of the*

- College Experiments Forests 44: 809-821.
- JUNKER-BORNHOLDT, R., M. WAGNER, M. ZIMMERMANN, S. SIMONIS, K.H. SCHMIDT & W. WILTSCHO (1998): The impact of motorway in construction and after opening to traffic on the breeding biology of Great Tit (*Parus major*) and Blue Tit (*Parus caeruleus*). J. Orn. 139: 131-139.
- KELLER, V. (1991): The effect of disturbance from roads on the distribution of feeding sites of geese (*Anser branchyrhynchus*, *A. anser*), wintering in north-east Scotland. Ardea 79: 229-231.
- KELLER, V. (1995): Auswirkungen menschlicher Störungen auf Vögel - eine Literaturübersicht. Ornithol. Beob. 92: 3-38.
- KELLER, V., H.G. BAUER, H.W. LEY & H.P. PFISTER (1996): Bedeutung von Grünbrücken über Autobahnen für Vögel. Ornithol. Beob. 93: 249-258.
- KELLER, V., H.G. BAUER, H.W. LEY & H.P. PFISTER (1997): Bedeutung von Grünbrücken über Autobahnen für Vögel, untersucht an den Grünbrücken bei Markelfingen und im Forêt de la Hardt. (Abdruck der Publikation in Ornithol. Beob. 93 (1996): 249-258.). In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 559-572.
- KRUCKENBERG, H., J. JAENE & H. BERGMANN (1998): Mut oder Verzweiflung am Strassenrand? Der Einfluss von Strassen auf die Raumnutzung und das Verhalten von äsenden Bles- und Nonnengänsen am Dollart, NW-Niedersachsen. Natur und Landschaft 73: 3-8.
- LEY, H.-W. & H.-G. BAUER (1997): Bedeutung der Grünbrücken über die B31neu zwischen Stockach und Überlingen für Vögel. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 539-558.
- MADSEN, J. (1985): Impact of disturbance on field utilization of Pink-footed Geese in Est Jutland, Denmark. Biol. Conserv. 33: 53-63.
- MICHAEL, E.D. (1979): Visibility of birds along interstate highways. The Redstart 46: 82-87.
- MOOIJ, J.H. (1982): Die Auswirkungen von Strassen auf die Avifauna einer offenen Landschaft am Unteren Niederrhein (Nordrhein-Westfalen), untersucht am Verhalten von Wildgänsen. Charadrius 18: 73-92.
- PARUK, J.D. (1990): Effects of roadside management practices on bird richness and reproduction. Trans. Ill. State Acad. Sci 83: 181-192.
- PARUK, J.D. (1992): Reproductive Success of upland nesting red-winged blackbirds within an interstate right-of-way in Northwestern Illinois. Trans. Ill. State Acad. Sci 85: 201-204.
- PLUMPTON, D.L. & R.S. LUTZ (1993): Influence of Vehicular Traffic on Time Budgets of Nesting Burrowing Owls. J. Wildl. Manage. 57: 612-616.
- RÄTY, M. (1979): Effect of highway traffic on tetranoid densities. Ornis Fenn. 56: 169-170.
- REIJNEN, M.J.S.M. & R.B.P. FOPPEN (1991): Effect van wegen met autoverkeer op de dichtheid van broedvogels. Hofdrapport, Vol. 91/1, 110 S. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- REIJNEN, M.J.S.M., G. VEENBAAS & R.P.B. FOPPEN (1992): Het voorspellen van het effect van snelverkeer op broedvogelpopulaties. Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat; DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 92 S. Delft.
- REIJNEN, R. & R. FOPPEN (1991): Effect of Road Traffic on the Breeding Site-tenacity of Male Willow Warblers (*Phylloscopus trochilus*). J. Orn. 132: 291-295.
- REIJNEN, R. & R. FOPPEN (1994): The Effects of Car Traffic on Breeding Bird Populations in Woodland. 1. Evidence of Reduced Habitat Quality for Willow Warblers (*Phylloscopus trochilus*) Breeding Close to a Highway. J. Appl. Ecol. 31: 85-94.
- REIJNEN, R. & R. FOPPEN (1995): The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. 4. Influence of population size on the reduction of density close to a highway. J. Appl. Ecol. 32: 481-491.

- REIJNEN, R., R. FOPPEN, C. TER BRAAK & J. THISSEN (1995): The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. 3. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *J. Appl. Ecol.* 32: 187-202.
- REIJNEN, R., R. FOPPEN & H. MEEUWSEN (1996): The effects of car traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biol. Conserv.* 75: 255-260.
- REIJNEN, R., R. FOPPEN & G. VEENBAAS (1997): Disturbances by traffic of breeding birds - Evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. *Biodiversity & Conservation* 6: 567-581.
- RIETZE, J. & H. RECK (1997): Wirksamkeit von Grünbrücken für wirbellose Tierarten - Untersuchungen an der B31neu und Synthese. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, 756. Bonn. 327-468.
- SIMONIS, S., R. JUNKER-BORNHOLDT, M. WAGNER, M. ZIMMERMANN, K. SCHMIDT & W. WILTSCHKO (1997): Der Einfluss einer Autobahn auf die Mobilität von Singvögeln. *Natur und Landschaft* 72: 71-77.
- STOCK, M. (1991): Studies on the effects of disturbances on staging Brent geese: a progress report. *IWRB Goose Res. Group Bull.* 1: 11-18.
- ZANDE, A.N. VAN DER, W.J. TER KEURS & W.J. VAN DER WEIJDEN (1980): The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat; evidence of a long-distance effect. *Biol. Conserv.* 18: 299-321.
- VARLAND, D.E. & T.M. LOUGHIN (1993): Reproductive success of American kestrels nesting along an interstate highway in central Iowa. *Wilson Bull.* 105: 465-474.

1.4 Immissionen

Die Auswirkungen der Strassenimmissionen auf Wildtiere stehen nicht im Zentrum bei dieser Literaturzusammenstellung. Weitere Literaturzitate können der ausführlichen Arbeit von **Reck & Kaule (1993)** entnommen werden. Als verkehrsbedingte Immissionen gelten Abgase, Öl, Schwermetalle, Streusalz, Lärm, Vibration und Licht.

In den USA und in Kanada wird dem Benzin eine organische Manganverbindung beigemischt. Bodenkonzentrationen von Mangan in Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen betragen nach **Lytle et al. (1995)** das 100-fache der ursprünglichen Werte. Die Bleikonzentrationen haben in den letzten 20 Jahren kaum abgenommen, befinden sich jedoch heute in tieferen Bodenschichten.

Unterhalb von Autobahnabflüssen wurde von **Maltby et al. (1995b)** in den Sedimenten des Wassers eine erhöhte Konzentration von Hydrokarbonaten (Phenanthren, Pyren, Fluoranthren) und Schwermetalle (Zink, Kadmium, Chrom, Blei) gemessen. Das Wasser enthielt erhöhte Schwermetall- und Anionengehalte. In vier von sieben untersuchten Gewässern gab es oberhalb und unterhalb der Autobahn Unterschiede in der Artenvielfalt und Zusammensetzung der Makroinvertebraten.

Verschiedene Auswirkungen des Verkehrs wurden durch **Berthoud (1987)** an Strassenborden untersucht. Es wurden u.a. Metallstaub und Abgaskonzentration gemessen, nistende Vögel gezählt und die Artenvielfalt in Oberflächenwasser bestimmt. Die strassenbedingten Auswirkungen auf die Landschaftsfaktoren Boden und Wasser ermittelte und beurteilte **Reinirkens (1991)**, und **Ellenberg (1993)** beschrieb den Einfluss von Stickstoffeintrag in die Natur.

Verschiedene Arbeiten befassen sich mit der Konzentration von Schadstoffen entweder in den Tieren selber oder in Futterpflanzen. **Angold (1997)** untersuchte die Vegetation entlang der Strassen und stellte fest, dass das Wachstum von Heide- und Grasarten nahe von Strassen erhöht ist. Das Wachstum und die Gesundheit von

Flechten war in Strassennähe schlechter. Um oligotrophe Pflanzengemeinschaften zu schützen, braucht es eine Pufferzone zu der Strasse. **Harrison & Dyer (1984)** fanden 0.8—50 Mikrogramm Blei in einem Gramm Nährpflanzen von Wapiti-Hirschen. Dies bedeutet, dass bereits 1.4 % des Tagesbedarfs eine Überdosis an Blei enthalten. Die Konzentration nimmt mit dem Abstand zur Strasse ab. **O'Neill & Robel (1985)** weisen jedoch darauf hin, dass von der Konzentration in den Futterpflanzen nicht automatisch auf die Konzentration in den Tieren geschlossen werden darf.

Über den Einfluss von Immissionen auf Wildtiere ist weniger bekannt als über den Einfluss auf Pflanzen. Dies hängt sicherlich auch mit methodischen Schwierigkeiten zusammen. Es ist kein Zufall, dass **Ward & Savage (1994)** ihre breite Untersuchung nicht an Wildtieren, sondern an grasenden Haustieren (Schafe, Pferde und Alpacas) durchführten. Sie fanden im Blut von entlang der Autobahn grasenden Tieren erhöhte Blei- und Kadmium-Werte. In den Haaren zeigten alle Tiere entlang der Autobahn erhöhte Br-, Cd-, Cr-, Cu-, Ni-, V- und Zn-Werte. In einem Übersichtsartikel stellte **Lutz (1995)** die Wirkungsweise verschiedener Schwermetalle dar. Seine Untersuchungen zeigten in Nordrhein-Westfalen (D) zwischen 1983/84 und 1991/92 einen Rückgang der Bleibelastungen in der Leber von Rehen, jedoch eine Zunahme des Kadmiums in der Niere von Hasen. **Ieradi et al. (1996)** untersuchten Hausmäuse (*Mus domesticus*) aus Gebieten mit unterschiedlich starkem Verkehr. Die Konzentration von Blei und Kadmium war in Tieren aus Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen höher. Ausserdem konnte bei ihnen eine Erhöhung der Frequenz von abnormalen roten Blutkörperchen und Spermienzellen festgestellt werden. Die Autoren nehmen an, dass wilde Nagetiere als Bioindikatoren für Umweltverschmutzung gelten können.

Liste der erfassten Publikationen

- ANGOLD, P.G. (1997): The impact of a road upon adjacent heathland vegetation: effects on plant species composition. *J. Appl. Ecol.* 34: 409-417.
- BERTHOUD, G. (1987): Approche méthodologique pour une gestion intégrée des abords autoroutiers, 6 S. ECONAT, Yverdon.
- BLIX, A.S. & J.W. LENTFER (1992): Noise and vibration levels in artificial polar bear dens as related to selected petroleum exploration and developmental activities. *Arctic* 45: 20-24.
- BUTOVSKY, R.O. (1994): Copper and Zinc Contents in the Arthropods of Roadside Ecosystems of Moscow Region. *Zhurnal Obshechi Biologii* 55: 749-756.
- ELLENBERG, H. (1993): Ökologische Veränderungen in Biozöosen durch Stickstoffeintrag. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik* 636: 103-117.
- ERNST, W.H.O. & E.N.G. JOOSSE VAN DAMME (1983): Umweltbelastung durch Mineralstoffe - Biologische Effekte, 234 S. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- EVERS, F.H. (1976): Zur Ausbreitung von Streusalzschäden im Innern von Waldbeständen. *Forstw. Cbl.* 95: 251-264.
- FINDO, S., P. HELL, J. FARKAS, B. MANKOVSKA, M. ZILINEC & M. STANOVSKY (1993): Akkumulation von ausgewählten Schwermetallen beim Rot- und Rehwild im zentralen Teil der Westkarpaten. *Z. Jagdwiss.* 39: 181-189.
- FIORDA, B. (1972): Der Bleigehalt von Pflanzen verkehrsnaher Standorte in Abhängigkeit von der Vegetationsperiode. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 85: 219-227.
- GISH, C.D. & R.E. CHRISTENSEN (1973): Cadmium, Nickel, Lead and Zinc in Earthworms from Roadside Soil. *Environmental Science & Technology* 7: 1060-1062.
- HALBROOK, R.S., R.L. KIRKPATRICK, P.F. SCANLON, M.R. VAUGHAN & H.P. VEIT (1993): Muskratpopulations in Virginias Elizabeth River - Physiological Condition and Accumulation of Environmental Contaminants. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 24:

438-445.

- HARRISON, P.D. & M.I. DYER (1984): Lead in mule deer forage in Rocky Mountain National Park, Colorado. *J. Wildl. Manage.* 48: 510-517.
- HELMERS, E., G. WILK & K. WIPPLER (1995): Lead in the urban environment - Studying the strong decline in Germany. *Chemosphere* 30: 89-101.
- HOFFMANN, G., W. SCHOLL & A. TRENKLE (1989): Schadstoffbelastung von Böden durch Kraftfahrzeugverkehr. *Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg*, Vol. 19, 103 S.
- IERADI, L.A., M. CRISTALDI, D. MASCANZONI, E. CARDARELLI & R. GROSSI (1996): Genetic damage in urban mice exposed to traffic pollution. *Environ. Pollut.* 92: 323-328.
- IL'ICHEV, V.D., I.I. KAMENSKII, ET AL. (1995): Ecological and technogenous factors of noise pollution of natural habitats of birds. *Russian J. Ecol.* 26: 345-348.
- JOSS, K. (1988): Einfluss des Autobahnverkehrs auf den Zustand umliegender Waldgebiete. Eine Untersuchung anhand von Zuwachsverhalten und Kronenbild an ausgewählten Standorten im Mittelland, 47 S. Bundesamt Strassenbau, Bericht 144, Bern.
- KRATZ, W., K. BIELITZ, J. JAEGER-VOLMER, U. KIELHORN, J. KRONSHAGE, U. RINK & G. WEIGMANN (1989): Ökosystemare Untersuchungen zur Schwermetallkontamination eines immissionsbelasteten Forstsaumes an der Autobahn Avus in Berlin (West). *Verh. Ges. Ökol.* 18: 409-413.
- LEGRET, M., V. COLANDINI, D. DEMARE, J.D. BALADES & H. MADIEC (1994): Heavy metal pollution related to the infiltration of run-off water in a pervious road construction. *Environmental Technology* 15: 1183-1191.
- LEUTENEGGER, V. (1971): Untersuchungen über die Belastung der Bodenseelandschaft durch den Verkehrslärm. *Natur und Landschaft* 46: 272-276.
- LORANGER, S., J. ZAYED & E. FORGET (1994): Manganese Contamination in Montreal in Relation with Traffic Density. *Water Air and Soil Pollution* 74: 385-396.
- LUSKY, K. A. LIPPERT, M. STOYKE, D. BOHM, H. HECHT & M. LUTHARDT (1994): Untersuchungen auf Umweltkontaminanten in Reh-, Dam-, Muffel- und Schwarzwild. *Fleischwirtschaft* 74: 189-191.
- LUTZ, W. (1985): Ergebnisse der Untersuchungen von Rehen (*Capreolus capreolus* L.) und Hasen (*Lepus europaeus* Pallas) auf Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe in Nordrhein-Westfalen. *Z. Jagdwiss.* 31: 153-175.
- LUTZ, W. (1995): Wildtiere - Weiser für die Belastung der Umwelt mit Schwermetallen. *Wildbiologie* 10: 1-11.
- LYTLE, C.M., B.N. SMITH & C.Z. MCKINNON (1995): Manganese accumulation along Utha roadways: a possible indication of motor vehicle exhaust pollution. *Science* 162: 105-109.
- MALTBY, L., A.B.A. BOXALL, D.M. FORROW, P. CALOW & C. BETTON (1995a): The effects of motorway runoff on freshwater ecosystems: 2. Identifying major toxicants. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14: 1093-1101.
- MALTBY, L., D.M. FORROW, A.B.A. BOXALL, P. CALOW & C. BETTON (1995b): The effects of motorway runoff on freshwater ecosystems: 1. Field study. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14: 1079-1092.
- MATHES, K., G. WEIDEMANN & L. BECK (1993): Indikatoren für Oekosystembelastung. *Berichte aus der Ökologischen Forschung*, Vol. 2/1993, 126 S. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich.
- MUSKETT, C.J. & M.P. JONES (1980): The dispersal of lead, cadmium and nickel from motor vehicles and effects on roadside invertebrate macrofauna. *Environ. Pollut.* 23: 231-242.
- NASRULLAH, N., H. TATSUMOTO & A. MISAWA (1994): Effect of Roadside Planting and Road Structure on NO₂ Concentration Near Road. *Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health* 40: 328-337.
- O'NEIL, D.H. & R.J. ROBEL (1985): Food habits of *Microtus*, *Peromyscus*, and *Blarina* along Kansas roadside: cause for caution in roadside contamination studies. *Trans. Kans. Acad.*

- Sci. 88: 40-45.
- PIZL, V. & G. JOSENS (1995): The influence of traffic pollution on earthworms and their heavy metal contents in an urban ecosystem. *Pedobiologia* 39: 442-453.
- PRZYBYLSKI, Z. (1979): The Effects of Automobile Exhaust Gases on the Arthropods of cultivated Plants, Meadows and Orchards. *Environ. Pollut.* 19: 157-161.
- RAHMANN, H., D. VEILE, T. VORDERMEIER, B. KOLB & K. ZINTZ (1990): Untersuchungen der Auswirkungen salzbelasteten Oberflächenwassers der B27 (neu), Landkreis Esslingen, auf die Fauna von Kleingewässern. Gutachten im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, 79 S. Zoologisches Institut der Universität Hohenheim.
- RECK, H. & G. KAULE (1993): Strassen und Lebensräume: Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume, 388 S. Abschlussbericht im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg, FE 02.125 G 88 L; FE 02.135 R 89 L. Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart.
- REINIRKENS, P. (1991): Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf die Landschaftsfaktoren Boden und Wasser. Forschungsbericht FE 02.129 G 88 L im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, 170 S. Geographisches Institut - Geoökologie, Ruhr-Universität Bochum.
- STAEHELIN, J., K. SCHLAPFER, T. BURGIN, U. STEINEMANN, S. SCHNEIDER, D. BRUNNER, M. BAUMLE, M. MEIER, C. ZAHNER, S. KEISER, W. STAHEL & C. KELLER (1995): Emission factors from road traffic from a tunnel study (Gubrist tunnel, Switzerland). 1. Concept and first results. *Science* 169: 141-147.
- STEPHAN, E. (1988): Schalleinflüsse auf Tiere. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 95: 83-85.
- TATARUCH, F. (1993): Vergleichende Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Rot-, Reh- und Gamswild. *Z. Jagdwiss.* 39: 190-200.
- THOMPSON, J.R. (1980): Autobahn-Auftausalze und ihre Wirkungen auf Böden und Pflanzen in England. *Verh. Ges. Ökol.* 8: 129-135.
- WARD, N.I. & J.M. SAVAGE (1994): Elemental Status of Grazing Animals Located Adjacent to the London Orbital (M25) Motorway. *Science* 147: 185-189.
- WARD, N.I., R.R. BROOKS & E. ROBERTS (1978a): Blood Lead Levels in Sheep Exposed to Automotive Emissions. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 20: 44-51.
- WARD, N.I., R.R. BROOKS & E. ROBERTS (1978b): Lead levels in sheep organs resulting from pollution from automotive exhausts. *Environ. Pollut.* 17: 7-13.
- WASNER, U. & R. WOLF-STRAUB (1981): Ökologische Auswirkungen des Strassenbaus auf die Lebensgemeinschaft des Waldes - Folgerungen für Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen, 1. Teil. *Mitt. der LÖLF* 1: 3-10.
- WILLIAMSON, P. & P.R. EVANS (1972): Lead: Levels in Roadside Invertebrates and Small Mammals. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 8: 280-288.

2 Barrierewirkung und Habitatfragmentierung

2.1 Habitatfragmentierung - nicht im Zusammenhang mit Verkehrslinien

Saunders et al. (1991) geben eine Übersicht, welche Auswirkungen Habitatfragmentierung auf dem Niveau von Ökosystemen haben kann. Charakteristische Merkmale sind Änderungen im Mikroklima (Sonneneinstrahlung, Wind, Wasser), Isolation (Zeitdauer seit der Isolation, Distanz zu anderen Fragmenten, Verbund, Änderungen in der umgebenden Landschaft) sowie modifizierende Einflüsse (Grösse und Form des Fragmentes, Position in der Landschaft). Eine ausführliche Abhandlung zu den Themen Flächenbedarf von Populationen, minimalgrösse überlebensfähige Populationen, Abschätzung der Zukunftschancen einer Population und Gefährdungsgradanalysen geben **Hovestadt et al. (1991)**. In seiner Review kommt **Andr n (1994)** aufgrund von Modellierungen und publizierter Literatur zum Schluss, dass mit abnehmender Fläche von geeignetem Habitat in der Landschaft Flächen- und Isolationseffekte die Populationsgrösse von Arten zu beeinflussen beginnen. Die Grenze, wo Flächen- und Isolationseffekte wirksam werden, setzt er bei etwa 30% des ursprünglich geeigneten Habitats an. Der Fichtenmarder (*Martes americana*) hingegen war bereits bei einem Waldflchenanteil (= geeignetes Habitat) von weniger als 75% kaum mehr vorhanden (**Hargis et al. 1999**).

Zuidema et al. (1996) untersuchten 58 publizierte Studien über die Auswirkungen von Waldfragmentierung. Sie kamen zum Schluss, dass die allgemeinen Schlussfolgerungen voreingenommen sind, da der Schwerpunkt vor allem bei Vögeln lag, eher Auswirkungen der Fragmentflchengrösse anstelle von Isolation und eher Präsenz-Absenz von Arten anstelle von Populationsgröszen untersucht wurden. Zudem gründe das vorhandene Wissen über die Auswirkungen von Fragmentierung vor allem auf Studien in kleinen Fragmenten (<10 ha), was nicht ohne weiteres auf grössere Flächen extrapoliert werden könne.

Heydemann (1983) und **Loeschcke (1988a, b)** vertreten die Meinung, dass grosse zusammenhängende Areale für Tiere mit hohem Raumbedarf wichtig seien. **Loeschcke (1988a, b)** folgerte aufgrund von Modellierungen, dass viele kleine Areale im Naturschutz die Artenvielfalt erhöhen. Einzelne grosse Areale hingegen seien wichtig für bedrohte Tiere mit hohem Raumbedarf. Dagegen sprechen die Resultate von **McCoy & Mushinsky (1994)**. Sie fanden für Wirbeltiere in Buschreservaten keine Hinweise, dass grosse Reservate notwendig wären. Laut **Mader (1983)** haben kleine Lebensräume eine geringere Stabilität, und das Verhältnis von der Kern- zur Randzone spielt eine grosse Rolle. Kleine Lebensräume seien einem stndigen Zustrom von biotopfremden Tierarten ausgesetzt, viele biotopspezifische Arten könnten sich demzufolge langfristig nicht halten. **MacNally & Bennett (1997)** stellen ein Modell vor, um die am anfälligsten auf Fragmentierung reagierenden Arten eines bestimmten Ökosystems vorauszusagen. Sie verwendeten dabei drei Charakteristika für terrestrische Arten im Modell (Mobilität, Populationsdichte und Grad der Habitatspezialisierung) und berechneten für 43 Vogelarten deren Anfälligkeit auf lokales Aussterben. **Bright (1993)** ging der Frage nach, wieso Säugetierarten sensibel auf Habitatfragmentierung reagieren und welche Faktoren für eine erniedrigte oder erhöhte Populationsgrösze verantwortlich sein können. Eine niedrige Populationsdichte, geringe Aus-

breitungsraten oder kurze Ausbreitungsdistanzen, Habitatspezialisierung, stochastische Populationsdynamik und niedriges Populationswachstum sowie Verwundbarkeit gegenüber exogenen Faktoren können zu einer erniedrigten Populationsgrösse führen. Eine erhöhte Populationsgrösse hingegen kann durch die Fähigkeit, kurzlebige Habitate, Randhabitate oder mehrere Habitattypen nutzen zu können, sowie die zeitweise Absenz von Konkurrenten verursacht sein.

Bender et al. (1998) führten eine Metaanalyse mit Daten von 25 publizierten Studien durch, um die Beziehung zwischen Flächengrösse und Populationsdichte zu untersuchen. Für Generalisten – also Tierarten, die sowohl Randzonen wie das Innere von Lebensräumen bewohnen – wurde keine Beziehung gefunden. Bei Arten des Lebensrauminnern (interior species) nahm die Populationsdichte mit zunehmender Fragmentierung ab, bei Arten des Lebensraumrandes (edge species) hingegen zu. Die Metaanalyse von **Bowers & Matter (1997)** zeigte, dass bei 20 von 32 Arten die Dichte nicht mit der Flächengrösse variierte. Fünf Arten zeigten eine positive, sieben Arten eine negative Dichte-Flächengrösse-Beziehung. Verschiedene Arten können auch unterschiedlich vom negativen Einfluss der Habitatfragmentierung beeinflusst sein, z.B. neben der Grösse von isolierten Flächen auch auf die Distanz der isolierten Flächen zu grösseren, zusammenhängenden Flächen (**Marsh & Pearman 1997**). **Hanski et al. (1995)** fanden bei Schmetterlingen mit sinkender regionaler Dichte und sinkender Grösse der Habitatfragmente eine geringere Nutzung der geeigneten Lebensräume. **Didham et al. (1998)** zeigten, dass sich bei Käfern die Artenzusammensetzung sowohl mit abnehmender Distanz zu den Waldrändern als auch mit abnehmender Flächengrösse signifikant änderte. Sie teilten die Reaktion der häufigsten Arten aufgrund ihrer Flächen- und Randempfindlichkeit in Gruppen ein. **Bowers et al. (1996)** simulierten den Randeffekt auf einzelne Tiere, um Auswirkungen der Habitatfragmentierung auf Populationsniveau voraussagen zu können. Die Simulationen zeigten, dass harte Habitatränder unterschiedliche Populationsgrössen für ähnlich grosse Flächen in zusammenhängenden und fragmentierten Landschaften zur Folge haben. Dieser Randeffekt ist viel grösser in kleinen als in grossen Fragmenten und für Arten mit grossen als mit kleinen Aktionsräumen. Diese Voraussagen wurden im allgemeinen auch durch die Feldexperimente an zwei Nagetierarten bestätigt. Laut **Luiselli & Capizzi (1997)** beeinflusste der Isolationsgrad von Waldflächen das Vorkommen von zwei Schlangenarten, während bei drei Arten kein Einfluss nachgewiesen werden konnte.

Burkey (1997) untersuchte den Einfluss der Fragmentierung auf künstliche Lebensgemeinschaften von Bakterien und Protozoa. Bei seinen Experimenten starb der Top-Prädator in fragmentierten Systemen schneller aus. **Zabel & Tschardt (1998)** untersuchten die Insektengemeinschaft in 32 verschiedenen grossen und isolierten Flächen der Brennnessel (*Urtica dioica*). Der Anteil der monophagen Herbivorenarten nahm mit zunehmender Habitatfläche zu. Der Artenreichtum der Prädatoren hingegen nahm mit zunehmender Habitatisolierung ab.

Bolger et al. (1997) untersuchten einheimische Nagetiere in 25 fragmentierten Flächen sowie in drei Kontrollflächen. Siedlungen oder andere vom Menschen beeinflusste Habitate umgaben die Grenzen der Fragmente. In etwa der Hälfte der Flächen konnten keine einheimischen Nagetiere mehr festgestellt werden. In den Fragmenten kamen weniger Arten vor als in gleich grossen Kontrollflächen eines nicht fragmentierten Habitats. Zudem beherbergten ältere Fragmente weniger Arten als vor kürzerer Zeit entstandene Fragmente. Aufgrund der Resultate gehen die Autoren davon aus, dass lokales Aussterben in den Fragmenten vorkam. **Keith et al. (1993)** konnten nachweisen, dass Populationen des Kanadischen Schneehasen (*Lepus americanus*) in schlechten Jahren aus den kleinsten untersuchten Gebieten verschwunden waren.

Van Apeldoorn et al. (1992) und **Opdam (1991)** zeigten für Kleinsäuger und Vögel, dass Teilgebiete für bestimmte Zeit verlassen und später wieder besiedelt werden können. In den Untersuchungen von **Opdam (1991)** schien das Verschwinden der Vögel von der Habitatgrösse abhängig zu sein, das Wiederbesiedeln hingegen vom Isolationsgrad.

Über die genetischen Auswirkungen der Fragmentierung ist einiges an neuerer, z.T. widersprüchlicher Literatur vorhanden. **Cunningham & Moritz (1998)** untersuchten die genetischen Auswirkungen der Waldfragmentierung auf eine an Regenwald gebundene Eidechse in Australien. Die genetische Struktur der Populationen schien dabei vor allem durch die historische (natürliche) und nicht die aktuelle anthropogene Fragmentierung (vor ca. 70 Jahren, was etwa 35 Generationen entspricht) verursacht. Die Autoren folgerten, dass für künftige Studien Mikro- oder Minisatelliten eingesetzt werden sollten, da ihre hohen Mutationsraten kürzlich erfolgte Populationsschwankungen aufdecken lassen sollten. **Gibbs (1998)** fand beim Salamander (*Plethodon cinereus*) keinen Unterschied in der genetischen Diversität zwischen fragmentierten Waldflächen (vor etwa 300 Jahren) und Flächen in zusammenhängendem Wald. Hingegen war der genetische Unterschied innerhalb der Subpopulationen der fragmentierten Waldflächen grösser als innerhalb der Subpopulationen des zusammenhängenden Waldes. Gemäss **Hitchings & Beebee (1998)** waren genetische Diversität, Überlebensrate und Entwicklungsstabilität der Erdkröte (*Bufo bufo*) in kleinen städtischen Populationen tiefer als in grösseren ländlichen Populationen in derselben Gegend. Der genetische Unterschied war zwischen städtischen Flächen, die im Mittel 2.2 km auseinander lagen, signifikant höher als zwischen den ländlichen Flächen (im Mittel 37 km auseinander); ähnliche Resultate liegen auch für den Grasfrosch (*Rana temporaria*) vor (**Hitchings & Beebee 1997**). Beim gemeinen Frostspanner (*Operophtera brumata*) konnte gezeigt werden, dass in Fragmenten die genetische Differenzierung höher und die genetische Variabilität kleiner war als in zusammenhängenden Waldflächen (**van Dongen et al. 1998**). **Mills & Allendorf (1996)** untersuchten die One-Migrant-per-Generation Regel kritisch und folgerten, dass ein migrierendes Individuum pro Generation das wünschenswerte Minimum darstellt. Sie schlagen vor, dass ein Minimum von einem und ein Maximum von 10 migrierenden Individuen pro Generation eine angemessene Faustregel darstellen.

Mehrere interessante Feldexperimente v.a. an Kleinsäugetieren zeigen unterschiedliche Effekte der Habitatfragmentierung auf die Populationsdynamik (z.B. **Andreassen et al. 1998**, **Andreassen & Ims 1998**, **Johannesen & Ims 1996**, **Dooley et al. 1998**, **Wolff et al. 1997**). Ein Feldexperiment an einer Salamanderart zeigte, dass unwirtliche Bedingungen mit dem Verhalten kompensiert werden können. So bewegten sich die Salamander viel schneller in Verbindungen ohne geeignete Habitatstruktur als in Korridor-Verbindungen (**Rosenberg et al. 1998**).

Liste der erfassten Publikationen

- ANDREASSEN, H.P. & R.A. IMS (1998): The effects on experimental habitat destruction and patch isolation on space use and fitness parameters in female root vole *Microtus oeconomus*. J. Anim. Ecol. 67: 941-952.
- ANDREASSEN, H.P., K. HERTZBERG & R.A. IMS (1998): Space-use responses to habitat fragmentation and connectivity in the root vole *Microtus oeconomus*. Ecology 79: 1223-1235.
- ANDRÉN, H. (1994): Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. Oikos 71: 355-366.
- ANDRÉN, H. (1996): Population responses to habitat fragmentation: statistical power and the

- random sample hypothesis. *Oikos* 76: 235-242.
- ANDRÉN, H. (1999): Habitat fragmentation, the random sample hypothesis and critical thresholds. *Oikos* 84: 306-308.
- ANGOLD, P.G. (1997): Edge effects in fragmented habitats: Implications for nature conservation. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 140-148.
- APELDOORN, R.C. VAN (1997): Fragmented mammals: What does that mean? In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 121-126.
- APELDOORN, R.C. VAN, W.T. OOSTENBRINK, A. VAN WINDEN & F.F. VAN DER ZEE (1992): Effects of habitat fragmentation on the bank vole, *Clethrionomys glareolus*, in an agricultural landscape. *Oikos* 65: 265-274.
- APELDOORN, R.C. VAN, C. CELADA & W. NIEUWENHUIZEN (1994): Distribution and dynamics of the red squirrel (*Sciurus vulgaris* L.) in a landscape with fragmented habitat. *Landscape Ecology* 9: 227-235.
- BAKKER, J., J.P. KNAAPEN & P. SCHIPPERS (1997): Fauna dispersal modelling: A spatial approach. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 183-192.
- BANSE, G. & E. BEZZEL (1984): Artenzahl und Flächengröße am Beispiel der Brutvögel Mitteleuropas. *J. Orn.* 125: 291-305.
- BASCOMPTE, J. & R. SOLE (1996): Habitat fragmentation and extinction thresholds in spatially explicit models. *J. Anim. Ecol.* 65: 465-473.
- BAYNE, E.M. & K.A. HOBSON (1998): The effects of habitat fragmentation by forestry and agriculture on the abundance of small mammals in the southern boreal mixedwood forest. *Can. J. Zool.* 1: 62-69.
- BEIER, P. (1995): Dispersal of Juvenile Cougars in Fragmented Habitat. *J. Wildl. Manage.* 59: 228-237.
- BENDER, D.J., T.A. CONTRERAS & L. FAHRIG (1998): Habitat loss and population decline: A meta-analysis of the patch size effect. *Ecology* 79: 517-533.
- BERRY, R.J. (1986): Genetics of insular populations of mammals with particular reference to differentiation and founder effects in British small mammals. *Biol. J. Linn. Soc.* 28: 205-230.
- BEVERS, M. & C. FLATHER (1999): Numerically exploring habitat fragmentation effects on population using cell-based coupled map lattices. *Theoretical Population Biology* 55: 61-76.
- BOLGER, D.T., A.C. ALBERTS, R.M. SAUVAJOT, P. POTENZA, C. MCCALVIN, D. TRAN, S. MAZZONI & M.E. SOULÉ (1997): Response of rodents to habitat fragmentation in coastal southern California. *Ecological Applications* 7: 552-563.
- BOWERS, M.A. & S.F. MATTER (1997): Landscape ecology of mammals: Relationship between density and patch size. *J. Mammal.* 78: 999-1013.
- BOWERS, M., S. MATTER & J. DOOLEY (1996): Controlled experiments of habitat fragmentation: a simple computer simulation and a test using small mammals. *Oecologia* 108: 182-191.
- BOYCE, M.S. (1992): S.L.O.S.S. is not resolved. *Trans. 18th Congr. Int. Union. Game Biol. Krakow, Poland* 2: 533-535.
- BRIGHT, P.W. (1993): Habitat Fragmentation - Problems and Predictions for British Mammals. *Mammal Review* 23: 101-111.
- BROGGI, M.F. & H. SCHLEGEL (1989): Mindestbedarf an naturnahen Flächen in der

- Kulturlandschaft, 180 S. Nationales Forschungsprogramm "Nutzung des Bodens in der Schweiz" (NFP22); Bericht 31, Liebefeld-Bern.
- BURKEY, T.V. (1989): Extinction in nature reserves: the effect of fragmentation and the importance of migration between reserve fragments. *Oikos* 55: 75-81.
- BURKEY, T.V. (1997): Metapopulation extinction in fragmented landscapes using bacteria and protozoa communities as model ecosystems. *American Naturalist* 150: 568-591.
- CANTERS, K.J. & R. CUPERUS (1997): Assessing fragmentation of bird and mammal habitats due to roads and traffic in transport regions. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 160-170.
- CUNNINGHAM, M. & C. MORITZ (1998): Genetic effects of forest fragmentation on a rainforest restricted lizard (Scincidae, *Gnypetoscincus queenslandiae*). *Biol. Conserv.* 83: 19-30.
- DAVIES, K.S. & C.R. MARGULES (1998): Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. *J. Anim. Ecol.* 67: 460-471.
- DEMPSTER, J.P. (1991): Fragmentation, isolation and mobility of insect populations. In: Collins, N.M. & J.A. Thomas (Eds.): *The conservation of insects and their habitats*, 15th Symposium of the Royal Entomological Society of London 1989. London. 143-153.
- DIDHAM, R.K., P.M. HAMMOND, J.H. LAWTON, P. EGGLETON & N.E. STORK (1998): Beetles species responses to tropical forest fragmentation. *Ecological Monographs* 68: 295-323.
- DIFFENDORFER, J.E., M.S. GAINES & R.D. HOLT (1995): Habitatfragmentation and movements of three small mammals (*Sigmodon*, *Microtus*, and *Peromyscus*). *Ecology* 76: 827-839.
- DONGEN, S. VAN, T. BACKELJAU, E. MATTHYSEN & A.A. DHONDT (1998): Genetic population structure of the winter moth (*Operophtera brumata* L.) (Lepidoptera, Geometridae) in fragmented landscape. *Heredity* 80: 92-100.
- DOOLEY, J.L., J.R. BOWERS & M.A. BOWERS (1998): Demographic responses to habitat fragmentation: experimental tests at the landscape and patch scale. *Ecology* 79: 969-980.
- FAHRIG, L. (1997): Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *J. Wildl. Manage.* 61: 603-610.
- FAHRIG, L. (1998): When does fragmentation of breeding habitat affect population survival? *Ecol. Model.* 105: 273-292.
- FAHRIG, L. & G. MERRIAM (1994): Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology* 8: 50-59.
- FIFB (1993): Bedeutung von Isolation, Flächengrösse und Biotopqualität für das Überleben von Tier- und Pflanzenpopulationen in der Kulturlandschaft am Beispiel von Trockenstandorten. *Z. Ökologie und Naturschutz* 2: 58-60.
- FRANK, K., M. DRECHSLER & C. WISSEL (1994): Ueberleben in fragmentierten Lebensräumen - Stochastische Modelle zu Metapopulationen. *Zeitschrift für Oekologie und Naturschutz* 3: 167-178.
- GAINES, M.S., J.E. DIFFENDORFER, R.H. TAMARIN & T.S. WHITTAM (1997): The effects of habitat fragmentation on the genetic structure of small mammal populations. *Journal of Heredity* 88: 294-304.
- GIBBS, J.P. (1998): Genetic structure of redback salamander *Plethodon cinereus* populations in continuous and fragmented forest. *Biol. Conserv.* 86: 77-81.
- GOTELLI, N.J. & W.G. KELLEY (1993): A General Model of Metapopulation Dynamics. *Oikos* 68: 36-44.
- GRUTTKE, H. (1997): Impact of landscape changes on the ground beetle fauna (Carabidae) of an agricultural countryside. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 149-159.

- HARGIS, C., J.A. BISSONNETTE & D.L. TURNER (1999): The influence of forest fragmentation and landscape pattern on American martens. *J. Appl. Ecol.* 36: 157-172.
- HAILA, Y. & J. KOUKI (1994): The Phenomenon of Biodiversity in Conservation Biology. *Ann. Zool. Fennici* 31: 5-18.
- HANSKI, I., T. PAKKALA, M. KUUSSAARI & G.C. LEI (1995): Metapopulation persistence of an endangered butterfly in a fragmented landscape. *Oikos* 72: 21-28.
- HEYDEMANN, B. (1981): Zur Frage der Flächengröße von Biotopbeständen für den Arten- und Ökosystemschutz. *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* 31: 1-31.
- HEYDEMANN, B. (1983): Forderungen für den Biotop- und Artenschutz. *Natur* 4: 52-66.
- HITCHINGS, S.P. & T.J.C. BEEBEE (1997): Genetic substructuring as a result of barriers to gene flow in urban *Rana temporaria* (Common Frog) populations - Implications for biodiversity conservation. *Heredity* 79: 117-127.
- HITCHINGS, S.P. & T.J.C. BEEBEE (1998): Loss of genetic diversity and fitness in Common Toad (*Bufo bufo*) populations isolated by inimical habitat. *J. Evol. Biol.* 11: 269-283.
- HOLMES, J. (1996): Parasites as threats to biodiversity in shrinking ecosystems. *Biodivers. Conserv.* 5: 975-983.
- HOVESTADT, T. (1990): Die Bedeutung zufälligen Aussterbens für die Naturschutzplanung. *Natur und Landschaft* 65: 3-8.
- HOVESTADT, T., J. ROESER & M. MÜHLENBERG (1991): Flächenbedarf von Tierpopulationen, *Berichte aus der ökologischen Forschung* 1: 277 S. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich.
- JETSCHKE, G. & H. FRÖBE (1994): Ausbreitung und Ueberleben von kleinen Populationen in fragmentierten Habitaten. *Zeitschrift für Oekologie und Naturschutz* 3: 179-187.
- JOHANNESSEN, E. & R.A. IMS (1996): Modelling survival rates: Habitat fragmentation and destruction in root vole experimental populations. *Ecology* 77: 1196-1209.
- JOHANNESSEN, J., U. SCHWING, W. SEUFERT, A. SEITZ & M. VEITH (1997): Analysis of gene flow and habitat patch network for *Chazara briseis* (Lepidoptera, Satyridae) in an agricultural landscape. *Biochemical Systematics & Ecology* 25: 419-427.
- KEITH, L.B., S.E.M. BLOOMER & T. WILLEBRAND (1993): Dynamics of a Snowshoe Hare Population in Fragmented Habitat. *Can. J. Zool.* 71: 1385-1392.
- KOZAKIEWICZ, M. & J. KONOPKA (1991): Effect of habitat isolation on genetic divergence of bank vole populations. *Acta theriologica* 36: 363-367.
- KÜSTER, F. (1985): Eingriffe in Tierlebensräume und die Möglichkeiten des Ausgleichs, dargestellt am Beispiel des Kranichs. In: Bernard, J.M., M. Lansiaart, C. Kempf & M. Tille (Eds.): *Routes et Faune sauvage, Actes du Colloque au Conseil de l'Europe*, Strasbourg. Bagnaux Cédex. 157-161.
- LAAN, R. & B. VERBOOM (1990): Effects of pool size and isolation on amphibian communities. *Biol. Conserv.* 54: 251-262.
- LOESCHCKE, V. (1988a): Biogeographie und Artenschutz. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 41: 261-265.
- LOESCHCKE, V. (1988b): Populationsgenetik und Artenschutz. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 41: 310-314.
- LOMAN, J. & T. VON SCHANTZ (1991): Birds in a farmland - more species in small than in large habitat island. *Conservation Biology* 5: 176-188.
- LOMOLINO, M.V. & R. CHANNELL (1995): Splendid isolation: patterns of geographic range collapse in endangered mammals. *J. Mammal.* 76: 335-347.
- LUISELLI, L. & D. CAPIZZI (1997): Influences of area, isolation and habitat features on distribution of snakes in mediterranean fragmented woodlands. *Biodiversity & Conservation* 6: 1339-1351.
- MACNALLY, R. & A.F. BENNETT (1997): Species-specific predictions of the impact of habitat fragmentation: local extinction of birds in the box-ironbark forest of central Victoria, Australia.

- Biol. Conserv. 82: 147-155.
- MADER, H.J. (1980a): Tierökologische Konsequenzen der Verinselung der Landschaft im Siedlungsbereich. In: Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) (Ed.): Tierökologische Aspekte im Siedlungsbereich, Tagungsbericht 1/80. Laufen/Salzach. 24-41.
- MADER, H.J. (1980b): Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht. *Natur und Landschaft* 55: 91-96.
- MADER, H.J. (1981): Untersuchungen zum Einfluss der Flächengröße von Inselbiotopen auf deren Funktion als Trittstein oder Refugium. *Natur und Landschaft* 56: 235-242.
- MADER, H.J. (1983): Warum haben kleine Inselbiotope hohe Artenzahlen? Kritische Gedanken über den Wert kleinflächiger Landschaftsstrukturen aus der Sicht des Naturschutzes. *Natur und Landschaft* 58: 367-370.
- MADER, H.J. (1984a): Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biol. Conserv.* 29: 81-96.
- MADER, H.J. (1984b): Inselökologie-Erwartungen und Möglichkeiten. In: Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) (Ed.): Laufener Seminarbeiträge 7/84. Laufen/Salzach. 7-16.
- MADER, H.J. (1987): Verinselung in Verdichtungsgebieten. In: Ökologische Probleme in Verdichtungsgebieten, Tagung über Umweltforschung an der Universität Hohenheim. Stuttgart. 131-138.
- MADER, H.J. (1990): Die Isolation von Tier- und Pflanzenpopulationen als Aspekt einer europäischen Naturschutzstrategie. *Natur und Landschaft* 65: 9-12.
- MARSH, D.M. & P.B. PEARMAN (1997): Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conservation Biology* 11: 1323-1328.
- MCCOY, E.D. & H.R. MUSHINSKY (1994): Effects of Fragmentation on the Richness of Vertebrates in the Florida Scrub Habitat. *Ecology* 75: 446-457.
- MERCURE, A., K. RALLS, K.P. KOEPFLI & R.K. WAYNE (1993): Genetic subdivisions among small canids: Mitochondrial DNA differentiation of swift, kit and arctic foxes. *Evolution* 47: 1313-1328.
- MERRIAM, G. & J. WEGNER (1992): Local Extinctions, Habitat Fragmentation and Ecotones. In: Hansen, A.J. & F. di Castri (Eds.): *Landscape Boundaries. Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flow*, Vol. 92. New York, Berlin, London. 151-169.
- MILLS, L.S. & F.W. ALLENDORF (1996): The one-migrant-per-generation rule in conservation and management. *Conservation Biology* 10: 1509-1518.
- MÖNKKÖNEN, M. & P. REUNANEN (1999): On critical thresholds in landscape connectivity: a management perspective. *Oikos* 84: 302-304.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Die Erforschung des Flächenanspruches von Tierpopulationen - Abhängigkeiten von der Biotopqualität, Konsequenzen für die Eingriffsplanung. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik* 636: 119-130.
- MÜHLENBERG, M. & W. WERRES (1983): Lebensraumverkleinerung und ihre Folgen für einzelne Tiergemeinschaften. Experimentelle Untersuchungen auf einer Wiesenfläche. *Natur und Landschaft* 58: 43-50.
- NEUHÄUSER, P. (1991): Populationsmanagement und Artenschutz aus genetisch-demographischer Sicht. *Biologisches Zentralblatt* 110: 87-113.
- OEHLER, J. & J. LITVAITIS (1996): The role of spatial scale in understanding responses of medium sized carnivores to forest fragmentation. *Can. J. Zool.* 74: 2070-2079.
- OLAF, B. & B. ARND (1993): Anthropogenic landscape changes in Central Europe and the role of bioindication. *Landscape Ecology* 8: 139-151.
- O'NEIL, T.A. & G.W. WITMER (1991): Assessing cumulative impacts to elk and mule deer in the Salmon River Basin, Idaho. *Applied Animal Behaviour Science* 29: 225-238.

- OPDAM, P. (1991): Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic breeding bird studies. *Landscape Ecology* 5: 93-106.
- PARKER, P.G. & H.H. WHITEMAN (1993): Genetic Diversity in Fragmented Populations of *Clemmys guttata* and *Chrysemys picta marginata* as Shown by DNA Fingerprinting. *Copeia* 3: 841-846.
- RATHCKE, B.J. & E.S. JULES (1993): Habitat Fragmentation and Plant Pollinator Interactions. *Current Science* 65: 273-277.
- ROSENBERG, D., B.R. NOON, J.W. MEGAHAN & E.C. MESLOW (1998): Compensatory behaviour of *Ensatina escholtzii* in biological corridors: a field experiment. *Can. J. Zool.* 76: 117-133.
- RUCKELSHAUS, M., C. HARTWAY & P. KAREIVA (1997): Assessing the data requirements of spatially explicit dispersal models. *Conservation Biology* 11: 1298-1306.
- RUKKE, B.A. & F. MIODTGAARD (1998): The importance of scale and spacial variables for the fungivorous beetle *Bolitophagus reticulatus* (Coleoptera, Tenebrionidae) in a fragmented forest landscape. *Ecography* 6: 561-572.
- SAUNDERS, D.A., R.J. HOBBS & C.R. MARGULES (1991): Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- SCHLÜPMANN, M. (1985): Auswirkungen der Verkleinerung und Isolierung von Ökosystemen. *Natur- und Landschaftskunde* 21: 92-96.
- SCHMIEGELOW, F., C. MACHTANS & S. HANNON (1997): Are boreal birds resilient to forest fragmentation? An experimental study of short-term community responses. *Ecology* 78: 1914-1932.
- SCHNEIDER, E. (1983): Die Auswirkungen anthropogener Biotopveränderung auf den Bestand des Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). In: XV CONG.INT.DE FAUNA CINEGETICA Y SILVESTRE (Ed.): Impactos humanos y sus efectos sobre la fauna silvestre. TRUJILLO. 147-159.
- SCHREINER, J. (1987): Der Flächenanspruch im Naturschutz. *Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ANL* 11: 209-224.
- SEILER, A., E. LINDSTROEM & D. STENSTROEM (1995): Badger abundance and activity in relation to fragmentation of foraging biotopes. *Ann. Zool. Fennici* 32: 37-45.
- SMITH, G.T., G.W. ARNOLD, S. SARRE, M. ABENSPERGTRAUN & D.E. STEVEN (1996): The effects of habitat fragmentation and livestock-grazing on animal communities in remnants of gimlet *Eucalyptus salulbris* woodland in the western australian wheatbelt lizards. *J. Appl. Ecol.* 33: 1302-1310.
- VERBOOM, B. & R. VAN APELDOORN (1990): Effects of habitat fragmentation on the red squirrel, *Sciurus vulgaris* L. *Landscape Ecology* 4: 171-176.
- WATERSTRAAT, A. (1994): Forschungsverbundprojekt zum Erhalt störungsarmer unzerschnittener Lebensräume für gefährdete Tierarten in Mecklenburg-Vorpommern begonnen. *Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern* 37: 3-7.
- WERRES, W. (1984): Versuchsprogramm über den Individuenaustausch von Vögeln zwischen Waldinseln. In: *Laufener Seminarbeiträge* 7/84. Laufen/Salzach. 70-78.
- WOLFF, J., E. SCHAUBER & W.D. EDGE (1997): Effects of habitat loss and fragmentation on the behavior and demography of gray-tailed voles. *Efectos de la perdida y demografia de ratones de campo de cola gris. Conservation Biology* 11: 945-956.
- ZABEL, J. & T. TSCHARNTKE (1998): Does fragmentation of *Urtica* habitats affect phytophagous and predatory insects differentially? *Oecologia* 116: 419-425.
- ZUIDEMA, P.A., J.A. SAYER & W. DIJKMAN (1996): Forest fragmentation and biodiversity - The case for intermediate-sized conservation areas. *Environmental Conservation* 23: 290-297.

2.2 Habitatfragmentierung und Barrierewirkung durch Verkehrslinien

Andrews (1990) gibt einen Überblick über die Auswirkungen von Strassen oder anderen linearen Infrastruktursystemen und führt auch Beispiele aus publizierter Literatur speziell zu den Themen Habitatverlust und -veränderung, sowie Rand-, Barrieren- und Störungseffekt auf. Den Flächenanspruch von Strassen bezifferten **Evert & Winkelbrandt (1983)** für Deutschland auf 17.6 ha pro Kilometer Strassenneubau einer Bundesfernstrasse. **Lassen (1987)** befasste sich mit unzerschnittenen verkehrssarmen Räumen in Deutschland und stellte fest, dass die Räume mit einer grösseren Fläche als 100 km² innerhalb der letzten Jahre um 18.3% abgenommen haben.

Für Kleinsäuger wird die Frage der Barrierewirkung widersprüchlich beurteilt. Während **Bakowski & Kozakiewicz (1988)** und **Korn (1991)** festhalten, Forststrassen respektive 20 m breite Strassen würden von Kleinsäufern überquert, stellen **Kozel & Fleharty (1979)**, **Mader & Pauritsch (1981)**, **Oxley et al. (1974)** sowie **Wilkins (1982)** fest, Forstwege oder grössere Strassen seien für Kleinsäuger ein Hindernis. Für mittelgrosse fleischfressende Säuger weisen **Camby & Maizeret (1985)** nach, dass jüngere und nicht territoriale Tiere die eingezäunte Verkehrslinie überwinden, während territoriale Tiere die Strasse offensichtlich als Grenze annehmen. Auch bei **Fehlberg (1994)** überwandern mittelgrosse Säuger eingezäunte Verkehrslinien und benutzten technische Unterführungen.

Vos & Chardon (1998) wiesen beim Moorfrosch (*Rana arvalis*) einen negativen Effekt der Strassendichte auf die Wahrscheinlichkeit, dass ein Teich bewohnt wird, nach. **Ishigaki (1987)** fand in seiner Untersuchung, dass kleinere Vögel vor dem Überflug einer Autobahn zögern. Die Migration und Dispersion indessen wurde nicht gestört. Für Arthropoden wiesen **Mader (1979)** und **Mader et al. (1990)** eine Barrierewirkung nach. **Pauritsch (1984)** fand in einer kleinen isolierten Waldinsel mehr Laufkäferarten als in den benachbarten Waldflächen. Er folgert daraus, dass bei Waldarten die Strukturvielfalt des Habitats die Artenzahl stärker beeinflusst als die Flächengrösse. Die Frage der Barrierewirkung auf Wildtiere wird auch im Kapitel 1.2 angeschnitten.

Liste der erfassten Publikationen

- ADAMS, L.W. & A.D. GEIS (1983): Effects of roads on small mammals. J. Ecol. 20: 403-415.
- ANDEREGG, R. (1983): Strassen treiben Wildtiere in den Isolationstod. Wildtiere 3: 6-11.
- ANDREWS, A. (1990): Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: A review. Australian Zoologist 26: 130-141.
- APELDOORN, R.C. VAN, J. VERBOOM & W. NIEUWENHUIZEN (1997): DASSIM, een simulatiemodel voor de evaluatie van verkeersscenario's: calibratie en evaluatie, 59 S. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT CULTERRA (1993): Flur- und Waldwege heute: asphaltiert, betoniert, befestigt, 124 S. Bristol-Stiftung, Zürich; Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz.
- BAKKER, J., J.P. KNAAPEN & P. SCHIPPERS (1997): Connectivity analysis and evaluation of measures by means of fauna dispersal modelling. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 354-361.
- BAKOWSKI, C. & M. KOZAKIEWICZ (1988): The effect of forest road on bank vole and yellow-necked mouse populations. Acta theriologica 33: 345-353.

- BEKKER, G.J. & K.J. CANTERS (1997): The continuing story of badgers and their tunnels. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 344-353.
- BENNETT, G. (1997): Habitat fragmentation: the European dimension. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 61-69.
- BINA, O., B. BRIGGS & G. BUNTING (1997): Towards an assessment of Trans-European Transport Networks' impact on nature conservation. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 240-252.
- BOYE, P. (1996): Ist der Feldhase in Deutschland gefährdet? *Natur und Landschaft* 7: 167-174.
- BRODY, A.J. & M.R. PELTON (1989): Effects of roads on black bear movements in western North Carolina. *Wildl. Soc. Bull.* 17: 5-10.
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (1991): *Verkehr in Zahlen 1991*, 496 S. Bonn.
- BURKHALTER, R. & S. SCHADER (1994): *Strassen statt Wiesen und Wälder? Ökologische und ökonomische Beurteilung von Forst- und Güterstrassen*, 123 S. vdf Hochschulverlag AG an der ETH, Zürich.
- CAMBY, A. & C. MAIZERET (1985): Perméabilité des routes et autoroutes vis-à-vis des mammifères carnivores: Exemple des études menées dans les landes de Gascogne par radio-poursuite. In: Bernard, J.-M., M. Lansiaert, C. Kempf & M. Tille (Eds.): *Routes et Faune Sauvage*, Conseil de l'Europe, Actes du Colloque. F-92223 Bagneux. 183-193.
- CLARKE, G.P., P.C.L. WHITE & S. HARRIS (1998): Effects of roads on badger *Meles meles* Populations in south-west England. *Biol. Conserv.* 86: 117-124.
- COLE, E.K., M.D. POPE & R.G. ANTHONY (1997): Effects of road management on movement and survival of Roosevelt elk. *J. Wildl. Manage.* 61: 1115-1126.
- CUMMING, H.G. & B.T. HYER (1998): Experimental log hauling through a traditional caribou wintering area. *Rangifer (Special Issue)* 10: 241-258.
- CUPERUS, R. & K.J. CANTERS (1994): Natuureffecten van verkeerswegen (Ways to ground mitigating and compensating measures). *Landschap* 11: 27-36.
- CUPERUS, R. & K.J. CANTERS (1997): *Maten en mate van versnippering. Versnippering van ecosystemen in vervoerregio's*, 106 S. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- CUPERUS, R., K.J. CANTERS & A.W.J. VAN SCHAİK (1993): *Infrastructuur en compensatie van natuurwaarden. Aard en achtergrond van compenserende natuurmaatregelen. Projekt Versnippering. (Infrastruktur und Kompensation von Naturwerten. Grundlageninformation und Art von kompensierenden Massnahmen zur Erhaltung der Natur)*, Vol. 18, 72 S. Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat; Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- CURATOLO, J.A. & S.M. MURPHY (1986): The effects of pipelines, roads, and traffic on the movements of caribou, *Rangifer tarandus*. *Can. Field. Nat.* 100: 218-224.
- ERZ, W. & I. GÜNTHER (1978): Strassen durchkreuzen die Wege des Wildes. *Bild Wissenschaft. Plus* 4/78: 106-118.
- EVERT, K.-J. & A. WINKELBRANDT (1983): Erfassung der Flächeninanspruchnahme durch Bundesfernstrassen am Beispiel der BAB A 45. *Methoden und Ergebnisse. Natur und Landschaft* 58: 51-55.
- EVINK, G.L., P. GARRETT, D. ZEIGLER & J. BERRY (Hrsg.) (1996): *Trends in Addressing*

- Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. State of Florida, Department of Transportation, Environmental Management Office, Florida.
- FEHLBERG, U. (1992): Wildquerungen - ökologische Barrierewirkung der BAB2 auf wildlebende Säugetiere. Zwischenbericht im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Strassenbau. Institut für Wildtierforschung an der tierärztlichen Hochschule Hannover.
- FEHLBERG, U. (1994): Ökologische Barrierewirkung von Strassen auf wildlebende Säugetiere - ein Tierschutzproblem. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 101: 125-129.
- FEHLBERG, U. & K. POHLMAYER (1994): Impact of a motorway (ecological barrier) on mammalian wildlife. In: Thompson, I.D. (Ed): Proceedings of the International Union of Game Biologists Congress: forests and wildlife... towards the 21st century, August 1993, Halifax. 102-108.
- FELLINGER, S. (1987): A4 & Hochwildfernwechsel. Gutachten im Auftrag der niederösterreichischen Landesregierung Abteilung B/2-F Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft an der Universität für Bodenkultur, Wien. 43 S.
- FORMAN, R.T.T. & A.M. HERSPERGER (1996): Road Ecology and Road Density in Different Landscapes, with International Planning and Mitigation Solutions. In: Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry (Eds.): Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. Florida. 22 S.
- FORMAN, R.T.T., D.S. FRIEDMAN, D. FITZHENRY, J.D. MARTIN, A.S. CHEN & L.E. ALEXANDER (1997): Ecological effects of roads: Toward three summary indices and an overview for North America. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 40-54.
- FRITZ, G. (1979): Übersicht über die Erschliessung der Tal- und Uferbereiche der Bundesrepublik Deutschland durch Verkehrswege. Natur und Landschaft 54: 75-76.
- GUYOT, G. & J. CLOBERT (1997): Conservation measures for a population of Hermanns Tortoise *Testudo Hermannii* in Southern France bisected by a major highway. Biol. Conserv. 79: 251-256.
- HELD, M. & U. LANGER (1993): Natur unter Rädern: ein Plädoyer für autofreie Schutzgebiete. Nationalpark 80: 42-46.
- ISHIGAKI, K. (1987): The effects of a highway on the behaviour of birds. Research Bulletins of the College Experiments Forests 44: 809-821.
- JOHNSON, D.R. & M.C. TODD (1977): Summer use of a highway crossing by mountain caribou. Can. Field. Nat. 91: 312-314.
- JUNKER-BORNHOLDT, R., M. WAGNER, M. ZIMMERMANN, S. SIMONIS, K.H. SCHMIDT & W. WILTSCHO (1998): The impact of motorway in construction and after opening to traffic on the breeding biology of Great Tit (*Parus major*) and Blue Tit (*Parus caeruleus*). J. Orn. 139: 131-139.
- KIESLICH, W., V. KLEINSCHMIDT & W. LÖBACH (1992): Verkehrsprojekte "Deutsche Einheit". Umweltauswirkungen der geplanten Verkehrsstrassen im Osten Deutschlands, 141 S. Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- KIRBY, K.J. (1997): Habitat fragmentation and infrastructure: Problems and research. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 32-39.
- KNAUER, N. & H. WOLTER (1980): Ökologische Auswirkungen des Strassennetzes dargestellt am Beispiel von Schleswig-Holstein. Forstarchiv. 250-255.
- KORN, H. (1991): Rapid repopulation by small mammals of an area isolated by roads. Mammalia 55: 629-632.
- KORN, H. (1993): Detecting small mammal movements across roads with the aid of coloured

- bait. Z. Angew. Zool 80: 371-376.
- KORN, H. & C. PITZKE (1988): Stellen Strassen eine Ausbreitungs-Barriere für Kleinsäuger dar? Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ANL 12: 189-195.
- KOZEL, R.M. & E.D. FLEHARTY (1979): Movements of rodents across roads. The Southwestern Naturalist 24: 239-248.
- LASSEN, D. (1979): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland. Natur und Landschaft 54: 333-334.
- LASSEN, D. (1987): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 qkm Flächengrösse in der Bundesrepublik Deutschland. Fortschreibung 1987. Natur und Landschaft 62: 532-535.
- LYON, L.J. (1979): Habitat effectiveness for elk as influenced by road and cover. JoF 77: 658-660.
- MADER, H.J. (1979): Die Isolationswirkung von Verkehrsstrassen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäufern der Waldbiozönose. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 19: 126.
- MADER, H.J. (1984): Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. Biol. Conserv. 29: 81-96.
- MADER, H.J. & G. PAURITSCH (1981): Nachweis des Barriere-Effektes von verkehrsarmen Strassen und Forstwegen auf Kleinsäuger der Waldbiozönose durch Markierungs- und Umsetzungsversuche. Natur und Landschaft 56: 451-454.
- MADER, H.J., C. SCHELL & P. KORNACKER (1988): Feldwege - Lebensraum und Barriere. Natur und Landschaft 63: 251-256.
- MADER, H.J., C. SCHELL & P. KORNACKER (1990): Linear barriers to arthropod movements in the landscape. Biol. Conserv. 54: 209-222.
- MÜHLENBERG, M. (1984): Verkleinerung der Lebensräume von Pflanzen und Tieren durch Zerschneidung der Kulturlandschaften. Forschungen zur Raumentwicklung 14: 93-104. (Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung).
- MULDER, J.L. (1989): Effects of roads on badger (*Meles meles*) and stoat (*Mustela erminea*) populations in the Netherlands - a research program. Abstract of Papers and Posters, Fifth International Theriological Congress, Rome, Vol. 2, 613 S.
- MURELL, S. (1976): The Black Pine Mountain deer herd and interstate 80. A classic example of man-wildlife conflict. Idaho Wildlife Review 3: 8-9.
- OPDAM, P.F.M. (1997): How to choose the right solution for the right fragmentation problem? In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 55-60.
- OXLEY, D.J., M.B. FENTON & G.R. CARMODY (1974): The effects of roads on populations of small mammals. J. Appl. Ecol. 11: 51-59.
- PALANG, H., M. MIKK & Ü. MANDER (1997): Ecological network and road network: The case of Estonia. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 104-108.
- PAURITSCH, G. (1984): Die Carabidengemeinschaften unterschiedlich grosser Strasseninseln (Autobahneinschlüsse). In: Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) (Ed.): Laufener Seminarbeiträge 7/84. Laufen/Salzach. 79-85.
- PAURITSCH-JACOBI, G. (1990): Mehrjährige Untersuchung zur Flächen-Arten-Beziehung von Carabidengemeinschaften in unterschiedlich grossen, durch Strassen isolierte Waldinseln. Dissertation Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt am Main. 125 S.
- PIEPERS, A. (1992): Versnipperingsonderzoek, 8 S. Ministerie van Verkeer en Waterstaat,

- Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Delft.
- REH, W. & A. SEITZ (1989): Untersuchungen zum Einfluss der Landnutzung auf die genetische Struktur von Populationen des Grasfrosches (*Rana temporaria* L.). Verh. Ges. Ökol. 18: 793-797.
- REICHEL, G. (1979): Landschaftsverlust durch Strassenbau. Natur und Landschaft 54: 335-338.
- REIJNEN, R., R. FOPPEN & G. VEENBAAS (1997): Disturbances by traffic of breeding birds - Evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. Biodiversity & Conservation 6: 567-581.
- RICH, A.C. & D.S. DOBKIN (1994): Defining Forest Fragmentation by Corridor Width: The Influence of Narrow Forest-Dividing Corridors on Forest-Nesting Birds in Southern New Jersey. Conservation Biology 8: 1109-1121.
- RICHARDSON, J.H., R.F. SHORE, J.R. TREWEEK & S.B.C. LARKIN (1997): Are major roads a barrier to small mammals? J. Zool. 243: 840-846.
- RIETZE, J. & H. RECK (1997): Wirksamkeit von Grünbrücken für wirbellose Tierarten - Untersuchungen an der B31neu und Synthese. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 327-468.
- SCHAAL, A. (1985): Effets d'une autoroute sur les déplacements de cerf (*Cervus elaphus*) en Haute Marne, Nord-Est de la France. In: Bernard, J.-M., M. Lansiaert, C. Kempf & M. Tille (Eds.): Routes et Faune Sauvage, Actes du Colloque au Conseil de l'Europe, Strasbourg, 5-7 Juin 1985. Bagneux. 173-181.
- SCHNIDRIG-PETRIG, R. & C. GALLMANN (1998): Weniger Bewegungsfreiheit für das Rehwild. Umweltschutz, BUWAL-Bulletin 2: 44-46.
- SCHREIBER, W., R. MAUSER & K. ZALONIS (1979): Landschaftsverbrauch durch Verkehr. Untersuchung über die Entwicklung von 1955 bis 1990 in der Region Mittlerer Neckar. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg. Büro Kilpper & Partner, Stuttgart.
- SCHUPP, D. (1991): Unzerschnittene verkehrssarme Räume in Niedersachsen: Landesbezogene Aussagen einer Studie der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie. Inform. Naturschutz Niedersachsen 11: 2-6.
- SINGER, F.J. (1978): Behavior of mountain goats in relation to U.S. highway 2, Glacier National Park, Montana. J. Wildl. Manage. 42: 591-597.
- SWIHART, R.K. & N.A. SLADE (1984): Road crossing in *Sigmodon hispidus* and *Microtus ochrogaster*. J. Mammal. 65: 357-360.
- TAMM, J. & J. WEISS (1979): Die ökologische Bedeutung grossflächiger Waldlandschaften und ihre Wertminderung durch zerschneidende Autobahntrassen. Das Beispiel der Bundesautobahn A 4 Olpe-Hattenbach. Naturschutz in Nordhessen 3: 25-50.
- SLUIJS, J. VAN DER (1994): Mitigerende maatregelen in Zuid-Holland (Mitigating measures in Zuid-Holland). Landschap 11: 49-60.
- SLUIS, T. VAN DER & C.C. VOS (1996): Amfiënen en verkeerswegen. Een patroonanalyse in Gelderland en Noord-Brabant, 41 S. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- VELAZQUEZ, A. (1993): Man-made and ecological habitat fragmentation: study case of the Volcano rabbit (*Romerolagus diazi*). Z. Säugetierkunde 58: 54-61.
- VOS, C.C. & J.P. CHARDON (1998): Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. J. Appl. Ecol. 35: 44-56.
- WALLISER, G. & M. ROTH (1997): Einfluss der Landschaftszerschnittenheit und des Landnutzungsmusters auf die Raum-Zeitstruktur des Dachses (*Meles meles* L.). Beiträge zur Jagd- und Wildforschung 22: 237-247.
- WALLISER, G., H. EICHSTÄDT & M. ROTH (1997): Auswirkungen von Zerschneidung und Fragmentierung der Landschaft auf Struktur und Dynamik von Dachspopulationen. In:

Proceedings 14th Mustelid Colloquium 14-17.9.1995, Praha. 72-77.

WILKINS, K.T. (1982): Highways as barriers to rodent dispersal. *The Southwestern Naturalist* 27: 459-460.

WINDLIN, F. (1995): Das Waldgesetz verlangt: Autos müssen draussen bleiben. *BUWAL-Bulletin* 2/95: 28-29.

ZWAENEPOEL, A. (1997): Floristic impoverishment by changing unimproved roads into metalled roads. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands.* Delft. 127-137.

3 Biotopvernetzung, Korridore

Biotopvernetzung und Korridore sind im Zusammenhang mit Strassen von Bedeutung, wenn es darum geht, die Auswirkungen der barrierebedingten Isolation zu kompensieren. Die Literatur zu diesem Thema ist umfangreich. Hier werden in erster Linie Publikationen vorgestellt, die sich speziell mit Strassen beschäftigen, darüber hinaus auch einige allgemeine theoretische und experimentelle Arbeiten, die im Zusammenhang mit Verkehrswegen ebenfalls relevant sind.

Laut **Blab (1992)** ist der Artenschwund nur durch Verstärkung der Schutzgebiets- resp. Biotopverbundaktivitäten und durch flächendeckende Massnahmen wie z.B. grossräumige Extensivierungen zu stoppen. Unter den zehn allgemeinen Grundsätzen für die Biotopschutzplanung führt er Punkte auf, die Korridore in einem weiteren Sinne umfassen: So sollen in engem Verbund liegende Biotope den Genfluss erhalten, Raumbarrieren durch Trittsteinbiotope aufgehoben, Teillebensräume bei Mehrbiotopbewohnern vernetzt sowie Lebensraum- bzw. Wanderbarrieren mittels Korridoren, Trittsteinbiotopen oder Abbau der Wanderhemmnisse wieder durchgängig gemacht werden. **Heydemann (1986)** präzisiert den Biotopschutz für Arten mit den folgenden Doppelbiotop-Ansprüchen: (a) Brut- und Nahrungsbiotop, (b) Sommer- und Überwinterungsbiotop, (c) Jugend- und Erwachsenen-Biotop, (d) Trocken- und Nässephase-Biotop. Weiter führt er Strategien zur Minderung der ökologischen Barriere-Wirkung von landwirtschaftlichen Intensiv-Kulturen auf.

Die Vor- und Nachteile von Korridoren beschreiben z.B. **Dawson (1994)**, **Newmark (1993)**, **Noss (1987, 1993)**, **Simberloff & Cox (1987)** und **Simberloff et al. (1992)** zusammenfassend, jedoch unterschiedlich gewichtet. **Dawson (1994)** untersuchte in seinem ausführlichen Bericht auf Grund publizierter Literatur die dem Korridor-Konzept zu Grunde liegenden Theorien wie z.B. Inseltheorie, Metapopulationen, «Minimum Viable Populations» oder Randeffect. Zudem hinterfragt er kritisch, ob Korridore Arten vor dem Aussterben retten oder auf der landschaftlichen Ebene funktionieren können. Er kommt zum Schluss, dass Korridore manchmal einzelnen Tieren das Überleben ermöglichen können, indem sie Zugang zu benötigten Ressourcen bieten. Zudem sollen Populationen von gewissen Tier- und Pflanzenarten mittels Immigration erhalten und wandernde Tiere in ihren saisonalen Bewegungen unterstützt werden können. Des Weiteren schlägt er vor, dass Korridore erhalten, verbessert oder vorgesehen werden sollen, dass sie so breit und zusammenhängend wie möglich sein sollen und dass ihre Struktur den Bedürfnissen der Zielarten angepasst sein soll.

Gemäss **Newmark (1993)** oder **Noss (1987,1993)** können die Vorteile von Korridoren in etwa wie folgt zusammengefasst werden: (a) Korridore erhöhen die Einwanderungsrate in ein Schutzgebiet. Die Biodiversität kann so erhalten resp. erhöht oder die Populationsgrösse bestimmter Arten erhöht und damit die Aussterbewahrscheinlichkeit vermindert werden. Zudem können Inzuchterscheinungen vermieden und damit die genetische Variabilität innerhalb von Populationen erhalten werden. (b) Korridore können grössere Gebiete für Tierarten mit grossem Raumanspruch zur Nahrungssuche bereitstellen. Korridore bieten zudem (c) Schutz vor Prädatoren während Bewegungen zwischen isolierten Flächen, stellen (d) eine Mischung von verschiedenen Habitaten und Sukzessionsstadien für Tierarten mit Ansprüchen an verschiedene Habitate während unterschiedlichen Aktivitäten oder Stadien ihrer Lebenszyklen bereit, oder stellen (e) eine alternative Zuflucht während grossen Störungen des Lebensraumes dar. (f) Zudem können Korridore als Grüngürtel die Ausbreitung des Stadtgebietes begrenzen, Erholungsmöglichkeiten bereitstellen oder das Landschaftsbild verschönern. **Sim-**

berloff & Cox (1987) und **Simberloff et al. (1992)** kritisieren, dass die meisten der obengenannten Vorteile nicht durch Untersuchungen belegt werden können, da meist keine Kontrolluntersuchungen ohne Korridore durchgeführt wurden. So seien z.B. lokale Auslöschungen nicht gezeigt worden und kleinere Populationen seien durch Inzuchterscheinungen nicht unbedingt höher gefährdet als durch andere Gefahren. Sie weisen dann auch auf mögliche biologische Nachteile von Korridoren hin, ohne allerdings selber Beweise anzuführen: So sollen Korridore den Verlust von Allelen durch Drift in ein Ensemble von Rückzugsgebieten ermöglichen, die Ausbreitung von Katastrophen wie Krankheiten, Feuer oder eingeführte Arten beschleunigen, als Reservoir von eingeführten und an Ökotope gebundene Arten sowie als Falle oder Senke dienen, was die Metapopulationsgrösse dezimieren würde. **Noss (1987)** führt noch weitere möglicherweise nachteilige Effekte auf: So befürchtet er erhöhte Immigrationsraten, welche dazu führen könnten, dass adaptierte lokale Gene oder Genkomplexe auseinandergelöst werden (outbreeding depression). Zudem könnten Wildtiere vermehrt Jägern, Wilderern und anderen Prädatoren ausgesetzt sein. Schliesslich kann Erhalt oder Aufbau von Korridoren sehr kostspielig sein. Laut **Hobbs (1992)** existiert viel Unsicherheit, was den Wert von Korridoren für Bewegungen von Tieren anbelangt, aber er fügt an, dass es auch noch kaum Beweise gibt, die zeigen würden, dass das Vorhandensein von Korridoren einen grösseren nachteiligen Einfluss hätte als das Fehlen. Die geringe Zahl von Fakten sei nicht ein Argument gegen Korridore sondern ein Argument, um mehr und bessere Daten zu sammeln. Er folgert deshalb, dass der Erhalt von bestehenden Verbindungen eine wichtige Komponente jedes Umweltschutzplanes sein soll, da es einfacher sei, diese Verbindungen jetzt zu erhalten als später zu ersetzen.

Neuere Daten belegen mittlerweile die Nützlichkeit von Korridoren besser. **Beier & Noss (1998)** untersuchten 32 veröffentlichte Studien und kamen zum Schluss, dass etwas weniger als die Hälfte der Studien überzeugende Daten zur Nützlichkeit von Korridoren lieferten. **Gonzalez et al. (1998)** fragmentierten experimentell Moos-«Landschaften» in einem natürlichen Ökosystem (auf Steinen). Dies führte bei Mikroarthropoden zu einer Abnahme in der Abundanz und der Verteilung bei den meisten Arten, sowie einem Aussterben bei vielen Arten. Mit Korridoren verbundene Flächen hingegen zeigten eine viel kleinere Aussterberate. Die Autoren folgerten daraus, dass diese Resultate die Wichtigkeit von Metapopulationsdynamik und Biotopverbundsystemen für die Erhaltung von Populationen in fragmentierten Landschaften demonstrieren. Auch ein Experiment mit der Wiesenwühlmaus (*Microtus pennsylvanicus*) zeigte, dass ohne Korridore die Dichte signifikant tiefer war als mit Korridoren. Zudem breiteten sich mehr Männchen zwischen Fragmenten mit Korridoren aus. Die Ausbreitungsbewegungen waren auf die Korridore beschränkt und das Vorhandensein von Korridoren war wichtiger als ihre Breite (**La Polla & Barret 1993**).

Downes et al. (1997a) untersuchten mit Lebendfallen, Scheinwerfer- und Tageslicht-Beobachtungen den Gebrauch von Korridoren entlang von Strassen als Habitate für einheimische Tierarten. Diejenigen Korridore, die weiter entfernt von Wäldern lagen, wiesen eine niedrigere Artenzahl auf als einzelne Waldflächen oder Korridore, die näher bei Wäldern lagen. Die potentielle Nützlichkeit von Korridoren wurde auch durch die vor kurzem erfolgte Rekolonisierung des Lake Manyara National Park (Tanzania) durch die Elenantilope (*Taurotragus oryx*) dargestellt (eine persönliche Mitteilung, zitiert in **Newmark 1996**): Ein See, der normalerweise eine starke Barriere für Bewegungen von grösseren Säugern darstellte, war 1993 praktisch vollständig ausgetrocknet. Elenantilopen, die im Park zuletzt 1983 gesichtet wurden, überquerten im Dezember 1993 das trockene Seebett und besiedelten somit von neuem den Park.

Ein grossräumiges Experiment, bei dem waldgebundene Vogelarten vor und nach einer Rodung gefangen wurden, zeigte, dass nicht gerodete Pufferstreifen gerade bei Jungvögeln als Korridore funktionieren können (**Machtans et al. 1996**). Eine andere Untersuchung an Vögeln zeigte, dass mit Gebüsch bewachsene Korridore bei vielen von Buschland abhängigen Arten eine Dichte aufwiesen, die mit jener in zusammenhängendem Buschland vergleichbar war (**Bentley & Catterall 1997**).

Verschiedene Modellierungsstudien geben Hinweise auf allgemeine Charakteristika von Korridoren. Laut **Frank & Berger (1996)** entscheiden Emigrationsstärke und Reichweite einer Art darüber, ob Verbundmassnahmen überhaupt wirksam werden und anthropogene Störungen kompensieren können. **Tischendorf & Wissel (1997)** berechneten, dass mit zunehmender Korridorbreite die Querungswahrscheinlichkeit asymptotisch bis zu einem oberen Wert zunimmt, der von Bewegungsgeschwindigkeit und Zeit abhängig ist. Ein Vergleich zwischen modellierten und mit Fallen gemessenen maximalen Immigrationsdistanzen bei einem Laufkäfer (*Abax parallelepipedus*) zeigten einen Wert von etwa 100 m. Längere Korridore können von diesen Käfern demnach nur in mehreren Generationen erfolgreich gequert werden. Deshalb müssen die Korridore Habitatqualitäten aufweisen, die für die Reproduktion nötig sind (**Tischendorf et al. 1998**). Gemäss **Anderson & Danielson (1997)** beeinflussen die Korridorqualität und die Anordnung von Korridoren die Metapopulationsgrösse, allerdings unter der Annahme, dass die Überlebensrate in guten Korridoren hoch, in schlechten Korridoren mittel und in der Matrix, die die Fragmente umgibt, null ist. Zudem wurde angenommen, dass Ausbreitung und Reproduktion unabhängig von der Dichte sind. **Swart & Lawes (1996)** modellierten am Beispiel der Diademmeerkatze (*Cercopithecus mitis*) die theoretische Metapopulationspersistenz in einer fragmentierten Landschaft. Das Modell zeigte, dass Korridore die Metapopulationspersistenz erst nach etwa 200 Jahren signifikant verbesserten.

Auch zu den möglichen Nachteilen von Korridoren sind neuere Publikationen veröffentlicht worden. **Downes et al. (1997b)** untersuchten Kleinsäuger in Korridoren entlang von Strassen. Eingeführte Arten waren in den Korridoren und/oder Weiden am häufigsten, während die Wälder von der einheimischen Buschratte (*Rattus fuscipes*) bevorzugt wurden. Allerdings konnte kein negativer Effekt der Präsenz eingeführter Arten auf einheimische Arten festgestellt werden. **Bennett (1990)** zeigte an australischen Kleinsäugetieren, dass einheimische Arten in Bezug auf Waldfragmentierung weniger tolerant sind als eingeführte Arten, die auch auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und auf Bauernhöfen vorkommen. **Hess (1996)** zeigte mit seinem Modell, dass sehr ansteckende Krankheiten von gemässiger Stärke sich weit ausbreiten und die Aussterbe-Wahrscheinlichkeit einer Metapopulation erhöhen. Dieses Ergebnis erstaunt weniger, wenn man einige der getroffenen Annahmen betrachtet: (a) eine Population ist entweder empfänglich oder infiziert; (b) die Aussterberate ist in infizierten Populationen grösser; (c) einmal infizierte Populationen bleiben bis zum eventuellen Aussterben infiziert (es gibt also keine Erholung von der Krankheit); und (d) alle Individuen, die eine infizierte Population verlassen, sind infiziert.

Liste der erfassten Publikationen

- ANDERSON, G.S. & B.J. DANIELSON (1997): The effects of landscape composition and physiognomy on metapopulation size: the role of corridors. *Landscape Ecology* 12: 261-271.
- ANDREASSEN, H.P., S. HALLE & R.A. IMS (1996a): Optimal width of movement corridors for root voles: not too narrow and not too wide. *J. Appl. Ecol.* 33: 63-70.
- ANDREASSEN, H.P., R.A. IMS & O.K. STEINSET (1996b): Discontinuous habitat corridors: Effects

- on male root vole movements. *J. Appl. Ecol.* 33: 555-560.
- ANDREASSEN, H.P., K. HERTZBERG & R.A. IMS (1998): Space-use responses to habitat fragmentation and connectivity in the root vole *Microtus oeconomus*. *Ecology* 79: 1223-1235.
- ANDREWS, A. (1990): Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: A review. *Australian Zoologist* 26: 130-141.
- BEIER, P. & S. LOE (1992): "In my experience...", a checklist for evaluating impacts to wildlife movement corridors. *Wildl. Soc. Bull.* 20: 434-440.
- BEIER, P. & R.F. NOSS (1998): Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12: 1241-1252.
- BENNETT, G. (1997): Habitat fragmentation: the European dimension. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands.* Delft. 61-69.
- BENNETT, A.F. (1990): Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment. *Landscape Ecology* 4: 109-122.
- BENNETT, A.F. (1991): Roads, roadsides and wildlife conservation: A review. In: Saunders, D.A. & R.J. Hobbs (Eds.): *Role of Corridors, Nature Conserv. 2.* Heidelberg, Australia. 99-117.
- BENNETT, G. & R. WOLTERS (1996): A European ecological network. In: Nowicki, P., G. Bennett, D. Middleton, S. Rientjens & R. Wolters (Eds.): *Perspectives on ecological networks.* ECNC publications series on Man and Nature 1. Tilburg. 11-17.
- BENTLEY, J.M. & C.P. CATTERALL (1997): The use of bushland, corridors and linear remnants by birds in southeastern Queensland, Australia. El uso de vegetacion primaria, corredores y restos lineares por aves en sudeste de Queensland, Australia. *Conservation Biology* 11: 1173-1189.
- BLAB, J. (1992): Isolierte Schutzgebiete, vernetzte Systeme, flächendeckender Naturschutz? Stellenwert, Möglichkeiten und Probleme verschiedener Naturschutzstrategien. *Natur und Landschaft* 67: 419-424.
- BOHEMEN, H.D. VAN & J.G. DE VRIES (1994): Versnippering-ontsnippering. Habitat fragmentation - policy and research at the Ministry of Transport and Public Works. *Landschap* 11: 15-25.
- BRIGHT, P.W. (1998): Behaviour of specialist species in habitat corridors: arboreal dormice avoid corridor gaps. *Animal Behaviour* 56: 1485-1490.
- CHARRIER, S., S. PETEIT & F. BUREL (1997): Movements of *Abax parallelepipedus* (Coleoptera, Carabidae) in woody habitats of a hedgerow network landscape - A radio-tracing study. *Agriculture Ecosystems & Environment* 61: 133-144.
- CLINCHY, M. (1997): Does immigration "rescue" population from extinction? Implications regarding movement corridors and the conservation of mammals. *Oikos* 3: 618-622.
- DAWSON, D. (1994): Are habitat corridors conduits for animals and plants in a fragmented landscape? A review of the scientific evidence, English Nature Research Report No 94, 89 S. English Nature, Peterborough.
- DMOWSKI, K. & M. KOZAKIEWICZ (1990): Influence of a shrub corridor on movements of passerine birds to a lake littoral zone. *Landscape Ecology* 4: 99-108.
- DOETS, R.J. (1994): Versnippering-ontsnippering. How to reverse the process of fragmentation of habitats. Considerations on nature policies in The Netherlands. *Landschap* 11: 5-13.
- DOWNES, S.J., K.A. HANDASYDE & M.A. ELGAR (1997a): The use of corridors by mammals in fragmented australian eucalypt forest. *Conservation Biology* 11: 718-726.
- DOWNES, S.J., K.A. HANDASYDE & M.A. ELGAR (1997b): Variation in the use of corridors by introduced and native rodents in south-eastern Australia. *Biol. Conserv.* 83: 379-383.
- FRANK, K. & U. BERGER (1996): Metapopulation und Biotopverbund - eine kritische Betrachtung aus der Sicht der Modellierung. *Z. Ökologie und Naturschutz* 5: 151-160.

- GONZALES, A., J.H. LAWTON, F.S. GILBERT, T.M. BLACKBURN & I. EVANS-FREKE (1998): Metapopulation dynamics, abundance and distribution in a microecosystem. *Science* 281: 2045-2047.
- GOSSOW, H. (1991): Biotopverbund für saisonal "wandernde" Warmblüter im Alpenraum. *Laufener Seminarbeiträge* 3: 94-107.
- HESS, G.R. (1994): Conservation corridors and contagious disease: A cautionary note. *Conservation Biology* 8: 256-262.
- HESS, G. (1996): Disease in metapopulation models: implications for conservation. *Ecology* 77: 1617-1632.
- HEYDEMANN, B. (1986): Grundlagen eines Verbund- und Vernetzungskonzeptes für den Arten- und Biotopschutz. "Grüne Mappe", Landesnaturschutzverband Schleswig-Holstein 1: 11-22.
- HOBBS, R.J. (1992): The role of corridors in conservation: Solution or bandwagon? *TREE* 7: 389-391.
- JEDICKE, E. (1990): Biotopverbund. Grundlagen und Massnahmen einer neuen Naturschutzstrategie, 254 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KOLB, H.H. (1984): Factors affecting the movements of dog foxes in Edingburgh. *J. Appl. Ecol.* 21: 161-173.
- LA POLLA, V.N. & G.W. BARRETT (1993): Effects of corridor width and presence on the population dynamics of the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *Landscape Ecology* 8: 25-37.
- LINDENMAYER, D.B. & H.A. NIX (1993): Ecological Principles for the Design of Wildlife Corridors. *Conservation Biology* 7: 627-630.
- MACHTANS, C.S., M. VILLARD & S.J. HANNON (1996): Use of riparian buffer stripes as movement corridors by forest birds. Utilizacion de franjas riparias amortiguadoras como corredores por aves de bosque. *Conservation Biology* 10: 1366-1379.
- MADER, H.J. (1985): Die Verinselung der Landschaft und die Notwendigkeit von Biotopverbundsystemen. *Mitt. der LÖLF* 10: 6-14.
- MADER, H.J. (1987): Strassenränder, Verkehrsnebenflächen - Elemente eines Biotopverbundsystems? *Natur und Landschaft* 62: 296-299.
- MADER, H.J., R. KLÜPPEL & H. OVERMEYER (1986): Experimente zum Biotopverbundsystem - tierökologische Untersuchungen an einer Anpflanzung. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 27: 136.
- MANSERGH, I.M. & D.J. SCOTTS (1989): Habitat continuity and social organization of the mountain pygmy-possum restored by tunnel. *J. Wildl. Manage.* 53: 701-707.
- NEWMARK, W.D. (1993): The Role and Design of Wildlife Corridors with Examples from Tanzania. *Ambio* 22: 500-504.
- NEWMARK, W.D. (1996): Insularization of Tanzanian parks and the local extinction of large mammals. *Conservation Biology* 10: 1549-1556.
- NOSS, R.F. (1987): Corridors in real landscapes: a reply to Simberloff and Cox. *Conservation Biology* 1: 159-164.
- NOSS, R.F. (1993): Wildlife Corridors. In: Smith, D.S. & P.C. Hellmund (Eds.): *Ecology of greenways*. 43-68.
- NOSS, R.F. & L.D. HARRIS (1986): Nodes, networks and MUMs: preserving diversity at all scales. *Environ. Manage.* 10: 299-309.
- PAILLAT, G. & A. BUTET (1994): Fragmentation et connectivité dans les paysages : importance des habitats corridors pour les petits mammifères. *Arvicola* 6: 5-12.
- PARUK, J.D. (1992): Reproductive Success of upland nesting red-winged blackbirds within an interstate right-of-way in Northwestern Illinois. *Trans. Ill. State Acad. Sci* 85: 201-204.
- RIGHETTI, A. (1997): Passagen für Wildtiere. Die wildtierbiologische Sanierung des Autobahnnetzes in der Schweiz, 46 S. Pro Natura, Basel.

- RINGLER, A. (1981): Schrumpfung und Dispersion von Biotopen. *Natur und Landschaft* 56: 39-45.
- ROSENBERG, D., B. NOON & E. MESLOW (1997): Biological corridors: form, function and efficacy. *BioScience* 10: 677-687.
- ROSENBERG, D., B.R. NOON, J.W. MEGAHAN & E.C. MESLOW (1998): Compensatory behaviour of *Ensatina escholtzii* in biological corridors: a field experiment. *Can. J. Zool.* 76: 117-133.
- RUEFENACHT, B. & R.L. KNIGHT (1995): Influences of Corridor Continuity and Width on Survival and Movement of Deermice *Peromyscus maniculatus*. *Biol. Conserv.* 71: 269-274.
- SIMBERLOFF, D. & J. COX (1987): Consequences and costs of conservation corridors. *Conservation Biology* 1: 63-71.
- SIMBERLOFF, D., J.A. FARR, J. COX & D.W. MEHLMAN (1992): Movement corridors: conservation bargains or poor investments? *Conservation Biology* 6: 493-504.
- SPACKMAN, S.C. & J.W. HUGHES (1995): Assessment of Minimum Stream Corridor Width for Biological Conservation: Species Richness and Distribution Along mid-Order Streams in Vermont, USA. *Biol. Conserv.* 71: 325-332.
- STAM, S.M.E., B. VAN ARKEL & R. BEENEN (1994): Ecologische verbindingszones (The realisation of ecological corridors in Utrecht province). *Landschap* 11: 37-47.
- STRAUSS, H. (1988): Zur Diskussion über Biotopverbundsysteme - Versuch einer kritischen Bestandsaufnahme. *Natur und Landschaft* 63: 374-378.
- SWART, J. & M. LAWES (1996): The effect of habitat patch connectivity on samango monkey (*Cercopithecus mitis*) metapopulation persistence. *Ecol. Model.* 93: 57-74.
- TIEBOUT, H.M. & R.A. ANDERSON (1997): A comparison of corridors and intrinsic connectivity to promote dispersal in transient successional landscape. *Conservation Biology* 11: 620-627.
- TISCHENDORF, L. & C. WISSEL (1997): Corridors as conduits for small animals: attainable distances depending on movement pattern, boundary reaction and corridor width. *Oikos* 79: 603-611.
- TISCHENDORF, L., U. IRMLER & R. HINGST (1998): A simulation experiment on the potential of hedgerows as movement corridors for forest carabids. *Ecol. Model.* 106: 107-118.
- VERMEULEN, H.J.W. (1994): Corridor Function of a Road Verge for Dispersal of Stenotopic Heathland Ground Beetles Carabidae. *Biol. Conserv.* 69: 339-349.
- VERMEULEN, H.J.W. (1997): Road-side verges: Habitat and corridor for carabid beetles of poor sandy and open areas. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands.* Delft. 213-219.
- ZERBE, S. (1989): Untersuchung artspezifischer Bewegungsmuster entlang von Korridoren am Beispiel von Laufkäfern (Carabidae) und Heuschrecken (Acrididae). *Landschaft und Stadt* 21: 100-103.
- ZHANG, Z. & M.B. USHER (1991): Dispersal of wood mice and bank voles in an agricultural landscape. *Acta theriologica* 36: 239-245.

4 Massnahmen zur Verminderung der Auswirkungen von Verkehr und Verkehrslinien

4.1 Ausgleichsmassnahmen

Zwei recht unterschiedliche Gruppen von Publikationen sind unter diesem Kapitel zusammengestellt. Einerseits geht es um Richtwerte, Rahmenbedingungen und Wirksamkeitsuntersuchungen von Ausgleichsmassnahmen. Andererseits geht es aber auch um die Verkehrsrandflächen als Ausgleichsflächen. Recht viele Autobahn- und Eisenbahnböschungen sind heute artenreiche Lebensräume. In Vorschlägen für Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen werden sie oft miteingeplant.

4.1.1 Allgemein

Die Habitatfragmentierung, der Einfluss der Infrastrukturen sowie die Rolle des ökologischen „Engineering“, wurde anlässlich eines Kongresses in den Niederlanden von verschiedenen Seiten beleuchtet (**Canters et al. 1997**). Eine Zusammenstellung von möglichen Einflussgrössen und Wirkungen von Strassenbaumassnahmen auf Naturgüter sowie Listen von Vermeidungs-, Schutz- und Ausgleichsmassnahmen befinden sich in **Küster (1982)**.

Eine Auswertung der rechtlichen Rahmenbedingungen, Praxiserfahrungen und wissenschaftlichen Untersuchungen in Deutschland führte die **Planungsgruppe Ökologie und Umwelt (1995)** durch. Dieser Bericht enthält zusätzlich Anleitungen zur Standardisierung der Ermittlung und Festlegung von Kompensationsmassnahmen sowie der Erfolgskontrollen.

GIS-Modelle sollen den Effekt von Landschaftsstrukturen auf die Tiere feststellen. Ziel ist die Evaluation von Landnutzungs-Szenarien (**Bakker et al. 1997**).

Liste der erfassten Publikationen

- ANONYMUS (1993): Roads Greenery Landscape, 64 S. Japan Highway Public Corporation, Japan Highway Landscape Association, Tokyo.
- BAKKER, J., J.P. KNAAPEN & P. SCHIPPERS (1997): Connectivity analysis and evaluation of measures by means of fauna dispersal modelling. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 354-361.
- BAUER, I. & V. KLEINSCHMIDT (1991): Kompensation - Rahmenbedingungen für die Festsetzung von Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen, dargestellt am Beispiel der Strassenplanung. LOELF-Mitteilungen 1/91: 35-38.
- BAY, F. & D. RODI (1990): Wirksamkeitsuntersuchungen von Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen im Strassenbau dargestellt am Beispiel der B 29, Lorcher Baggerseen. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben FE 02.131 R88L. Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd.
- BOHEMEN, H.D. VAN (1998): Habitat fragmentation, infrastructure and ecological engineering. Ecol. Eng. 11: 199-207.
- BOHEMEN, H.D. VAN & J.G. DE VRIES (1994): Versnippering-ontsnippering. Habitat fragmentation - policy and research at the Ministry of Transport and Public Works. Landschap 11: 15-25.

- CANTERS, K., A. PIEPERS & D. HENDRIKS-HEERSMA (Eds.) (1997): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands, 474 S. Directorate-General for Public Works and Water Management, Delft.
- CUPERUS, R., K.J. CANTERS & A.W.J. VAN SCHAIK (1993): Infrastructuur en compensatie van natuurwaarden. Aard en achtergrond van compenserende natuurmaatregelen. Projekt Versnippering. (Infrastruktur und Kompensation von Naturwerten. Grundlageninformation und Art von kompensierenden Massnahmen zur Erhaltung der Natur), Vol. 18, 72 S. Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat; Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- CZEINER, Z. (1995): Abschluss der autobahnbedingten Ersatzaufforstungen im Aaretal. Berner Wald 26: 101-103.
- FELLINGER, S. (1988): L 114 & Wildunfälle. Fachgutachten im Auftrag der Salzburger Landesregierung Abteilung 6/2 Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft an der Universität für Bodenkultur, Wien. 32 p.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESSEN (Ed.) (1998): Strassenbau und Umweltplanung. Anspruch-Umsetzung-Problembewältigung. Landschaftstagung 22-23 Mai 1997 in Erfurt, 102 S. Köln.
- GROH, K. (1993): Aktionsräume und Neubesiedlung von Lebensräumen am Beispiel von Weichtieren, Konsequenzen für die Ausgleichbarkeit von Eingriffen. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 183-189.
- KAULE, G. & M. SCHÖBER (1985): Ausgleichbarkeit von Eingriffen in Natur und Landschaft. Schriftenreihe des Bundesamtes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Vol. 314, 80 S.
- KERESZTES, J. (1995): Nationalstrassenbau und landschaftliche Ersatzmassnahmen vor 1985. Zürcher Umwelt Praxis 6: 5-12.
- KÜSTER, F. (1982): Ökologische Auswirkungen von Strassenbaumassnahmen auf Boden, Klima/Luft, Vegetation und Tierwelt. Strasse und Autobahn 10: 399-404.
- LUDWIG, B., W. SCHEITLER & J. TRAUTNER (1996): Landschaftspflegerische Begleitplanung zur B30neu nördlich Ravensburg. Beispiel für die Bewertung eines Eingriffsvorhabens in der Praxis. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Bad.-Württ. 23: 279-330.
- NOACK, A. (1993): Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen beim Strassenbau. NNA-Mitteilungen 4: 14-16.
- OPDAM, P.F.M. (1997): How to choose the right solution for the right fragmentation problem? In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 55-60.
- PFISTER, H.P. (1992): Massnahmen beim Bau der N5 zur Erhaltung der Feldhasenbestände in der Aareebene westlich Solothurn, 16 S. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (1995): Richtwerte für Kompensationsmassnahmen beim Bundesfernstrassenbau. Untersuchung zu den rechtlichen und naturschutzfachlichen Grenzen und Möglichkeiten. Forschungsbericht VU 18003 V 94, 195 S. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Hannover.
- SANTOLINI, R., G. SAULI, S. MALIERSCHI & F. PERCO (1997): Infrastructures and wildlife relationship: problems, possible project solutions and finished works in Italy. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 202-212.
- TRAUTNER, J. (1993): Laufkäfer als Indikatoren/Deskriptoren in der Planung und Probleme der Ausgleichbarkeit von Eingriffen am Beispiel dieser Artengruppe. Forschung Strassenbau und

Strassenverkehrstechnik 636: 207-233.

TREWEEK, J.R., P. HANKARD, D.B. ROY, H. ARNOLD & S. THOMPSON (1998): Scope for strategic ecological assesment of trunk-road development in England with respect to potential impacts on lowland heathland, the Dartford warbler (*Sylvia undata*) and the sand lizard (*Lacerta agilis*). Journal of Environmental Management 53: 147-163.

VÖLK, F., I. GLITZNER, H. ZEILER & V. REISS-ENZ (1998): Wildwechsel trotz geäunter Autobahn. Österreichs Weidwerk 1: 14-16.

WASNER, U. & R. WOLF-STRAUB (1981a): Ökologische Auswirkungen des Strassenbaus auf die Lebensgemeinschaft des Waldes - Folgerungen für Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen, 1. Teil. Mitt. der LÖLF 1: 3-10.

WASNER, U. & R. WOLF-STRAUB (1981b): Ökologische Auswirkungen des Strassenbaus auf die Lebensgemeinschaft des Waldes - Folgerungen für Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen, 2. Teil. Mitt. der LÖLF 2: 45-48.

4.1.2 Verkehrsrandflächen

Mader et al. (1983) stellten die Literatur zusammen, die sich mit den Verkehrsnebenflächen befasst. Eine Methode, wie die Umgebung der Autobahnen beurteilt werden kann, beschrieb **Berthoud (1987)**.

Konkrete Anregungen zur Gestaltung der Strassen befinden sich bei **Plachter (1988)**. Er fordert auf Verkehrsschnittflächen das Anlegen von Biotoptypen oder Strukturelemente, die stark rückläufig sind (Brachen, Trockenmauern, Lesesteinhaufen). Der Pflegeaufwand sollte nicht nach der Ästhetik, sondern nach dem Wert für die Natur ausgerichtet werden (Grünstreifen auf dem Gehsteig, übers Jahr verteilt blühende Straucharten in neuen Gehölzen).

Über den Wert von Verkehrsnebenflächen gibt es verschiedene Meinungen. Nach einer Literaturübersicht von **Bennett (1991)** stellen Verkehrsnebenflächen Habitate für Wildtiere dar. Die Vegetation entlang der Strasse hat den grössten Wert als Habitat, wenn sie aus einheimischen Pflanzen besteht. Strassen, Habitate entlang den Strassen und der Luftraum über der Strasse können die Bewegung der Tiere in der Richtung der Strasse fördern. Eine Untersuchung von **Paruk (1990)** zeigte jedoch, dass in den Verkehrsnebenflächen von neun vorkommenden Vogelarten nur gerade eine (Rotschulterstärling) häufig ist. In bewirtschafteten Flächen hatte es mehr Vögel, grössere Artenvielfalt und höhere Brutdichte als in unbewirtschafteten. Waldähnliche Vegetation erhöhte die Häufigkeit und die Brutdichte, nicht aber die Artenvielfalt. Das Management der Verkehrsnebenflächen förderte die Vogelwelt bis zu einem gewissen Grad, es konnte aber den Habitatverlust, der durch den Bau der Strasse entstand, nicht vollständig kompensieren. Auch **Mader (1987)** hält fest, dass Verkehrsnebenflächen nie die negativen Auswirkungen der Strassen ausgleichen können. Die Aspekte der Verbindungs- und Vernetzungswirkung der Verkehrsnebenflächen können die Zerschneidungseffekte und Barrierewirkungen von Verkehrswegen nicht aufheben. Die Verbindungseffekte können nur dann positiv beurteilt werden, wenn die Umgebung strukturarm und intensiv genutzt ist. In extensiv genutzten oder naturnahen Gebieten können die Verkehrsnebenflächen negative Auswirkungen haben, indem fremde Arten in diese Biotope einwandern können und so der Konkurrenzdruck auf die ursprünglichen Arten steigt. Ausserdem können die Verkehrsnebenflächen als zusätzliche Barriere wirken, da sie aussergewöhnliche Sondermerkmale aufweisen, die in dieser Form und Massierung in naturnahen Lebensräumen und an natürlichen Säumen nicht auftreten. Probleme der Verkehrsnebenfläche zeigte auch **Steiof (1996)** auf. Da diese Flächen Vögel anziehen können, kommt es in diesen Gebieten zu mehr Verkehrsun-

fällen mit Vögeln. Vor allem bei reich strukturierten Lebensräumen im Bereich der Strassen sind die Verluste bei Vögeln sehr hoch. Vorteilhaft ist es, wenn die Strasse in einem Einschnitt verläuft, da dann die Vögel die Strasse nicht bodennah überqueren, oder wenn die Strassenrandstreifen übersichtlich sind, d.h. ohne Strauch- und Staudenbewuchs. Der Autor fordert, dass auf einem Randstreifen von 5-15 m beidseits der Fahrbahn (je nach Verkehrsfrequenz und Fahrgeschwindigkeit) keine Gebüsche, Hecken, Feldgehölze, Röhrichte oder Hochstaudenfluren vorhanden sein sollten. Aus diesen von Tieren meist dicht besiedelten Lebensräumen fliegen Vögel im allgemeinen bodennah ab und können beim Start direkt neben der Strasse den herannahenden Verkehr nicht mehr rechtzeitig erkennen. Kleinsäugerreiche Lebensräume entlang von Strassen können für Greifvögel Todesfallen sein.

Liste der erfassten Publikationen

- ANONYMUS (1993): Roads Greenery Landscape, 64 S. Japan Highway Public Corporation, Japan Highway Landscape Association, Tokyo.
- BAIRLEIN, J. & B. SONNTAG (1994): Zur Bedeutung von Strassenhecken für Vögel. *Natur und Landschaft* 69: 43-48.
- BENNETT, A.F. (1988): Roadside vegetation: A habitat for mammals at Naringal, south-western Victoria. *Victorian Nat.* 105: 106-113.
- BENNETT, A.F. (1991): Roads, roadsides and wildlife conservation: A review. In: Saunders, D.A. & R.J. Hobbs (Eds.): *Role of Corridors, Nature Conserv.* 2. Heidelberg, Australia. 99-117.
- BERTHOUD, G. (1987): Approche méthodologique pour une gestion intégrée des abords autoroutiers, 6 S. ECONAT, Yverdon.
- BUTOVSKII, R.O. (1992): Distribution of lifeforms of ground beetle imagos (Coleoptera, Carabidae) in roadside agrocenoses. *Soviet J. Ecol.* 22: 228-233.
- GROSSKOPF, J. (1988): Die Aktivitätsstruktur der Carabiden (Col.) des Strassenrandes als Folge von Mulchen und Saugmähen. *Natur und Landschaft* 63: 511-516.
- IMM, C. (1993): Anforderungen an die Gestaltung und Unterhaltung von Strassenrändern. *NNA-Mitteilungen* 4: 9-13.
- KRAUSE, A. (1982): Strassenbegleitgrün. Eine Chance für Flora und Vegetation in Händen der Strassenmeistereien. *Natur und Landschaft* 57: 57-61.
- LACHAT, B. (1989): Etude d'impact sur l'environnement; évaluation écologique de l'avifaune des haies, cordons boisés et lisiers; section 4, 5 et 6 de la RN 16 - Transjurane, 25 S. Bureau technique et d'études en génie de l'environnement, Vicques.
- MADER, H.J. (1987): Strassenränder, Verkehrsnebenflächen - Elemente eines Biotopverbundsystems? *Natur und Landschaft* 62: 296-299.
- MADER, H.J., A. KRAUSE & D. BRANDES (1983): Zur Tier- und Pflanzenwelt an Verkehrswegen, 37 S. Sonderheft 4 der Dokumentation für Umweltschutz und Landschaftspflege. Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie.
- MICHAEL, E.D. & C. TAYLOR (1978): Use of interstate highway cuts as starling nesting sites. *Condor* 80: 113-115.
- NASRULLAH, N., H. TATSUMOTO & A. MISAWA (1994): Effect of Roadside Planting and Road Structure on NO₂ Concentration Near Road. *Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health* 40: 328-337.
- OERTER, K. (1995): Zur Wirksamkeit von Ersatzlaichgewässern für Amphibien beim Bundesfernstrassenbau. *LOEBF-Mitteilungen* 1: 48-54.
- PARUK, J.D. (1990): Effects of roadside management practices on bird richness and reproduction. *Trans. Ill. State Acad. Sci* 83: 181-192.
- PLACHTER, H. (1988): Tierökologische Empfehlungen für den Strassen- und Wasserbau im

- dörflichen Siedlungsbereich. In: Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) (Ed.): Laufener Seminarbeiträge 8/86. Laufen/Salzach. 73-98.
- SCHÄFER, M. & M. SAYER (1993): Strassenrandflächen als Lebensraum für Tiere. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 143-165.
- SCHULTZ-PERNICE, L., N. SCHENK & H. LANDGRAF (1987): Neue Lebensräume für Pflanzen und Tiere. Biotopgestaltung an Strassen und Gewässern, 84 S. Bayerisches Staatsministerium des Innern, Oberste Baubehörde, München.
- STAEHELIN, C. (1993): Ein Bahngelände als Hort seltener Pflanzen und Tiere. Natur und Mensch 35: 259-261.
- STEIOF, K. (1996): Verkehrsbegleitendes Grün als Todesfalle für Vögel. Natur und Landschaft 71: 527-532.
- STOTTELE, T. (1993): Anforderungen an die Gestaltung und Unterhaltung von Strassenrändern aus biologischer Sicht. NNA-Mitteilungen 4: 19-36.
- ULLMANN, I. & B. HEINDL (1986): Ersatzbiotop Strassenrand - Möglichkeiten und Grenzen des Schutzes von basiphilen Trockenrasen an Strassenböschungen. Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ANL 10: 103-118.
- VERMEULEN, H.J.W. (1994): Corridor Function of a Road Verge for Dispersal of Stenotopic Heathland Ground Beetles Carabidae. Biol. Conserv. 69: 339-349.
- WARNER, R.E. & G.B. JOSELYN (1986): Responses of Illinois ring-necked pheasant populations to block roadside management. J. Wildl. Manage. 50: 525-532.
- WARNER, R.E., L.M. DAVID, S.L. ETTER & G.B. JOSELYN (1992): Costs and benefits of roadside management for ring-necked pheasants in Illinois. Wildl. Soc. Bull. 20: 279-285.

4.2 Grundlagen für die Strassenplanung und die Linienführung

Mit einer rücksichtsvollen Strassenplanung und Linienführung kann der Konflikt zwischen Wildtieren und Verkehr gemindert werden. Einige Publikationen geben theoretische Anleitungen, wie Untersuchungen im Zusammenhang mit der Strassenplanung auszusehen haben, so z.B. **Hoppenstedt (1993)** oder **Hundsdoerfer (1982)**. Verschiedene Artikel zum ökologischen „Engineering“, findet man in **Canters et al. (1997)**.

Rott & Demuth (1996) stellten die Arbeitsschritte zusammen, die bei einem biologischen Fachbeitrag und einer landschaftspflegerischen Begleitplanung notwendig sind. Aus den Schnittstellen dieser beiden Fachbeiträge wurden Anforderungen an einen umsetzungsorientierten, planungsrelevanten biologischen Fachbeitrag abgeleitet. Nach **Küster (1993)** sollten künftig Aussagen zur Bedeutung der Tier- und Pflanzenwelt und zu ihrer Empfindlichkeiten gegenüber den geplanten Strassenbauvorhaben möglich werden. Er forderte, dass die Beteiligten (Strassenplaner, Landschaftsplaner, Biologen) miteinander diskutieren und nach geeigneten Problemlösungen suchen. Für die Zukunft sollen die Fachleute sich darüber verständigen, welche Artengruppen aufgrund welchen Indikatorwertes geeignet sind und welche Aussagekraft sie für die Beurteilung von Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft und für funktionsgerechte Ausgleichsmassnahmen besitzen.

Erz et al. (1985) untersuchten die Wirkung von Strassen auf Laufkäfer und Spinnen und Kleinsäuger. Diskutiert wurden tierökologische Kriterien für die Trassenwahl (rote Liste, Bioindikatoren, Populationsparameter) und Kriterien für Ausgleichsmassnahmen. Eine Übersicht über die Bedeutung und die Berücksichtigung des Arten- und Biotopschutzes bei der Planung von Strassen gibt **Kaule (1993)**. **Reck (1993)** stellte das Vorgehen bei der Raumplanung zusammen. Unter anderem enthält der Bericht eine

Liste mit einer Standardauswahl von nach Biotoptypen aufgegliederten Artengruppen und Kriterien zur Bewertung von Alternativ-Varianten (zuerst Bewertung von Teilflächen für einzelne Artengruppen, anschliessend Überlagerung zu flächendeckender Beurteilung).

Andere Publikationen zeigen das Vorgehen anhand von konkreten Beispielen. So wird in **Pfister (1993)** an zwei Beispielen gezeigt, wie die Notwendigkeit wildtierspezifischer Massnahmen ermittelt werden kann. Es werden Angaben über die Methoden (Wildbeobachtungen und -zählungen, Spurenanalysen, Waldkartierungen) und Gewichtung der Resultate (Verhalten, Populationsräume, Wildpotential) gemacht sowie Folgerungen für den Standort und Art der ökologischen Ausgleichsmassnahmen (wildtierspezifische Bauwerke) gezogen.

Einige Autoren stellten Untersuchungen mit sehr spezifischen Indikatorarten vor, z.B. **Haeseler (1993)** oder **Kneitz (1993)**. Die ausführliche Informationsschrift des **Verkehrsministeriums Baden-Württemberg (1991)** beschreibt die Problematik und die Schutzmassnahmen aus der Sicht der Amphibien.

Eine breite Übersicht über die Wirkung des Strassenbaus zeigt **Mader (1981)**. Unmittelbare Folgen (Flächenverlust, Mortalität, Lärm etc.), indirekte Folgen (Immissionen, Besiedlung durch biotopfremde Arten) und Langzeitfolgen (Genetik, Aussterben isolierter Populationen) werden aufgezeigt. Anschliessend wurden daraus Konsequenzen gezogen und ein Planungsablauf vorgeschlagen.

Liste der erfassten Publikationen

- ANONYMUS (1992): UVP bei Strassenverkehrsanlagen. Anleitung zur Erstellung von UVP-Berichten. Mitteilungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung Nr.7, 170 S. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bundesamt für Strassenbau ABS, Vereinigung Schweizer Verkehrsingenieure SVI, Bern.
- BERTELMANN, U. (1987): Konfliktsituation zwischen Strassenbau und Naturschutz. Strasse und Autobahn 4: 136-143.
- BIRR, M. (1980): Vorschläge zur Bewertung von Umwelteinwirkungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung. Natur und Landschaft 55: 299-303.
- BRUNS, D. (1993): Planungspraxis - Erfahrungen und Forderungen des Planers mit bzw. an Biologen und Behörden. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 39-48.
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (1987): Hinweise zur Berücksichtigung des Naturschutzes und der Landschaftspflege beim Bundesfernstrassenbau. VkbI 41: 217-225.
- CANTERS, K., A. PIEPERS & D. HENDRIKS-HEERSMA (Eds.) (1997): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands, 474 S. Directorate-General for Public Works and Water Management, Delft.
- DURTH, W. (1988): Planung und Gestaltung von Ortsdurchfahrten, Leitfaden der Hessischen Strassenbauverwaltung zum Ortsgerechten Strassenbau; Teil I, Allgemeiner methodischer Teil, Vol. 24. Hessisches Landesamt für Strassenbau, Wiesbaden.
- ERZ, W., H.J. MADER & G. PAURITSCH (1985): Beziehungen zwischen Strasse und freilebender Tierwelt - Faunistische Kriterien und Entscheidungshilfen bei der Strassenwahl. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Vol. 444, 33 S. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- EVINK, G.L., P. GARRETT, D. ZEIGLER & J. BERRY (Eds.) (1996): Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. State of Florida, Department of Transportation, Environmental

Management Office, Florida.

- FORMAN, R.T.T. & A.M. HERSPERGER (1996): Road Ecology and Road Density in Different Landscapes, with International Planning and Mitigation Solutions. In: Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry (Eds.): Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. Florida.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESSEN (Eds.) (1998): Strassenbau und Umweltplanung. Anspruch-Umsetzung-Problembewältigung. Landschaftstagung 22-23 Mai 1997 in Erfurt, 102 S. Köln.
- GERKEN, B., F. BÖWINGLOH & J. WILKE (1990): Zur Bemessung des tierökologischen Beitrags bei Umweltverträglichkeitsstudien (UVS) nach dem UVP-Gesetz. UVP-Report 4: 23-30.
- HAESLER, V. (1993): Bienen als Indikatoren zur Beurteilung von (geplanten) Eingriffen. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 197-205.
- HOPPENSTEDT, A. (1993): Strukturierung der Prozess-UVP in der Strassen- und Verkehrsplanung. Laufener Seminarbeiträge 2: 33-39.
- HUNSDÖRFER, U. (1982): Verfahren zur Abwägung der Belange bei Strassenbauvorhaben, Veröffentlichung Nr.11, 34 S. Aktionsgemeinschaft Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Stuttgart.
- KAULE, G. (1990): Oekologische Bestandesaufnahme und Bewertung im Strassenbau - Warum? VSVI 90: 28-37.
- KAULE, G. (1993): Strassenplanung und Landschaftsplanung. Die Bedeutung und Berücksichtigung des Arten- und Biotopschutzes für die Planung von Strassen. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 1-5.
- KNEITZ, G. (1993): Ameisen als Indikatoren zur Beurteilung von Eingriffen. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 191-195.
- KRATOCHWIL, A. & A. SCHWABE (1993): Biozöologisch-landschaftsökologische Bestandesaufnahme und Bewertung bei der Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) unter Berücksichtigung von Tiergemeinschaften, Pflanzengemeinschaften und Vegetationskomplexen. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 63-84.
- KÜSTER, F. (1993): Anforderungen an die inhaltlichen Aussagen der Untersuchungen zum Arten- und Biotopschutz aus Sicht der Strassenplanung. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 85-91.
- LUDWIG, B., W. SCHEITLER & J. TRAUTNER (1996): Landschaftspflegerische Begleitplanung zur B30neu nördlich Ravensburg. Beispiel für die Bewertung eines Eingriffsvorhabens in der Praxis. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Bad.-Württ. 23: 279-330.
- MADER, H.J. (1978): Biotopisolierung durch Strassenbau am Beispiel ausgewählter Arten - Folgerungen für die Trassenwahl. Referat gehalten am Seminar Strassenbau - Naturschutz und Landschaftspflege 2 - 4 Oktober 1978, 26 S. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), Fuessen.
- MADER, H.J. (1981): Der Konflikt Strasse-Tierwelt aus ökologischer Sicht. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Vol. 22, 104 S. Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn-Bad Godesberg.
- MODROW, B. (1980): Ökologische Vorrangbereiche, ein Planungsinstrument zur Sicherung natürlicher Ressourcen. Natur und Landschaft 55: 280-284.
- MÜHLENBERG, M. & T. HOVESTADT (1992): Das Zielartenkonzept. NNA-Mitteilungen 5: 36-41.
- NOACK, A. (1993): Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen beim Strassenbau. NNA-Mitteilungen 4: 14-16.
- PETRAK, M. (1988): Berücksichtigung wildtierbiologischer Aspekte bei der Erstellung ökologischer Gutachten im Rahmen der Entwicklungsplanung. Natur und Landschaft 63: 8-10.
- PETRAK, M. (1996): Erfassung von Schalenwildarten und deren Bewertung für die Landschaftsplanung. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 46: 69-75.

- PFISTER, H.P. (1989): UVP Bahn 2000: Wildpotential im Perimeter Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist, 21 S. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- PFISTER, H.P. (1993): Kriterien für die Planung wildspezifischer Massnahmen zur ökologischen Optimierung massiver Verkehrsträger. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik* 636: 235-259.
- PFISTER, H.P., F. FILLI, C. SOLARI & C. WIEDENMAYER (1990): UVP Bahn 2000 und UVP N5: Wildspezifische Massnahmen beim Bau von Verkehrsträgern, 39 S. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- PIEPERS, A.G. (1997): Infosnip: An information system on habitat fragmentation. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 280-287.
- POTOCNIK, I. (1998): The environment in planning a forest road network. *Environmental Forest Science* 54: 67-73.
- RECK, H. (1993): Standardprogramm zur Beurteilung der Belange des Arten- und Biotopschutzes in der Strassenplanung. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik* 636: 7-37.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM TÜBINGEN; ABTEILUNG STRASSENWESEN (1995): Dokumentation der Untersuchungen zur Neugestaltung des klassifizierten Strassennetzes im nördlichen Bodenseeraum, 47 S. Strassenbauverwaltung Baden-Württemberg.
- RIECKEN, U. (1993): Zur Anwendung der zooökologischen Indikation am Beispiel des tierökologischen Fachbeitrages zur Umweltverträglichkeitsprüfung. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik* 636: 49-61.
- RIGHETTI, A. (1997): Passagen für Wildtiere. Die wildtierbiologische Sanierung des Autobahnnetzes in der Schweiz, 46 S. Pro Natura, Basel.
- ROTT, B. & K. DEMUTH (1996): Einbindung und Umsetzung biologischer Fachbeiträge in der landschaftspflegerischen Begleitplanung am Beispiel des Strassenbaus. Gedanken zur Entwicklung eines Leitfadens zur Erarbeitung biologischer Fachbeiträge. *Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), Laufener Seminarbeiträge* 3: 53-74.
- SCHILLER, H. (1988): Planung und Gestaltung von Ortsdurchfahrten. Leitfaden der Hessischen Strassenbauverwaltung zum ortsgerechten Strassenbau, Teil III Materialsammlung, Vol. 24. Hessisches Landesamt für Strassenbau, Wiesbaden.
- SCHULTZ-PERNICE, L. (1989): Berücksichtigung des Naturschutzes bei Planungen und Massnahmen der städtebaulichen Siedlung, des Verkehrs und der Wasserwirtschaft. *ANL Laufener Seminarbeiträge* 3/87: 119-132.
- SEILER, A. & I.-M. ERIKSSON (1997): New approaches for ecological consideration in Swedish road planning. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 253-264.
- SMITH, D.J., L.D. HARRIS & F.J. MAZZOTTI (1996): A Landscape Approach to Examining the Impacts of Roads on the Ecological Function Associated With Wildlife Movement and Movement Corridors: Problems and Solutions. In: Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry (Eds.): *Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar*. Florida. 13 S.
- SPAKE, A., J.-C. JACQUES & J. THIRION (1984): Faune et circulation routière - une cohabitation difficile mais possible. *Revue générale des routes et des aérodromes* 604: 3-7.
- STAALDUINEN, M.A. VAN & G.W. HEIL (1997): Habitat fragmentation: The role of information systems in decision making. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 288-296.

- THALER, R. (1992): Strategien für ein nachhaltiges Verkehrssystem. Gaia 1: 283-291.
- TROCMÉ, M., B. MAGNIN & R.P. LEBEAU (1996): Statt Lebensräume zerschneiden: Hindernisse beseitigen, Netze knüpfen, tierfreundlicher planen. BUWAL-Bulletin 4: 27-29.
- VERKEHRSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1991): Amphibienschutz: Leitfaden für Schutzmassnahmen an Strassen. Schriftenreihe der Strassenbauverwaltung, Vol. 4. Baden-Württemberg.
- WEBER, F. (1990): Aktuelle Problemstellung: Lärmschutz und Raumplanung. Infoheft Raumplanung 18: 3-6.
- WIRTH, V. (1993): Strassenbau und Strassenverkehr - Umweltverträglichkeitsprüfung unter Berücksichtigung von Moosen und Flechten. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 636: 167-182.

4.3 Unfallverhütung

Massnahmen zur Unfallverhütung von Fahrzeugen mit Wildtieren betreffen in erster Linie grössere Säuger und Amphibien.

4.3.1 Unfallverhütung - Schwergewicht Säugetiere

Ujvari et al. (1998) untersuchte das Verhalten von Damhirschen (*Dama dama*) gegenüber Reflektoren. Die Tiere zeigten bei Versuchen eine steigende Gleichgültigkeit gegenüber den Reflektoren, was mit einer Gewöhnung an den Stimulus erklärt wird. Reflektoren sind deshalb nicht die geeigneten Instrumente, um die Unfälle von Damhirschen mit Autos langfristig zu vermindern. Neben solchen älteren Methoden werden heute vorwiegend neuere unfallverhütende Massnahmen getestet. **Calonder (1994)** und **Pachlatko (1994)** meldeten gute Erfolge mit Wildwechselalarmsystemen, die den Fahrzeughlenker auf herannahendes Wild aufmerksam machen. Im ersten Jahr nachdem eine Anlage in der Schweiz in Betrieb genommen wurde, ereignete sich auf dieser Strecke nach **Pachlatko (1994)** kein einziger Wildunfall mehr. In der ausführlichen Untersuchung von **Kistler (1998)** wird solchen Wildwarnanlagen – gekoppelt mit der Anzeige einer reduzierten Höchstgeschwindigkeit – eine deutliche Reduktion der Unfallhäufigkeit mit Huftieren zuerkannt. In einer Untersuchung von **Reed (1981)** wurde auf einer Autobahn (Höchstgeschwindigkeit 88 km/h, 5000-6000 Kraftfahrzeuge/Tag) ein Teilstück jede zweite Woche beleuchtet. Das Licht änderte das Überquerungsverhalten der Hirsche nicht. Auch konnte keine Reduktion der Wildunfälle festgestellt werden. Eine gut sichtbare Hirschattrappe am Rande der Autobahn führte bei den Autofahrern zu einer durchschnittlichen Temporeduktion von 13.9 km/h, 51 % der Fahrzeughlenker bremsten. Über Duftzäune liegen widersprüchliche Ergebnisse vor. Während **Kerzel & Kirchberger (1993)** sowie **Lutz (1994)** von Erfolgen sprachen, zeigten genauere Untersuchungen von **Lebersorger (1993)**, dass innerhalb der bedufteten Strecken das Fallwild zwar um 30-80 % zurückging, ausserhalb der bedufteten Teststrecken jedoch zunahm. **Lehnert & Bissonette (1997)** testeten ein Übergangssystem für Maultierhirsche (*Odocoileus hemionus*). Die Hirsche wurden dabei durch Zäune an einer bestimmten Stelle zum Überqueren der Strasse gezwungen. Obwohl die Übergänge von den Autofahrern nicht beachtet wurden, konnte eine Reduktion der Unfälle festgestellt werden.

Fellinger (1988) publizierte eine Liste der möglichen Massnahmen zur Verminderung des Fallwildes (verkehrstechnische, jagdbetriebliche, land- und forstwirtschaftliche Massnahmen). Eine ausführliche Übersicht der Unfallproblematik (Umfang der Wildverluste) und der Minderungsmassnahmen (Warnschilder, Geschwindigkeitsbegren-

zung, Aufklärung, Gestaltung der Strassenborde und insbesondere Wildsperrzäune) stellte **Ueckermann (1989)** zusammen.

Einen sehr wichtigen Beitrag zur Unfallverhütung liefern die wildtierspezifischen Bauwerke (s. Kap. 5).

Liste der erfassten Publikationen

- ANONYMUS (1992): Duftzaun aus Duftschaum. Wild und Hund 1: 6-7.
- ANONYMUS (1993a): Wild und Verkehr. Informationsveranstaltung anlässlich der Holzmesse 1993. Der Kärntner Jäger 22: 18-20.
- ANONYMUS (1993b): WWA/ Wildwechselalarmsystem Reichenau-Flims im Betrieb. Bündner Jäger Zeitung 8: 295-297.
- ANONYMUS (1995): Duftzaun - nur auf kürzeren Strecken empfehlenswert. Der Kärntner Jäger 24: 14.
- BRUINDERINK, G. & E. HAZEBROEK (1996): Ungulate traffic collisions in Europe. Colisiones de trafico con ungulados en Europa. Conservation Biology 10: 1059-1067.
- CALONDER, G. (1994): Praktische Erfahrungen mit dem Wildwarnsystem Calstrom WWA-12-S (Solar). Bündner Jäger Zeitung 11: 427-428.
- COLE, E.K., M.D. POPE & R.G. ANTHONY (1997): Effects of road management on movement and survival of Roosevelt elk. J. Wildl. Manage. 61: 1115-1126.
- COUNCIL OF EUROPE (1988): Means of preventing wild animals from drowning and being involved in road accidents, 65 S. (Naturopa documentation series No. 22). Centre Naturopa, Strasbourg.
- DACHS, A. (1991): Hier stinkt's. Unfälle mit Wild im Strassenverkehr. Jäger 4: 30.
- FELLINGER, S. (1988): L 114 & Wildunfälle. Fachgutachten im Auftrag der Salzburger Landesregierung Abteilung 6/2 Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft an der Universität für Bodenkultur, Wien. 32 S.
- GEISSLER, B. (1981): Verkehrsoffer beim Damwild und die Auswirkung von Äsungsflächen auf den Verkehrstod. Z. Jagdwiss. 27: 61-72.
- HARTWIG, D. (1996): Wildunfälle rückläufig: Das nordrhein-westfälische Präventivkonzept greift. Die Pirsch 48: 3-6.
- HOSSFELD, E., W. HOCHHARDT, J. LÜTTMANN & S. BIRK (1995): Entwicklung eines für Wildkatzen unüberwindbaren Wildschutzzaunes im Zuge des Neubaus der BAB A 60 Abschnitt: Bitburg - Wittlich. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Strassen- und Verkehrswesen Rheinland-Pfalz, 33 S. Faunistisch - Ökologische Arbeitsgemeinschaft, Trier-Kernscheid.
- KERZEL, H. (1996): Todeskreislauf durchbrechen. Sechs Jahre "Chamer Modell" ausgewertet. Die Pirsch 48: 91-93.
- KERZEL, H. (1998): Die Arbeit trägt Früchte. Verminderung von Wildunfällen. Die Pirsch 50: 3-9.
- KERZEL, H. & U. KIRCHBERGER (1993): Erfolge im Kampf gegen Wildunfälle. Die Pirsch 18: 3-5.
- KISTLER, R. (1995): Wissenschaftliche Begleitung der Wildwarnanlagen Calstrom WWA-12-S. Schweizerisches Wildbiologisches Informationsblatt 6/95: 4.
- KISTLER, R. (1998): Wissenschaftliche Begleitung der Wildwarnanlagen Calstrom WWA-12-S. Juli 1995 – November 1997, Schlussbericht. Infodienst Wildbiologie & Oekologie, Zürich. 67 S.
- LANKESTER, K., R. VAN APELDOORN, E. MEELIS & J. VERBOOM (1991): Management perspectives for populations of the eurasian badger (*Meles meles*) in a fragmented landscape. J. Appl. Ecol. 28: 561-573.
- LEBERSORGER, P. (1993): Verkehrspartner Wild. Weidwerk 11: 47-48.
- LEHNERT, M.E. & J. BISSONETTE (1997): Effectiveness of highway crosswalk structures at

- reducing deer-vehicle collisions. *Wildl. Soc. Bull.* 25: 809-818.
- LIEROP, A.M.M. VAN (1988): Vorkehrungen zur Verhütung von Verkehrsopfern und Opfern durch Ertrinken bei Wildtieren. *naturopa* 22: 1-60.
- LINN, S. (1991): Schaumbälle gegen Wildunfälle. *Die Pirsch* 43: 22.
- LUTZ, W. (1994): Ergebnisse der Anwendung eines sogenannten Duftzaunes zur Vermeidung von Wildverlusten durch den Strassenverkehr nach Gehege- und Freilandorientierungen. *Z. Jagdwiss.* 40: 91-108.
- MÜLLER, S. & G. BERTHOUD (1994): Sécurité faune/trafics; Manuel pratique à l'usage des ingénieurs civils, 127 S. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Département de génie civil, LAVOC, Lausanne.
- MÜLLER, S. & F. MOGNETTI (1991): Sécurité Faune/Trafic, "Protection du Gibier" (Mandat de recherche 15/77, Rapport final), 121 S. Laboratoire des voies de circulation, Département de génie civil, Ecole polytechnique fédérale, Lausanne.
- MUZZI, P.D. & A.R. BISSET (1990): Effectiveness of ultrasonic wildlife warning devices to reduce moose fatalities along railway corridors. *Alces* 26: 37-43.
- OLBRICH, P. (1984): Untersuchung der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren und der Eignung von Wilddurchlässen. *Z. Jagdwiss.* 30: 101-116.
- OLSSON, J. (1997): Wildwechsel und Unfallschwerpunkte. *Jagd+Hege* 12: 14-21.
- PACHLATKO, T. (1993): Wildwarn-System: Scheitert neues Wildwarnsystem an der Signalisations-Verordnung? *CH-Wild Info*: 6.
- PACHLATKO, T. (1994): Erste Erfahrungen mit Wildwarnanlagen. *CH-Wild Info* 2: 1-2.
- POGAN, U. (1989): Analyse der Wirksamkeit eines Wildunfallverhütungssystems "Cremlinger Modell". Diplomarbeit FH Hildesheim/Holzwinden, Fachbereich Forstwirtschaft. 57 S.
- POJAR, T.M., R.A. PROSENCE, D.F. REED & T.N. WOODARD (1975): Effectiveness of a lighted, animated deer crossing sign. *J. Wildl. Manage.* 39: 87-91.
- PUGLISI, M.J., J.S. LINDZEY & E.D. BELLIS (1974): Factors associated with highway mortality of white-tailed deer. *J. Wildl. Manage.* 38: 799-807.
- PUTMAN, R.J. (1997): Deer and road traffic accidents - options for management. *Journal of Environmental Management* 51: 43-57.
- REED, D.F. (1981): Effectiveness of highway lighting in reducing deer-vehicle accidents. *J. Wildl. Manage.* 45: 721-726.
- REED, D.F., T.M. POJAR & T.N. WOODARD (1974): Use of one-way gates by mule deer. *J. Wildl. Manage.* 38: 9-15.
- ROTAR, J.P. & M. ADAMIC (1997): Wildlife-traffic relations in Slovenia. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): *Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands.* Delft. 86-92.
- SCHAFFER, J.A. & S.T. PENLAND (1985): Effectiveness of swarflex reflectors in reducing deer-vehicles accidents. *J. Wildl. Manage.* 49: 774-776.
- SCHÖBER, F. & F. SOMMER (1984): Untersuchung akustischer Wildwarngeräte für Kraftfahrzeuge. *Z. Jagdwiss.* 30: 164-176.
- UECKERMANN, E. (1986): Verminderung der Wildverluste durch den Strassenverkehr und der Verkehrsunfälle durch Wild, 40 S. Forschungsstelle für Jagdkunde und Wildschadensverhütung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bonn.
- UECKERMANN, E. (1989): Verminderung der Wildverluste durch den Strassenverkehr und der Verkehrsunfälle durch Wild, 41 S. Forschungsstelle für Jagdkunde und Wildschadensverhütung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bonn.
- UECKERMANN, E. & P. OLBRICH (1984): Untersuchung der Eignung von Wilddurchlässen und der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*,

- Vol. 426, 55 S. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- UJVARI, M., H.J. BAAGOE & A.B. MADSEN (1998): Effectiveness of wildlife warning reflectors in reducing deer-vehicle collisions: a behavioral study. *J. Wildl. Manage.* 62: 1094-1099.
- VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER STRASSENFACHLEUTE (VSS) (Ed.) (1994): Fauna und Verkehr - Wildzäune. Schweizer Norm 640 693a, 8 S. Zürich.
- VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER STRASSENFACHMÄNNER (VSS) (Ed.) (1969a): Wildschutz: Grundlagen und Massnahmen. Schweizerische Normenvereinigung 640 690, 4 S. Zürich.
- VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER STRASSENFACHMÄNNER (VSS) (Ed.) (1969b): Wildschutz: Projektierung. Schweizerische Normenvereinigung 640 691, 6 S. Zürich.
- WARING, G.H., J.L. GRIFFIS & M.E. VAUGHN (1991): White-tailed deer roadside behavior, wildlife warning reflectors, and highway mortality. *Applied Animal Behaviour Science* 29: 215-223.
- WÖLFEL, H. (1981): Testreihen zur Wirksamkeit von Leuchtbandfolien mit phosphoreszierenden Pigmenten bei der Wildschadensverhütung. *Z. Jagdwiss.* 27: 168-174.

4.3.2 Unfallverhütung - Schwergewicht Amphibien

Zur Gestaltung von Amphibienschutzmassnahmen liegen recht viele Empfehlungen vor, u.a. von **Grossenbacher (1985)** und **Ryser (1988, 1989)**. Nach **Marshall et al. (1997)** können negative Effekte auf Amphibien von neuen Strassen durch sorgfältige Planung und Umsetzung gemildert werden. Wichtig sind die Sicherstellung von genügend Wasserstellen und die Verhinderung des Strassentodes während der Wanderung der Tiere. Das **Verkehrsministerium Baden-Württemberg (1991)** hat die Problematik Amphibien und Verkehr sowie mögliche Schutzmassnahmen ausführlich zusammengestellt.

Die **Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH)** verfügt über Literaturlisten von Forschungsarbeiten sowie praxisorientierten Beiträgen zur Thematik Amphibien, Reptilien und Verkehr (KARCH, Bernastrasse 5, 3005 Bern).

Liste der erfassten Publikationen

- BERTHOUD, G. & S. MÜLLER (1987): Amphibien-Schutzanlagen. Wirksamkeit und Nebeneffekte. Abschlussbericht über die Untersuchungen an der Anlage am Etang du Sepey (Kanton Waadt, Schweiz). *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 41: 197-222.
- BOLZ, U. (1995): Keine Chance für Standardlösungen! *LOEBF-Mitteilungen* 1: 23-27.
- BUGTER, R.J.F. & C.C. VOS (Eds.) (1997): *Amfibieën en verkeerswegen: een modelstudie naar het effect van verminderen of compenseren van barrièrewerking*, 62 S. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- DEXEL, R. & G. KNEITZ (1987): Zur Funktion von Amphibienschutzanlagen im Strassenbereich - Untersuchungen zum Schutz wandernder Amphibien vor einer Gefährdung durch den Strassenverkehr. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, Vol. 516, 93 S. Bundesministerium für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg.
- FELDMANN, R. & A. GEIGER (1987): Amphibienschutz an Strassen in Nordrhein-Westfalen. *LOELF-Mitteilungen* 12: 8-19.
- GEIGER, A. (1995): Amphibienschutz an Strassen. *LOEBF-Mitteilungen* 1: 14.
- GROSSENBACHER, K. (1985): Amphibien und Verkehr, 22 S. Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH), Bern.
- KARTHAUS, G. (1985): Schutzmassnahmen für wandernde Amphibien vor einer Gefährdung durch Strassenverkehr - Beobachtungen und Erfahrungen. *Natur und Landschaft* 60: 242-247.

- KYEK, M. (1995): Amphibienschutz an Strassen in Österreich - Empfehlungen für den Strassenbau. LOEBF-Mitteilungen 1: 34-40.
- MARSHALL, I.C., A. CORNER & P. TATTERSFIELD (1997): An amphibian mitigation scheme for the A34 Wilmslow and Handforth Bypass, Cheshire, United Kingdom. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 227-237.
- MÜNCH, D., G. HALLMANN & H. HEITLAND (1995): Zur Effektivität einer kombinierten Amphibienschutzanlage. LOEBF-Mitteilungen 1: 27-33.
- OERTER, K. (1995): Zur Wirksamkeit von Ersatzlaichgewässern für Amphibien beim Bundesfernstrassenbau. LOEBF-Mitteilungen 1: 48-54.
- RYSER, J. (1988): Amphibien und Verkehr, Teil 2, 24 S. Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH), Bern.
- RYSER, J. (1989): Amphibien und Verkehr, Teil 3, 10 S. Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH), Bern.
- SCHWERDTLE, C. (1986): Freilanduntersuchungen über das Wanderungsverhalten von Amphibien am Gutershofer Weiher (Lkr. Biberach/Riss) und die Wirksamkeit verschiedener Schutzeinrichtungen. Dissertation Universität Tübingen. 191 S.
- STOLZ, F.M. & R. PODLOUCKY (1983): Krötentunnel als Schutzmassnahme für wandernde Amphibien, dargestellt am Beispiel von Niedersachsen. Informationsdienst Naturschutz 3: 20.
- VEITH, M., M. FUHRMANN, S. DÖHR & A. SEITZ (1995): Akzeptanz und Effektivität einer Amphibienschutzanlage. LOEBF-Mitteilungen 1: 15-22.
- VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER STRASSENFACHLEUTE (VSS) (Ed.) (1977): Schutz der Lurche: Grundlagen, Projektierung von Schutzmassnahmen. Schweizerische Normenvereinigung 640 697, 8 S. Zürich.
- VERKEHRSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1991): Amphibienschutz: Leitfaden für Schutzmassnahmen an Strassen. Schriftenreihe der Strassenbauverwaltung, Vol. 4. Baden-Württemberg.
- WOLF, K. & E. IGELMANN (1995): Neue Wege im Amphibienschutz. LOEBF-Mitteilungen 1: 40-47.

5 Wildtierspezifische Bauwerke

Wildtierspezifische Bauwerke verbinden Lebensräume, die durch Verkehrslinien voneinander isoliert wurden. Dadurch bilden solche Bauwerke eine besondere Form der Biotopvernetzung. Die bis anhin in Europa gebauten wildtierspezifischen Bauwerke sind unterschiedlich dimensioniert und gestaltet.

5.1 Planung und Gestaltung von wildtierspezifischen Bauwerken

Bei den folgenden Publikationen handelt sich um Literaturrecherchen, Informationsartikel, Übersichtsarbeiten oder ausführliche Untersuchungen. Meistens wurde zuerst die Problematik Wildtiere und Verkehr beschrieben, dann folgten Anleitungen zum Bau von wildtierspezifischen Bauwerken. Einige Autoren versuchten, minimale Anforderungen an Wildtierspezifische Bauwerke in eine Kurzformel zu fassen. Die geforderten Minimalmasse unterscheiden sich zum Teil beträchtlich. Die meisten Angaben beziehen sich auf Grosssäuger und jagdbare Arten.

Aus einer Forschungsarbeit von **Pfister (1997)** geht hervor, dass für den Verkehr erstellte Unter- und Überführungen von Wildtieren kaum benutzt werden. Für den Verkehr konzipierte technische Bauwerke sind somit keine Alternative für wildtierspezifische Bauwerke. Das **Centre Technique du Genie Rural, des Eaux et des Forêts (CTGREF) (1978)** geht nach einer allgemeinen Problemübersicht zu einer Analyse von bestehenden wildtierspezifischen Bauwerken über. Es folgen Vorschläge zur Einzäunung der Verkehrslinien sowie zur Gestaltung und Dimensionierung von Wildtierpassagen. Als Mindestbreite von Überführungen werden 6 m gefordert, bei für Huftiere errichteten Unterführungen eine Höhe von 1/10 der Länge, mit einem Minimum von 3 m. Ähnliche Angaben finden sich in **Ballon (1985)**. Einer Darstellung der Grundproblematik folgt eine Bilanz über bestehende Wildtierpassagen. Bei Überführungen empfiehlt der Autor ebenfalls ein Verhältnis von Breite/Länge von mindestens 1/10, hingegen eine minimale Breite von 8 m. Aufgrund der Erfahrungen mit diesen ersten Empfehlungen wurde durch den **Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA) (1993)** ein Handbuch zum Vorgehen beim Bau von wildtierspezifischen Bauwerken herausgegeben. Bei Überführungen für den Rothirsch wurde eine minimale Breite von 12 m, für das Reh eine Breite von 7 m festgesetzt. Als Mindesthöhen für Unterführungen wurden für Rothirsche 4 m, für Rehe 3 m und für Wildschweine 2.5 m gefordert. **ECONAT (1992)** setzten bei für Grosssäuger errichteten Unterführungen von Schnelleisenbahnen die Formel $\text{Länge} \times \text{Höhe} / \text{Breite} > 1.5$, für Überführungen $\text{Länge} / \text{Breite} < 2.4$. Der Vorteil von Viadukten und Landschaftsbrücken wird unterstrichen. Sie verlangen bei Schnelleisenbahnprojekten mindestens zwei bis drei Jahreszyklen umfassende Voruntersuchungen hinsichtlich der Wildtiersituation und führen diesbezügliche Kriterien an. Ausführliche Angaben über Wildsperrzäune und spezifische technische Massnahmen für Kleintiere und Amphibien werden aufgeführt. Kleinsäuger und Amphibien wurden in weiteren Publikationen berücksichtigt. Detaillierte technische Angaben zur Milderung des Barriereneffekts von Strassen für Gross- und Kleinsäuger sowie für Amphibien finden sich beispielsweise in **Müller & Berthoud (1994)**. Das **Verkehrsministerium Baden-Württemberg (1991)** hat eine gute und reich bebilderte Zusammenstellung der Problematik Amphibien und Verkehr

mit möglichen Schutzmassnahmen, unter anderem auch im Rahmen der Raumplanung, herausgegeben.

Die **Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (1995)** diskutiert besonders die biologischen Grundlagen des Konfliktes „Wildtiere, Strassenbau und Verkehr,“ wie Lebensraumverlust, Isolation, Immissionen und Dezimierung von Wildtierbeständen. Unterschiedliche Massnahmen zur Verhinderung oder Minderung dieser Auswirkungen wie beispielsweise der Bau und die Gestaltung von wildtierspezifischen Bauwerken werden erläutert. Anregungen zur Gestaltung von Wilddurchlässen an Autobahnen werden ebenfalls im Artikel von **Wölfel & Krüger (1995)** gegeben.

Sowohl **Clergeau (1993)** als auch **Keller & Pfister (1997)** betonen, dass Wildtierpassagen nicht nur für Huftiere oder bedrohte Tierarten, sondern zu Gunsten möglichst vieler Tiergruppen erstellt werden sollen. Sie machen Vorschläge zur Einbettung der Passagen in die Umgebung mittels Leitlinien. Umfassende Untersuchungen, die neben jagdbaren Grosssäugern auch Kleinsäuger und bestimmte Gruppen der Wirbellosen berücksichtigen, wurden durch **Pfister et al. (1997)** durchgeführt. In dieser Arbeit wurden fünf Grünbrücken an einer etwa 10 km langen Strecke einer Schnellstrasse im Bodenseegebiet untersucht. Für grössere Säuger wurden zusätzlich elf weitere Überführungen unterschiedlicher Breite in den Niederlanden, in Frankreich, in der Schweiz und in Deutschland miteinbezogen. Für grössere Säuger empfehlen die Autoren im Gegensatz zu den eingangs des Kapitels erwähnten Autoren und Autorinnen wildtierspezifische Brücken von mindestens 50-60 m Breite. Multifunktionale Brücken sollten mindestens 100 m breit sein. Neben der Breite sind die Lage der Bauwerke sowie Leitstrukturen, die von der Umgebung auf die Bauwerke führen, für die Wirksamkeit der Bauwerke ausschlaggebend. Kleinsäuger und Wirbellose benötigen auf den Bauwerken artspezifische Lebensräume, die mit entsprechenden Habitatstrukturen der Umgebung in Verbindung stehen. **Kneitz et al. (1997)** gehen in ihrer Publikation der Frage nach, unter welchen Bedingungen Fliessgewässerquerungen bzw. Brückenöffnungen von verschiedenen Insektengruppen, Säugern, Vögeln sowie Artengemeinschaften des Gewässergrundes als Biotopvernetzung angenommen werden. Sie untersuchten 20 solcher Bauwerke von unterschiedlicher Dimension, Ausstattung und Konstruktion. Die Autoren kommen für Fliessgewässerquerungen zum Schluss, dass sich die Durchlässigkeit der Bauwerke mit zunehmender Dimensionierung und Naturnähe der überbrückten Flächen erhöht. Sie empfehlen auf jeder Seite des überbrückten Fliessgewässers eine Weite der Brückenöffnung von mindestens der 2.5-fachen Breite des Baches und bei Bächen unter 6 m Breite eine beidseitige Weite von mindestens 15 m.

Liste der erfassten Publikationen

- AKKERMANS, R. (1991): Wildviadukt onder A28 bij De Bilt. Zoogdier 91: 29.
- ANDEREGG, R. (1995): Tagung Wildtierpassagen auf Verkehrsachsen. CH-Wild Info 1: 5-6.
- ANDEREGG, R. & H.J. BAUMGARTNER (1996a): Brücken für Tiere: Wie breit müssen sie sein? BUWAL-Bulletin 4: 30-34.
- ANDEREGG, R. & H.J. BAUMGARTNER (1996b): Passages pour la faune: quel doit être leur largeur? Bulletin de l'OFEFP 4: 30-34.
- ANONYMUS (1995): Wildbrücke, Überführung an der A395. Die Bauverwaltung + Bauamt & Gemeindebau 6: 310-311.
- BALLON, P. (1980): Problèmes posés par les grandes infrastructures linéaires vis-a-vis des populations de grands animaux. Ciconia 4: 69-83.
- BALLON, P. (1985): Bilan technique des aménagements réalisés en France pour réduire les

- impacts des grandes infrastructures linéaires sur les ongulés gibiers. In: XVIIth Congress of the International Union of Game Biologists, Brussels. 679-689.
- BALLON, P. (1986): Bilan technique des aménagements réalisés en France pour réduire les impacts des grandes infrastructures linéaires sur les ongulés gibiers. Off. Natl. Chasse Bull. Mens. Nr. 104: 33-39.
- BEKKER, G.J. (1989): Faunavoorzieningen bij Wegen. *Wegen* 63: 8-13.
- BEKKER, H. (1991): Ecoducten worden gebruikt. *Zoogdier* 2: 20-23.
- BOHEMEN, H.D. VAN & J.G. DE VRIES (1994): Versnippering-ontsnippering. Habitat fragmentation - policy and research at the Ministry of Transport and Public Works. *Landschap* 11: 15-25.
- BOLZ, U. (1995): Keine Chance für Standardlösungen! *LOEBF-Mitteilungen* 1: 23-27.
- BÜRGLIN, R., F. WIENKE & W. SCHRÖDER (1995): Planung von Grünbrücken an der Autobahn Ljubljana-Razdrto (Slowenien) unter besonderer Berücksichtigung des Braunbären (*Ursus arctos* L.). Diplomarbeit Institut für Geographie der Ludwig-Maximilians-Universität München. 79 S.
- CAILMAIL, F. (1985): Les passages à gibier: cas de l'autoroute A36 dans la traversée de la forêt domaniale de la Hardt (Haut-Rhin). In: Bernard, J.-M., M. Lansiaert, C. Kempf & M. Tille (Eds.): *Routes et Faune Sauvage. Actes du colloque au Conseil de l'Europe, Strasbourg, 5-7 juin 1985.* Strasbourg. 406.
- CANTERS, K., A. PIEPERS & D. HENDRIKS-HEERSMA (Eds.) (1997): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands, 474 S. Directorate-General for Public Works and Water Management, Delft.
- CLERGEAU, P. (1993): Utilisation des concepts de l'écologie du paysage pour l'élaboration d'un nouveau type de passage à faune. *Gibier Faune Sauvage* 10: 47-57.
- CONRADY, D., J. HERRMANN & G. WELLNER (1993): Landschaftsbrücken und Wilddurchlässe - Vernetzungselemente zwischen den von Verkehrswegen zerschnittenen Lebensräumen. *daber-Landschaftsplanung*.
- CTGREF (1978): Autoroute et grand gibier, 41 S. (Note technique No. 42). Groupement technique forestier, Nogent-sur-Vernisson.
- CUPERUS, R. & K.J. CANTERS (1994): Natureffecten van verkeerswegen (Ways to ground mitigating and compensating measures). *Landschap* 11: 27-36.
- DE SANTO, R.S. & D.G. SMITH (1993): Environmental auditing: An introduction to issues of habitat fragmentation relative to transportation corridors with special reference to high-speed rail (HSR). *Environ. Manage.* 17: 111-114.
- DÉSIRÉ, G. & C. MALLET (1991): T.G.V. Atlantique: ouvrages de franchissement pour les ongulés et gestion de leurs abords. Off. Natl. Chasse Bull. Mens. 159: 40-45.
- DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE (DWW) (1995): *Natuur over wegen, Nature across motorways*, 103 S. Rijkswaterstaat, Delft.
- DUMONT, S. & F. KLEIN (1995): L'aménagement cynégétique de la ligne TGV nord. Utilisation par la grande faune des passages à gibier. Off. Natl. Chasse Bull. Mens. 203: 22-30.
- ECONAT (Ed.) (1992): Protection de la faune dans les projets de nouvelle traces ferroviaires, 51 S. Yverdon-les-Bains.
- FEHLBERG, U. (1994): Ökologische Barrierewirkung von Strassen auf wildlebende Säugetiere - ein Tierschutzproblem. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 101: 125-129.
- FELLINGER, S. (1987): A4 & Hochwildfernwechsel. Gutachten im Auftrag der niederösterreichischen Landesregierung Abteilung B/2-F Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft an der Universität für Bodenkultur, Wien. 43 p.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESSEN (Ed.) (1998): Strassenbau und Umweltplanung. Anspruch-Umsetzung-Problembewältigung. *Landschaftstagung* 22-23 Mai 1997 in Erfurt, 102 S. Köln.

- FRIEDMAN, D.S. (1997): Nature as infrastructure. The national ecological network and wildlife-crossing structures in the Netherlands, 49 S. DLO Winand Staring Centre, Wageningen.
- GEORGII, B. & W. SCHULZ (1985): Die Biobrücke. Mitteilungen aus der Wildforschung 53: 1-3.
- HARFST, W. & C. LEISI (1992): Ökologische Durchlässigkeit von Verkehrsstrassen; Ergebnisse einer Literatur-Recherche zum Thema Durchlassbauwerke für Wildtiere an Verkehrsstrassen, 24 S. Niedersächsisches Landesamt für Strassenbau, Hannover.
- HAX, D. (1995): Ökobrücken für Wildtiere. Natürlich 15: 54-57.
- HOEVE, R. (1992): Faunistische maatregelen in Oost-Twente. Zoogdier 3: 9-13.
- KELLER, V. & H.P. PFISTER (1991): Schnitt durch Lebensräume. Schweizer Naturschutz 5: 3-8.
- KELLER, V. & H.P. PFISTER (1996): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Veröff. PAÖ 16: 187-193.
- KELLER, V. & H.P. PFISTER (1997): Wildlife passages as a means of mitigating effects of habitat fragmentation by roads and railway lines. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 70-80.
- KELLER, V. & H.P. PFISTER (1998): Wildlife passages in Switzerland and beyond - research of the Swiss Ornithological Institute in the field of traffic infrastructure and wildlife. In: Report of the 4th IENE Meeting, Brig, Switzerland, 22-26 April 1998. Delft. 66-68.
- KELLER, V., R. GRAF & H.P. PFISTER (1991): Kantonsstrasse A8 Schindellegi - Biberbrugg, Kanton Schwyz: Wilddurchlass Schindellegi; Bericht zu Handen des Tiefbauamtes des Kantons Schwyz. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- KNEITZ, G., H. ZUMKOWSKI-XYLANDER & K. OERTER (1997): Minimierung der Zerschneidungseffekte von Strassenbauten am Beispiel von Fliessgewässerquerungen bzw. Brückenöffnungen. Endbericht zum Forschungsvorhaben FE 02.158.G 94 L der Bundesanstalt für Strassenwesen, 313 S. Institut für Angewandte Zoologie der Universität Bonn.
- KRUG, B. (1985): Wilddurchlässe an Fernstrassen. Jäger 1: 47.
- KYEK, M. (1995): Amphibienschutz an Strassen in Österreich - Empfehlungen für den Strassenbau. LOEBF-Mitteilungen 1: 34-40.
- LAND, D. & M. LOTZ (1996): Wildlife Crossing Designs and Use by Florida Panthers and other Wildlife in Southwest Florida. In: Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry (Eds.): Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. Florida. 6 S.
- LEEDY, D.L. (1982): Suggested highway wildlife management measures. In: Urban Wildlife Research Center (Ed.): Wildlife Considerations in Planning and Managing Highway Corridors. Columbia, Maryland. 41-71.
- LEY, F. & J.L. TREMONG (1993): La route et la grande faune 1. L'exemple des passages à gibier de la section II de l'autoroute Luxembourg-Treves. Chasse & Nature 2: 23-26.
- MAGNIN, B. (1994a): Damit Rehe und Wildschweine weiterhin wandern können. BUWAL-Bulletin 1/94: 16-18.
- MAGNIN, B. (1994b): Damit Rehe und Wildschweine weiterhin wandern können: Grünbrücken über Autobahnen. Jagd+Hege 26: 14-15.
- MATUSCHEK, J. (1976): Wildwechsel und Wildschutzmassnahmen entlang der Nationalstrasse N2 zwischen Seedorf und Amsteg. Strasse und Verkehr 3: 94-100.
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT & DIRECTORAAT-GENERAAL RIJKSWATERSTAAT (Eds.) (1994): Versnippering... Ontsnippering, Vol. 3, 8 S. Delft.
- MINISTRY OF TRANSPORT, PUBLIC WORK AND WATERMANAGEMENT, ROAD AND HYDRAULIC ENGINEERING DEVISION (DWW). (1995): Wildlife Crossings for Roads and Waterways, 16 S. Delft.

- MÜLLER, H.U. (1975): Wildwechsel und Wildschutzmassnahmen entlang der Nationalstrasse N2 zwischen Seedorf und Amsteg, 33 S. Arbeitsgruppe für Wildforschung, Zoologisches Institut der Universität Zürich.
- MÜLLER, H.U. (1978): Wildwechsel und Wildschutzmassnahmen entlang der Nationalstrasse N2 zwischen Seedorf und Amsteg. *Wildbiologie* 6: 1-7.
- MÜLLER, S. & G. BERTHOUD (1994): Sécurité faune/trafics; Manuel pratique à l'usage des ingénieurs civils, 127 S. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Département de génie civil, LAVOC, Lausanne.
- MÜLLER, S. & F. MOGNETTI (1991): Sécurité Faune/Trafic, "Protection du Gibier" (Mandat de recherche 15/77, Rapport final), 121 S. Laboratoire des voies de circulation, Département de génie civil, Ecole polytechnique fédérale, Lausanne.
- MÜNCH, D., G. HALLMANN & H. HEITLAND (1995): Zur Effektivität einer kombinierten Amphibienschutzanlage. *LOEBF-Mitteilungen* 1: 27-33.
- MÜRI, H. & K. STAMMBACH (1991): Bahn 2000 will Rücksicht nehmen auf Wildtiere: Empfehlungen zur Gestaltung von Brücken und Lärmschutzwänden. *Wildbiologie* 1: 1-11.
- OORD, J.G. (1995): Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water, 278 S. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde & Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Delft, Utrecht.
- OPDAM, P. (1994): Mitigatie en compensatie (Mitigation and compensation). *Landschap* 11: 61-70.
- PFISTER, H.P. (1994a): Wildtiere, Strassen und Verkehr. *Jagd+Hege* 26: 1-2.
- PFISTER, H.P. (1994b): Wildunfälle - Sind Brücken die einzige Lösung? *Schweiz. Jagdz.* 7/94: 8-10.
- PFISTER, H.P. (1997): Wildtierpassagen an Strassen. Vorprojekt zur Abklärung der Nutzung von für den Verkehr erstellten Unter- und Überführungen durch Wildtiere. Forschungsauftrag 30/92. Bundesamt für Strassenbau und Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich. 29 S.
- PFISTER, H.P. & V. KELLER (1995): Strassen und Wildtiere - Sind Grünbrücken eine Lösung? *Bauen für die Landwirtschaft* 32: 26-30.
- PFISTER, H.P., V. KELLER, H. RECK & B. GEORGII (1997): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege, Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756, 590 S. Bundesministerium für Verkehr, Bonn.
- RIGHETTI, A. (1997): Passagen für Wildtiere. Die wildtierbiologische Sanierung des Autobahnnetzes in der Schweiz, 46 S. Pro Natura, Basel.
- SCHMIDT (1993): Wildbrücken über die Autobahn. *Das Tier* 9: 29.
- SCHULZ, W. (1985): Biobrücken. In: Bernard, J.-M., M. Lainsiart, C. Kempf & M. Tille (Eds.): *Routes et Faune Sauvage*, Conseil de l'Europe Strasbourg, Actes du Colloque. Bagnaux. 265-268.
- SCHWARZ, H. (1997): Bauwerke für Wildtiere. *TCS Magazin* 10: 2-3.
- SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE (SGW) (Ed.) (1995): *Wildtiere, Strassenbau und Verkehr*, 53 S. Chur.
- SÉRVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES; CENTRE DE LA SÉCURITÉ ET DES TECHNIQUES ROUTIÈRES (1993): *Passages pour la grande faune*, 121 S. Bagnaux Cedex.
- SPEAKE, A., J.-C. JACQUES & J. THIRION (1984): Faune et circulation routière - une cohabitation difficile mais possible. *Revue générale des routes et des aérodromes* 604: 3-7.
- TROCMÉ, M., B. MAGNIN & R.P. LEBEAU (1996): Statt Lebensräume zerschneiden: Hindernisse beseitigen, Netze knüpfen, tierfreundlicher planen. *BUWAL-Bulletin* 4/96: 27-29.
- TUSCHE, J., STRITZKE & BERGER (1994): Ökologisch bedingtes, tunnelartiges Überführungsbauwerk über die Autobahn BAB 4, Dresden - Bautzen bei Bau-km 30 + 165,0 (Grünbrücke). Diplomarbeit Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen.

233 S.

- VENTRY, W.F. ET AL. (1995): Value Engineering Summary of the Wildlife Crossings, Vol. WPI No.1114163, State Project No. 03080-3519, 63 S. State of Florida, Department of Transportation, Environmental Management Office, Tallahassee, Florida.
- VEREINIGING DAS & BOOM (Eds.) (1992): Dassen veilig op weg. Verkeersvoorzieningen voor dassen, 27 S. Beek-Überbergen.
- VEREINIGING DAS & BOOM (Eds.) (1992): Provisions for badgers against traffic. Beek-Überbergen.
- VERKAAR, H.J. & G.J. BEKKER (1991): The significance of migration to the ecological quality of civil engineering works and their surroundings. In: Bohemen, H.D. van, D.A.G. Buizer & A. Littel (Eds.): Nature engineering and civil engineering works. Wageningen. 44-61.
- VERKEHRSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1991): Amphibienschutz: Leitfaden für Schutzmassnahmen an Strassen. Schriftenreihe der Strassenbauverwaltung, Vol. 4. Baden-Württemberg.
- WÖLFEL, H. & H.H. KRÜGER (1991): Gestaltungsmöglichkeiten von Wilddurchlässen an Autobahnen. Neubau Bundesautobahn BAB 395 Teilstück Oderwald, 55 S. Institut für Wildbiologie und Jagdkunde der Universität Göttingen, Göttingen.
- WÖLFEL, H. & H.H. KRÜGER (1995): Zur Gestaltung von Wilddurchlässen an Autobahnen. Z. Jagdwiss. 41: 209-216.
- WOLF, K. & E. IGELMANN (1995): Neue Wege im Amphibienschutz. LOEBF-Mitteilungen 1: 40-47.

5.2 Wirksamkeit von wildtierspezifischen Bauwerken

Die unten aufgeführten Publikationen befassen sich mit bestehenden oder geplanten wildtierspezifischen Bauwerken. In einem grossen Teil der Berichte werden Erfolgskontrollen einzelner solcher Passagen präsentiert. Ausführliche Untersuchungen zur Wirksamkeit von Wildtierpassagen sind jedoch selten. Eine Übersicht über diesbezügliche Untersuchungsmethoden haben **Brandjes & Smit (1996)** zusammengestellt. Der grössere Teil der Untersuchungen hinsichtlich der Effizienz von Wildtierpassagen bezieht sich auf grössere Säuger wie beispielsweise Dachse (**Broekhuizen & Derckx 1996, Bekker & Canters 1997, Hauffe 1997, Herrmann et al. 1997**) oder Huftiere. Positive Resultate von eher schmalen Bauwerken (z.B. bei **Groupement de Nogent-sur-Vernisson (1984), Ballon (1985b)** und **Désiré & Mallet (1991)**) beziehen sich darauf, welche Tierarten Passagen benutzten, gehen aber nicht auf die Häufigkeit der Querungen und auf die Wildtierdichte in der Umgebung der Passagen ein. Zur Interpretation der Resultate von Erfolgskontrollen muss die bestehende Populationsgrösse im Umfeld der Bauwerke berücksichtigt werden. **Reed et al. (1975)** haben beispielsweise festgestellt, dass nur etwa 40% der Maultierhirsche (*Odocoileus hemionus*), die auf eine Unterführung zugingen, diese auch querten. Die restlichen Tiere übersprangen den Wildsperrzaun, umgingen die Unterführung weiträumig oder unterbrachen ihren Wechsel. Es ist fraglich, ob solche Resultate als Erfolg bezeichnet werden können.

Die Untersuchungen von **Vassant et al. (1993a, b)** zeigen artspezifische Unterschiede auf. Während Wildschweine die in ihrem Mittelbereich recht schmalen Überführungen im Massif d'Arc-en-Barrois schon kurze Zeit nach der Fertigstellung der Bauwerke annahmen, blieben Rothirsche den Überführungen fern. Zu ähnlichen Resultaten kamen auch **Dumont & Klein (1995)**. Zwei Unterführungen wurden vom Rothirsch kaum benutzt, vom Wildschwein jedoch gut angenommen. Auch **Schaal et al. (1985)** kamen zum Resultat, dass fünf Überführungen und sechs Unterführungen, davon drei spezi-

fisch für Huftiere errichtet, von Rothirschen kaum benutzt wurden. Die Untersuchungen von **Maizeret & Camby (1987)** an einer 5m breiten Überführung ergaben ebenfalls, dass das Bauwerk von Rothirschen nicht der Wildtierdichte entsprechend begangen wurde. Rothirsche und Rehe scheinen gegenüber Hindernissen grössere Sicherheitsdistanzen einzuhalten. **Righetti et al. (1998)** zeigten, dass Rehe eine 22 m breite Wildtierpassage im Vergleich zu den anderen Arten zwar am häufigsten benützten, sich bei der Querung des Bauwerkes aber äusserst vorsichtig und zögernd verhielten. Die Autoren führen das Verhalten auf die für das Reh knappe Dimensionierung der Passage zurück. Untersuchungen von **Hunt et al. (1987)** ergaben, dass 3 m hohe Unterführungen von Füchsen, Hunden, Katzen und einigen Kleinsäugerarten, nicht aber von grossen Säugern benutzt wurden.

Im Gegensatz dazu nahmen viele Individuen des Wapitis (*Cervus elaphus*) im kanadischen Nationalpark Banff wildtierspezifische Unterführungen an (**Leighton 1988**). Wapitis gelten als anpassungsfähig und sind in den Nationalparks auch in den Siedlungen anzutreffen. Auch **Foster & Humphrey (1995)** erwähnen, dass Weisswedelhirsche (*Odocoileus virginatus*) neben dem Rotluchs (*Lynx rufus*) und Waschbär (*Procyon lotor*) Unterführungen am häufigsten benützten.

Was die minimale Breite eines Bauwerkes angeht, scheiden sich die Meinungen verschiedener Autoren und Autorinnen. **Litjens (1991)** geht auf breitere Bauwerke in den Niederlanden ein und beschreibt diese für Rothirsch, Reh und Wildschwein als effizient. Auch **Georgii (1997)** und **Jenny et al. (1997)** kommen in ihren Untersuchungen zum Schluss, dass breite spezifische Wildtierpassagen für grössere Säuger effizienter sind als schmale (siehe auch **Pfister et al. 1997a**).

Um die Wirksamkeit von Grünbrücken zu beurteilen, müssen neben den grösseren Säugern auch andere Tiergruppen berücksichtigt werden, wie beispielsweise in den Untersuchungen von **Pfister et al. (1997b)**. Gemäss den Autoren sind Grünbrücken prinzipiell für alle terrestrischen Tierarten geeignet, den Barriereeffekt von Strassen zumindest lokal zu mindern. Voraussetzungen dafür sind eine optimale Lage, genügend grosse Dimensionierung und eine den Zielarten entsprechende Gestaltung der Bauwerke. Für an Wasser oder Feuchtzonen gebundene Arten sind Grünbrücken weniger geeignet. Diesen Tiergruppen entsprechende Habitate können auf den Brückenbereichen und ihrer der Umgebung nur schwer und unter besonderen Umständen (beispielsweise bei Hanglage der Bauwerke) geschaffen und unterhalten werden. Am wirksamsten sind Grünbrücken, wenn sie nicht nur als Bewegungskorridor dienen, sondern in den Lebensraum der Wildtiere integriert werden (grössere Arten), oder wenn auf ihnen Habitate geschaffen werden können, die den Ansprüchen der Zielarten entsprechen (Kleintiere).

Andere Untersuchungen beschäftigen sich mit der Wirksamkeit von Schutzanlagen für Amphibien (**Berthoud & Müller 1987**), für Fischotter (*Lutra lutra*) (**Madsen 1996**), mit dem Einfluss von Wildtierpassagen auf Vögel (**Keller et al. 1996**, **Pfister et al. 1997b**) und ihrer Wirksamkeit für unterschiedliche Wirbellosengruppen (**Rietze & Reck 1997a, b**, **Zangger 1997**).

Kneitz et al. (1997) gehen in ihrer Publikation der Frage nach, unter welchen Bedingungen Fliessgewässerquerungen bzw. Brückenöffnungen über Fliessgewässern von verschiedenen Insektengruppen, Säugern, Vögeln sowie Artengemeinschaften des Gewässergrundes als Biotopvernetzung angenommen werden. Sie untersuchten 20 solcher Bauwerke von unterschiedlicher Dimension, Ausstattung und Konstruktion. Die Autoren kommen für Fliessgewässerquerungen zum Schluss, dass sich die Durchlässigkeit der Bauwerke mit zunehmender Dimensionierung und Naturnähe der überbrückten Flächen erhöht.

Liste der erfassten Publikationen

- APPEL, T. (1996): Untersuchungen zur Funktion einer Wildunterführung an der Bundesautobahn 395 im Odenwald. Institut für Wildbiologie und Jagdkunde der Universität Göttingen. 52 S.
- BALLON, P. (1984): Premières observations sur l'efficacité des passages à gibier sur l'autoroute A36. Informations Techniques du CEMAGREF 53: 1-6.
- BALLON, P. (1985a): Bilan technique des aménagements réalisés en France pour réduire les impacts des grandes infrastructures linéaires sur les ongulés gibiers. In: XVIIth Congress of the International Union of Game Biologists, Brussels. 679-689.
- BALLON, P. (1985b): Premières observations sur l'efficacité des passages à gibier sur l'autoroute A36. In: Bernard, J.-M., M. Lansiaert, C. Kempf & M. Tille (Eds.): Routes et Faune Sauvage, Actes du colloque, Conseil de l'Europe, Strasbourg. F-92223 Bagneux. 311-316.
- BALLON, P. (1987): Premières observations sur l'efficacité des passages à gibier sur l'autoroute A36. In: Ministère de l'équipement, de l'aménagement du territoire et des transports (Ed.): Routes et Faune Sauvage, Actes du colloque Strasbourg 1985. 311-316.
- BEKKER, G.J. & K.J. CANTERS (1997): The continuing story of badgers and their tunnels. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 344-353.
- BERTHOUD, G. & S. MÜLLER (1987): Amphibien-Schutzanlagen. Wirksamkeit und Nebeneffekte. Abschlussbericht über die Untersuchungen an der Anlage am Etang du Sepey (Kanton Waadt, Schweiz). Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 41: 197-222.
- BRANDJES, G.J. & G.F.J. SMIT (1996): Overzicht onderzoeksmethoden gebruik faunapassages, 54 S. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- BROEKHUIZEN, S. & H. DERCKX (1996): Durchlässe für den Dachse und ihre Effektivität. Z. Jagdwiss. 42: 134-142.
- CARSIGNOL, J. (1995): Tele Surveillance des passages pour la faune, 9 S. Ministère de l'équipement SETRA; Ministère de l'environnement, sous-direction de l'aménagement, Bagneux.
- DÉSIRÉ, G. & C. MALLET (1991): T.G.V. Atlantique: ouvrages de franchissement pour les ongulés et gestion de leurs abords. Off. Natl. Chasse Bull. Mens. 159: 40-45.
- DUMONT, S. & F. KLEIN (1995): L' aménagement cynégétique de la ligne TGV nord. Utilisation par la grande faune des passages à gibier. Off. Natl. Chasse Bull. Mens. 203: 22-30.
- FOSTER, M.L. & S.R. HUMPHREY (1995): Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife. Wildl. Soc. Bull. 23: 95-100.
- GEORGII, B. (1997): B23-Tunnelgelände bei Oberammergau. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 157-172.
- GOERGII, B. (1997): Wildsäuger an bestehenden Grünbrücken. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 141-156.
- GROUPEMENT DE NOGENT-SUR-VERNISSON (1984): Premiers observations sur l'efficacité des passages a gibier sur l'autoroute A36. CEMAGREF-Informations Techniques 53: 1-6.
- GUYOT, G. & J. CLOBERT (1997): Conservation measures for a population of Hermanns Tortoise *Testudo Hermannii* in Southern France bisected by a major highway. Biol. Conserv. 79: 251-256.
- HARFST, W. & C. LEISI (1992): Ökologische Durchlässigkeit von Verkehrsstrassen; Ergebnisse einer Literatur-Recherche zum Thema Durchlassbauwerke für Wildtiere an Verkehrsstrassen, 24 S. Niedersächsisches Landesamt für Strassenbau, Hannover.
- HAUFFE, P. (1997): Telemetrische Untersuchung der Raumnutzung dreier Dachse im Bereich der B31neu nach Verkehrseröffnung. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.):

- Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 205-224.
- HERRMANN, M., H. MÜLLER-STIESS & M. TRINZEN (1997): Bedeutung von Grünbrücken für Dachse (*Meles meles* L.), untersucht an den Grünbrücken der B31neu zwischen Stockach und Überlingen. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 173-204.
- HOORN, D. VAN DEN (1996): Wildviaduct Terlet krijgt steeds meer klandizie. Het Edelhert 1: 10-11.
- HUNT, A., H.J. DICKENS & R.J. WHELAN (1987): Movement of mammals through tunnels under railway lines. Australian Zoologist 24: 89-93.
- JANSSEN, A.A.A.W., H.J.R. LENDERS & R.S.E.W. LEUVEN (1997): Technical state and maintenance of underpasses for badgers in the Netherlands. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 362-366.
- JENNY, D., F. VON LERBER, V. KELLER & H.P. PFISTER (1997): Nutzung der Grünbrücken über die B31neu durch grössere Säuger. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 105-140.
- KADEN, D., P. BEERLI & C. MEIENBERGER (1993): Erfolgskontrolle der ökologischen Massnahmen an der Neubaustrecke der N7, Bericht im Auftrag des Kantons Thurgau. Büro für Ökologie und EDV, Frauenfeld.
- KARTHAUS, G. (1985): Schutzmassnahmen für wandernde Amphibien vor einer Gefährdung durch Strassenverkehr - Beobachtungen und Erfahrungen. Natur und Landschaft 60: 242-247.
- KELLER, V. & H.P. PFISTER (1996): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Veröff. PAÖ 16: 187-193.
- KELLER, V. & H.P. PFISTER (1997a): Projekt Grünbrücken abgeschlossen. Schweizerische Vogelwarte Sempach - Informations-Bulletin 3: 2-3.
- KELLER, V. & H.P. PFISTER (1997b): Wildlife passages as a means of mitigating effects of habitat fragmentation by roads and railway lines. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 70-80.
- KELLER, V., H.G. BAUER, H.W. LEY & H.P. PFISTER (1996): Bedeutung von Grünbrücken über Autobahnen für Vögel, untersucht an den Grünbrücken bei Markelfingen und im Forêt de la Hardt. Ornithol. Beob. 93: 249-258.
- KELLER, V., H.G. BAUER, H.W. LEY & H.P. PFISTER (1997): Bedeutung von Grünbrücken über Autobahnen für Vögel, untersucht an den Grünbrücken bei Markelfingen und im Forêt de la Hardt. (Abdruck der Publikation in Ornithol. Beob. 93 (1996): 249-258.). In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 559-572.
- KNEITZ, G., H. ZUMKOWSKI-XYLANDER & K. OERTER (1997): Minimierung der Zerschneidungseffekte von Strassenbauten am Beispiel von Fliessgewässerquerungen bzw. Brückenöffnungen Endbericht zum Forschungsvorhaben FE 02.158.G 94 L der Bundesanstalt für Strassenwesen, 313 S. Institut für Angewandte Zoologie der Universität Bonn.
- KRAH, A. (1998): Sinn und Unsinn von Wildtunnels und -brücken. Übergangslösungen. Wild und Hund 101: 6-8.
- KRÜGER, H.H. & H. WÖLFEL (1991): Behavioral response of fallow deer to various types of simulated underpasses. In: Trans. 20th Congr. Int. Union Game Biol., Gödöllő, Hungary, Vol.

2. 591 S.

- KUENNEN, T. (1989): New Jersey's I-78 preserves mountain habitat. *Roads & Bridges* Feb: 69-73.
- LAND, D. & M. LOTZ (1996): Wildlife Crossing Designs and Use by Florida Panthers and other Wildlife in Southwest Florida. In: Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry (Eds.): *Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar*. Florida. 6 S.
- LEHNERT, M.E. & J. BISSONNETTE (1997): Effectiveness of highway crosswalk structures at reducing deer-vehicle collisions. *Wildl. Soc. Bull.* 25: 809-818.
- LEIGHTON, D. (1988): Helping the animals cross the road. Fences and underpasses reduce road kills along new four-lane highway through Banff. *Canadian Geographic* 108: 22-28.
- LEISI, C. (1992): Die Bedeutung von Grünbrücken als Vernetzungselement für Heuschrecken, untersucht am Beispiel der Grünbrücke Hohereute bei Radolfzell. Diplomarbeit Universität Hannover, Fachbereich Landespflege in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Vogelwarte Sempach. 102 S.
- LEISI, C. (1997): Die Bedeutung von Grünbrücken als Vernetzungselement für Heuschrecken, untersucht am Beispiel der Grünbrücke Hohereute bei Radolfzell. (Zusammenfassung der Diplomarbeit am Fachbereich Landespflege der Universität Hannover.). In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege*. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 537-538.
- LEY, H.-W. & H.-G. BAUER (1997): Bedeutung der Grünbrücken über die B31neu zwischen Stockach und Überlingen für Vögel. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege*. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 539-558.
- LITJENS, B.E.J. (1991): Evaluatie wildviaducten A-50, 9 S. Consulentenschap Natur, Milieu en Faunabeheer, Arnhem.
- LÖDERBUSCH, W. (1997): Bedeutung von Grünbrücken für wandernde Amphibien - Voruntersuchungen und Überlegungen am Beispiel der B31neu zwischen Stockach und Hohenlinden. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege*. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 573-588.
- MADSEN, A.B. (1992): Tiere in neuetablierten Tunneln bei grösseren Strassenanlagen. *National Environmental Research Institute*, Kaloe.
- MADSEN, A.B. (1996): Otter *Lutra lutra* mortality in relation to traffic, and experience with newly established fauna passages at existing road bridges. *Lutra* 39: 76-90.
- MAIZERET, C. & A. CAMBY (1987): Les cerfs et l'autoroute: bilan des observations réalisées en Charente-Maritime dans le cadre du suivi écologique de l'A10. *Off. Natl. Chasse Bull. Mens.* Nr. 119: 25-34.
- MANSERGH, I.M. & D.J. SCOTTS (1989): Habitat continuity and social organization of the mountain pygmy-possum restored by tunnel. *J. Wildl. Manage.* 53: 701-707.
- MÜLLER-STIESS, H. & M. HERRMANN (1997): Bedeutung von Grünbrücken für Bilche (Myoxidae) untersucht an der Grünbrücke Schwarzgraben (B31neu Stockach-Überlingen). In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege*. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 225-244.
- MÜNCH, D., G. HALLMANN & H. HEITLAND (1995): Zur Effektivität einer kombinierten Amphibienschutzanlage. *LOEBF-Mitteilungen* 1: 27-33.
- PFISTER, H.P., B. GEORGII, M. HERRMANN & V. KELLER (1997a): Vorkommen grösserer Säuger im Gebiet B31neu und Raumnutzung in bezug auf die Grünbrücken. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): *Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege*. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 79-104.
- PFISTER, H.P., V. KELLER, H. RECK & B. GEORGII (1997b): Bio-ökologische Wirksamkeit von

- Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756, 590 S. Bundesministerium für Verkehr, Bonn.
- RECK, H., J. RIETZE & G. HERMANN (1997): Zöologische Untersuchungen an den Grünbrücken Würtembergle, Hohereute, Oberderdingen und Hardt 3. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 469-492.
- REED, D.F. (1981): Mule deer behavior at a highway underpass exit. *J. Wildl. Manage.* 45: 542-543.
- REED, D.F., T.N. WOODARD & T.M. POJAR (1975): Behavioral response of mule deer to a highway underpass. *J. Wildl. Manage.* 39: 361-367.
- RIETZE, J. & H. RECK (1997a): Das Einzugsgebiet von Grünbrücken und der Einfluss von Lebensraumkorridoren, untersucht am Beispiel von Heuschrecken. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 493-514.
- RIETZE, J. & H. RECK (1997b): Wirksamkeit von Grünbrücken für wirbellose Tierarten - Untersuchungen an der B31neu und Synthese. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 327-468.
- RIGHETTI, A., R. WEGMÜLLER & D. WENGER (1998): Ausbau der A1 am Grauholz - Bericht zur Erfolgskontrolle der Wildtierpassage (Bauwerk S9), 22 S. UNA - Atelier für Naturschutz und Umweltfragen, Bern.
- RODRIGUEZ, A., G. CREMA & M. DELIBES (1996): Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates. *J. Appl. Ecol.* 33: 1527-1540.
- ROOF, J. & J. WOODING (1996): Evaluation of the S.R.46 Wildlife Crossing in Lake County, Florida. In: Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry (Eds.): Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality; Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. Florida. 7 S.
- ROSELL, C., J. PAPPALÀ, R. CAMPENY, S. JOVÉ, A. PASQUINA & J.M. VELASCO (1997): Mitigation of barrier effect of linear infrastructures on wildlife. In: Canters, K., A. Piepers & D. Hendriks-Heersma (Eds.): Habitat fragmentation and infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. Delft. 367-372.
- ROTH, J. & M. KLATT (1991): Zum Stand der wissenschaftlichen Diskussion um sogenannte Grünbrücken. Veröffentlichungen der Aktionsgemeinschaft Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Vol. 20, 31 S. Stuttgart.
- SCHAAL, A., L. HUMBLOT & D. GUILMINOT (1985): Premières données sur la fréquentation de passages à faune par le cerf (*Cervus elaphus*), Autoroute A26, Haute-Marne, N.E. France. In: Bernard, J.-M., M. Lansiaut, C. Kempf & M. Tille (Eds.): Routes et Faune Sauvage, Actes du Colloqu au Conseil de l'Europe, Strasbourg, 5-7 Juin 1985. Bagneux. 269-274.
- SCHWERDTLE, C. (1986): Freilanduntersuchungen über das Wanderungsverhalten von Amphibien am Gutershofer Weiher (Lkr. Biberach/Riss) und die Wirksamkeit verschiedener Schutzeinrichtungen. Dissertation Universität Tübingen. 191 S.
- SMIT, G.F.J. (1996): Het gebruik van faunapassages bij rijkswegen. Overzicht en onderzoeksplan, 66 S. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- UECKERMANN, E. & P. OLBRICH (1984): Untersuchung der Eignung von Wilddurchlässen und der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Vol. 426, 55 S. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- VASSANT, J., S. BRANDT & J.M. JULLIEN (1993a): Influence du passage de l'autoroute A5 sur les populations cerf et sanglier du Massif d'Arc-en-Barrois. 1re partie: Cas de la population cerf. *Off. Natl. Chasse Bull. Mens.* 183: 15-25.
- VASSANT, J., S. BRANDT & J.M. JULLIEN (1993b): Influence du passage de l'autoroute A5 sur les

- populations cerf-sanglier du Massif d'Arc-en-Barrois. 2e et dernière partie: Cas de la population sanglier. Off. Natl. Chasse Bull. Mens. 184: 24-33.
- VEITH, M., M. FUHRMANN, S. DÖHR & A. SEITZ (1995): Akzeptanz und Effektivität einer Amphibienschutzanlage. LOEBF-Mitteilungen 1: 15-22.
- WILD, F. (1997a): Faune contre autoroutes: Ne lésinons pas sur les passerelles vertes. Bulletin de l'OFEFP 3: 16-17.
- WILD, F. (1997b): Grünbrücken für Wildtiere müssen genügend breit dimensioniert werden. Umweltschutz, BUWAL-Bulletin 3: 16-17.
- WILHELM, P. & E. PALIOCHA (1997): Bedeutung von Grünbrücken für Kleinsäuger, untersucht an den Grünbrücken an der B31neu (Stockach-Überlingen), an der B33neu (Markelfingen) und im Forêt de la Hardt (Elsass). In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 245-326.
- WORM, B. (Hrsg.) (1995): Gebruik van wildviaduct Terlet door ree, edelhert en wild zwijn, 24 S. Vereniging Natuurmonumenten, Arnhem.
- YANES, M., J.M. Velasco & F. Suarez (1995): Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. Biol. Conserv. 71: 217-222.
- ZANGGER, A. (1995): Wildlife overpass over a motorway as connecting means for forest arthropod communities. Dissertation Philosophisch naturwissenschaftliche Fakultät Universität Bern. 95 S.
- ZANGGER, A. (1997): Ökologische Bedeutung von Grünbrücken für Boden-Arthropoden: Teilstudie an zwei Brücken im Forêt de la Hardt. In: Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii (Eds.): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 756. Bonn. 515-536.