

Editorial:

Auf dem Weg zu straßenökologischer Forschung auf Landschaftsebene

Von Inga A. Roedenbeck und Jochen Jaeger,
Gastherausgeber des Themenheftes

Der Ausbau bestehender Verkehrswege und der Bau neuer Verkehrswege haben das Landschaftsbild in Europa über die letzten Jahrzehnte wesentlich mitgeprägt. Straßen werden die europäischen Landschaften auch in Zukunft massiv beeinflussen, denn allen Verkehrsprognosen zufolge ist ein weiterer starker Anstieg des Landverkehrs in Europa zu erwarten. Insbesondere die großen Verkehrsprojekte in den neuen EU-Mitgliedsländern in Osteuropa werden zu einer erheblichen Verdichtung des Verkehrsnetzes führen.

Die Zerschneidung von Landschaften durch Verkehrsinfrastrukturen hat zahlreiche, überwiegend negative Auswirkungen auf wildlebende Tierarten. *Reed Noss* mutmaßt, dass Straßen im Prozess der Habitatfragmentierung der Einzelfaktor mit der größten Schadenswirkung und ein Hauptgrund für die Gefährdung vieler Arten sind (Noss 1993). *Richard Forman* bezeichnet die ökologischen Auswirkungen von Straßen als „the sleeping giant of biological conservation“ (FORMAN 2002). Weltweit sind Verkehrs- und Landschaftsplaner, Wildbiologen und Umweltwissenschaftler zunehmend besorgt über die ökologischen Auswirkungen von Verkehrswegen. Das zunehmende Interesse an der Straßenökologie wird durch eine steigende Zahl von Untersuchungen, Publikationen und Symposien zu diesem Thema eindrücklich belegt.

Die Anfänge der Straßenökologie lassen sich bis 1925 zurückverfolgen, als *Dayton Stoner* in der Zeitschrift *Science* besorgt über vom Verkehr getötete Wirbeltiere berichtete, die er auf einer Sommerfahrt im US-Bundesstaat Iowa beobachtete. Auf der Fahrt über 632 Meilen zählte er nicht weniger als 225 getötete Tiere, die 14 Vogel-, 6 Reptilien- und 9 Säugetierarten umfassten (STONER 1925).

Auch aus dem deutschsprachigen Raum haben wissenschaftliche Beiträge das Forschungsgebiet vorgebracht (z.B. BAIER et al. 2005, RECK 1994). Große Bekanntheit erlangten die Arbeiten von *Hans-Joachim Mader* aus den 1970er- und 80er-Jahren über die Barrierewirkung von Straßen auf Laufkäfer und Kleinsäuger (z.B. MADER 1979). 1981 publizierten *Heinz Ellenberg* und Koautoren bereits einen Band mit dem Titel „Straßenökologie“, 22 Jahre bevor das Buch „Road Ecology“ von *Richard Forman* und 14 Koautor(inn)en den englischen Begriff in weiten Gebrauch brachte. Im Jahr 2005 erschien in der Zeitschrift GAIA im deutschsprachigen Raum ein erstes Schwerpunktheft zum Thema Landschaftszerschneidung (JAEGER et al. 2005).

Auf EU-Ebene verdeutlichen verschiedene Aktivitäten ebenfalls das steigende Interesse an diesem Forschungsfeld. An dem fünfjährigen Projekt „Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure“ beteiligten sich insgesamt 16 europäische Länder mit dem Ziel, den Wissensstand zu dieser Thematik zusammenzutragen. Hauptergebnis des Projekts ist ein europäisches Handbuch mit praktischen Richtlinien, wie Habitatfragmentierung vermieden oder minimiert werden kann (IUELL et al. 2003).

In Nordamerika wird seit 1996 alle zwei Jahre die „ICOET – International Conference on Ecology and Transportation“ ausgerichtet (www.icoet.net/index.html). *Richard Forman*, Professor an der Harvard-University, hat kürzlich angeregt, die ICOET in Zukunft jährlich abwechselnd in Nordamerika und Europa durchzuführen. Ebenfalls in Nordamerika wurde im Jahr 2003 das weltweit erste „Center for Road Ecology“ an der University of California gegründet (http://johnmuir.ucdavis.edu/road_ecology/).

Die straßenökologische Forschung verfolgt das Ziel, die Umweltwirkungen von Straßen systematisch zu erfassen und zu bewerten – eine wichtige Voraussetzung dafür, um sie vermeiden, minimieren und ausgleichen zu können. Während zu bestimmten Aspekten viele Fortschritte erlangt wurden, wird zugleich aber immer deutlicher, dass zentrale Fragen zu ihren Wirkungen noch immer unbeantwortet sind:

(1) Unklar ist bis heute, unter welchen Bedingungen Verhaltensänderungen von Wildtieren an Straßen und Wildunfälle Auswirkungen

Editorial:

Towards Landscape-scale Research in Road Ecology

By Inga A. Roedenbeck and Jochen Jaeger,
guest editors of the special issue

The upgrading of existing traffic routes and construction of new traffic routes has shaped the landscapes in Europe significantly within the past decades. Roads will continue to heavily influence these landscapes in the future as further increases in traffic densities are predicted. In particular, the ongoing large road construction projects in the new member states in Eastern Europe will lead to a major densification of road networks.

Landscape fragmentation by traffic routes has numerous, mainly negative effects on wildlife populations. *Reed Noss* alleges that roads may be the single most destructive element in the process of habitat fragmentation and pose a major threat to many species (Noss 1993). *Richard Forman* considers the ecological effects of roads as “the sleeping giant of biological conservation“ (FORMAN 2002). Worldwide, traffic planners, landscape planners, wildlife ecologists, and environmental scientists are more and more concerned about the ecological effects of roads. This increased interest in road ecology is impressively documented by a growing number of studies, publications, and symposia in this field of research.

The origins of road ecology can be traced back to 1925 when *Dayton Stoner* in the journal *Science* raised concern about traffic-killed vertebrates he observed on a summer drive in Iowa. On his trip of 632 miles, he counted 225 killed animals comprising 14 bird, 6 reptile, and 9 mammal species (STONER 1925).

The German-speaking countries also contributed to promoting this field of research (e.g., BAIER et al. 2005, RECK 1994). The work of *Hans-Joachim Mader* from the 1970s and '80s about barrier effects of roads on carabid beetles and small mammals drew particular attention in Germany (MADER 1979). In 1981, *Heinz Ellenberg* and co-authors already published a volume titled “Straßenökologie“, 22 years before the book “Road Ecology“ of *Richard Forman* and 14 co-authors succeeded in bringing the English term to the attention of a wider audience. In 2005, a first special issue about landscape fragmentation due to traffic routes was published in the journal GAIA in the German-speaking countries (JAEGER et al. 2005).

On the European level, various activities demonstrate an increasing interest in road ecology research as well. A total of 16 European countries took a state in the five-year project “Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure“. Major results of the project were a European state-of-knowledge report and a European handbook providing practical guidance on how to avoid and mitigate habitat fragmentation (IUELL et al. 2003).

In North America, the biennial „ICOET – International Conference on Ecology and Transportation“ has been organized since 1996 (www.icoet.net/index.html). *Richard Forman*, professor at Harvard University, recently proposed to conduct ICOET every year alternating between North America and Europe. Also in North America, the first “Center for Road Ecology“ worldwide was established at the University of California in 2003 (http://johnmuir.ucdavis.edu/road_ecology/).

The overall aim of road ecology research is to systematically detect and evaluate the ecological effects of roads, with the ultimate aim of avoiding, minimizing and compensating for negative impacts of roads on ecological systems. While much progress has been made, it is apparent that many fundamental questions still remain unanswered:

(1) It remains uncertain under what circumstances behavioural changes of wildlife and traffic mortality will affect long-term population viability. Observations from Spain and USA, for instance, report that bears, wolves and Roosevelt elks avoid landscape areas with high road network densities (CLEVINGER et al. 1997, MLADENOFF et al. 1999, WITMER & DECALESTA 1985), and that numerous individuals are killed by traffic every year. However, the long-term effects on these populations are unknown.

(2) Barrier effects of roads are thought to cause spatial isolation and inbreeding, leading to increased long-term extinction risks of wildlife

auf die Überlebensfähigkeit von Populationen haben. Aus Spanien und den USA ist beispielsweise bekannt, dass Bären, Wölfe und Roosevelt-Wapitühirsche Landschaftsbereiche mit hoher Straßendichte meiden (CLEVENGER et al. 1997, MLADENOFF et al. 1999, WITMER & DECALESTA 1985), und dass alljährlich bedenklich viele Individuen vom Verkehr getötet werden. Über die Langzeiteffekte dieser Prozesse auf die Populationen ist allerdings bislang nichts bekannt.

(2) Zwar ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass die Barrierewirkung von Straßen zur räumlichen Isolation führt, Inzuchterscheinungen auslöst und damit langfristig das Aussterberisiko von Populationen erhöht. De facto wurde aber bisher weder über Langzeitwirkungen noch auf genetischer Ebene nennenswert geforscht.

(3) Offen ist auch, inwieweit man aus lokalen Studien an einzelnen Straßenabschnitten auf großräumige Zusammenhänge schließen kann. Angesichts des stetig dichter werdenden Verkehrswegenetzes stellt sich nicht nur die Frage, wie der Bau einer einzelnen Straße zu bewerten ist. Wichtiger wird es vielmehr, abzuschätzen, wie Dichte und Konfiguration von ganzen Verkehrswegenetzen funktionale Beziehungen zwischen Ökosystemen auf landschaftlicher Ebene beeinflussen. Die Beantwortung dieser Fragestellung hat wichtigen Informationsgehalt zum Beispiel als Grundlage für die Strategische Umweltprüfung (SUP).

(4) Schließlich ist bisher kaum untersucht, wie stark die Wirkungen von Verkehrswegen zunehmen, wenn zugleich andere Faktoren wirken. Diese Fragestellung hat besonders auf Landschaftsebene eine hohe Bedeutung, wo großflächige Einflüsse präsent sind, die ebenfalls Gefährdungsfaktoren darstellen, wie z.B. intensive landwirtschaftliche Nutzung.

Die Straßenökologie steht heute vor vielen offenen Fragen und muss sich steigenden Herausforderungen stellen. Eine Analyse dieser komplexen Wirkungszusammenhänge setzt systematische Forschung voraus. Sie muss langfristig und großräumig angelegt sein und ist nicht mit vereinzelt Forschungsarbeiten auf der Ebene von Diplom- und Doktorarbeiten zu bewältigen. Parallel zu dieser direkten Wirkungsforschung wird ein Forschungs- und Bewertungsansatz benötigt, der sich mit den großen noch bestehenden und oftmals irreduziblen Unsicherheiten befasst und sich für den Umgang mit den Erkenntnislücken auf das Vorsorgeprinzip stützt (z.B. JAEGER 2002).

Um diese anstehenden Aufgaben anzugehen, die bisherigen, sehr verstreut publizierten Resultate systematisch auszuwerten und Forschungsaktivitäten zu bündeln, ist es an der Zeit, nun auch in Europa ein Institut für Straßenökologie zu gründen.

Zu diesem Heft

Das vorliegende Heft greift die dritte der oben genannten offenen Fragen auf: Welche Auswirkungen haben nicht nur einzelne Straßen, sondern großräumige Verkehrswegenetze auf Wildtierpopulationen? Damit wird ein Thema in Angriff genommen, das in der bisherigen Forschungspraxis noch kaum Berücksichtigung gefunden hat. Angesichts des überregional zu beobachtenden Rückgangs von Wildtierpopulationen hat diese Frage eine hohe Dringlichkeit. Sie ist eine der wesentlichen Herausforderungen, der sich die Umweltforschung in Zukunft stellen muss.

Die Beiträge in diesem Heft sind anlässlich eines internationalen Expertenworkshops auf Schloss Rauschholzhausen in Hessen entstanden, den die Justus-Liebig-Universität Gießen (Sonderforschungsbereich 299) und die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich am 02. und 03. November 2005 gemeinsam ausgerichtet haben. Vier Kernfragen standen im Mittelpunkt des Workshops: Wie ist die Reichweite von Straßenwirkungen messbar? Können Effekte von Straßen auf Landschaftsebene empirisch belegt werden? Wo liegen die Grenzen empirischer Studien? Sind Modelle in der Lage, diese Grenzen zu überschreiten? Das vorliegende Themenheft dokumentiert folgende Beiträge:

► Die Doppelausgabe wird mit dem Beitrag von **Daniel Rutledge** und **Craig Miller** aus Neuseeland und Australien eröffnet. Die Autoren liefern eine Übersicht, mit welchen Messgrößen Landschaftszerschneidung und Habitatfragmentierung mess- und dokumentierbar sind. Solche Maße sind nützlich, um Trendentwicklungen zu erkennen und geeignete Eingangsgrößen für quantitative Studien über die Auswirkungen der Fragmentierung zu identifizieren.

populations. However, there is as yet very little evidence for this because long-term genetic effects have hardly been studied.

(3) As a consequence, it is uncertain to which extent it is possible to extrapolate from local studies to large-scale interrelations. In the face of the ongoing densification of road networks, not only single roads are of interest regarding the question of how to evaluate roads effects. It is actually getting more and more important to evaluate how the density and configuration of entire road networks affect functional relationships between ecosystems at the landscape scale. Answers to this question provide important information for Strategic Environmental Assessments (SEA).

(4) Finally, the question of how much the effects of roads increase when other factors are simultaneously operating has hardly been investigated. This question is of special importance at the landscape scale where extensive impacts and threatening factors such as intensive agricultural land-use operate synergistically.

Road ecology is confronted with many open questions and has to address increasing challenges. An analysis of the complex interrelations requires systematic research. Research designs need to address large spatial scales and large time spans which can hardly be accomplished by isolated studies on the level of diploma and Ph.D. theses. In parallel to research revealing the environmental effects of roads, a research approach is required that directly deals with the large remaining and mostly irreducible uncertainties, building on the precautionary principle (e.g., JAEGER 2002).

To address these challenges, to systematically synthesize the previous, widely scattered results, and to bundle research activities, will require the foundation of a European Institute for Road Ecology.

About this issue

This issue addresses the third of the open questions: How do road networks affect wildlife populations at the landscape-scale? The issue therefore tackles a topic that has hardly been considered in previous research. In view of the decline of many wildlife populations, this question gains higher and higher priority. It is one of the main challenges road ecology research has to cope with in the future.

The articles in this issue were generated for a meeting of international experts organized in November 2-3, 2005 at the Castle of Rauschholzhausen in Hesse by the Justus-Liebig-Universität in Giessen (collaborate research centre SFB 299) and the Swiss Federal Institute of Technology in Zurich. Focal questions of this workshop were: How can the effect zone of roads be detected? Can the landscape-scale effects of road networks be detected empirically? What are the limitations of empirical studies? Can the use of models overcome these limitations?

► The special issue in hand is opened by a contribution of **Daniel Rutledge** and **Craig Miller** from New Zealand and Australia. The authors give an overview of landscape metrics used for quantifying and documenting landscape fragmentation and habitat fragmentation. Such metrics are indispensable to detect trends and to identify appropriate input variables for quantitative studies concerning the effects of landscape fragmentation on wildlife populations.

► **Jeff Houlahan**, **Scott Findlay**, and **Lee Jacobs** from Canada develop a new landscape-ecological method for measuring the effect range of roads. In addition, their approach detects distance decay functions to distinguish the relative importance of road effects at different distances from the observed population.

► **Inga Roedenbeck** and **Wolfgang Köhler** follow up the idea of the previous study: they measure the degree of landscape fragmentation with the metric "effective mesh size" and show that landscape fragmentation and the abundance of wildlife populations are negatively correlated. Their article points out that because of the limitations of empirical studies at the landscape scale, researchers should also use models.

► **Nina Klar**, **Stephanie Kramer-Schadt**, and **Mathias Herrmann** apply such a modelling approach and analyse the potential effects of roads on a lynx population in the biosphere reserve „Pfälzerwald – Vosges du Nord“. Their model results are useful for planning decisions concerning mitigation measures at roads.

► **Jochen Jaeger** also presents results from a simulation model. His model compares the mechanisms by which fences, wildlife passages,

► **Jeff Houlahan, Scott Findlay und Lee Jacobs** aus Kanada entwickeln eine neue landschaftsökologische Methode, mit der die Reichweite von Straßenwirkungen empirisch messbar ist. Ihr Ansatz ermittelt neben der Reichweite auch, wie stark Verkehrswege in Abhängigkeit von ihrer Entfernung zum Untersuchungsgebiet auf Amphibienpopulationen wirken.

► **Inga Roedenbeck und Wolfgang Köhler** knüpfen an diese Studie an. Sie messen den Grad der Landschaftszerschneidung mit der „effektiven Maschenweite“ und zeigen, dass Landschaftszerschneidung und Dichte von Wildtierpopulationen negativ korreliert sind. Ihr Beitrag zeigt auch auf, dass enge Grenzen empirischer Studien auf Landschaftsebene den Einsatz von Modellen erforderlich machen.

► **Nina Klar, Stephanie Kramer-Schadt und Mathias Herrmann** wählen einen solchen Modellansatz und prüfen mit einem Populationsmodell die möglichen Auswirkungen von Strassen auf Luchspopulationen im Biosphärenreservat „Pfälzerwald-Vosges du Nord“. Ihre Modellergebnisse sind nützlich für Planungsentscheidungen über Minimierungsmaßnahmen an Straßen.

► **Jochen Jaeger** stellt ebenfalls Resultate eines Simulationsmodells vor. Sein Modell vergleicht die Wirkungsmechanismen von Zäunen, Wildtierpassagen und weiteren Massnahmen, die negative Wirkungen von Straßen auf Wildtierpopulationen reduzieren sollen. Ziel der Arbeit ist, eine Hierarchie der Maßnahmen zu bilden, die zur Entscheidungsfindung über prioritäre Minimierungsstrategien beitragen kann.

Den fünf Hauptbeiträgen folgen sechs Kurzbeiträge, die auf Schloss Rauischholzhausen als Poster vorgestellt wurden. Diese Kurzbeiträge sollen vor allem Denkanstöße geben. Die Beiträge zeigen im Sinne von „Impulsreferaten“, welche Forschungsfragen von aktuellen und zum Teil erst kürzlich angelaufenen Projekten behandelt werden, und was für Ergebnisse sich von ihnen erhoffen lassen.

Den Auftakt bilden zwei Beiträge, die einen Einblick in bisher wenig erforschte und zum Teil außergewöhnliche Wirkungsbereiche von Straßen bieten:

► Erste Ergebnisse eines Projektes aus Australien präsentieren **Christopher Stewart und Rodney van der Ree**. Sie untersuchen, ob Straßen die sehr besondere Fortbewegungsweise einer heimischen Beuteltierart beeinflussen, die des Eichhörnchengleitbeutlers.

► **Stefan Kostrzewa** analysiert mit einem Pilotprojekt in Deutschland, ob Straßen die genetische Vielfalt von Amphibienpopulationen beeinträchtigen.

Die anschließenden drei Beiträge greifen eine bereits vorgestellte Messgröße für den Zerschneidungsgrad auf, die effektive Maschenweite:

► **Thomas Clausing** vergleicht verschiedene methodische Varianten zur Messung der Landschaftszerschneidung am Beispiel des Havellandes.

► **Jochen Jaeger, René Bertiller und Christian Schwick** stellen Ergebnisse einer Zeitreihenanalyse zur Landschaftszerschneidung in der Schweiz vor.

► **Hans-Georg Schwarz-von Raumer, Heide Esswein und Jochen Jaeger** zeigen, wie die effektive Maschenweite dazu eingesetzt werden kann, die Lage von Habitatkorridoren zu bestimmen.

► Den abschließenden Ausblick entwerfen **Michael Henneberg und Elke Peters-Ostenberg**. Sie haben Querungshilfen für Wildtiere in Mecklenburg-Vorpommern untersucht und geben praktische Empfehlungen zur Standortfindung und Effizienzkontrolle.

Wir möchten mit diesem Heft einen Einblick in ein hochaktuelles, spannendes und vielfältiges Forschungsfeld mit hoher praktischer Relevanz bieten. Zugleich hoffen wir, dass dieses Schwerpunktheft künftig zu intensivieren straßenökologischen Forschungsaktivitäten auf Landschaftsebene anregen wird.

and other measures intended to reduce negative effects of roads modify road impacts on wildlife populations. His article aims at developing a hierarchy of mitigation measures which may be useful in decision making about strategies for minimization of road effects.

The five main articles are followed by six short contributions which were presented as posters at the Castle of Rauischholzhausen. These research notes are intended to mainly be thought-provoking sketches. As “impulse reports” they present research questions addressed by current and recently initiated projects and they indicate what kind of results can be expected.

The series is started by two contributions providing insight into sparsely studied and rather exceptional impact areas of roads:

► First results of a project from Australia are presented by **Christopher Stewart and Rodney van der Ree**. They investigate the question if roads affect the very special movement behaviour of a native marsupial species, the squirrel glider.

► In a pilot study in Germany, **Stefan Kostrzewa** studies the question if roads affect the genetic variability of amphibian populations.

The following three contributions deal with a metric for the degree of landscape fragmentation which has already been introduced in one of the main articles: effective mesh size:

► **Thomas Clausing** compares various methodological approaches for quantifying landscape fragmentation using the Havelland as study region (Eastern Germany).

► **Jochen Jaeger, René Bertiller, and Christian Schwick** present the results of a time series analysis about the degree of landscape fragmentation in Switzerland that is applied as environmental indicator.

► **Hans-Georg Schwarz-von Raumer, Heide Esswein, and Jochen Jaeger** introduce a new way of applying the effective mesh size for determining the location of habitat corridors.

► The concluding article is written by **Michael Henneberg and Elke Peters-Ostenberg**. They investigated wildlife passages in Mecklenburg-Vorpommern (Germany) and present practical recommendations for their siting and efficiency evaluation.

With this issue, we intend to offer insight into a newsworthy, exciting and multifaceted research area with a high degree of practical relevance. Above all, we hope that this special issue will inspire more research in road ecology at the landscape scale in the future.

Literatur/References

- BAIER, H., ERDMANN, F., HOLZ, R., WATERSTRAAT, A. (Hrsg.) (2005): Freiraum und Naturschutz: Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft. Springer, Heidelberg/Berlin, 692 S.
- CLEVINGER, A.P., PURROY, F.J., CAMPOS, M.A. (1997): Habitat assessment of a relict brown bear *Ursus arctos* population in Northern Spain. *Biological Conservation* 80, 17-22.
- ELLENBERG, H., MÜLLER, K., STOTTELE, T. (1981): Straßen-Ökologie: Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften. Ökologie und Straße. Broschürenreihe der deutschen Straßenliga, Bonn, Ausgabe 3, 19-122.
- FORMAN, R.T.T. (2002): Foreword. In: GUTZWILLER, K.J., ed., *Applying Landscape Ecology in Biological Conservation*. Springer, New York, pp. vii-x.
- , SPERLING, D., BISSONETTE, J.A., CLEVINGER, A.P., CUTSHALL, C.D., DALE, V.H., FAHRIG, L., FRANCE, R., GOLDMAN, C.R., HAENUE, K., JONES, J.A., SWANSON, F.J., TURRENTINE, T., WINTER T.C. (2003): *Road Ecology – Science and Solutions*. Island Press, Washington, 424 S.
- IUELL, B., BEKKER, G.J., CUPERUS, R., DUFEK, J., FRY, G., HICKS, C., HLAVÁČ, V., KELLER, V., ROSELL, B., SANGWINE, T., TØRSLØV, N., WANDALL, B.I.M. (eds., 2003): *Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions*. KNNV publishers, Brussels.
- JAEGER, J. (2002): Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung. Ulmer, Stuttgart, 447 S.
- , GRAU, S., HABER, W. (Hrsg., 2005): *Landschaftszerschneidung: Von der Problemerkennung zum Handeln*. Themenschwerpunkttheft der Zeitschrift GAIA 14, (2), 120 S.
- MADER, H.-J. (1979): Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen, untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. *Schr.-R. Landschaftspf. Naturschutz* 19, Bonn, 131 S.
- MLADENOFF, D.J., T.A. SICKLEY, WYDEVEN, A.P. (1999): Predicting gray wolf landscape recolonization: Logistic regression models vs. new field data. *Ecological Applications* 9, 37-44.
- NOSS, R. F. (1993): *Wildlife corridors*. In: SMITH, D.S., HELLMUND, P.C., eds., *Ecology of greenways*. University of Minnesota Press, Minneapolis, 43-68.
- RECK, H. (1994): *Umweltverträglichkeitsuntersuchung und landschaftspflegerischer Begleitplan im Straßenbau: Entwicklung eines Handlungsrahmens zur Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume*. Diss., Univ. Stuttgart, 382 S.
- STONER, D. (1925): *The toll of the automobile*. *Science* 61, 56-57.
- WITMER, G.W., DECALESTA, D.S. (1985): Effect of forest roads on habitat use by Roosevelt Elk. *Northwest Science* 59, (2), 122-125.