

# Verbände-Vorhaben „Überwindung von Barrieren“<sup>1</sup>

Mathias Herrmann & Adele Mathews:

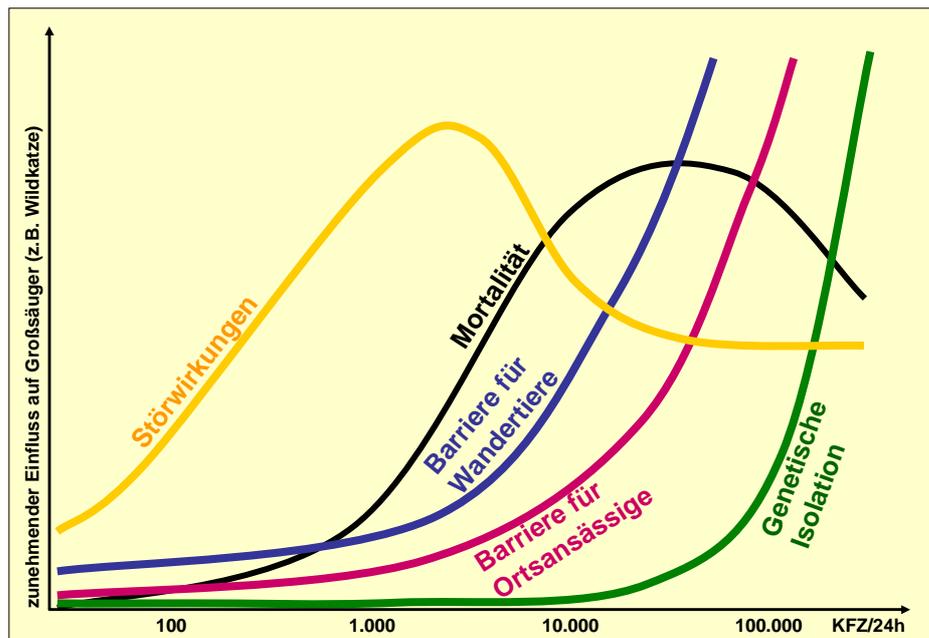


Hof 30, D-16247 Parlow, 0171-9962910, e-mail: [oeke-log@t-online.de](mailto:oeke-log@t-online.de)

## Wirkung von Barrieren auf Säuger & Reptilien

(Stand 12 Februar 2007)

### Hypothesen zur Barrierestärke



Idee Grafik: A. Seiler



<sup>1</sup> = „Bewältigung räumlich-funktionaler Beeinträchtigungen durch Ableitung von dauerhaften, effizienten Maßnahmen zur Vermeidung und Kompensation“, Projekt des Deutschen Jagdschutz-Verbandes, e. V., Johannes-Henry-Str. 26, 53113 Bonn; gefördert vom Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

# Inhalt

Zusammenfassung.....	3
Aufgabenstellung .....	6
Methodik .....	6
<b>Mobilitätsverhalten der betrachteten Arten im Hinblick auf die Wirkung von Barrieren</b>	<b>8</b>
Rothirsch.....	8
Elch.....	9
Reh.....	9
Wildschwein.....	10
Haselmaus.....	11
Biber .....	11
Otter .....	12
Dachs.....	14
Braunbär.....	15
Wolf.....	16
Luchs.....	17
Wildkatze .....	18
Reptilien .....	19
<b>Ergebnisse zur Wirkung von Barrieren auf Säuger</b> .....	<b>21</b>
<b>Barrierewirkung von Verkehrswegen (Aktionsraumzerschneidung, stochastische und genetische Effekte)</b> .....	<b>21</b>
Querungsverhalten an Straßen .....	23
Barrierewirkung in Bezug zur Zahl des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) oder in Bezug zur Straßenkategorie .....	24
Barrierewirkung in Bezug zur täglichen (diurnalen) Verkehrsverteilung .....	26
Barrierewirkung in Bezug zur Geschwindigkeit der Fahrzeuge.....	26
Wirkung von Trassenbündelung.....	26
Wirkung von Zäunen und Lärmschutzwänden entlang der Verkehrswege.....	27
Wirkung von Leitplanken und Betongleitwänden .....	28
Lockwirkung von Verkehrswegen.....	29
Störfunktion von Straßen.....	29
Störungen während der Bauphase .....	30
<b>Lebensraumeignung im Bezug zur Dichte des Verkehrsnetzes</b> .....	<b>30</b>
<b>Barrierewirkung von Siedlungsachsen</b> .....	<b>30</b>

<b>Isolation von Populationen als ökologischer Vorteil .....</b>	<b>31</b>
<b>Mortalität .....</b>	<b>31</b>
<b>Mortalität in Relation zur Verkehrsdichte .....</b>	<b>31</b>
<b>Mortalität in Abhängigkeit vom landschaftlichen Umfeld .....</b>	<b>33</b>
<b>Wildtierpassagen .....</b>	<b>34</b>
<b>Talbrücken .....</b>	<b>34</b>
<b>Unterführungen .....</b>	<b>34</b>
<b>Wegeüberführungen .....</b>	<b>35</b>
<b>Nicht wildtierspezifische Querungsbauwerke als Todesfallen .....</b>	<b>35</b>
<b>Grünbrücken .....</b>	<b>35</b>
<b>Kleintierunterführungen / Dachstunnel / Amphibientunnel .....</b>	<b>36</b>
<b>Gewässerdurchlässe .....</b>	<b>36</b>
<b>Verhalten gegenüber Querungsbauwerken .....</b>	<b>37</b>
<b>Fähigkeit sichere Querungsstellen zu finden .....</b>	<b>37</b>
<b>Wirkung von Leitstrukturen .....</b>	<b>38</b>
<b>Mindestanforderungen an Korridore .....</b>	<b>38</b>
<b>Zusammenfassende Diskussion .....</b>	<b>38</b>
<b>Vordringlicher Forschungsbedarf .....</b>	<b>41</b>
<b>Checkliste Barrierewirkung .....</b>	<b>42</b>
<b>Checkliste Wildquerungsbauwerke .....</b>	<b>43</b>
<b>Checkliste Wildschutzzaun .....</b>	<b>44</b>
<b>Checkliste Kleintierdurchlässe .....</b>	<b>45</b>
<b>Danksagung .....</b>	<b>45</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>47</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>47</b>

# Zusammenfassung

Die Barrierewirkung von Straßen und die Eignung von Maßnahmen zur Minderung dieser Wirkung wurden anhand eines Reviews der Literatur zusammengestellt. Dabei wurde besonderes Augenmerk darauf gerichtet, parametrisierte, abgesicherte Daten zusammenzutragen. Darüber hinaus wurden Fachwissenschaftler hinsichtlich weiterer nicht publizierter Daten oder Beobachtungen befragt. Die Ergebnisse sind in einer Datentabelle zusammengefasst und zusätzlich in die Datenbank des Projektes übernommen.

Dass Verkehrswege trennende Effekte auf Tierpopulationen haben, ist belegt. Sogar im Genpool von Populationen sind die Effekte der Straße manifestiert. Quantitative Daten zur Barrierewirkung stark befahrener Straßen ohne Passagen sind allerdings in der Literatur rar. Angaben zur Barrierewirkung reichen von einem Rückgang der Querungshäufigkeit einzelner Arten um ein Drittel gegenüber dem Zustand ohne Straße bis zu einer völligen Trennung der Lebensräume. Die Durchlässigkeit der Barriere ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. In Bezug auf die Gestaltung der Straße sind folgende Faktoren von großer Bedeutung:

- Zahl der Fahrzeuge
- Breite der Straße
- Leitplanken
- Zäunung der Straße
- Zahl und Ausgestaltung der Querungsbauwerke
- Gestaltung der Verkehrsnebenflächen

Funktionale Aspekte, an denen die Unzerschnittenheit einer Landschaft festgemacht werden können sind:

- Unbehinderte Wechsel zwischen Teillebensräumen innerhalb des Streifgebietes eines Individuums
- Unbehinderte Wechsel von Individuen zwischen benachbarten sozialen Gruppen
- Unbehinderte saisonale Wanderungen von Tierarten
- Unbehinderte Abwanderung von Tieren in neue Lebensräume
- Unbehinderter genetischer Austausch zwischen Populationen

Hinsichtlich der Barrierewirkung muss zwischen physischen Barrieren (Zaun), psychischen Barrieren (Scheu eines Tieres) und der durch den Verkehr bedingten Mortalität unterschieden werden. Diese Faktoren sind je nach Art unterschiedlich zu bewerten. Die durch Verkehr bedingte Mortalität ist in diesem Zusammenhang die am einfachsten zu dokumentierende Wirkung. Die Daten zeigen, dass die Verkehrsmortalität für Otter, Dachse, Wildkatzen, Luchse, Feldhasen und Schlangen vielerorts zur bedeutendsten Todesursache geworden ist. Am Beispiel mehrerer Arten ist belegt, dass entlang von Straßen mit hohen (> 15.000 Kfz/24h) Verkehrsdichten die jährliche Verkehrsmortalität nicht durch die Natalität kompensiert werden kann.

Bei den meisten hier betrachteten Arten steigt die Verkehrsmortalität bis zu einem Wert von max. 5.000 bis 10.000 KFZ/24h proportional zu den Verkehrszahlen. Darüber steigt sie nur in geringerem Maße an oder sinkt wieder. Dafür kommen verschiedene Ursachen in Frage. Es

kann an einer Populationsausdünnung im Umfeld der Straße oder einer verstärkten Wirkung des Verkehrsweges als psychologische Barriere liegen. Es kann aber auch in der Wirkung von Wildschutzzäunen<sup>2</sup> begründet sein.

Die physische Barrierewirkung eines Verkehrsweges ist vornehmlich durch Zäune, Leitplanken, Gleitwände, Lärmschutzwälle und die Bitumenoberfläche bedingt. Die Ergebnisse zeigen, dass Zäune allerdings nur für sehr wenige (Huf)tierarten eine wirksame Barriere darstellen. Für kletternde und kleine Arten sind reguläre Wildschutzzäune kaum ein Hindernis, Wildschweine und Dachse untergraben sie, in der Folge gelangen weitere Tiere in den Verkehrsraum.

Über die Wirkung von Verkehrswegen als psychische Barriere geben überwiegend singuläre Beobachtungen Auskunft. Verhaltensbeobachtungen zeigen, dass Säugetiere in der Lage sind, die Gefahr zu erkennen, die mit der Überquerung eines Verkehrsweges verbunden ist. Arten, die sich bevorzugt in guter Deckung aufhalten oder baumlebende Arten vermeiden allein schon aufgrund des Fehlens von Deckung Straßenflächen zu betreten. Gegenüber Emissionen (Lärm, Licht, stoffliche Emissionen) einer Straße zeigen die meisten Säugetierarten eine hohe Toleranz, so dass sie auch nahe am Verkehrsweg gelegene Lebensräume zumindest temporär aufsuchen. Scheu reagieren sie dagegen gegenüber anhaltenden Fahrzeugen und den damit verbundenen Störungen. Dies bedingt, dass Störungen des Umfeldes bei mittel und gering befahrenen Straßen höher liegen können als bei stark frequentierten Straßen. Zu unterscheiden ist dies von der Barrierewirkung. Die direkte Barrierewirkung eines Verkehrsweges drückt sich meist in einer Umkehr eines sich nähernden Tieres oder mit der Verlagerung von Aktionsraumgrenzen an diesem Verkehrsweg aus. Diese Wirkung steigt mit zunehmender Verkehrsbelastung und bewirkt für die meisten der hier betrachteten Arten oberhalb von 10.000 bis 25.000 KFZ/24h eine vollständige Abriegelung.

Auf der Basis der Auswertungen wird vorgeschlagen, bei Verkehrsaufkommen von über 10.000 KFZ/24h die Trennwirkung eines Verkehrsweges auf Populationen großer Säuger vertieft zu untersuchen und Kompensationsmaßnahmen vorzusehen. Die Auswirkungen der Mortalität und die Barrierewirkung auf mittelgroße Arten muss ab 4.000 KFZ/24h berücksichtigt werden. Für kleine Arten wie die Bilche oder die Reptilien können bereits bei Verkehrswegen mit wenigen dutzend Fahrzeugen am Tag negative Effekte für die Populationen festgestellt werden. Verkehrsmortalität bezogen auf die individuelle Ebene ist an allen Verkehrswegen zu betrachten. Störwirkungen des Verkehrsweges sind in ihrer Wirkung gerade bei wenig oder mittel frequentierten Straßen zu berücksichtigen.

Wildtierpassagen weisen eine hohe Wirksamkeit auf. Dabei sind Grünbrücken für die meisten Arten die optimale Lösung. Bei Unterführungen kann es dagegen zu Problemen durch Halleffekte, Fahrbahnschall und Trockenheit unter den Bauwerken kommen.

Hinsichtlich der Dimensionierung von Querungsbauwerken (Grünbrücken und Talbrücken) stellt der Rothirsch unter den noch in Deutschland verbreiteten Säugetierarten die höchsten Ansprüche und kann deshalb als Leitart für diesen Aspekt angesehen werden. Grünbrücken ab 50 m Breite und Talbrücken ab 10 m Höhe wurden auch von Rothirschen ohne sichtbare Anzeichen von Scheu gequert.

---

<sup>2</sup> Wildschutzzäune finden sich in der Regel an neu errichteten oder grundhaft ausgebauten Autobahnen und mehrspurigen Schnellstraßen

Auf Grünbrücken von 50 m Breite waren 0,4 Querungen durch Dachse pro Nacht zu verzeichnen. Bei nicht wildtierspezifischen Querungsbauwerken (Wegeüberführungen und Wegeunterführungen) sind die Querungsraten deutlich geringer. So wurden 7 m breite Waldwegeunterführungen von 0,07 Dachsen pro Nacht genutzt. Amphibientunnel von 1 m Breite wurden von 0,03 Dachsen pro Nacht genutzt.

Als Leitstrukturen, die durch die Agrarlandschaft zu Passagen hinführen, sind für große und mittelgroße Arten mindestens 0,5 bis 1 ha große Gehölzinseln im Abstand von 0,5 bis 1 km vorzusehen. Diese Größe und Abstand erwies sich für mehrere waldgebundene Säugetierarten als ausreichend. Im nächsten Umfeld von Wildquerungsbauwerken sind Gestaltungsmaßnahmen sowohl im Wald als auch in der offenen Landschaft so auszuführen, dass eine halboffen strukturreiche und diverse Landschaft entsteht, um die Wirksamkeit zu erhöhen.

Aus den Analysen zur Barrierewirkung und den Kompensationsmaßnahmen wurden Checklisten für zukünftige Projekte abgeleitet. In diesen finden sich Hinweise welche Punkte aus der Sicht der hier untersuchten Artengruppen besonders wichtig sind wenn eine hohe Wirksamkeit erzielt werden soll.

# Aufgabenstellung

Schwerpunkt der Arbeit bildete die Analyse der Barrierewirkung von Verkehrswegen auf ausgewählte Zeiger- und Leitarten. Die Arbeiten erfolgten in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber DJV (Armin Winter), der Universität Kiel (PD. Dr. Heiner Reck) und dem BfN (Marita Böttcher). Auf der Basis einer Vorab-Sichtung der Literatur wurden geeignete Ziel- und Zeigerarten ausgewählt: Wolf, Wildkatze, Fischotter, Luchs, Braunbär, Biber und Bilche. Bereits in den ersten Auswertungsschritten zeigte sich, dass das Datenmaterial über diese Arten teilweise nicht ausreichend für eine landschaftsbezogene Analyse und die Ermittlung der Barrierestärke von Verkehrswegen und der Durchlässigkeit von Passagen. Deshalb wurde das Spektrum der untersuchten Artengruppen um einige verbreitete Arten mit hohem Eignungsgrad als Landschaftsindikatoren zur Planung von Vermeidungs-, Minderungs- und Kompensationsmaßnahmen erweitert. Dies sind überwiegend auch Arten, die bei den Zielgruppen als Leitarten auf Akzeptanz stoßen und die bei Einwendungen bereits heute häufig bei Argumentationen herangezogen werden. Es handelt sich um folgende Arten bzw. Artengruppen: Wildschwein, Rothirsch, Elch, Reh, Feldhase, Dachs, Feldhamster und Reptilienarten.

## Methodik

Ein detaillierter Fragenkatalog wurde erarbeitet, der es erlaubt, alle erforderlichen Parameter zu erfassen, die von Bedeutung sind, um ein differenziertes Modell der Mobilität der untersuchten Arten und der Auswirkung von verschiedenen Barrieretypen zu identifizieren. Dieser Katalog musste für die Wirbeltiere deutlich komplexer gestaltet werden, da die Verhaltensparameter, die das Ausbreitungsverhalten und die Wirkung der Barrieren beeinflussen, vielschichtiger sind. So können sich Ausbreitungsstrategien je nach Zustand der Population unterscheiden. Auch hängt das Verhalten an der Barriere nicht nur von abiotischen Faktoren ab, sondern ist unmittelbar abhängig von Vorerfahrung und Wahrnehmung der betroffenen Individuen. Der erarbeitete Fragenkatalog ist in der Anlage (Tab. 3) in deutscher Version dargestellt. Es sind jeweils Fragen zu folgenden Themenbereichen aufgeführt:

- Querungsstellen
- Mortalität
- Barrierewirkung
- Lenkbarkeit und Leitstruktur
- Mobilität im vertrauten Raum
- Abwanderung und Exkursionen
- Raumbedarf
- Populationsentwicklung

Prioritär war der Wissensstand anhand der publizierten Fachliteratur aufzuarbeiten. Hinsichtlich dieser Fragen wurden 751 Quellen bearbeitet. 229 dieser Quellen enthielten auswertbare Aussagen zu den aufgeworfenen Themenbereichen. Darüber hinaus wurden Fachwissenschaftler, die sich mit dem Thema eingehend befassen, hinsichtlich spezifischer themati-

scher Aspekte befragt. Hintergrund dieser Anfragen ist, dass Informationen zu Fragen, wie lange z. B. ein Tier sich vor einer Autobahn aufhielt, bevor es diese überquerte, vielfach zwar vorhanden, aber nicht publiziert sind. Dies liegt daran, dass derartige Beobachtungen häufig singulär sind und eine quantitative Absicherung nicht gelingt. Für jede Art wurde ein eigenes Tabellenwerk erstellt aus dem die verfügbaren Informationen zu den oben genannten Inhalten dargestellt sind. Diese Tabellen können im Internet unter [OEKO-LOG.COM](http://OEKO-LOG.COM) abgefragt werden. Eine Bewertung der Qualität der verfügbaren Informationen zu den einzelnen Arten findet sich in Tab. 1 des Anhangs.

# Mobilitätsverhalten der betrachteten Arten im Hinblick auf die Wirkung von Barrieren

## Rothirsch

In Westdeutschland ist es aufgrund der Zergliederung des Lebensraumes bei mehreren isoliert auftretenden Rotwildbeständen bereits zu Genverlusten gekommen. Die genetische Variabilität der isolierten Populationen ist niedriger als allgemein für Rotwild ermittelt. Der Anteil polymorpher Genloci ist geringer, die Frequenz des häufigeren Allels liegt größtenteils über 90% (Herzog 1995).

Rothirsche leben bevorzugt in offenen strukturierten Landschaften sowie lichten Waldgebieten. Sie sind jedoch hinsichtlich des Habitats sehr anpassungsfähig. Dort wo sie bejagt werden, zeigen sie eine vom Jagddruck abhängige Bindung an Deckung bietende Vegetation. Die saisonalen Nahrungsräume sind 300 bis 1.500 ha groß (Georgii 1980, Berberich & Riechert 1994, Stroka 1987, Fielitz 1999, Mahnke & Stubbe 1998, Nitze & Roth 2003).

Weibliche Rothirsche leben ganzjährig in Rudeln. Es können weite Wanderungen zwischen saisonalen Lebensräumen stattfinden (Heptner et al. 1961, Schröder et al. 1984). Die älteren männlichen Tiere gesellen sich nur zur Brunft (Paarungszeit) zu den Weibchen. Während der übrigen Zeit des Jahres wählen sie Einstände teilweise sehr weit entfernt von den weiblichen Rothirschen. Saisonale Wanderungen von 50 km sind keine Seltenheit (Drechsler 1991, Ruhle & Looser 1991, Stubbe et al. 1997, Wotschikowski & Simon 2002), saisonale Wanderungen bis über 120 Kilometer sind dokumentiert (Fielitz & Heurich 2004). Ein Hirsch wanderte in 3 Tagen 18 Kilometer durch die Colbitz/Letzinger Heide (Schultze 2007 pers. comm.). Ein besonderer Hirsch wanderte in einer Nacht über 26 Kilometer zwischen zwei nur 352 bzw. 136 ha großen Nahrungsräumen (Tottewitz 2005). Bei Wanderungen orientieren sich die Tiere vorzugsweise an Höhenzügen und Bergrücken (Petrak 2005).

Übereinstimmung besteht, dass die Mortalitätsraten im Straßenverkehr beim Rotwild in Relation zu anderen Schalenwildarten niedrig sind. Tillmann & Reck (2003) errechneten einen Anteil von 8% der Verkehrsmortalität an der Gesamtmortalität. Petrak (2004) errechnete eine Mortalitätsrate von 0,2 Tieren pro Kilometer Bundesstraße pro Jahr. Rothirsche sichern intensiv vor dem Überqueren der Straße; sobald sie das Herannahen eines Autos bemerken, verlassen sie die Straße in der Regel sofort (im Gegensatz zum Damwild, das zwecks sicherer Identifizierung auf der Straße stehen bleibt).

Hinsichtlich der Dimensionierung von Querungsbauwerken stellt der Rothirsch unter den in Deutschland heimischen Säugetierarten die höchsten Ansprüche und kann deshalb als Leitart für diesen Aspekt angesehen werden. Dabei sollten Einzelfälle, bei denen sich Rothirsche in besonderen Situationen an sehr kleine Durchlässe angepasst haben, nicht als Kriterium herangezogen werden. Hinsichtlich der Zersplitterung des Areal in viele mehr oder weniger voneinander isolierte Populationen kann der Rothirsch nur beschränkt als Demonstrationsfall herangezogen werden. Die Zersplitterung in viele Teilareale und die Verdrängung des Rothirsches in große Waldgebiete ist nämlich nicht nur durch Landschaftszerschneidung und Landnutzung bedingt. Sie resultiert auch aus der Bejagung und der daraus resultierenden Scheu (Petrak 1996). Der Abschuss außerhalb der 140 derzeit festgelegten Rotwildgebiete (DJV Positionspapier 2006) verstärkt die Isolation der Populationen und mindert den genetischen Austausch.

## Elch

Elche gehören zur ursprünglichen mitteleuropäischen Fauna. Sie kommen heute allerdings nur noch im Norden und Osten vor. Dort haben sie Sommer- und Winterstreifgebiete, die zwischen 200 und 9.000 ha Größe schwanken können (Ball et al. 1996, Nasimovitsch 1965, Addison & Williamson 1980). 50.000 ha werden in Anlehnung an die Bewirtschaftungsbezirke unter skandinavischen Bedingungen als minimale zu vernetzende Lebensraumkompartimente angesehen (Seiler et al. 2003).

Elche wechseln über weite Strecken zwischen Wintereinständen und Sommerlebensräumen. Entfernungen von 14 bis max. 300 Kilometern sind beschrieben (Ball et al. 2001, Yazan 1961, Perovsky 1980, Sobansky 1975, Filonov 1983, Sandegren et al. 1983). Überwiegend reichen diese saisonalen Wanderungen aber weniger als 100 Kilometer. Wanderbereitschaft und Wanderentfernung sind je nach Landschaft unterschiedlich.

Deutlich wird das Wanderpotenzial an der Ausbreitungsfront. Einzelne Tiere verlassen die reproduzierende Population und legen dabei über 300 Kilometer zurück (Labes & Köhler 2001, Seiler et al. 2003). Dabei wurden innerhalb von 24 Stunden im Schnitt 15 Kilometer (max. 68,5 km) zurückgelegt (Labes & Köhler 2001).

Elche eignen sich besonders, um die Ansprüche einzelner weit wandernder Individuen darzustellen und die mit der Zerschneidung verbundenen Schwierigkeiten, ursprüngliche Lebensräume wieder zu besiedeln, aufzuzeigen.

## Reh

Rehe bevorzugen die Übergangsbereiche von Wald in Offenland. Sie haben in Relation zu anderen heimischen Huftierarten geringe Raumansprüche und führen nur kurze Wanderungen durch. Insofern sind sie als Leitarten für die Lebensraumvernetzung auf mittelmaßstäblicher Ebene geeignet. Zur Bewertung der unterschiedlichen Wirkung von Barrieren ist es von Nutzen, dass Rehe in fast allen Lebensräumen vertreten sind und gute Kenntnisse über ihre Ansprüche vorliegen.

Standorttreue Rehe haben Streifgebiete von 10 – 120 ha Größe (Ellenberg 1978, Guthörl 1994, Rossi et al. 2002). Sie leben je nach Jahreszeit und Lebensraum einzeln, in Familiengruppen oder Verbänden („Sprünge“). Im Alter von 10 bis 36 Monaten wandern zwischen 43 und 100% der Jungtiere ab, meist in den Monaten April und Mai. Dabei wandern die Ricken etwas häufiger (48 - 100%) und weiter als die Böcke (43 - 91%; Wahlstroem & Liberg 1995, Mysterud 1999). Große regionale Unterschiede gibt es bei der Entfernung, die von abwandernden Rehen zurückgelegt wird. Nach Wahlstroem & Liberg (1995) wanderten die Jährlinge (n=17) in einer Region Schwedens im Schnitt 120 Kilometer, in einer anderen Region im Schnitt 4 Kilometer (n=42). Die weiteste dokumentierte Wanderung führte über 205 Kilometer (Strandgaard 1972).

In kälteren Klimaten sind auch saisonale Wanderungen von Rehen beschrieben. So wanderten Rehe in den Voralpen der Ostschweiz 0,6 – 4,5 Kilometer zwischen Sommer- und Winterlebensräumen. In Schweden wurden Wanderungen bis 40 km beobachtet (Robin 1975, Cederlund 1982, Sokolov et al. 1986). Tägliche Wanderstrecken von 10-12 km wurden festgestellt (Sokolov et al. 1986).

Der Anteil der im Straßenverkehr getöteten Rehe schwankt zwischen 6,7% und 13,4% der Population (BUWAL 1999, Strein mdl. 2005). Etwa ein Drittel (28-32%) der „Jagdstrecke“ im Kreis Borken (NRW) ist auf Verkehrstod zurückzuführen (Hucht-Ciroga mdl. Mitt. 2007). In den italienischen Alpen waren 77,7% der Todesfälle auf den Straßenverkehr, 10,8% auf Wölfe und 11,5% auf Krankheiten zurückzuführen (Gazzola et al. 2005). In der Schweiz waren es 51,5% durch Straßenverkehr und 3,5% durch Bahnverkehr (BUWAL 1999). Bei den beiden letzten Auswertungen ist aber der wichtigste Mortalitätsfaktor, die Jagd, nicht berücksichtigt.

Rehe eignen sich besonders um unfallträchtige Straßenabschnitte zu identifizieren und die Fragmentierung in ausgeräumten und durch Siedlungen, Strassen und Bahnlinien stark zerschnittenen Landschaften zu dokumentieren. Im Schweizer Mittelland leben Rehe in solch fragmentierten Habitatinseln. 1994/1995 schaffte es kein einziges von 152 im Mittelland markierten und im Erwachsenenalter wieder gefundenen Rehen, in ein anderes Lebensraumkompartiment zu wechseln. Die Wanderdistanzen bei Ricken ist in den letzten zwei Jahrzehnten in einem Untersuchungsgebiet in der Schweiz gesunken. Während 1971 bis 1975 noch 4,3 Kilometer zurückgelegt wurden, waren es 1991 bis 1993 nur 0,6 Kilometer. Die Entfernungen waren desto geringer, je höher die Barrierendichte im Umfeld des Geburtsortes war (Müri 1999).

## **Wildschwein**

Wildschweine leben in Familiengruppen bzw. Gruppen mehrerer Mutterfamilien, so genannten „Rotten“. Wildschweine bevorzugen die Kulturlandschaft mit seltenen Frösten und geringen Schneelagen. Wald bedeckte 60 bis 100 % der Streifgebiete von 11 untersuchten Individuen (Hahn 1998). Die Nahrung ist teils vegetarisch (Eicheln, Bucheckern, Mais, Getreide), teils wird tierische Kost gefressen (Wirbellose, Kleinsäuger).

Die Streifgebiete sind je nach Untersuchungsraum sehr unterschiedlich groß. Die Angaben in der Literatur schwanken zwischen 110 ha und 7.500 ha (Herrenschmidt & Regost 1979, Maignet 1981, Singer et al. 1981, Dinter 1991, Vassant et al. 1993, Maillard & Fournier 1995, Hahn 1998, Keuling et al. 2003). Am häufigsten werden Aktionsraumgrößen um 500 Hektar gemessen.

Junge Wildschweine verlassen am häufigsten im Alter von einem Jahr die Mutterfamilien und legen dann auch größere Distanzen zurück. Bei weiblichen Tieren ist das Abwanderalter 7 bis 11 Monate, bei männlichen Tieren 10 bis 16 Monate (Truve & Lemel 2003). Die männlichen Überläufer legen dabei die größeren Distanzen zurück (Stubbe 1996). In einer Telemetriestudie wanderten die weiblichen Wildschweine im Schnitt 4,5 Kilometer, die männlichen Wildschweine 16,6 Kilometer (Truve & Lemel 2003). Etwa 2% der markierten Tiere wurden über 50 Kilometer vom Ort der Markierung entfernt erlegt. Einige davon sogar über 100 Kilometer (Briedermann 1980). Die weiteste bekannte Wanderung führte eine Bache über 250 Kilometer (Andrzejewski & Jezierski 1978). Weite Distanzen werden auch zwischen verschiedenen ergiebigen Nahrungsgründen zurückgelegt. So wandern Wildschweine im Frühsommer in agrarische Gebiete und verlassen diese zur Erntezeit wieder (Stubbe 1996). Aus Markierungsversuchen ist bekannt, dass 90 % der Wildschweine unter 10 km vom Markierungsort erlegt werden (Klein 1981, Andrzejewski & Jezierski 1978). Innerhalb von 24 Stunden werden von Wildschweinen zwischen wenigen hundert Metern und einigen Kilometern zurückgelegt. Die maximal von Männchen innerhalb von 24 Stunden zurückgelegte Ent-

fernung betrug 13 km, die von Weibchen max. zurückgelegte Entfernung betrug 9 km (Lebedewa 1956, Janeau & Spitz 1984, Spitz & Janeau 1990, Hahn 1998).

Wildschweine sind besonders geeignet die Vernetzung verschiedener Nahrungsgründe zu indizieren und um die Einflüsse von Jagd und Störungen auf die Wirksamkeit von Querungsbauwerken zu prüfen.

## **Haselmaus**

Bevorzugter Habitat von Haselmäusen sind fruchttragende Laubwälder mit reicher Strauchschicht; auch die Kronenregion wird genutzt (Hurrell & McIntosh 1979, Schoppe 1986, Bright & Morris 1989). Hier leben Haselmäuse im dichten Astwerk von Büschen und Bäumen. Haselmäuse haben kleine Streifgebiete von im Schnitt 0,5 Hektar (Berg & Berg 1999, Bright & Morris 1992). Bright et al. (1994) nennen 20 ha als kritische Schwelle für eine überlebensfähige Haselmauspopulation.

Haselmäuse bewegen sich selten am Boden und gehen äußerst ungerne durch Offenland (Bright & Morris 1989). Strecken von 300 m können in einer Nacht zurückgelegt werden (Schulze 1987). Bright (1998) konnte dokumentieren, dass bereits eine Lücke in einer Hecke von 1 m bei 45% der Annäherungen ein Zurücklaufen bedingte. Bei einer Lücke von 3 Metern kehrten 94% der sich annähernden Haselmäuse um und bei einer Lücke von über 6 m waren es 100%. Im Wald werden Lichtungen und Wege ohne „Astbrücken“ durch Bewegungen in Bäumen oder Büschen umgangen. Telemetrische Untersuchungen zeigten, dass anstelle der direkten Überquerung der offenen Bereiche lange Umwege in Kauf genommen werden. Maximal 77% der in einer Nacht insgesamt zurückgelegten Strecke waren Umwege (Bright & Morris 1991)

Berg & Berg (1999) fingen Haselmäuse in aufeinander folgenden Jahren. Männchen wurden im Schnitt 61 m vom Vorjahresstandort entfernt gefangen, Weibchen 37,4 Meter.

Schulze (1987) fing Haselmäuse bis zu max. 1.800 m vom Ort der Markierung entfernt nach 15 bzw. 70 Tagen. Dabei legten Männchen im Schnitt größere Strecken zurück als Weibchen. Schulze (1987) und Bright et al. (1994) machten Umsetzungsversuche mit Haselmäusen. Im Harz kehrten Tiere über 100 m bis 800 m in ihre Nistkästen zurück. Die Tiere in der Untersuchung von Bright et al. (1994) bewegten sich über 180 m bis 665 m (durchschnittlich 304 m).

Die Haselmaus ist aufgrund ihrer starken Bindung an die Strauchschicht eine hervorragende Leitart für die ökologische Vernetzung zwischen strukturreichen Laubwäldern. Die Art ist geeignet die Probleme aufzuzeigen, die für kleinere Waldarten durch schmale Straßen und Wege entstehen.

## **Biber**

Biber sind sehr eng an das aquatische Milieu gebunden. Bevorzugt werden Auenlebensräume. Ab 30 cm Wasserstand ist eine ausreichende Schwimmtiefe vorhanden (Geiersberger 1986). Bei Vereisung sind 50 cm Wassertiefe als Minimum anzusehen (Reichholf 1976). Biber sind die größten Vertreter der Gruppe der Wühlmäuse und haben zahlreiche spezifische Anpassungen an das Leben im Wasser. Die vegetarischen Biber leben überwiegend von Pflanzen im Wasser oder Pflanzen, die sie in der Uferzone finden. Weichhölzer sind insbe-

sondere als Winternahrung wichtig. Biber können durch den Bau von Dämmen ganze Talräume zu ihren Gunsten gestalten.

Biber leben in territorialen Familiengruppen. In der Regel rechnet man pro Familie einen Lebensraumbedarf von 1 bis 4 Kilometer Fließgewässerstrecke (Geiersberger 1986, Fritsch & Heinz 1994, Klenner-Fringes 1994, Schwaab 1994, MUNR 1999). Als Populationsgröße, die angestrebt werden sollte, nennt Heidecke (1994) 200 Tiere, für die eine Strecke von 100 km eines Fließgewässers 1. und 2. Ordnung erforderlich sei oder eine Strecke von 200-300 km kleinerer Fließgewässer.

Junge Biber wandern mit 11 bis 23 Monaten ab, wenn sie aus dem Familienverband abgedrängt werden (Hartman 1997, Pachinger & Nitsche 1998). Abwandernde Elbibiber legten auf Reviersuche im Schnitt 25 Kilometer zurück. Maximal wurden Wanderentfernungen von 170 Kilometern nachgewiesen (Nicht 1967, Heidecke 1984, Schulte 1984, Heidecke & IBE 1997). Nordamerikanische Biber legten 2,25 km in 24 Stunden zurück (Buech 1985, Hodgdon 1978). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Donaupopulation des Bibers betrug zwischen 1966 und 1994 4,6 bis 6,4 Kilometer pro Jahr (Lossow 1995). In Frankreich breiteten sich die Biber mit 3,2 km pro Jahr aus (Fustec et al. 2001). In der Seenplatte der Schorfheide, wo viele Seen nicht durch Fließgewässer verbunden sind, war die Ausbreitungsgeschwindigkeit (ca. 1 km / Jahr) nach einer Ansiedlung 1937 deutlich langsamer.

Ihre Körpergröße und ihre unbeholfene Fortbewegung an Land machen Biber extrem empfindlich gegenüber Prädation an Land. Deshalb entfernen sie sich angeborenermaßen nicht weit von Gewässern, um jederzeit dorthin flüchten zu können. Aus diesem Grund überwinden Biber nur sehr selten größere Entfernungen zwischen Gewässern und orientieren sich bei ihren Wanderungen meist an Gewässern (Allen 1983). Es sind aber Fälle dokumentiert, in denen Biber die 1.600 m hohe Wasserscheide der Karpaten überwandern (Nitsche & Pachinger 2000), ebenso wanderten Biber über die Beskiden von Polen in die Slowakei und vom Donauraum in die Jagst (Allgöwer 2001, Giesinger 2003) oder über die Aller – Ohre – Wasserscheide (Schulte 1995). Beim Überwinden der Wasserscheiden müssen die Tier mindestens einige Kilometer ohne zum Schwimmen geeignete Wasserläufe zurückgelegt haben. Im Saarland konnte dokumentiert werden, dass junge Biber die Wasserscheide zwischen Ill und Theel überwandern. Dabei mussten sie einige hundert Meter zwischen den Gewässersystemen über einen gewässerlosen Höhenrücken gewandert sein (Fritsch & Heintz 1994).

Biber sind geeignet, die Vernetzung zwischen Gewässern über Wasserscheiden hinweg zu indizieren. Darüber hinaus reagieren Biberpopulationen gegenüber Verkehrsmortalität empfindlich.

## **Otter**

Otter sind Marderartige, die spezialisiert sind auf die Jagd am und im Wasser. Sie leben von Fischen, Krebsen, Vögeln oder kleinen Säugetieren. Die Verbreitung ist in Deutschland nicht flächendeckend. Gegenwärtig dehnt er seine Vorkommensgebiete aus und wandert dabei große Strecken entlang der Gewässer. Fischotter kommen heute an den meisten geeigneten Gewässern Brandenburgs, Mecklenburg-Vorpommerns, Sachsen-Anhalts und Sachsens wieder vor. Auch in Bayern, Schleswig-Holstein und Niedersachsen gibt es eine positive Entwicklung. Nach einem dramatischen Rückgang in ganz Mitteleuropa haben sich hier in

den letzten Jahren hier sogar wieder ausbreiten können. Im Westen Deutschland und in vielen anderen Ländern Mitteleuropas ist die Situation des Otters bei weitem nicht so günstig. Aufgrund des hohen Schutzbedarfs, den diese Art nach wie vor hat, wird der Fischotter im Anhang II der FFH-Richtlinie aufgeführt. Dies bedeutet, dass die Lebensräume dieser Art im Rahmen des Netzwerkes der Natura 2000 Gebiete zu schützen sind.

Der Aktionsraum ausgewachsener Fischotter beträgt bei männlichen Tieren zwischen 40 und 80 km Gewässerufer, bei Weibchen etwa 20 km. Nächtliche Streifzüge von bis zu 20 km sind keine Seltenheit (Jenkins 1980, Hertweck & Schipke 2001, Reuter & Krekemeyer 2004). In nahrungsreichen Gewässern können sich Otter auch auf relativ kleine Reviere von unter 500 Hektar beschränken (Kranz 1995, Vogel 1998). Teilweise folgen Fischotter den Wasserläufen, teilweise durchstreifen sie aber auch die Uferregion, wechseln zwischen verschiedenen Gewässern oder überwinden Wasserscheiden. Bei solch weiträumigen Aktivitäten sind Otter gezwungen, regelmäßig Verkehrswege zu queren. Jungtiere sind noch stärker durch den Verkehr gefährdet als Alttiere. Dies hängt vermutlich mit der geringeren Erfahrung zusammen. Auch die Notwendigkeit auf der Suche nach einem eigenen Territorium weite Strecken zurück zu legen, erhöht die Gefahr (Madsen 1996, Allgeyer 2000, Binner 2000, Körbel et al. 2001).

Wo Gewässer und Straßen sich kreuzen wird der Fischotter häufig ein Opfer des Verkehrs. 42 – 70% der registrierten Todesopfer beim Otter waren auf den Straßenverkehr zurückzuführen. Der Anteil der Population der jährlich überfahren wird, wird von Guter et al. (2006) auf 5% geschätzt. Verkehrsverluste sind neben den eingeschränkten Lebensräumen das stärkste Hindernis beim Aufbau individuenreicher, überlebensfähiger Populationen. Die überwiegende Zahl der Otter kommt unmittelbar an Gewässern zu Tode (40 - 75 % im Umfeld von 100 m vom Gewässerufer (Körbel et al. 2001, Guter et al. 2006, Philcox et al. 1999). Sie verlassen vor Brücken das Wasser und überqueren die Straße, weil Brückenbauwerke nicht adäquat als Otterpassagen gestaltet sind. Diese Todesopfer ließen sich zu einem großen Teil vermeiden, wenn alle Brückenbauwerke gemäß den Vorgaben des Runderlasses des Landes Brandenburg (MSWV 2002) gestaltet würden.

Um den Verkehrstod der Tiere weitgehend zu vermeiden, sind Fischotterpassagen überall dort notwendig, wo Straßen Gewässer in Otterlebensräumen queren. Auch Otter-Wechsel zwischen Gewässern, die keine unmittelbare Verbindung haben und über Land führen, sind dabei zu berücksichtigen. In diesen Fällen sind Trockendurchlässe im Straßendamm zu schaffen.

Otter scheinen sich durchaus über die Gefahren des Straßenverkehrs bewusst zu sein. Es gibt Videoaufnahmen wie eine Ottermutter ihre Jungen einzeln nacheinander über eine viel befahrene Straße führt und dazu gezielt die Zeiten nutzt, in denen keine Fahrzeuge zu sehen sind. Die Zahl der durch den Straßenverkehr zu Tode gekommenen Otter hat trotz dieser Vorsicht dramatisch zugenommen. Dies ist eine Folge der rasanten Steigerung der Mobilität in Ostdeutschland. Derzeit sind zwischen 68 % und 81 % der tot aufgefundenen Otter Verkehrstopfer (Sommer et al. 2005). Selbst wenn man berücksichtigt, dass ein überfahrenes Tier eher aufgefunden wird, als ein anderweitig zu Tode gekommenes, ist diese Zahl erschreckend hoch.

Sehr schwierig ist der Otterschutz abseits von Gewässern. Es ist bekannt, dass Otter auf ihren Wegen zwischen guten Nahrungsgewässern weite Wege über Land laufen. Auch die Ausbreitungswege verlaufen nicht zwangsläufig entlang der dicht bebauten großen Flüsse. Von 158 in Norddeutschland tot aufgefundenen Ottern wurden 8 % der Opfer über 500 m

entfernt vom nächsten Gewässer überfahren (Körbel et al. 2001). Die Verbindungswege über Land sind für den Populationsaustausch wichtig. Hier können Wildniskorridore und Grünbrücken an neuralgischen Punkten etwas zum Otterschutz beitragen.

Der Otter ist eine geeignete Art die Erfordernis der Durchgängigkeit der Gewässerachsen und die Notwendigkeit durchgängiger Wanderwege über Land zwischen einzelnen Gewässern zu dokumentieren. Entlang der Gewässerrläufe sollten die konflikträchtigen Kreuzungen mit Verkehrswegen entschärft werden.

## **Dachs**

Dachse leben in territorialen Familiengruppen. Sie bevorzugen eine reich strukturierte Kulturlandschaft. In der Regel entfernen sie sich nicht weiter als 300 m von Wäldern oder Gehölzen (Walliser & Roth 1997, 1999; Pratje & Storch 1998). Die Streifgebiete sind meist zwischen 100 und 300 Hektar groß (Walliser & Roth 1999, Broseth et al. 1997, Do Linh San 2003, Kauhala et al. 2006, Hofmann 1999, Bock 1986, Seiler 1992, Goszczynski 1994), wobei Reviere von 14 Hektar (Cheesemann et al. 1981) und 2.550 Hektar (Kowalczyk et al. 2003) die Extremwerte darstellen. Visiten in die Gebiete benachbarter Familiengruppen sind belegt (Hofmann 1999, Kruuk 1989, Roper et al. 2003), dabei können Strecken von 0,5 bis 3 (max. 8) Kilometer zurückgelegt werden (Christian 1994). Insbesondere die adulten Rüden besuchen benachbarte Familiengruppen und können dann auch ganz oder für längere Zeiträume in die Nachbargebiete wechseln. In geringerem Ausmaß wurde dieses Verhalten auch bei Weibchen beobachtet (Kruuk 1989, Hofmann 1999, Kruuk & Parish). Die Barrierewirkung und Verkehrsmortalität an Straßen ist für Dachspopulationen besonders problematisch, da nur relativ wenige Tiere aus den angestammten Gebieten abwandern (Broekhuizen et al. 1986, Christian 1994, Evans et al. 1989, Harris 1984, Kruuk & Parish 1987, Woodroffe et al. 1993). Die geringe Wanderbereitschaft bewirkt zusätzlich, dass verwaiste Dachslbensräume nur schwer wieder besiedelt werden (Herrmann & Trinzen 1991).

Die Mortalität im Straßenverkehr ist mehreren Untersuchungen zu Folge für Dachse die wichtigste Todesursache. Die durch Verkehr bedingte Mortalitätsrate beim Dachs wird zwischen 20% und 32% der Gesamtmortalität (Harris et al. 1992, Jefferies 1969, Kruuk & Parish 1987) und mit 8-20% der Gesamtpopulation jährlich angegeben (Behrendsen 1986, Mulder 1989, Koenders 1990, Harris et al. 1992, Aaris-Soerensen 1995, Apeldoorn 1997, Revilla et al. 2001, Seiler et al. 2003, Walliser 2003). Aufgrund der niedrigen Geburtenrate und der späten Geschlechtsreife bei Dachsen kann eine hohe Verkehrsmortalität nicht immer kompensiert werden (Lancaster et al. 1991). So vermutet Mulder (1989), dass in den Niederlanden die Verkehrsmortalität nahezu der jährlichen Natalität entspricht. In einem intensiv untersuchten Gebiet am Bodensee wurden nach dem Neubau einer Bundesstraße durch Verkehrsmortalität ein Dachslan, dessen Nahrungsräume auf der dem Bau gegenüber liegenden Straßenseite lagen, ausgelöscht (Herrmann et al. 2007). Mit einem toten Dachs pro Kilometer und Jahr (max. 1,3 pro km in einem Monat) wies Herrmann (2005) die höchste Mortalität in der Untersuchung am Bodensee nach. Mit 0,06 toten Dachsen pro Kilometer und Jahr auf Bundesstraßen, 0,04 und 0,01 bei Kreis- und Gemeindestraßen (Klenke et al. 1996) liegt die ermittelte Mortalität in Mecklenburg-Vorpommern deutlich geringer. Da Dachse rein nachtaktiv sind, spielt insbesondere der nächtliche Verkehr für diese Art eine Rolle.

Dachse eignen sich hervorragend, um die Wirkung einer hohen Dichte von Verkehrswegen auf Populationsniveau aufzuzeigen. Sie sind sensibel gegen eine Zerschneidung von Teillebensräumen und benötigen untergrabungssichere Schutzzäune.

## Braunbär

Braunbären leben einzelgängerisch. Allerdings bleiben Jungtiere über sehr lange Zeiträume in engem Kontakt zum Muttertier und erlernen viele Verhaltensweisen. Braunbären ernähren sich sowohl von pflanzlicher als auch von tierischer Kost. Die Waldverteilung ist in den derzeit besiedelten Bereichen der entscheidende Faktor für die Raumnutzung der Bären. 99% aller telemetrischen Ortungen liegen im Wald (Knauer 2000, Rauer et al. 2001). Räume mit einem Waldanteil von über 70% sowie vom Menschen dünn besiedelte oder unbesiedelte Räume werden bevorzugt (Nellemann et al. 2005). In den Alpen werden mittlere Höhenlagen, in denen sich auch noch Laubbäume finden, bevorzugt (Rauer et al. 2001). Dass diese Bevorzugung walddreicher Landschaften überwiegend durch Lernverhalten und Erfahrungen geprägt wird, zeigen einzelne Individuen, die anders aufgewachsen sind und keine große Scheu vor menschlichen Siedlungen zeigen, wie der in Deutschland berühmt gewordene Wanderbär Bruno (JJ1). Die Streifgebietsgrößen schwanken zwischen min. 50 km<sup>2</sup> in den Südalpen und max. 4.047 km<sup>2</sup> in Skandinavien. Durchschnittliche Streifgebiete sind in Skandinavien bei den Weibchen 440 km<sup>2</sup> und bei den Männchen 1550 km<sup>2</sup> groß (Nygard et al. 2002, Jansson 2005). In Südeuropa haben adulte Weibchen Streifgebiete von 53 km<sup>2</sup> und Männchen 128 km<sup>2</sup> (Huber & Roth 1993, Quenette et al. 2001, Kasczensky et al. 2003, Huber 2005).

Die Populationsdichte beträgt in Zentralschweden 3 Tiere/100 km<sup>2</sup> (Bellemain et al. 2005). Als langfristig überlebensfähige Populationen werden von Rauer et al. (2001) 100 Tiere angesehen, denen eine Fläche von 5.000 bis 10.000 km<sup>2</sup> zur Verfügung stehen muss. Knauer (1993) nennt für den Trentino eine anzustrebende Zahl von 40 bis 60 Bären. Kleinstpopulationen in Europa existieren auch mit weniger als 10 Weibchen (Österreich, Pyrenäen, Trentino) (Linnell 2002, Naves et al. 2005, Palomero et al. 2005). Diese sind aber hochgradig gefährdet. Bei Bären ist in isolierten Populationen ein Verlust an genetischer Variabilität zu beobachten. So hatten nur eines von 52 Tieren in einem 176 bp Fragments der mitochondrialen DNA einen abweichenden Haplotypus (Rauer et al. 2005, Vittas et al 2005).

Exkursionen von einigen dutzend Kilometern sind bei Bären häufig (Adamic mdl. Mitt.). Auch saisonale Wanderungen von einigen dutzend Kilometern zu Überwinterungsquartieren, und zu nahrungsreichen Eichenwäldern bzw. Obstbeständen sind dokumentiert (Weber 1989, Rösler 2005). Dabei bewegen sie sich auf regelmäßig begangenen Wechsellinien, die häufig auf einer Höhenstufe verlaufen. Bären können im Trott 5,5 – 6 Kilometer pro Stunde zurücklegen, im Flotten Trab schaffen sie auch bis zu 12 km/h (Weber 1989, Jansson 2005). Die täglichen Ortswechsel betragen durchschnittlich 1,5 Kilometer (Huber & Roth 1993). Bei Weibchen mit Jungtieren wurden noch geringere Entfernungen beobachtet (im Schnitt 0,38 km an Werktagen und 0,74 km an Feiertagen; Naves et al. 2001). Die Wanderungen führen die Tiere häufig bis über 200 Kilometer vom Ausgangsort weg (Quenette et al. 2001, Wiegand et al. 2004, Zajec et al. 2005, Anonymus 2006). Auch große Gewässerläufe und Seen (bis 3 km breite) sind dabei keine Barriere (Zajec et al. 2005); sie werden durchschwommen. Bären wandern meist im Alter von 2 bis 4 Jahren ab (Swenson et al. 1998). Für die Slowenische

Braunbärenpopulation ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit mit 2 bis 5,4 km pro Jahr angegeben (Jerina & Adamic 2002; Filacorda et al. 2005).

Die Verkehrsmortalität machte in einem Untersuchungsgebiet von Kaczensky et al. (2003) 31% der bekannt gewordenen Todesfälle aus. Von 58 von Jerina et al. dokumentierten Verkehrsoffern kamen 41% an Bahnlinien, 14% an Autobahnen und 44% im nachgeordneten Straßennetz zu Tode. Im Zeitraum 1963-1994 lag der Anteil der Zugmortalität in Kroatien sogar bei 70% (Huber et al. 1998). Die Mortalität in Slowenien stieg an, als mit Verkehr unerfahrene Bären während des Krieges in Kroatien vermehrt auftauchten (Adamic mdl. Mitt.). Jerina et al. (2005) sind der Meinung, dass unter allen negativen Wirkungen des Verkehrs die Verkehrsmortalität für Braunbären die größte Bedeutung hat. 68% der Verkehrsoffer sind männlich. Im Schnitt sind sie 23 Monate alt.

Bären sind eine Leitart, bei der die Problematik besonders deutlich wird, die mit Verkehrswegen wie Eisenbahnlinien verbunden sein kann. Bei der Betrachtung der Raumansprüche von Bären wird deutlich, dass auch gering zerschnittene Landschaften in Mitteleuropa bereits einen zu hohen Zerschneidungsgrad aufweisen.

## **Wolf**

Wölfe jagen und leben in Rudeln. So können sie auch Beutetiere jagen, die deutlich größer als sie selbst sind. Hinsichtlich der Lebensräume sind Wölfe wie die meisten anderen Karnivoren flexibel. Jedrzejewski et al. (2004) fanden, dass in Polen das Vorkommen von Wölfen abhängig ist von einer geringen Fragmentierung des Waldes und von einer geringen Dichte von Dörfern, Städten, Autobahnen und Bahnlinien. Die Territorien sind sehr groß (99 – 532 km<sup>2</sup>), so dass die Dichte z. B. in Polen nur 2,0 - 2,6 Ind. / 100 km<sup>2</sup> und in Italien 3,4 Ind./ 100 km<sup>2</sup> erreicht (Boitani 2000, Promberger-Fürpass & Sürth 2002, Ansorge et al. 2003, Giacometti et al. 2003, Yolanda & Blanco 2003, Blanco et al. 2005, Guzvica 2006, Kusak 2006, Okarma et al. 1998, Scandura et al. 2003). Eine Population von mindestens 15 Rudeln oder 100 Individuen sollte in zusammenhängenden Lebensräumen angestrebt werden (Boitani et al. 2000). Hieraus resultiert ein minimaler Raumbedarf von 2.000 km<sup>2</sup> für kleine Populationen. Es sind derzeit aber auch deutlich kleinere Wolfspopulationen bekannt. So umfasst die deutsche Population derzeit (2007) vermutlich nur 3 Rudel, eine Population in Südportugal 7 Rudel auf 5.000 km<sup>2</sup>. Die schwedische Population wurde genetischen Untersuchungen zufolge von 3 Tieren die aus Finnland, bzw. Russland einwanderten begründet (Vilá 2003).

Jungtiere wandern meist in einem Alter von 9 bis 36 Monaten aus dem elterlichen Rudel ab. Goszcyński (1986) nennt durchschnittliche tägliche Wanderentfernungen von 25,7 Kilometern. Okarma & Langwald (2002) meinen, dass die Tiere entlang von Korridoren wandern, deren Kenntnis von Generation zu Generation weitergegeben wird. Auch territoriale Rudel können in einer Nacht 50 km zurücklegen (Yolanda & Blanco 2003). Dabei sind durchschnittliche Fortbewegungsgeschwindigkeiten von 8 km/h (im Trab) belegt (Mech 1974, Kojola 2004). In Einzelfällen können während der Wanderung bis zu 200 Kilometer täglich zurückgelegt werden (Pulliainen 1965). Bei der norditalienischen Wolfspopulation wurde 1985 bis 1992 eine durchschnittliche jährliche Ausbreitung von 22,8 Kilometern festgestellt (Kora 2005). Die weiteste, durch Telemetrie belegte Wanderung, führte einen weiblichen Wolf in den USA über eine Strecke von 8.000 Kilometern vom Banff National Park bis in den Yellowstone Nationalpark und von dort bis in den Yukon (Kluane National Park) (Raimer & Ford 2005).

Die Mortalität von Wölfen im Straßenverkehr betrug in Kroatien nach Kusak et al. (2000) in den Jahren 1945 -1994 3,6% (20 von 560 Fällen) der Gesamtmortalität. In den Folgejahren betrug sie 50% (6 von 12 Fällen). Nach Olsen (2003) sind in Skandinavien 27% der bekannt gewordenen Todesfälle (n=82) auf Verkehrsunfälle zurückzuführen. Zwölf im Straßenverkehr zu Tode gekommenen Tieren standen 10 Todesopfer an Bahnlinien entgegen. Die meisten Tiere wurden im Winter überfahren, weil die Wölfe geräumte Verkehrswege zur Fortbewegung benutzen. Ganz überwiegend waren Einzelgänger betroffen. Rio-Maior et al. (2003) berichten, dass in Portugal 10% der Wolfspopulation in den letzten zehn Jahren dem Verkehr zum Opfer gefallen ist.

Von den hier betrachteten Arten sind für Wölfe die größten bei Wanderungen zurückgelegten Entfernungen dokumentiert Art. Bei Wölfen wird von Fernwanderwechseln berichtet, die sie über weite Strecken führen. Außerdem haben Wölfe die größte Scheu gegenüber künstlichen Strukturen in der Landschaft.

## Luchs

Luchse leben solitär. Die Geschlechter begegnen sich außerhalb der Paarungszeit nur selten. Luchse sind in der Lage relativ zu ihrer eigenen Körpergröße sehr große Beutetiere zu überwältigen. In Mitteleuropa jagen sie bevorzugt mittelgroße Huftiere. Insbesondere bei Schneelagen und in unübersichtlichem Gelände können sie diese leicht überwältigen. Auch wenn Luchse in offenem Gelände beobachtet werden können, so können sie doch als Waldart beschrieben werden. Die Streifgebietsgrößen schwanken zwischen 50 und 642 km<sup>2</sup> (Jedrzejewski et al. 1996, Breitenmoser-Würsten et al. 2001, Wöfl et al. 2001, Zimmermann 2004, Vandel et al. 2006). Als Orientierungswert können 100 km<sup>2</sup> für Katzen und 150 km<sup>2</sup> für Kuder gelten. Innerhalb des Streifgebietes wechseln Luchse regelmäßig zwischen verschiedenen Jagdgebieten, weil die Beutetiere mit längerer Anwesenheit des Luchses immer vorsichtiger werden. Die festgestellten Dichten liegen zwischen 0,94-1,43 Individ./km<sup>2</sup> in der Schweiz (Breitenmoser et al. 2000) und 1,9-3,2 Individ./km<sup>2</sup> in Polen (Jedrzejewski et al. 1996).

Jungtiere lösen sich im Alter von 8 bis 16 Monaten vom Muttertier und können bis zu 180 Kilometern abwandern. Durchschnittlich werden Entfernungen zwischen 40 und 70 Kilometern zurückgelegt (Schmidt et al. 1997, Sunde et al. 2000, Breitenmoser-Würsten et al. 2001, Zimmermann 2004). Gewässer können als Leitlinien dienen (Zimmermann 2004). Bei neu angesiedelten Luchsen wurden mehrfach weite Exkursionen festgestellt. Es ist zu vermuten, dass diese Exkursionen dazu dienten, den Kontakt zu Nachbartieren herzustellen. Innerhalb von 24 Stunden wurden Wanderentfernungen von bis zu 10 Kilometern zurückgelegt. Territoriale Tiere legten in einer Nacht durchschnittlich 7,2 (max. 31) Kilometer zurück (Wöfl 2004, Jedrzejewski et al. 2002).

Die Mortalität von Jungluchsen ist hoch. Die Hälfte der Jungtiere kommt während der Zeit zu Tode, in der sie noch von der Mutter abhängig sind (Breitenmoser et al. 1993). Vier von fünf Luchsen, die in der Schweiz während ihrer Abwanderung beobachtet werden konnten, starben. In Frankreich waren 26 von 52 bekannt gewordenen Todesfällen (50%) durch den Straßenverkehr bedingt (Stahl & Vandel 1999). Im Schweizer Jura waren es 47%, in den Nordwestalpen 10% der bekannt gewordenen Mortalität (n=72; Schmidt-Posthaus et al. 2002). In Skandinavien macht der Verkehrstod bei adulten Luchsen 0-8% und bei unter 2 jährigen Luchsen 14% der Gesamtmortalität aus (n=245; Andren et al. 2006).

Luchse sind innerhalb ihrer Streifgebiete auf eine hohe Durchlässigkeit der Landschaft angewiesen. Sie sind an deckungsreiche Landschaften oder Waldlebensräume gebunden und repräsentieren einen großen Raumanpruch an zusammenhängenden Wäldern. In Mitteleuropa stehen solche Landschaften nur in sehr begrenztem Ausmaß zur Verfügung.

## **Wildkatze**

Wildkatzen leben solitär. Die Tiere begegnen sich zwar regelmäßig, bleiben jedoch nie lange zusammen. Ihre Hauptbeutetiere sind Kleinnager, denen sie überwiegend in Pirsch- und Lauerjagd nachstellen. Wildkatzen leben in waldreichen Landschaften und haben eine starke Bindung an durch Gehölze geprägte Lebensräume. Gewässerläufe und Gehölzreihen können als Leitlinien fungieren. Innerhalb des Waldes werden dichte und strukturreiche Vegetationsbestände bevorzugt, wie sie z. B. nach Windwürfen entstehen (Klar 2003). Wühlmäuse werden auch im Agrarland gejagt. Weiter als 100m vom nächsten Gehölz entfernt werden Wildkatzen selten angetroffen. Die Kater entfernen sich weiter vom Wald als die Katzen. Die Lage der Streifgebiete im Raum ist selten stabil, so dass sie mit längeren Beobachtungszeiträumen rechnerisch größer werden. Aktionsräume zwischen 194 und 5000 Hektar sind dokumentiert (Libereck 1999, Wittmer 2001, Hupe 2002, Herrmann & Klar 2007). Im Durchschnitt waren in der Eifel die Streifgebiete der weiblichen Wildkatzen 695 und der männlichen Wildkatzen 1492 Hektar groß (Herrmann & Knapp 2007). Die Streifgebiete beider Geschlechter überlagern sich vollständig, aber auch innerhalb des gleichen Geschlechtes sind Überlagerungen zu beobachten (Herrmann & Klar 2007, Herrmann et al. 2007). Die Populationsdichte wird mit 0,1 bis 0,5 Tiere pro Quadratkilometer angegeben (Knapp et al. 2000). Um ein Areal für eine Mindestpopulation von 500 Tieren bereit zu stellen, müssen vernetzte Lebensräume von mindestens 2000 Quadratkilometern zur Verfügung stehen (Knapp et al. 2000). Für Teilpopulationen werden Areale von 100 – 200 km<sup>2</sup> als ausreichend erachtet. Allerdings sollten diese Flächen nicht vollständig von anderen Teilpopulationen getrennt sein. Eine sehr kleine und isolierte Populationen von 10-25 Tieren lebt im saarländischen Warndt auf 63 km<sup>2</sup>. Sie wird als hochgradig gefährdet eingestuft (Herrmann & Knapp 2007). Ortsansässige Tiere legen innerhalb von 24 h max. 10 km zurück (eigene unpubl. Daten).

Hinsichtlich des Wanderverhaltens von Wildkatzen ist wenig bekannt. Von einem einjährigen Kater ist bekannt, dass er eine Strecke von bis zu 35 Kilometern zurücklegte (Goetz mdl. Mitt.). Weite Strecken werden von ausgewachsenen Katern auf der Suche nach paarungsbereiten Weibchen zurückgelegt (Thiel 2004, eigene unpubl. Daten). Die Abwanderung von Jungtieren wurde noch nicht beobachtet. Möglicherweise ist die Tendenz zur Abwanderung bei Jungtieren gering. Die Ausbreitung und Wiederbesiedlung verwaister Lebensräume der Art geht in Rheinland-Pfalz mit max. 1-2 Kilometern pro Jahr langsam vonstatten. Trotz Vollschutz seit über 70 Jahren sind derzeit weniger als 10% des ursprünglichen Areals besiedelt.

Die Verkehrsmortalität ist bei Wildkatzen hoch. 79% der bekannt gewordenen Todesopfer waren auf den Straßenverkehr, 1% auf den Schienenverkehr zurückzuführen (Kautz 2005). Die bekannt gewordenen Todesopfer stellen allerdings, wie bei anderen Arten auch, nur einen Bruchteil der tatsächlichen Mortalität dar. Bei einer großräumigen Sammlung von Daten zur Mortalität wurden über einen mehrjährigen Zeitraum zwischen 0,31 (Kreisstraßen) und 2,47 (Autobahnen) Totfunde pro 100 km Strecke bekannt (Kautz 2005). In einem Autobahn-

abschnitt, in dem systematisch Totfunde eingesammelt und untersucht wurden, lag die jährliche Mortalität bei 0,38 Tieren / km (Herrmann & Klar 2007).

Die Europäische Wildkatze eignet sich aufgrund ihrer derzeit inselartigen Verbreitung und der isolierten Vorkommens besonders um die Notwendigkeit einer großräumigen Vernetzung aufzuzeigen. Gleichzeitig liegt im Straßenverkehr die wichtigste Todesursache, so dass das gesamte Populationsgeschehen in engem Zusammenhang mit der Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege gesehen werden kann.

## Reptilien

Reptilien können nach ihren Ansprüchen an den Lebensraum in drei Gruppen unterschieden werden: Waldeidechse, Blindschleiche, Kreuzotter, Ringelnatter sind Generalisten und ursprünglich weit verbreitet. Sie brauchen vor allem nahrungs- und deckungsreiche Areale. Sie vermeiden geschlossene, schattig-kühle Waldgebiete und intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen. Der Boden ihrer Standorte muss für eine Stunde am Tag durch die Sonne erwärmt werden. Würfelnatter, Sumpfschildkröte und in geringerem Umfang die Ringelnatter sind an offene Gewässer gebunden. Zusätzlich benötigen sie ungestörte Sonnenplätze, vorzugsweise direkt an der Wasserkante. Aspispiper, Smaragd-, Mauer- und Zauneidechse, Schlingnatter, Äskulapnatter bevorzugen offene bis halboffene sonnenexponierte Trockenstandorte.

Als Arealgröße einzelner Tiere gibt Mertens (1992) für die Ringelnatter einen Bereich von 8,3-28,9 ha an. Als Minimalareale für überlebensfähige Populationen werden für die Äskulapnatter 118 ha (Drobny 1993), für die Kreuzotter 85-340 ha (Biella et al. 1993), für die Ringelnatter 250 ha (Völkl & Thiesmeier 2002), für die Schlingnatter 170-340 ha, für die Waldeidechse 0,6-4,3 ha und die Zauneidechse 0,2-33,3 ha (Strijbosch & Van Gelder 1993) angegeben.

Die Teillebensräume (Winterquartier, Paarungsplätze, Jagdrevier) von Schlangen liegen oft sehr weit auseinander und es werden insgesamt Strecken bis 1500m zurückgelegt (Biella et al. 1993, Käsewieter 2002, Mertens 1992), in Ausnahmefällen mehr als 2 km (Völkl & Käsewieter 2005). Große und schnelle Ortsveränderungen finden während der Frühjahrs- und Herbstwanderung zwischen den Winter- und Sommerlebensräumen statt (trüchtige Weibchen der Schlingnatter bis zu 360m/Tag (Strijbosch & van Gelder 1993)). Großräumige Wanderungen sind auch für die Ringelnatter und Kreuzotter bekannt (Strijbosch & van Gelder 1993, Völkl & Biella 1993). Besonders kritisch ist die Situation wenn Verkehrswege Teillebensräume von Reptilien, z. B. Wasserlebensraum von Sonnenhängen bei der Würfelnatter, abriegeln.

Die Wanderungen sind bei Ringelnattern entlang von Gewässern, in Talräumen entlang von Rainen und unbefestigten Wegen belegt (Völkl & Käsewieter 2005). Barrieren für die Ringelnatter stellen dabei Straßen, wenig strukturierte und intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen, sowie dichte Nadelholzpflanzungen dar (Völkl & Käsewieter 2005). Dass insbesondere Bahndämme als Ausbreitungslinien z. B. der Zauneidechse fungieren und Schienenwege dauerhaft besiedelte Lebensräume darstellen, ist bekannt. Auch für Schlangen konnte nachgewiesen werden, dass sie sich längs von Straßenkörpern bewegen.

Die Verkehrsmortalität ist bei Reptilien hoch. Insbesondere im Frühjahr und Sommer finden sich die meisten Todesopfer. Auffällig ist, dass man auch auf dem nachgeordneten Straßen-

netz (10 - 200 KFZ/24h) sehr häufig überfahrene Schlangen und Blindschleichen zu finden sind. Befestigte Straßen und Wege können, soweit sie selten befahren sind, als Sonnenplätze attraktiv sein. Die Fortbewegungsgeschwindigkeit generell und insbesondere während der Aufwärmphasen ist bei Schlangen auf dem glatten Straßenboden zu gering, um von Fahrzeugen rechtzeitig flüchten zu können. Aufgrund ihres Wärmebedürfnisses werden Reptilien darüber hinaus insbesondere die Tagesstunden zur Überquerung nutzen. Dies sind aber auch die Zeiträume mit der höchsten Verkehrsdichte. Auf stark befahrenen Straßen fällt dies möglicherweise nicht so stark auf, weil die Kadaver schnell bis zur Unkenntlichkeit zerstört werden. Inwieweit Reptilien auf Erschütterungen viel befahrener Straßen mit Meidungsverhalten reagieren ist nicht bekannt. Meinig (mdl. Mitt) fand allerdings Überwinterungsplätze der Ringelnatter unter der Fahrbahn der A11, was für eine geringe Empfindlichkeit während dieser Lebensphase spricht. Bei Sumpfschildkröten gilt der Verkehrstod auf den Wanderungen zwischen Gewässern und zu den Laichplätzen als eine der wichtigsten Gefährdungsfaktoren (Schneeweiß 2002).

Kirsch (2005) zählte auf einem 5 Kilometer langen Straßenabschnitt einer Ortsumgehungsstraße bei Fürstenwalde (Spree) über 6 Jahre die Verkehrstopfer unter Reptilien. Im Schnitt kamen pro Jahr und Kilometer 12,2 Blindschleichen (n=364), 10,4 Ringelnattern (n=311) und 0,3 Zauneidechsen (n=9) zu Tode. Es wurde jeweils nur ein Individuum der Waldeidechse und der Schlingnatter gefunden.

Autobahnen wurden in Spanien mit Hilfe aller vorhandenen wildtierspezifischen und wildtierunspecificen Querungsbauwerken (Gewässerdurchlass, Unterführung, Überführung, Grünbrücke) überwunden. Rohrdurchlässe wurden dabei signifikant am häufigsten genutzt und es wurde eine tendenzielle Bevorzugung enger Querungsbauwerke verzeichnet (Mata et al. 2003). Nach Rosell et al. (1997) werden nur kurze Durchlässe unter Strassen genutzt. Wichtig ist dabei die Beschaffenheit des Substrates und eine der Umgebung entsprechende Bodenfläche.

Trittsteine aus Optimalhabitaten sollten einen Abstand von 600-1000m haben, damit sie als Trittsteine fungieren können. Als Wanderlinien dienen offene Strukturen wie z.B. breite Wegränder entlang von Waldinnensäumen. Bei Grünbrücken sollte die Breite nach Völkl & Käsewiler (2005) 80-100m betragen und über mit trichterförmig auf die Brücke zuleitende linearen Strukturen verfügen. Die Distanzen zwischen Querungshilfen sollten 5 km nicht überschreiten (besser 2 km). Im deutschen Regelwerk (FGSV 2007) werden Mindestbreiten von 2 m genannt.

Reptilien und innerhalb dieser Gruppe die Schlangen sind aufgrund ihrer vergleichsweise großen Raumanprüche besonders stark durch den Straßenverkehr gefährdet. Aufgrund der Erfordernis saisonal hochspezifische Teillebensräume (Eiablageplätze, Winterquartiere, Nahrungsräume) aufzusuchen müssen sie Verkehrswege queren. Ihre Fortbewegungsgeschwindigkeit auf den glatten Flächen ermöglicht es ihnen jedoch nicht, herannahenden Fahrzeugen gezielt auszuweichen.

# Ergebnisse zur Wirkung von Barrieren auf Säuger

Als zentrales Ergebnis liegt eine Datenbanktabelle vor, in der Ansprüche der Arten hinsichtlich Durchlässigkeit und Barrierewirkung bzw. die zur Beurteilung dieser Sachverhalte erforderlichen ökologischen Daten zusammengestellt sind. Die Tabellen sind für jede Art einzeln erstellt. Wegen der Komplexität der analysierten Parameter erfolgte eine erste Zusammenstellung in Texttabellen. Sie finden sich auf der beiliegenden CD im Verzeichnis „TabellenArten“. Diese Texttabellen wurden unter Anleitung von PD Dr. H. Reck in eine Access Datenbank überführt, die die wichtigsten projektbezogenen Parameter komprimiert darstellt. Diese Tabellen sind Grundlage der Barriere-Modelle. In der folgenden Zusammenstellung zur Wirkung von Barrieren auf Tiere werden die Daten bezogen auf bestimmte Parameter des Verkehrsnetzes dargestellt. Diese Darstellung der Wirkfaktoren orientiert sich an standardisiert vorhandenen Straßenparametern, um eine Extrapolation auf Landschaftsebene zu ermöglichen. Abbildung 1 im Anhang „Hypothesen zu Barrierestärken“ gibt am Beispiel der Wildkatze eine Interpretationsform der aggregierten Ergebnisse im Hinblick auf mehrere Wirkparameter der Verkehrsdichte wieder. Abbildung 2 „Barrierewirkung von Verkehrsschutzzäunen“ gibt die Effekte bezogen auf mehrere Ziel- und Leitarten wider.

## Barrierewirkung von Verkehrswegen (Aktionsraumzerschneidung, stochastische und genetische Effekte)

Für alle betrachteten Arten stellen Verkehrswege Barrieren dar. Messbar ist die Barrierestärke in einer Veränderung in der Zahl der Bewegungen der Tiere von der einen Seite der Straße auf die andere Seite verglichen mit dem Zustand vor dem Bau des Verkehrsweges oder im Vergleich zu einem anderen Ausbaugrad des Verkehrsweges. Dabei kann in den meisten Fällen nicht zwischen dem Überqueren des eigentlichen Straßenkörpers und der Zahl der Tiere, die Querungsmöglichkeiten unter oder über der Straße nutzen unterschieden werden. Die Zahl der Tiere, die über die Straße oder den Schienenweg wechselt, ist nicht nur abhängig von den verkehrstechnischen Parametern wie Zahl der Fahrzeuge oder Breite, sie ist auch abhängig von der individuellen Erfahrung der Tiere und dem landschaftlichen Umfeld. Für mehrere Arten finden sich in der Literatur Daten, die belegen, dass durch Verkehrswege die Zahl der Querungen erheblich abnimmt oder Querungen gar nicht mehr stattfinden.

So stellte Joham (1999) fest, dass auch viele Jahre nach Fertigstellung der Tauernautobahn nur 5-10% der Zahl der Rothirsche gegenüber der Anzahl vor dem Bau querten (durch Talbrücken und Unterführungen). Die gezäunte A4 durch die Vogesen trennt die Rothirschpopulation in eine südliche und eine nördliche Population (Hamann et al. 1997; Klein & Hamann 1999). Eine Querung der Autobahn durch ein mit Sender markiertes Tier der angrenzenden Population wurde nie festgestellt. In die der Autobahn abgewandte Richtung wanderten einzelne Tiere dagegen bis zu 50 Kilometern. Zwischen den beiden südlich und nördlich an die Autobahn grenzenden Populationen wurden genetische Unterschiede festgestellt (Hartl et al. 1990, Schreiber et al. 1994). Im Saarland ist dokumentiert, dass eine Population durch eine Autobahn getrennt wurde. Das Rotwild verschwand aus den kleineren, abgeriegelten Teilbereichen (Schmidt 2005). Tillmann & Reck (2003) berichten, dass in einem 210 km<sup>2</sup> großen

isolierten Einstandsgebiet bereits 3 Individuen mit abnorm verkürztem Unterkiefer festgestellt wurden.

Der Bau der A1 an der Aare in der Schweiz bewirkte ein fast vollständiges Erlöschen der Wanderungen von Wildschweinen (Righetti 1997). Mehrfach wird von erheblichen Veränderungen in der Schadensverteilung nach Bau einer gezäunten Straße berichtet, da Wildschweine nicht mehr hinüberwechseln (Adamic pers. Mitt).

An einer knapp 10 Kilometer langen Neubaustrecke einer Bundesstraße am Bodensee reduzierte sich die Querungsrate von Dachsen von 4,6 Tiere auf 1,7 Tiere pro Kilometer und Nacht gegenüber dem Zustand vor Fertigstellung der Straße. 27 dachstaugliche Bauwerke erlaubten eine Querung auf dieser Strecke, davon fünf Grünbrücken. Vier von fünf der von der Straße betroffenen Clans verlagerten ihre Aktivitätsschwerpunkte von der Straße weg (Herrmann et al. 1997).

In Spanien überquerten Wölfe eine gezäunte, vierspurige Autobahn mit 0,53 Querungsbauwerken pro Kilometer regelmäßig. Bei den Bauwerken handelte es sich nicht um Wildquerungsbauwerke. Die Streifgebiete von vier Individuen lagen sogar zu beiden Seiten des Verkehrsweges (Blanco et al. 2005). Kohn et al. (1997) konnten dagegen an dem Highway 53 in Wisconsin keine Wolfsspuren unter Brücken, Unter- und Überführungen finden, obwohl die Tiere in unmittelbarer Nähe vorkamen.

Zimmermann (2004) konnte telemetrisch vier Luchse verfolgen, die auf ihrer Jugendwanderung an gezäunte Autobahnen kamen. Ein Tier drehte sofort um, zwei blieben eine Woche in der Nähe und drehten dann um, ohne ihre Wanderung in die vorherige Richtung fortzusetzen. Ein Tier querte die Linie der Autobahn. Aus dem Harz abwandernde Luchse querten auch in Niedersachsen Autobahnen (A7 >50000 Kfz/24h, B6 >10000 KFZ/24h). Allerdings kann hier keine Bezug zwischen der Zahl der Annäherungen und der Querungen hergestellt werden. Ob die Luchse dabei Querungsbauwerke benutzten, ist unklar. An nicht gezäunten Nationalstraßen in den zentralen Vogesen kehrten Luchse teils um, teils wurden diese Straßen auch gequert (Vandel et al. 2006). Auch wandernde Pumas nähern sich Autobahnen vorsichtig und verharren vor der Autobahn ein bis mehrere Nächte. Dann kehren sie um oder queren (Beier 1995).

Lineare Barrieren wie Autobahnen, Eisenbahnlinien etc. können von Bären überwunden werden; bei sesshaften Individuen bilden sie jedoch meist die Grenze des Streifgebietes. So stellte Autobahn Ljubljana – Razdrto für 10 von 13 residenten Bären die Grenze des Streifgebietes dar. Nur ein residenter Bär querte, kein Bär hatte sein Streifgebiet zu beiden Seiten der Autobahn (Kaczensky et al. 2003). Chruszcz et al. (2003) stellten fest, dass nordamerikanische Grizzly Bären Straßen mit niedriger Verkehrsdichte mit höherer Wahrscheinlichkeit kreuzen.

Auf Haselmäuse wirkte bereits eine schmale asphaltierte Straße als Barriere. Sie wurde nie von den ortsansässigen Tieren überquert. Auch bei Umsetzungsversuchen überwandten Haselmäuse diese Straße nicht (Müller-Stieß 1995)

Verkehrswege können auch durch ihre Barrierewirkung zur Isolation von Dachspopulationen beitragen (Walliser et al. 1996). Mehrere Untersuchungen (Aaris-Soerenndsen 1987, Herrmann 1991, Herrmann & Müller-Stieß 1992, Lancaster et al. 1991, Mulder 1989, Weber mdl. Mitt.) geben Anhaltspunkte dafür, dass die Isolation von Metapopulationen des Dachses durch Verkehrswege bis zum lokalen Erlöschen führen kann.

## Querungsverhalten an Straßen

Die hier betrachteten Säugetierarten zeigen gegenüber Verkehrswegen ein sehr unterschiedliches Verhalten. Selbst innerhalb einer Art können die gegenüber Verkehrswegen gezeigten Verhaltensweisen extrem unterschiedlich sein. Diese Unterschiede stehen zweifelsohne mit Lernverhalten bzw. mit individuellen Strategien in Zusammenhang. An Verkehrswege angeborenermaßen angepasstes Verhalten zeigt keine Säugetierart. Dazu sind die Zeiträume, seitdem es Straßen und Schienenwege gibt einfach zu kurz. Evolutive Anpassungen an solch vollständig neue Situationen benötigen deutlich mehr Generationen. Eine Ausnahme ist möglicherweise der Igel, bei dem das angeborene Einrollverhalten bei Gefahr zunehmend verschwindet (eigene Beobachtungen). Aus den Verhaltensbeobachtungen ergeben sich allerdings klare Anzeichen, dass Säugetiere die Gefahr erkennen können, die mit der Überquerung einer viel befahrenen Straße verbunden ist. Ein zweiter Faktor ist, dass sich Säugetiere beim Queren von Straßen vorsichtig verhalten. Beobachtungen, z. B. bei Wildkatzen, Rothirschen oder Ottern belegen, dass die Tiere es aktiv vermeiden die Straße zu queren, wenn Fahrzeuge im sichtbaren Bereich sind. Videoaufnahmen von Otterweibchen, die ihre Jungen einzeln über die Trasse führen, zeigen deutlich, dass der Verkehrsweg als gefährlicher Ort eingestuft wird. Auch Steinmarder scheinen die Gefahr zu realisieren, denn sie sichern vor der Überquerung einer innerörtlichen Straße regelmäßig aus der Deckung heraus nach links und rechts (Herrmann 2004). Direkt neben der Fahrbahn Nahrung suchende Tiere, die bei Annäherung eines Fahrzeuges nicht flüchten, sind auch ein Indiz dafür, dass Säugetiere einzuschätzen vermögen, dass das Fahrzeug sich ausschließlich auf seiner Fahrbahn bewegen wird. Nur schwer trennen lassen sich Effekte, die durch die völlig deckungslose Fahrbahnoberfläche und den bituminösen Untergrund bedingt sind, von den Effekten, die tatsächlich auf die Gefahr durch Fahrzeuge zurückzuführen sind. Huftiere (Rothirsch, Reh, Elch, Wildschwein) bewegen sich in der Regel ungern auf harten, bituminösen Flächen fort. Die meisten Raubtiere bewegen sich dagegen bevorzugt auf befestigten Wegen, die keinen Verkehr aufweisen, wenn sie längere Strecken zurücklegen wollen. Kleinere durch Predation gefährdete Arten (Wildkatze, Baumwilder, Haselmaus) vermeiden es die Deckung zu verlassen. Intensiv bejagte Arten (Rothirsch, Wildschwein, Wolf) zeigen häufig eine sekundäre Bindung an deckungsreiche Strukturen. Auch die Schnelligkeit und Wendigkeit kann eine Rolle spielen, wenn eine Straße überquert werden muss. Außerdem gibt es artspezifische Unterschiede, was die Einschätzung der Geschwindigkeit der sich annähernden Fahrzeuge betrifft. Hier sind die Raubtiere mit ihrem guten binokularen Sehen den Pflanzenfressern überlegen.

Über einen telemetrierten Elch in Schweden berichteten Autofahrer mehrfach, dass dieses Tier vor der Straße wartete bis die Autos anhielten und sie dann überquerte. Olsson (pers. comm.) fand eines Tages das Tier im Winter nahe der Autobahn und vermutete dessen Verkehrstod. Er näherte sich dem Tier, das kurz vor ihm aufstand und in Richtung Straße flüchtete. Direkt vor der Fahrbahn hielt der Elch trotz Flucht inne, wartete bis die Autos anhielten, und überquerte dann erst die Straße.

In Tschechien näherte sich ein Elch auf einer Wanderung einer viel befahrenen Straße. Er unterbrach seine Wanderung und hielt sich mehrere Tage im unmittelbaren Bereich vor der Straße auf und näherte sich dieser bis auf wenige Meter. Es war offensichtlich, dass er sich nicht traute, die Straße zu queren. Schließlich wurde er narkotisiert und mit einem LKW auf die andere Seite der Straße transportiert, wo er seine Wanderung fortsetzte (Hlavác mdl. Mitt).

Rothirsche verhalten sich vorsichtig bei der Querung von Straßen. Wenn jedoch ein Rudel die Straße überquert, haben die Rudelmitglieder eine starke Orientierung am Leittier, so dass sie stärker gefährdet sind (Tillmann & Reck 2003). Dies gilt auch für die Familiengruppen von Damhirschen, Wildschweinen oder Rehen.

Ganz ähnlich wie vom Europäischen Luchs (Zimmermann et al. 2004) berichtet Beier (1995) von wandernden nordamerikanischen Pumas, dass diese sich einer neuen Autobahn auf 50 - 100 m nähern (1995). Dann verharren sie in guter Deckung und prüfen die Situation. In den nächsten Tagen queren sie die Autobahn oder gehen zurück.

Auch bei Wildkatzen wurde beobachtet, dass sie sich vor der Unterquerung einer Autobahn durch eine Unterführung einen Tag vor dem Durchlass aufhielten und dann querten oder sogar umdrehten und dann 0,7 km entfernt die Autobahn unter einer großen Talbrücke querten (Herrmann & Klar in Vorb.).

Wildkatzen hielten sich lange vor der Querung von Straßen in seitlich des Straßenkörper Deckung bietender Vegetation auf. Trotz intensiver Bemühungen (Herrmann & Klar 2007) konnten Wildkatzen im Rahmen eines Forschungsprojektes niemals bei der Querung einer Straße beobachtet werden, was für eine große Vorsicht spricht. Im Rahmen eines anderen Projektes konnte einmal die Querung einer viel befahrenen Straße durch eine Wildkatze beobachtet werden. Das Tier beobachtete den Verkehr über mehrere Minuten ca. 15 m vom Straßenrand sitzend. Als einmal kein Fahrzeug sichtbar war wurde die Straße zügig gequert (Herrmann et al. 2007).

Nach Weber 1989 verharrten Bären bevor sie eine offen Stelle an einem Wanderweg überquerten ca. 20 Minuten in einer dichten Deckung.

### **Barrierewirkung in Bezug zur Zahl des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) oder in Bezug zur Straßenkategorie**

Die Zahl der Fahrzeuge pro 24 Stunden ist ein Maß, dass für fast alle Straßen in Deutschland zur Verfügung steht. Gleichzeitig stehen viele weitere andere Parameter, wie z. B. Straßenbreite, gefahrene Geschwindigkeiten, Lärmemissionen, stoffliche Emissionen, Zäunung, Lärmschutzwände, Kurvenradien, etc. in einem Zusammenhang mit der Zahl der Kraftfahrzeuge pro 24h. Insofern ist die Zahl der KFZ/24h ein geeignetes Maß, wenn es um eine großflächige Beurteilung der Barrierewirkung geht. Hinsichtlich der Barrierewirkung ist die Zahl der KFZ, die eine Straße befahren, von herausragender Bedeutung, weil es mit zunehmender Zahl der Fahrzeuge immer schwieriger wird die Straße zu überqueren ohne mit einem Fahrzeug zu kollidieren. Bereits eine Verkehrslast von 15000 KFZ/24h bedeutet, dass im Durchschnitt ein Fahrzeug alle sechs Sekunden kommt. Einfache mathematische Modelle zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Verkehrslast und Kollisionswahrscheinlichkeit wurden schon mehrfach dargestellt (Frank 2005). Allerdings ist bei Säugetieren diese rein mathematische Betrachtung unzureichend, weil die Tiere fähig sind gezielt Gefahren auszuweichen und z. B. verkehrsarme Zeiten zu wählen. Mit zunehmender Breite der Straße nimmt, rein mathematisch gesehen, das Kollisionsrisiko nicht zu. Dagegen steigt mit zunehmender Breite die psychologische Barrierewirkung, da die Angst eine so breite deckungslose Fläche zu überwinden für die meisten Arten zunimmt.

Die Barrierewirkung von Verkehrswegen korreliert zweifelsohne mit deren Ausbaugrad und deren Frequentierung. Außerhalb der Siedlungsräume geben auch die Straßenkategorien

„Autobahn, Bundesstraße, Landesstraße, Kreisstraße sowie Wald- und Feldwege“ in grober Näherung ein Bild über die Verkehrsbelastung und den Ausbaugrad. Die Straßenkategorie ist die am einfachsten verfügbare Information und wird somit auch häufig in den Literaturquellen angegeben, die sich nicht spezifisch mit den Wechselwirkungen zwischen Straßenverkehr und Wildtierpopulationen beschäftigen.

Rothirsche können auch viel befahrene Bundesstraßen queren. Filitz (1999, 2000) berichtet allerdings auch, dass für einige der beobachteten Individuen viel befahrene Straßen die Grenze von Aktionsräumen bilden und nicht überquert werden.

Straßen mit 800 KfZ/24h wurden von Rehen in den Lebensraum integriert. Straßen mit 12000 KfZ/24h wurden gemieden (Burnand et al. 1996).

Skinner et al. (1991) konnten nachweisen, dass sowohl der Ausbaugrad der Straßen als auch geringe Entfernungen zur nächsten Straße die Zahl genutzter Dachsbaue negativ beeinflussen.

Wölfe wurden bei der Querung von Autobahnen mit 11 KFZ/Min (entspricht 15.840 KFZ/24h) um 16 Uhr bei Tageslicht beobachtet (Blanco et al. 2005). Auch Grilo et al. 2004 beobachteten Wölfe bei Querungen ungezäunter Autobahnen in Portugal.

Nordamerikanische Rotluchse querten Straßen mit Verkehrsbelastungen 0,8 KFZ/min (entspricht 1152 KfZ/24h) über die Fahrbahn. Bei Verkehrsdichten von 2,1 KFZ/min (entspricht 3024 KFZ/24h) nutzten sie bevorzugt Unterführungen (Tigas et al. 2002).

Während die Randbereiche auch von gering befahrenen Straßen tags gemieden wurden, so stellte eine solch gering befahrene Straße für Wildkatzen keine erkennbare Barriere bei den Bewegungen in der Nacht dar. Gleiches galt für eine Baustrasse der im Bau befindlichen A60. Die mit einem wildkatzensicheren Zaun ausgestattete Autobahn reduzierte die Querungsraten der Wildkatzen um etwa ein Drittel. Die Wildkatzen querten die Trasse allerdings ausschließlich an wildtierspezifischen und nicht wildtierspezifischen Querungsbauwerken (Herrmann & Klar 2007).

Bundesstraßen mit 2500 KfZ/24h wurden von Wildkatzen ausschließlich nachts in der verkehrsärmeren Zeit zwischen 19 Uhr und 5 Uhr (2-50 KfZ/h) gequert. Gering befahrene Kreisstraßen 270 KfZ/24h wurden zuweilen auch tags gequert (Herrmann & Klar 2007).

Pumas überwinden in Nordamerika vereinzelt auch sechsspurige Straßen (Beier 1995).

Braunbären querten die neu gebaute und gezäunte Autobahn Ljubljana - Razdrto mit 23.500 KfZ/24h wie 7 Kollisionen mit Fahrzeugen in drei Jahren zeigen. Auch der Bär „Bruno“ (JJ1) wechselte um 5 Uhr morgens über die befahrene Inntalautobahn bei Schwaz (Jonovic & Adamic (1994), Anonymus (2006).

Grizzlybären kreuzten in Montana bevorzugt Straßen in den Nachtstunden, wenn der Verkehr mit 10 KfZ/h (entspricht 14.400 KFZ/24h) am geringsten war.

McCown et al. (2005) untersuchten die Barrierewirkung zweier Abschnitte einer Fernverkehrsstrasse in Florida auf 68 Schwarzbären. 388 Querungen der beiden Abschnitte wurden dokumentiert. Bärinnen querten in einem Abschnitt mit 15000 KfZ/24h seltener als in einem Abschnitt mit 5100 KfZ/24h. Im Abschnitt mit 15000 KfZ wurden 23% der besenderten Bären angefahren, im Abschnitt mit 5100 KfZ wurden 5% der besenderten Bären angefahren.

## **Barrierewirkung in Bezug zur täglichen (diurnalen) Verkehrsverteilung**

Diese Betrachtungen zur Barrierewirkung und zur Kollisionswahrscheinlichkeit bezüglich der Verkehrslast bedürfen für die hier betrachteten Säugerarten einiger Ergänzungen. So ist zum Beispiel der Verkehr im Tagesverlauf nie gleichmäßig verteilt. Insbesondere die Verkehrszahlen zur Dämmerungszeiten und in der Nacht sind entscheidend, da der größte Anteil der Querungsversuche während der Dämmerung oder der Dunkelheit unternommen werden.

Für Wildkatzen konnten Herrmann & Klar (2007) zeigen, dass verkehrsärmere Nachtstunden zur Querung von Straßen bevorzugt werden. Dies gilt auch wenn man die Querungszeiten mit dem üblichen Mobilitätsspektrum von Wildkatze vergleicht. Die untersuchten zweispurigen Bundesstraßen (2500 KfZ/24h) wurden ausschließlich nachts zwischen 19 Uhr und 5 Uhr gequert.

## **Barrierewirkung in Bezug zur Geschwindigkeit der Fahrzeuge**

Die außerhalb von Ortschaften gefahrenen Geschwindigkeiten bewegen sich alle in einem Bereich, in dem am Boden lebenden Säugetieren ein kurzfristiges Ausweichen nicht möglich ist. Geschwindigkeiten von unter 50 km/h, bei denen Ausweichreaktionen zu diskutieren wären, sind nur in unübersichtlichen Verkehrssituationen festzustellen, in denen auch Wildtiere Schwierigkeiten haben, sich annähernde Fahrzeuge rechtzeitig zu erkennen. Hinsichtlich ihres Wahrnehmungsvermögens der Geschwindigkeit sich annähernder Fahrzeuge gibt es Unterschiede zwischen den Artengruppen. So können Raubtiere aufgrund des gut ausgeprägten binokularen Sehens die Geschwindigkeit viel besser einschätzen als Huftiere, die sich annähernde Fahrzeuge in der Regel nur mit einem Auge sehen und deshalb die Geschwindigkeit, mit der sich ein Fahrzeug nähert, schlechter einschätzen können.

Für die Anzahl verunfallter Wildkatzen konnte kein Effekt von Warnschildern vor Wildunfällen oder Beschränkung der Geschwindigkeit festgestellt werden (Kautz 2005).

## **Wirkung von Trassenbündelung**

Aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes werden Verkehrsstrassen und andere linienhafte Infrastrukturelemente (Hochspannungsleitungen, etc.) gerne gebündelt durch die Landschaft geführt. Diese Trassenbündelung hat zwar eine verminderte Fragmentierung der Landschaft zur Folge, dem gegenüber steht aber eine erhöhte Barrierewirkung mehrerer Verkehrswege. Bei einer Bündelung besteht in der Regel nicht die Möglichkeit vor dem zweiten Verkehrsweg einen ruhigen Rückzugsraum aufzusuchen und auf einen günstigen Moment der Querung zu warten.

Aus dem Harz wird über einen Todesfall eines Luchses an einer Stelle berichtet, wo die Bundesstraße B6 und eine Bahnlinie eng beieinander verlaufen (Hullen mdl.Mitt.). Auch Bären scheinen an Bahnlinien die parallel zu Autobahnen verlaufen besonders gefährdet zu sein. So wurden von 9 überfahrenen Bären der Strecke Ljubljana-Trieste 8 in einem 30 km langen Abschnitt (Vrhnika – Postojna) überfahren, bei dem die Bahnlinie parallel zur Autobahn verläuft.

## Wirkung von Zäunen und Lärmschutzwänden entlang der Verkehrswege

Die Zäunung von Verkehrswegen erfolgt, um die Gefahr einer Kollision von Wildtieren mit Fahrzeugen zu vermindern. Hierbei stehen sowohl der Schutz der Verkehrsteilnehmer („Verkehrsschutzzaun“) als auch der Schutz des Wildes („Wildschutzzaun“) im Blickfeld des Interesses. Der in Deutschland meistverwandte Zaun besteht aus einem Knotengitter mit sich nach unten verschmälernden Drahtabständen (WSchZR 1985). Der Zaun wird zumeist in den Boden eingelassen und mit einem Wühdraht versehen.

Wildschutzzäune haben jedoch keine vollständige Barrierewirkung auf Säugetiere. Säugetiere können den Zaun niederdrücken, überspringen, untergraben oder hindurchschlüpfen. Wichtig für die Einschätzung der Barrierewirkung eines Zaunes ist auch seine Position. So werden Zäune weitab von einem Straßenkörper wesentlich häufiger überwunden als Zäune unmittelbar an der Straße. Auch die Einsehbarkeit des Geländes hinter dem Zaun spielt für Huftiere eine Rolle. Bären überklettern Zäune oder zerstören diese völlig (Kascensky et al. 2003, Kos mdl. Mitt.). So kam es auf der Autobahn Ljubljana – Razdrto in 3 Jahren zu 7 Kollisionen von Fahrzeugen mit Bären obwohl die Autobahn vollständig gezäunt ist (Jonovic & Adamic 1994).

Seiler et al. (2003) schätzen für den Elch die Barrierewirkung nur auf 80%. Insbesondere wenn eine Straße neu eingezäunt wurden, sind Fälle von Überspringen durch Spurenanalyse dokumentiert (z. B. Seiler et al. 2003; Olsson & Widén 2007). So querten in einem 9 Kilometer langen Abschnitt 25 Elche trotz Zaun. 22 Elche übersprangen zwar den Zaun, drehten jedoch vor der Straße um und 36 Elche versuchten keine Querung. Die Querungen nahmen mit zunehmender Standdauer des Zauns ab.

Durch den Bau eines Zaunes ging die Verkehrsmortalität an einem Abschnitt einer Autobahn in Schweden von jährlich 2,7 Elchen und 5,3 Rehen pro Kilometer auf 1,5 Rehe zurück. Elche wurden in den 31 Überwachungsmonaten gar nicht mehr angefahren (Olsson & Widén 2007).

Auch von Rothirschen ist belegt, dass Sie Zäune von mehr als 2 m Höhe überspringen können (Ueckermann & Olbrich 1984; Anonymus 2006). Erst 2,5 m hohe Zäune scheinen geeignet, Rothirsche zurückzuhalten. Wichtig ist die Einsehbarkeit des Geländes. Aufgrund der seitlich stehenden Augen brauchen Huftiere wie Rothirsche gut sichtbare Strukturen. In stark ansteigendem Gelände können bereits kleine Hindernisse wie Leitplanken als Barriere wirken. So genügt in solchem Gelände bereits eine 1,6 m hohe Mauer um für Rothirschen den gleichen Barriereeffekt wie ein 2,50 m hoher Zaun zu erzielen (Wölfel & Meissner 2002). Der innerdeutsche Grenzzaun war eine sehr effektive Grenze auch für Rothirsche wie die genetischen Unterschiede nach der Grenzöffnung zeigen (Herzog 2004).

An einer Autobahn in Slowenien (Ljubljana – Razdrto) wechselte von 100 markierten Wildschweinen kein Tier auf die andere Seite der gezäunten Autobahn (Krze 1994). Dies muss aber nicht unbedingt in Zusammenhang mit dem Zaun stehen. An vielen deutschen Autobahnen sind die Seitenflächen der Autobahn, also zwischen Wildschutzzaun und Autobahn regelrechte Rückzugsräume für Wildschweine. Die Zäune weisen eine Vielzahl von Löchern auf und die Wildschweine bevorzugen die Verkehrsnebenflächen weil sie hier vor Jägern sicher sind.

Dachse graben sich Löcher unter Zäunen, wenn diese nicht tief genug in den Boden eingelassen sind (Herrmann et al. 1997). In einer systematischen Untersuchung am Bodensee wurden 1,7 Löcher pro Kilometer Strecke festgestellt. Diese Löcher werden bevorzugt an traditionellen Pässen angelegt. Todesopfer finden sich in der Nähe dieser Löcher. Andere mittelgroße Säugetierarten (Fuchs, Steinmarder, Wildkatze) nutzen diese Löcher auch, wie Todesopfer auf der Straße dokumentieren.

Das üblicherweise an Schnellverkehrsstraßen benutzte Knotengitter ist für kletternde Arten mittlerer Größe keine Barriere. Wildkatzen und Marderartige schlüpfen durch die Maschen oder – wenn diese unten zu eng sind – klettern ein wenig empor um dann hindurchzuschlüpfen (Herrmann & Klar 2007).

Für Wildkatzen stellen die üblicherweise verwendeten Knotengitter einen zusätzlichen Gefährdungsfaktor dar, weil sie sich mit den Krallen leicht in den Wicklungen verhaken und sich nicht mehr lösen können.

Ein wildkatzensicherer Verkehrsschutzzaun besteht aus einem Untergrabungsschutz, einem engmaschigen Zaungeflecht sowie einem nach außen überhängenden 30cm Überkletterschutz. Dieses Zaungeflecht verhinderte sowohl im Gehegeversuch (Hoßfeld, et al. 1994; Reith & Lüttmann 1998) als auch im Freiland (Herrmann & Klar 2007) das Überklettern durch Wildkatzen und ähnlich große Wildtiere wie Marder oder Eichhörnchen. Allerdings ist eine perfekte Bauausführung unabdingbare Voraussetzung. Ohne den Überkletterschutz wurde der Zaun sowohl von Wildkatzen als auch von Marderartigen überwunden.

Alle Tierarten können trotz Zäunung auch über die Anschlussstellen in den Verkehrsraum gelangen. Befinden sich die Tiere dann zwischen einem unüberwindbaren Zaun sind sie gefangen, geraten in Stress und werden in aller Regel Opfer des Straßenverkehrs.

Biber lassen sich durch Maschendrahtzäune von 80 cm Höhe, die mind. 30 cm tief eingegraben und in Anwanderrichtung 20 cm umgeschlagen sind leiten und abhalten (Schulte 2005).

Elektrozäune sind sehr gut geeignet um Wildtiere aus dem Straßenraum zu halten. Ein Problem ist der hohe Unterhaltungsaufwand und die große Störanfälligkeit. Aufgrund dieser Faktoren wurden Elektrozäune bisher kaum über längere Zeiträume eingesetzt. Herrmann et al. (1997) konnten nachweisen, dass Elektrozäune Dachse wirksam vom Untergraben des Verkehrsschutzzaunes abhielten. Auch Braunbären lassen sich mit Elektrozäunen wirksam (100%) abschrecken (Adamic mdl. Mitt.).

## **Wirkung von Leitplanken und Betongleitwänden**

Über die Wirkung von Leitplanken und Betongleitwänden auf das Querungsverhalten und die Querungshäufigkeit ist kaum etwas bekannt.

Rehe und andere Hirsche sind in ansteigendem Gelände nur schlecht in der Lage auch kleinere Hindernisse z.B. Leitplanken zu überspringen. Zur Einschätzung der Geländesituation benötigen sie wegen der seitlich stehenden Augen in unmittelbarer Umgebung ausreichende Strukturen (Vegetation) (Wölfel & Meißner 2002).

Bei Wildkatzen stellte Kautz (2005) fest, dass das Mortalitätsrisiko signifikant erhöht ist, wenn sich Leitplanken im Bereich der Querungsstelle befinden.

Die Wirkung von Leitplanken beruht vermutlich darauf, dass Wildtiere nachts im scheinwerferlicht aufgrund der Reflektionen der Leitplanke das Gelände dahinter nicht einsehen können und damit an einer schnellen Flucht aus dem Verkehrsraum gehindert sind.

### **Lockwirkung von Verkehrswegen**

Für zahlreiche Arten üben Verkehrswege aber auch eine Attraktion aus. Von faktisch allen Sohlengängern werden in Waldgebieten größere Strecken bevorzugt auf Waldwegen zurückgelegt, soweit hier das Begegnungsrisiko mit Menschen gering ist. Diesbezüglich liegen Beobachtungen von z. B. vom Wolf, Luchs, Dachs, Braunbär und Baumratter vor. Ruheplätze werden häufig nicht weit seitlich dieser Wege aufgesucht, so dass teils eine positive Korrelation mit Wegen festgestellt werden kann. Auch Bahnlinien können als Wanderwege fungieren. So wurden zwei Bären überfahren weil sie eine Bahnstrecke als Wanderweg nutzten, aber an einer Stelle mit seitlichen Felsen dem Zug nicht ausweichen konnten (Kaczensky et al. 2003). Die Lockwirkung von Bahnlinien und Straßen wird auch dadurch bedingt, dass z. B. Mais aus undichten Eisenbahnwagons auf die Schienen fällt (Adamic mdl. Mitt.) oder dass Essensreste aus Autos geworfen werden. Außerdem sind überfahrene Tiere eine attraktive Beute für viele Fleisch und Aasfresser.

Pflanzenfresser (Huftiere und Hasen) werden durch Bodenbegrünung und attraktive Saatgutmischungen vielfach in die Randstreifen von Verkehrswegen gelockt. Hierdurch steigt das Kollisionsrisiko an (Adamic 2007). Gehölze entlang von Straßen können in ausgeräumten Landschaften sogar Leitlinien für an Gehölz gebundene und Deckung liebende Arten sein.

Dieser Lockwirkung von Verkehrswegen steht die Störwirkung des Verkehrs entgegen. Meist ist es unmöglich in Freilanduntersuchungen die Effekte dieser beiden gegenläufigen Wirkmechanismen zu trennen.

### **Störwirkung von Straßen**

Die Störwirkung von Straßen ist mit naturwissenschaftlichen Methoden sehr schwer fassbar. Häufig werden Wildtiere in unmittelbarer Nähe zu Straßen beobachtet, so dass der Eindruck besteht, dass kaum eine Störwirkung besteht (Seiler pers. comm.). Die Störwirkung steht offensichtlich in erheblichem Ausmaß in Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit, dass Menschen den Tieren nachstellen oder zumindest von den Tieren als Gefahr angesehen werden. So berichten Walliser et al. (2003), dass Dachse nicht merklich auf den fließenden Verkehr reagierten. Hielt allerdings ein Auto und stieg eine Person aus flüchteten die Dachse sofort. Für Wildkatzen konnte gezeigt werden, dass sie tags einen größeren Abstand zu geringer befahrenen Landstraßen hielten als zu einer Bundesautobahn (Herrmann & Klar 2007).

Wölfe in Nordamerika vermieden nach Thurber et al. (1994) befahrene Zufahrtsstraßen zu Öfeldern, suchten aber Straßen mit eingeschränkter Nutzung bevorzugt auf.

Bären in den rumänischen Kaparten hielten bei ihren Tagesruheplätzen einen Abstand von 600 – 800 m von Forststraßen. Unterhalb dieser Entfernung war auch Fluchtverhalten gegenüber Fahrzeugen zu beobachten.

Herrmann & Klar (2007) konnten nachweisen, dass ein Bereich bis 200m bei einer gering befahrenen Kreisstrasse (160 KfZ / 24h) tags als Aufenthaltsort gemieden wurde, während

es bei einer nahe gelegenen Autobahn mit > 10000 KfZ/24h nur ein Bereich von 100m war der von den Wildkatzen seltener als zu erwarten aufgesucht wurde.

### **Störungen während der Bauphase**

Die Barrierewirkung einer Bautrasse auf wildlebende Tiere wird in Planungsbeiträgen häufig ähnlich hoch eingestuft wie die fertige Straße.

Herrmann et al. (1997) konnten keinen deutlichen Einfluss der Bautätigkeit an einer neu gebauten Straßenrasse auf das Querungsverhalten und die Querungshäufigkeit von Dachsen feststellen.

Auch Wildkatzen querten, soweit nicht in den letzten Tage an dem jeweiligen Abschnitt gebaut wurde eine Autobahntrasse mit der gleichen Häufigkeit wie Waldwege abseits der Trasse (Herrmann & Klar 2007).

### **Lebensraumeignung im Bezug zur Dichte des Verkehrsnetzes**

Ein Zusammenhang zwischen der Dichte eines Verkehrsnetzes und dem Vorkommen zerschneidungsempfindlicher Arten kann leicht hergestellt werden. Dass tatsächlich eine Kausalität in Form von einer hohen Mortalität oder unüberwindlicher Barrieren vorliegt kann daraus noch nicht abgeleitet werden. Die Dichte eines Verkehrsnetzes in einer Landschaft korreliert in aller Regel mit der Bevölkerungsdichte und der Infrastruktur in diesem Raum. Wenn die Bevölkerungsdichte hoch und die Infrastruktur ausgebaut ist, können Faktoren wie ungeeignete Habitate, Flächenverbrauch, häufige Störungen, Emissionen oder Verfolgung (Jagd) bedingen, dass die Vorkommen von Wildtieren in diesem Raum zurückgehen.

Die Territorien von nordamerikanischen Timberwölfen lagen in Arealen mit signifikant niedrigerer Straßendichte (Durchschnitt: 0,84 km Straße/km<sup>2</sup>) als im Gesamtuntersuchungsgebiet (1,16 km Straße/km<sup>2</sup>) (Shelley & Anderson 1995). Dies galt auch für die Wolfsbaue (Unger 1999). Mladenoff et al. (1997) meinen, dass die Straßendichte in ihrer Region ein Kriterium für das Vorkommen von Wölfen ist und bei Straßendichten über 0,45 km/km<sup>2</sup> Wölfe fehlen. Kerngebiete lagen dort, wo die Straßendichte 0,23 km/km<sup>2</sup> betrug. Jensen et al. (1986) meinen, dass Regionen mit Straßendichten von über 0,6 km/km<sup>2</sup> Ausbreitungsbarrieren darstellen.

Bären leben in Österreich bevorzugt in Gebieten mit unter 50 Ew/km<sup>2</sup> (Rauer et al. 2001). Clevenger et al. (1997) weisen darauf hin, dass die dichte (unasphaltierte) Straßen in guten Bärengebieten halb so hoch ist wie in Gebieten mit sporadischen Bärenvorkommen.

Der Rückgang der Dachse in den Niederlanden ist eng mit der Straßendichte korreliert (ZEE et al. 1992).

### **Barrierewirkung von Siedlungsachsen**

Mehrere der betrachteten Arten meiden Siedlungen und Flächen um Siedlungen herum. Aus diesem Grund müssen Siedlungsbereiche in die Betrachtungen mit einbezogen werden wenn die die Fragmentierung der Landschaft betrachtet wird. Siedlungen können

Sunde et al. (1998) berichten, dass ein Bereich von 200m um Häuser von Luchsen gemieden wird. Klar et al. (2007) konnten zeigen, dass Wildkatzen einen Bereich von 200m um Häuser und 900 m um Siedlungen meiden.

Ueckermann & Olbrich (1984) stellten fest, dass nur ortsferne Unterführungen von Wildschweinen zur Unterquerung von Autobahnen genutzt wurden.

Für wandernde Bären ist dokumentiert, dass besiedelte und bewirtschaftete Talböden gemieden wurden und lang gestreckte Barrieren bilden (Rauer et al. 2001). Abstände von über 100m zu Siedlungen werden in aller Regel eingehalten (Zajec et al. 2005). Allerdings scheint auch bei dieser Art das Meideverhalten abhängig von der Vorerfahrung mit solchen Landschaften zu sein.

### **Isolation von Populationen als ökologischer Vorteil**

Mehrere Arten profitieren auch von der Isolation ihrer Lebensräume durch Verkehrswege. Insbesondere Arten, deren Vorkommen in der Kulturlandschaft aufgrund von Predation limitiert sind, können von isolierten Lebensräumen profitieren. Dieser Effekt ist dadurch bedingt, dass die Raumannsprüche von bodenlebenden Raubtieren in der Regel wesentlich größer sind, so dass sie in den durch Verkehrswege isolierten Lebensräumen nicht dauerhaft überleben können während den Beutetiere ein ausreichend großer Lebensraum zur Verfügung steht. So kommen Feldhamster in mit den höchsten Dichten auf einem Feld in einem Ohr einer Autobahnauffahrt bei Mannheim vor (Weinhold mdl. Mitt.). Wühlmäuse leben teilweise in sehr hohen Dichten auf dem Mittelstreifen oder in gezäunten Arealen von Autobahnen (eigene Beob.).

### **Mortalität**

Der Straßenverkehr ist für viele große Wirbeltierarten zum bedeutensten Mortalitätsfaktor geworden (Knoflacher 1981). Infolge des weiter steigenden Verkehrsaufkommens ergibt sich ein erhöhtes Gefährdungspotential durch den Straßenverkehr (Griffith & Thomas 1993).

### **Mortalität in Relation zur Verkehrsdichte**

Mit zunehmenden Fahrzeugzahlen steigt auch die Wahrscheinlichkeit für ein querendes Wildtier überfahren zu werden (Frank 2005). Bei einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von 10.000 Fahrzeugen pro 24 Stunden ist im Schnitt alle 8,5 Sekunden ein Fahrzeug zu erwarten. Bei dieser Fahrzeugfrequenz hat ein Säugetier nur noch eine geringe Chance eine Straße lebend zu überqueren. Die meisten am Boden lebenden Säugetierarten nehmen ein sich annäherndes Fahrzeug als Gefahr wahr und vermeiden aktiv eine Kollision. Sie versuchen Querungen zu Zeiten, in denen die Fahrzeugdichte gering ist. So konnten Herrmann & Klar (2007) zeigen, dass Wildkatzen Straßen bei hohen Verkehrszahlen abends und morgens seltener queren als aufgrund ihrer Aktivitätsverteilung zu erwarten wäre. In der Mitte der Nacht, wenn nur wenige Fahrzeuge unterwegs sind, queren sie die Straßen häufiger.

Rein statistisch gesehen sollte die Mortalität eine Funktion der Verkehrsdichte sein. Die Ergebnisse bisheriger Studien zeigen aber, dass dies nicht der Fall ist. Vielmehr steigt die Zahl der Verkehrsoffer mit der Verkehrsdichte bis zu einer je nach Art und Umfeld unterschiedli-

chen maximalen Mortalität an und fällt dann bei Verkehrswegen mit noch höheren Fahrzeugzahlen wieder ab.

Seiler (2003) fand beim Elch, dass die höchste Mortalität bei Verkehrsbelastungen von 4.000 bis 6.000 Fahrzeugen gegeben war, während bei mehr als 8.000 Fahrzeugen die Mortalitätsraten geringer waren.

Nach Desire & Recorbet (1990) kommen pro Kilometer Strecke auf Autobahnen und Schnellstraßen die meisten Rehe um, während auf den kleinsten Straßen die wenigsten Rehe pro Kilometer Straße umkamen.

In England hatten Autobahnen (34.000KFZ/24h) und Schnellstraßen mit 5.000 – 10.000 sowie Schnellstraßen mit ca. 1.500 KFZ/24h ähnliche Zahlen toter Dachse (2,7/km und Jahr). Bei kleinen Landstrassen war die Mortalität mit 0,45/km/a deutlich geringer. Walliser (2003) fand eine Abhängigkeit der Dachsmortalität von den Verkehrsdichten. Er verglich einen Abschnitt von jeweils 2,5 Kilometern einer Bundesstraße mit 10.000 KFZ/24h mit einer Straße mit 2.000 – 5.000 Kfz /24h. Die Verkehrsmortalität war auf beiden Straßen ähnlich hoch, wobei die Dachsbauddichte an der Straße mit geringeren Fahrzeugzahlen fast doppelt so hoch war.

Mehrere Erklärungsmöglichkeiten gibt es für dieses Phänomen. Zum einen könnte die Dichte der Tierarten im Umfeld der Straße durch Mortalität nachhaltig reduziert sein, zum zweiten kann Meidungsverhalten bedingen, dass Querungsversuche nur noch in Ausnahmefällen stattfinden, zum dritten legen territoriale Tiere ihre Reviergrenzen gerne an Verkehrswege, so dass Querungen wesentlich seltener stattfinden. Weitere Einflüsse könnten auch im Bereich der Datenerhebung liegen, so werden kleinere Tiere auf großen Straßen sehr schnell bis zur Unkenntlichkeit überfahren und die Artbestimmung und Meldung bleibt aus, weil der Verkehrsraum nicht betreten werden darf.

Madsen et al. (2002) untersuchten die Unfallorte von 115 in Dänemark verunglückten Rehen. Er konnte keinen Zusammenhang mit der Verkehrslast erkennen.

Die höchste Zahl von Kollisionen wurde in Slowenien zwischen den Hauptbärenhabitaten festgestellt, wo die Verkehrswegedichte hoch war.

Auf der Basis von 250 Totfunden von Wildkatzen wurde die Abhängigkeit der Totfunde von der Verkehrsbelastung der Straßen ermittelt (Kautz 2005). Eigene Ergebnisse legen nahe, dass die Verkehrsmortalität oberhalb von 7.000 Kfz/24h nicht mehr proportional zur Verkehrsdichte ansteigt (Abb. 1).

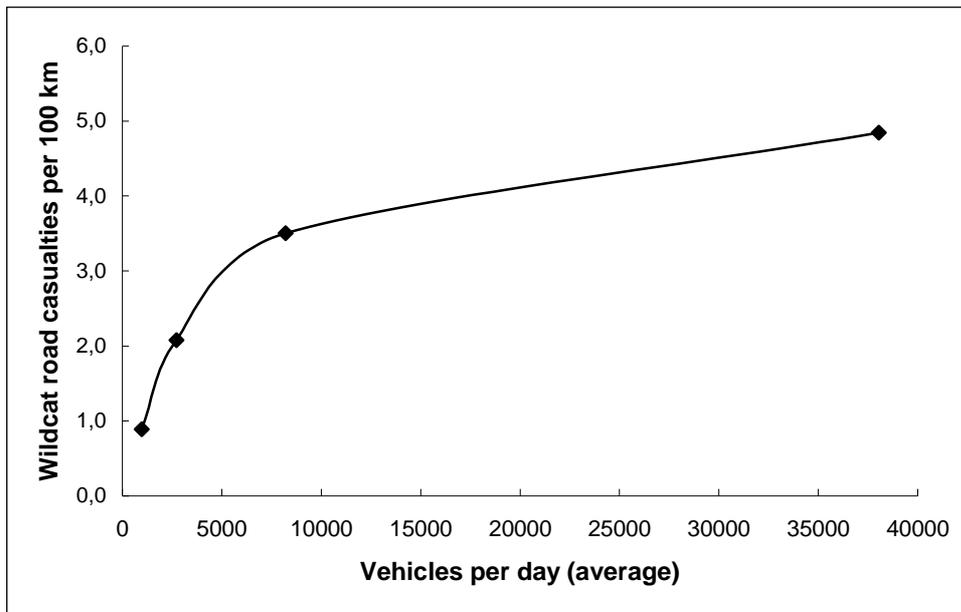


Abbildung 1: Wildkatzentotfunde in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte (Herrmann & Klar 2007)

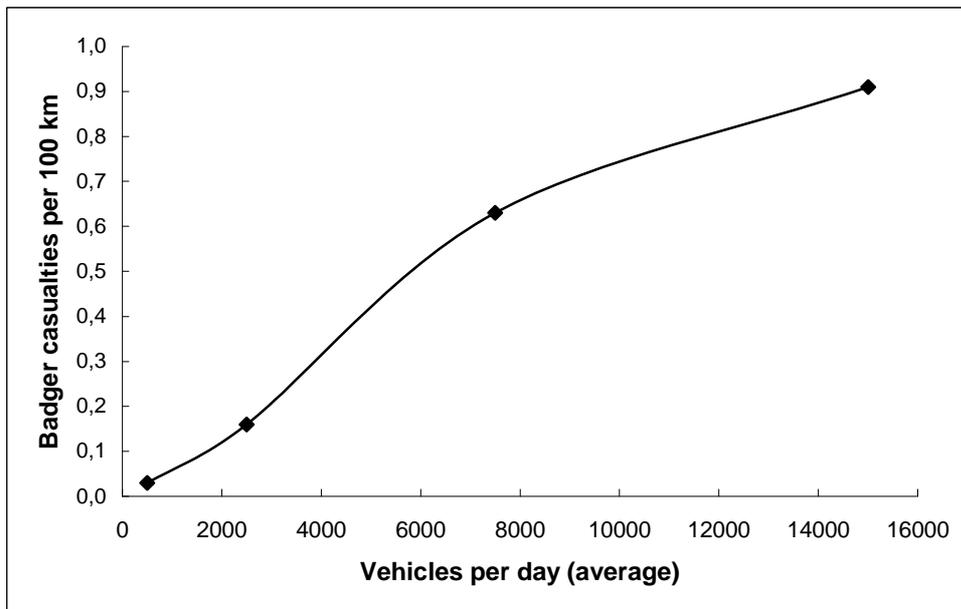


Abbildung 2: Dachs Totfunde in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte (Walliser 2003)

## Mortalität in Abhängigkeit vom landschaftlichen Umfeld

Die Mortalitätsraten sind je nach Spezies in unterschiedlichen Lebensräumen hoch. Besonders viele der großen Säugetierarten verunfallen am häufigsten an Grenzstrukturen (Ecotonen). Bei Elchen in Schweden fand Seiler (2003) die meisten Unfälle in Wald- und Feuchtgebieten. Durch eine Beseitigung sämtlicher Vegetation in einem 20 bis 30m breiten Streifen entlang einer Zuglinie konnten die Zug-Elch-Kollisionen um 50% reduziert werden (Jaren et al. 1991).

Bei Dachsen ist die Lage des Baues der wichtigste Faktor, der Querungsstellen und potenzielle Unfallstellen vorbestimmt (Herrmann 2005, Hauffe 1997). Wenn Straßen weniger als 300 m vom Bau entfernt sind, nimmt das Unfallrisiko zu und die Dachsdichte an diesen Bauwerken ab (Zee et al. 1992)

Bei Rehen konnten Madsen et al. (2002) eine erhöhte Wahrscheinlichkeit von Unfällen feststellen, wenn die Vegetation auf einer oder beiden Seiten der Straße dicht war.

Reichholf (1998) und Holisová & Obrtel (1986) stellten bei Feldhasen die meisten Unfälle dort fest, wo Straßen an Felder grenzen oder zwischen Feld- und Waldbereichen verläuft.

## **Wildtierpassagen**

### **Talbrücken**

Die kleinste in der Untersuchung von Hlavac & Anđel (2002) von Rothirschen unterquerte Brücke war 55 m breit, 10 m hoch und 28 m lang. Kneitz & Oerter (1997) stellten bei einer lichten Weite von 34 m und einer Höhe von 3,2 m Unterquerungen einer Autobahn (A3) fest. Weitere genutzte Talbrücken waren weiter und höher.

Für Huftiere wurde ein Index für Unterführungen und Talbrücken entwickelt. Ist der Wert der Funktion  $\text{Breite} \times \text{Höhe} / \text{Länge}$  über 40 wird mit über 80% Wahrscheinlichkeit gequert, ist er unter 1,7 liegt die Querungswahrscheinlichkeit unter 20% (Hlavac & Anđel 2002). Für Wildschweine liegt die Wahrscheinlichkeit bei einem Index von über 30 bei 80%. Bei einem Index von unter 1 liegt die Querungswahrscheinlichkeit bei unter 20%. Wildschweine wechselten unter einem 44m breiten und 1,7m hohen Bauwerk unter der Autobahn A2 (Kneitz & Oerter 1997). Das kleinste in der Untersuchung von Hlavac & Anđel (2002) von Wildschweinen genutzte Bauwerk war 55 m breit, 10 m hoch und 28 m lang.

Wildkatzen querten Talbrücken häufig (0,96 Tier/24h) (Herrmann & Klar 2007).

### **Unterführungen**

Georgii et al. (2006) konnten keine Nutzung von Wildunterführungen durch Rothirsche nachweisen. Nach Ueckermann & Olbrich (1984) wurden 8 von 99 untersuchten Unterführungen von Rothirschen genutzt. Sie beschreiben wie Rothirsche immer wieder, nachdem ein Zaun errichtet worden war, in Unterführungen einwechselten, aber nach wenigen Metern umkehrten. Auch andere Untersuchungen (Völk et al. 2001, Joham 1999, WGM 1990) bestätigen, dass nur vereinzelt 8-15 m breite Unterführungen von Rothirschen zur Unterquerung von Straßen benutzt werden. Geräumige Unterführungen mit unbefestigtem Untergrund wurden bevorzugt. Wildschweine nutzten nach Ueckermann & Olbrich (1984) nur in 17 von 236 potenziell zur Verfügung stehenden Unterführungen. Bei den Infrarot Überwachungen von Jenny et al. (1997) wurden sogar gar keine Wildschweine als Querer registriert.

Neu angelegte Wegeunterführungen unter einer nicht gezäunten Trasse wurden von Dachsen in der ersten Zeit nicht aktiv aufgesucht (Herrmann et al. 1997). Stattdessen querten die Tiere auf den gewohnten Pässen über den ca. 5 m hoch aufgeschütteten Wall der Trasse.

Eine Unterführung unter der Autobahn E45 zwischen Aarhus und Randers in Jütland (Dänemark): 13 m breit; 7,5 m hoch und 155 m lang wurde von Rehen mit Ausnahme eines Individuums nicht gequert, aber inspiziert (Mathiasen & Madsen, 1999).

Wildkatzen nutzen Unterführungen an denen gering befahrene Kreisstraßen unter einer Autobahn hindurchführen. Allerdings querten nur zwei von sechs Tieren mit angrenzenden Streifgebieten die Unterführungen. Darüber hinaus zeigte ein langfristiges Monitoring, dass das Risiko des Verkehrstodes an solchen Stellen hoch ist (Herrmann & Klar 2007).

Wildkatzen benutzen auch bituminöse Unterführungen zur Unterquerung von Autobahnen (Hupe et al. 2004; Herrmann & Klar 2007). In einem Fall, in dem ein 2 m breiter unbefestigter Seitenstreifen neben der Fahrbahn verlief, querten die Wildkatzen auf diesem Streifen.

Appel (1996) überwachte eine speziell für Wildtiere errichtete Unterführung. Sie war 5,5 m breit, 3,5 m hoch und 26 m lang. Wildschweine zögerten lange vor dem betreten und benutzten den Tunnel selten.

Die Nutzung von Unterführungen durch Braunbären wurde von Bürglin 1995 und Adamic et al. 1996 nachgewiesen.

Mata et al. (2003) stellten fest, dass über 4 Meter breite Durchlässe von Feldhasen häufiger genutzt wurden als kleinere Durchlässe mit Gewässern.

### **Wegeüberführungen**

Wegeüberführungen haben als Passagen nur eine Bedeutung, wenn sie geringe oder sehr geringe Fahrzeugzahlen aufweisen. Nach Ueckermann & Olbrich (1984) wurden nur 3 von 63 untersuchten Überführungen von Rothirschen genutzt. Die gleichen Autoren stellten fest, dass nur eine von 158 potenziell geeigneten Überführungen von Wildschweinen genutzt wurden. Wildkatzen nutzten eine Waldwegeüberführung über eine Autobahn (Herrmann & Klar 2007). Die Nutzung wurde aber nur für ein Individuum belegt. Acht Tiere hätten theoretisch die Überführungen nutzen können, da ihre Streifgebiete angrenzten. Andere Überführungen (z. B. Länge 61 m, Breite 6 m, Höhe 10 m) wurden nie von Wildkatzen benutzt, obwohl sie zentral im Wildkatzenhabitat lagen. Wölfe nutzen mehreren Untersuchungen zufolge zum Überqueren von Autobahnen Überführungen von Wegen (8-12 Meter breit, Mata et al. 2003, Grilo et al. 2004, Blanco et al. 2005).

### **Nicht wildtierspezifische Querungsbauwerke als Todesfallen**

Obwohl die Überwachung eines Bauwerkes zeigt, dass es von Wildtieren angenommen wird, können die Effekte auf die Populationen dieser Arten negativ sein. So konnte Herrmann (1997) zeigen, dass Dachse zwar regelmäßig die dreispurige B31 unter einer Brücke querten. Da unter dieser Brücke jedoch auch gleichzeitig eine Kreisstraße verlief, wurden mehrere der querenden Dachse hier überfahren und der Effekt auf die lokale Population war letztendlich negativ. Auch eine von Wildkatzen als Querungsstelle benutzte Unterführung einer selten befahrenen Kreisstraße war in ihrem Effekt für die Population negativ, da hier zwei Tiere überfahren wurden (Herrmann & Klar 2007).

### **Grünbrücken**

Für Rothirsche sind Grünbrücken ab 50 m Breite geeignete Querungshilfen. Die niederländischen Grünbrücken Woest Hoeve und Terlet von ca. 50 m Breite wurden von 2,7 Rothirschen pro 24h gequert (Georgii 1994). Bis solche Bauwerke vom Rothirsch angenommen werden dauert es aber im Gegensatz zu anderen Arten oft mehrere Jahre (Beispiel A11, Dobiasz 2007 pers. comm.)

Seiler (2003) wies an einer gezäunten Autobahn nach, dass auch Elche Grünbrücken benutzen. Allerdings ist die Querungsrate mit 0,08 Tieren pro Tag niedrig. Der Grund ist wahrscheinlich die geringe Wilddichte in nordischen Habitaten. Herrmann et al. (1997) und Jenny

et al. (1997) wiesen nach, dass Grünbrücken von Dachsen genutzt werden. Grünbrücken sind die von Dachsen meistbenutzten Querungsbauwerke. Auch an der engsten Stelle nur 10,4 m breite Grünbrücken werden von Dachsen benutzt (1996).

Rehe nutzen einer Zusammenstellen von Völk & Wöss (2001) zufolge Brückenbauwerke immer, wenn diese über 30m groß waren.

Wildschweine nutzen Grünbrücken (Georgii et al. 2006). An der Autobahn M1 in Ungarn wurden auf Grünbrücken die an der schmalsten Stelle 20m breit waren Spuren gezählt. 60% stammten von Wildschweinen. Auch eine Grünbrücke bei Oderwald (BAB A395) wurde von Wildschweinen regelmäßig frequentiert (Appel 1996).

Eine insbesondere für Bären konstruierte Grünbrücke für Braunbären an der A2 in Kärnten wurde bereits ein Jahr nach der Fertigstellung benutzt. Auch eine 100m breite Grünbrücke in Kroatien wurde durch verschiedene Bären benutzt.

Haselmäuse besiedelten eine Grünbrücke sobald geeignete Gehölze auf dieser Grünbrücke herangewachsen waren. Der Gehölzbestand wurde als Teil des Lebensraumes angenommen (Müller-Stieß & Herrmann 1997).

Feldhasen nutzen Grünbrücken.

### **Kleintierunterführungen / Dachstunnel / Amphibientunnel**

Dachse nutzen Kleintierdurchlässe regelmäßig (Herrmann et al. 1997)

Jedrzejewski (mdl. Mitt. 2007) beobachtete an Forstwegen, dass Luchse diese entlanglaufen und wenn Wasserrohre unter dem Forstweg durchführen, jedes Wasserrohr geeigneter Größe inspizieren und auch hindurch kriechen.

Yanes et al. (1995) stellten fest, dass ein Durchlass um so seltener von Karnivoren (auch Wildkatzen) benutzt wird, je länger die Strecke ist, die Tiere darin zurücklegen müssen.

Ein Austausch einzelner Individuen des Feldhamsters unter Straßen hindurch kann durch Kleintierdurchlässe (Durchmesser 1 m) erfolgen, wobei auf Trockenheit der Laufsohle geachtet werden muss. Kurze Röhrenstücke mit engem Durchmesser und Ähnliches können Deckung gegenüber Prädatoren bieten. Ein Kies- oder Schotterstreifen entlang der Leiteinrichtung hindert Hamster am Untergraben (FGSV 2007)

### **Gewässerdurchlässe**

Für Biber sollten Gewässerdurchlässe mind. 1 m breit sein und mindestens im oberen Drittel wasserfrei sein. Es wurde nachgewiesen, dass Biber an dem Fluss Glatt und am Flughafen Zürich-Kloten jeweils durch 300 m lange Tunnel in denen das Gewässer verlief schwammen. Um eine ausreichende Durchlässigkeit für Otter zu gewährleisten.

Folgende Anforderungen sind an Querungsbauwerke für Fischotter zu stellen:

- Abmessung:  
Entlang von Gewässern müssen die Trockenbermen mind. 1 m hoch und 1 m breit sein, mit einer maximalen Querneigung von 25°.
- Rohrdurchlässe an Querungsstellen ohne Gewässer (Trockendurchlässe) sollen mind. 1,0 m Durchmesser aufweisen. Für Rahmendurchlässe gilt das Mindestmaß 0,7 m hoch und 1,0 m breit.

## **Verhalten gegenüber Querungsbauwerken**

Rothirsche sind scheu gegenüber Straßen (Tillmann & Reck 2003). Rothirsche nutzten bei Annäherung an zwei Unterführungen von 9 m Breite und 7 m Höhe unter einer nordamerikanischen Autobahn mit 50 m breitem Grünstreifen zwischen den Fahrbahnen nur in 20% der Fälle die sichere Quermöglichkeit. 38% querten zumindest eine Fahrbahn, 42% querten zwei Fahrbahnen. An einer anderen 9 m breiten und 10 m hohen gezäunten Unterführung querten nur 16% der sich annähernden Tiere (Gagnon 2005). Bei Elchen wies Seiler (2003) ein Meidungsverhalten und Scheu gegenüber engen Unterführungen und Talbrücken nach. Teils versuchten die Tiere in der Nähe der Bauwerke über den Zaun zu springen.

Blanco et al. (2005) berichten über individuell unterschiedliches Verhalten bei Wölfen. Während das jüngere Weibchen eine Brücke über eine Autobahn 200m vom nächsten Gebäude überquert geht das andere Tier bis zur nächsten 1,8 km entfernten ungestörten Passage.

## **Fähigkeit sichere Querungsstellen zu finden**

Seiler (mdl. Mitt.) geht davon aus, dass Elche 1-2 km entlang eines Zaunes zur nächsten geeigneten Passage laufen.

Herrmann et al. (1997) beobachteten, dass Dachse nach Errichtung eines Zaunes bis zu 430 m an dem Zaun auf und ab liefen. Wenn Zäune keinen wirksamen Untergrabungsschutz aufwiesen, wurden Dachse aber auch unmittelbar benachbart zu sicheren Quermöglichkeiten wie Grünbrücken oder Kleintierdurchlässe überfahren.

Ueckermann & Olbrich (1984) und Henneberg (pers. comm.) dokumentierten, dass Rothirsche über mehrere Kilometer entlang von Zäunen neu gebauter Autobahnen liefen.

Für Wildkatzen konnte gezeigt werden, dass sie auch in unmittelbarer Nähe von sicheren Querungsstellen überfahren wurden soweit kein wildkatzensicherer Zaun sie von der Querung abhielt (Hupe et al. 2004, Kautz 2005).

Wildkatzen nahmen Umwege von 0,7 bis 1,4 Kilometer in Kauf, um auf die andere Seite eines mit Wildkatzenschutzzaun ausgestatteten Autobahn. Sie benötigten für diese Umwege 30 bis 90 Minuten (Klar & Herrmann in Vorb.).

Ueckermann & Olbrich (1984) berichten, dass nach Errichtung eines Wildsperrzaunes an der A24 (Hamburg – Berlin) die Wildschweine immer wieder an den gleichen Stellen versuchten diesen anzuheben. Auf die 2-3 Kilometer entfernten nicht wildtierspezifischen Unter- und Überführungen wurde nicht ausgewichen. Wildschweine wanderten aber auch über 2 Kilometer entlang eines Zaunes an einer Autobahn in der Schweiz und verursachten dann einen Wildunfall auf einer Autobahnzufahrt (Righetti 1997).

Bei Braunbären wurde festgestellt, dass Tiere in der Nähe sicherer Quermöglichkeiten (3 Bären 100 m neben einem Viaduct) überfahren wurden. Wenn Weibchen sichere Wege finden tradieren sie diese auf ihre Jungtiere.

## **Wirkung von Leitstrukturen**

Rothirsche bevorzugen nach der Zusammenstellung von Völk et al. (2001) Querungsbauwerke, die eine gute landschaftliche Einbindung aufweisen.

Die Vegetationsstruktur von Waldgebieten spielte im Winter nur eine geringe Rolle hinsichtlich der Frage wo sich Elche einer Autobahn in Schweden näherten (Seiler & Hästdal unpubl.). Allerdings wirkte sich positiv auf die Nutzung von nicht wildtierspezifischen Passagen aus, wenn Wald nahe war und der Flächenanteil des Waldes hoch (Olsson 2007).

In den Niederlanden orientierten sich Dachse auf ihrem Weg durch die Agrarlandschaft an Waldrändern, Hecken, Holzwällen und Gräben (Broekhuizen et al. 1986). Auf Rügen konnte dieses Verhalten nicht festgestellt werden (Walliser & Roth 1997).

Yolanda & Blanco (2003) konnten zeigen, dass abwandernde Wölfe weniger bewaldete Gebiete mit mehr menschlichen Einflüssen nutzen als territoriale Wölfe. Sie führen diese Beobachtung ursächlich auf intraspezifische Konkurrenz zurück.

Beier (1995) beobachtete fünf mal wie Pumas sich entlang von Wasserläufen Straßen näherten, vor der Röhre die das Gewässer unter der Straße durchführten auf den Damm wechselten, die Straße querten und anschließend dem Gewässer folgten.

Rodriguez et al. (1997) berichten, dass Übergänge mit Deckung am Eingang von Wildkatzen bevorzugt werden.

2-3 Kilometer breite Gehölzstreifen werden von Bären als Leitlinie angenommen (Adamic mdl. Mitt.). Chruszcz et al. stellten fest dass die Querungsstellen an Straßen meist dort liegen wo Habitats hoher Qualität an die Straße angrenzen.

Als Leiteinrichtung für Otter wird ein Zaun empfohlen, der 160 cm hoch ist. Mit einer Maschenweite von 4 cm erfüllt den Zweck als Leiteinrichtung. Er muss 50 cm tief eingegraben werden.

## **Mindestanforderungen an Korridore**

Rothirsche können 1-2 km (max. 10 km) breite offene Flächen überwinden, wenn Deckung durch landwirtschaftliche Kulturen gegeben ist (Meißner pers. comm. 2003). Als Trittsteine genügen Waldflächen von 0,5 ha Größe. Wildkatzen nutzen Korridore in der Agrarlandschaft auch über mehrere Kilometer hinweg, soweit geeignete Trittsteine in Form von Gehölzen von minimal 0,5 besser >1ha Größe vorhanden sind. Die Abstände dieser Trittsteinbiotope, die signifikant bevorzugt aufgesucht werden, sollte bei maximal 500 m bis 1.000 m liegen (Herrmann et al. 2007). Bei Wölfen genügten Waldfragmente von 2 ha in einer Region von mehreren Bergdörfern als Rückzugsorte während des Tages (Promberger-Fürpass & Sürth 2002). Abwandernde Braunbären bevorzugen Wald und andere deckungsreiche Gebiete (Knauer 2000). Für Braunbären gelten Wälder mit Durchmesser von 0,1 bis 1 Kilometer als kleinste Trittsteinbiotope (Zajec et al. 2005).

## **Zusammenfassende Diskussion**

Die Literaturlauswertungen zeigen, dass übergeordnete Strassen erhebliche Hemmnisse sind, wenn Tiere auf die andere Seite gelangen wollen. Die Barrierewirkung reicht von einer völligen Trennung bis zu Reduktion der Querungshäufigkeit auf etwa ein Drittel. Die Durch-

lässigkeit der Barriere ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. In Bezug auf die Gestaltung der Straße sind folgende Faktoren von großer Bedeutung:

- Zahl der Fahrzeuge
- Breite der Straße
- Zäunung der Straße
- Zahl und Ausgestaltung der Querungsbauwerke
- Leitplanken
- Gestaltung der Verkehrsseitenflächen
- Gefahrene Geschwindigkeiten

Um die Barrierewirkung von Verkehrswegen auf den Eingriff bezogen darzustellen, bedarf es einfacher Parameter. Aus den Informationen zum Vorkommen der Arten sowie Art und Frequenzierung sollte eine grobe Prognose der zu erwartenden Barrierewirkung möglich sein.

Die Zahl der Fahrzeuge pro 24 Stunden ist ein Maß, das für fast alle Straßen in Deutschland zur Verfügung steht. Gleichzeitig stehen viele weitere andere Parameter, wie z. B. Straßenbreite, gefahrene Geschwindigkeiten, Lärmemissionen, stoffliche Emissionen, Zäunung, Lärmschutzwände, Kurvenradien, etc. in einem Zusammenhang mit der Zahl der Kraftfahrzeuge pro 24h. Insofern ist die Zahl der KFZ/24h ein geeignetes Maß, wenn es um eine großflächige Beurteilung der Barrierewirkung geht.

Die Mortalität von Wildtieren lässt sich durch den Bau eines Zaunes absenken. Diesem positiven Effekt steht der negative Effekt einer Verstärkung der Barrierewirkung der Straße gegenüber. Zudem lässt sich ein Zaun niemals vollständig wilddicht gestalten. Zumindest die Zufahrten zu den gezäunten Straßen müssen offen bleiben, darüber hinaus weisen die meisten Zäune nach wenigen Jahren viele Untergrabungen und Löcher auf. Unter welchen Rahmenbedingungen die Errichtung eines Zaunes auch aus populationsökologischer Sicht sinnvoll ist und unter welchen Bedingungen die negativen Effekte (Barrierewirkung) überwiegen ist für kaum eine Tierart zu entscheiden. Klar et al. (2007) zeigten anhand einer Modellierung, dass für eine Luchspopulation eine Zäunung einer viel befahrenen Bundesstraße nur dann einen positiven Effekt bringt, wenn gleichzeitig Wildquerungsbauwerke wie Grünbrücken errichtet werden. Dieser Effekt ergab sich dadurch, dass ansonsten die negativen Effekte durch Isolation der Lebensräume stärker wiegen als die positiven durch die verminderte Verkehrsmortalität. Außerdem muss der Zaun in einer „luchsdichten“ Bauart errichtet werden. Obwohl die Datenlage für solche Entscheidungen mehr als dünn ist, empfehlen wir auf der Basis des derzeitigen Wissens aus populationsökologischer Sicht eine Zäunung nur wenn ausreichend geeignete Querungsbauwerke zur Verfügung stehen und die Verkehrsbelastung oberhalb von 25.000 KFZ liegt.

Normative Grenzwerte sind geeignet Wirkfaktoren unterhalb einer Belastungsschwelle zu halten, die kritisch für die betroffenen Organismen ist.

Hinsichtlich der Barrierewirkung sind unterschiedliche biologische Schwellen zu beachten

- Das Individuum hat keine Möglichkeit im Bereich seines üblichen Aktionsraumes den Verkehrsweg gefahrlos zu queren.
- Saisonale Wanderungen zwischen Teillebensräumen sind nicht mehr möglich.

- Die durch Verkehr bedingte Mortalität ist so hoch, dass sie von der lokalen Population nicht kompensiert werden kann.
- Der Individuenaustausch zwischen Teilpopulationen bzw. Lebensräumen ist so gering, dass die Querungsrate nicht ausreichen würde um eine Population auf der anderen Seite der Barriere aufzubauen.
- Isolierte Restpopulationen sind so klein, dass sie einem erhöhten Aussterbe-Risiko unterliegen.

Auf der Basis der dargestellten Analysen wird vorgeschlagen, bei Verkehrsaufkommen über 10.000 KFZ/24h die Barrierewirkung auf mittelgroße und große Säugetierpopulationen detailliert darzustellen und Maßnahmen zur Bewältigung der Konflikte vorzusehen. Bei Verkehrsaufkommen über 4.000 KFZ/24h ist es erforderlich die Trennwirkung auf Populationen kleiner bis mittelgroßer Säugetiere darzustellen und Minderungsmaßnahmen vorzusehen. Die Verkehrsmortalität muss bei allen Verkehrswegen bezogen auf die individuelle Ebene thematisiert werden. Eine populationsbezogene Betrachtung der Wirkung der Verkehrsmortalität ist bei Verkehrszahlen über 4.000 KFZ/24h erforderlich.

Für die an Wald gebundenen Arten (z. B. Baumarder, Wildkatze, Luchs) ist die ausgeräumte Agrarlandschaft ein ungeeigneter Lebensraum mit starker Barrierewirkung. Um Populationen miteinander vernetzen zu können ist es erforderlich, Trittsteine in der Agrarlandschaft zur Verfügung zu stellen. Ergebnisse zu verschiedenen, an Wald gebundenen mittelgroßen und großen Säugetierarten legen nahe, dass für diese Waldstücke von mindestens 0,5 bis 1 Hektar Größe in Abständen von 500 bis 1.000 m ausreichen um einen Habitatverbund zu gewährleisten.

Der Faktor Mortalität hat nach unserer Ansicht bisher im Rahmen der Diskussion über die Wirkung von Straßen einen zu geringen Stellenwert eingenommen. Dieser Faktor kann bedingen, dass „sink“ Habitate für Populationen entstehen und dass Populationen vollständig voneinander isoliert werden.

Informationen zur Verkehrsmortalität sind für die meisten Arten mehr oder weniger detailliert verfügbar. Die Betroffenheit der Populationen ist unterschiedlich hoch, wobei Arten mit geringen Individuendichten und geringen Reproduktionsraten generell stärker betroffen sind. Bei Tierarten mit hohen Dichten und kleinen Aktionsräumen ist generell nur ein kleiner Teil der Population durch Verkehrswege gefährdet - Verluste können kompensiert werden. Tiere mit sehr großen Streifgebieten sind in stark zerschnittenen Landschaften gezwungen täglich mehrfach Verkehrswege zu queren und entsprechend gefährdet. Als Richtwert kann dienen, dass je größer ein Tier ist, desto geringer ist seine Dichte. Fleischfresser haben in der Regel mindestens zehn mal größere Streifgebiete als gleichgroße Pflanzenfresser. Die Netzdichte ist dementsprechend zusätzlich zu der Verkehrsbelastung ein wichtiger Wert, der die Gefährdung von Populationen durch Mortalität charakterisiert. Generell vermeiden alle hier untersuchten Arten aktiv Kollisionen mit Fahrzeugen, indem sie Querungen vermeiden, wenn sich Fahrzeuge nähern. Trotzdem werden immer wieder Tiere überfahren, die in einer Situation nicht adäquat auf die Gefährdungssituation durch den Verkehr reagiert haben. Bei einigen Arten (Rothirsch, Wolf) sind die Wildunfallzahlen deutlich geringer als zu erwarten, da sie eine große Scheu und Vorsicht an Verkehrswegen haben. Die jährliche durch Verkehr bedingte Mortalität liegt bei diesen Arten (u. a. Rothirsch, Wildschwein, Elch) im Schnitt in einer Größenordnung von 5 - 20% der Gesamtmortalität, bzw. deutlich unter 10% der Gesamtpopulation. Dies kann von vitalen Populationen kompensiert werden. Dagegen zeigt die

Auswertung, dass bei einigen mittelgroßen karnivoren Arten (Dachs, Fischotter, Wildkatze, Baumratter) die Verkehrsmortalität örtlich mit über 20% der Population und über 50% der Gesamtmortalität so hoch sein kann, dass dies von der Population nicht mehr kompensiert werden kann.

Es wird vorgeschlagen die Gefährdung durch Mortalität über die Größe der unzerschnittenen Habitate und die Verkehrsbelastung zu definieren. Dabei sind natürlich nur die für die jeweilige Art geeigneten Habitate zu berücksichtigen. In den unzerschnittenen verkehrarmen Räumen Deutschlands über 100 km<sup>2</sup> kann die Verkehrsmortalität nur für sehr großräumig agierende Arten (Wolf, Luchs, Elch, Bär) für die Population kritische Werte erreichen. Außerhalb der UZVR ist die Verkehrsgefährdung von mittelgroßen Raubtieren (Wildkatze, Fischotter, Dachs, Baumratter), sowie großer Pflanzenfresser (Rothirsch, Biber, Feldhase) zu berücksichtigen. In Agglomerationen mit Bevölkerungsdichten über 500 EW/km<sup>2</sup> können aber auch Arten wie Feldhase, Reh oder Wildschwein in kritischem Ausmaß von der Verkehrsmortalität betroffen sein.

Zäune wirken nur auf wenige Arten als vollständige Barriere. Hirsche oder Luchse können sie überspringen oder überklettern, kleinere Arten wie Dachs, Wildkatze oder Fuchs, nutzen Löcher im oder unter dem Zaun. Sie mindern jedoch für fast alle Arten die Häufigkeit, mit der der Straßenraum aufgesucht wird.

Zu den aus der genetischen Isolation resultierenden Gefährdung von Populationen oder ihren Teilen konnte kaum belastbares Datenmaterial gefunden werden. Zwar zeigen sich relativ schnell (innerhalb weniger Generationen) genetisch nachweisbare Unterschiede zwischen Populationen (Herzog 1995), jedoch kann die daraus resultierende Gefährdung der Populationen nicht abgeschätzt werden.

In welchem Ausmaß Populationen durch eine Behinderung der Dispersion von Tieren beeinträchtigt werden, kann auf der Basis der vorliegenden Forschungsergebnisse nicht abgeschätzt werden. Das Wissen über die populationsökologische Bedeutung der Dispersion bei einheimischen Säugetierarten ist minimal. Es ist sehr schwierig zu ermitteln wie sich abwandernde Tiere im unbekanntem Raum gegenüber Barrieren oder Querungsbauwerken verhalten. Aus diesem Grund muss die Einschätzung der Bedeutung dieses Aspektes weitgehend normativ erfolgen.

## **Vordringlicher Forschungsbedarf**

Die größten Wissensdefizite zur Beantwortung der gestellten Fragen in Bezug auf die hier untersuchten Arten bestehen hinsichtlich der Wirkung von Straßen und Bahnlinien als Querungshindernis. Während die Datenlage hinsichtlich der Mortalität sowie hinsichtlich der Durchlässigkeit verschiedenster Querungsbauwerke meist hinlänglich ist, sind quantifizierte Aussagen zu Zahl der Tiere die Verkehrswege unter den verschiedenen Rahmenbedingungen überwinden nur äußerst lückenhaft vorhanden. Insbesondere fehlen fast zu allen Arten Angaben unter welchen Rahmenbedingungen Verkehrswege als absolute unüberwindliche Barrieren wirken.

Was fehlt sind Angaben, wie viele Tiere in einem gegebenen Landschaftsraum bzw. einer lokalen Population eine Barriere überwinden müssen um die genetische Vielfalt sicherzustellen.

Hinsichtlich der Frage wo Zäune gebaut werden sollen und wie Zäune aussehen sollen stand bisher die Frage nach der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer ausschließlich im Fokus der

Betrachtungen. Es besteht dringender Forschungsbedarf hinsichtlich der Frage welche Zauntypen in den jeweiligen Situationen wirklich geeignet sind und wann Wildschutzzäune auch aus populationsökologischer Sicht Sinn machen.

## Checkliste Barrierewirkung

- Wurde die derzeitige Durchlässigkeit der Landschaft mit Hilfe geeigneter Methoden ermittelt?
- Wurden die Vorkommen von zerschneidungsempfindlichen Arten erfasst?
- Wurden auf die Population bezogene Analysen zur Gefährdung der potenziell stark betroffenen Arten vorgelegt?
- Wurde der Untersuchungsraum groß genug gewählt, um die lokale Population der betroffenen Arten und die relevanten Wechselbeziehungen die durch den Planungsraum führen zu berücksichtigen?
- Wurde ermittelt, ob im Raum Wanderkorridore von Arten oder großräumige Lebensraumbeziehungen verlaufen?
- Wurde in der Analyse unterschieden zwischen der Bedeutung
  - der Zerschneidung der Lebensräume ortsansässiger Tiere
  - der Zerschneidung von saisonalen Wanderwegen
  - der Zerschneidung von Dispersionsrouten?
- Wurden Daten zur Mortalität im betreffenden Raum zusammengetragen und die Bedeutung der Verkehrsmortalität abgeschätzt?
- Wurde die zu erwartende Verkehrsbelastung und die zu erwartende zeitliche Verteilung der Verkehrslasten berücksichtigt?
- Wurden bei der Prognose der Barrierewirkung straßenbauliche Elemente berücksichtigt?
  - Zäune
  - Leitplanken
  - Gleitschutzwände
- Wurde darauf geachtet, dass für die jeweiligen Arten ungestörte Zuwanderungskorridore bestehen?
- Wurden die Verkehrsnebenflächen für gefährdete Arten unattraktiv gestaltet?
- Wurden die Verkehrsnebenflächen so gestaltet, dass Tiere und Verkehrsteilnehmer rechtzeitig aufeinander reagieren können?
- Wurden ausreichend Wildquerungsbauwerke geplant um die gewünschten Verknüpfung der Populationen und Lebensräume zukünftig sicherstellen zu können?

# Checkliste Wildquerungsbauwerke

- Wurde der Bauwerktyp (Grünbrücke, Talbrücke) gewählt, der hinsichtlich der erwünschten Vernetzung die höchste Effizienz verspricht?
- Wurde die Position so gewählt, dass die Arten für die das Querungsbauwerk nutzen sollen dies auch voraussichtlich annehmen?
- Wurde bei der Positionierung die Geländemorphologie ausreichend berücksichtigt und Einschnittslagen für Grünbrücken sowie Dammlagen für Talbrücken und Wildunterführungen bevorzugt?
- Ist die landschaftliche Einbindung ausreichend, um die gewünschte Funktion zu gewährleisten?
- Wurde das Bauwerk ausreichend groß dimensioniert, dass alle Arten und Artengruppen die Querungshilfen benötigen diese auch nutzen können.
- Wurde das Bauwerk so rechtzeitig errichtet, dass es seine Funktion bei Eröffnung der Straße voll erfüllen kann?
- Wurden Maßnahmen ergriffen, dass vorhandene traditionelle Wechsel von Wildtieren während der Bauzeit nicht nachhaltig beeinträchtigt wurden?
- Wurde die Bepflanzung so gestaltet, dass für Arten aller im Umfeld vorhandenen Lebensraumtypen eine ausreichende Durchgängigkeit der Landschaft auf den Grünbrücken gegeben ist?
- Wird der Zaun an die Widerlager der Überführung so angeschlossen, dass die Tiere direkt auf/unter das Querungsbauwerk geleitet werden?
- Wurden auf Zäune – auch temporäre Pflanzschutzzäune - in den Zuwanderungskorridoren verzichtet um eine ungestörtes Heranwechseln zu erlauben?
- Wurde die Bodenaufgabe so gewählt, dass sie eine ausreichende Tragfähigkeit für Gehölze aufweist.
- Wird die Oberfläche uneben gestaltet, so dass kleinräumig Mikrohabitate entstehen können?
- Wurde bei Brückenbauwerken darauf geachtet, dass unter diesen eine ausreichende Wasserversorgung für die Vegetation gegeben ist?
- Wurde auf einen ausreichenden Schallschutz an den Flanken der Grünbrücke bzw. auf Hall reduzierende Maßnahmen geachtet?
- Wurden die Fahrbahnübergänge bei Wildunterführungen so gestaltet, dass sie den Schall beim Überfahren der Übergänge mindern?
- Wurden ausreichende Blendschutzeinrichtungen vorgesehen, so dass kein direktes Scheinwerferlicht das Querungsbauwerk und die Anwanderungskorridore treffen kann?
- Wurden Maßnahmen getroffen die geeignet sind Fehlnutzungen von Wildquerungsbauwerken (z. B. Wegenutzung auf Grünbrücken, Fahrzeugabstell- und Lagerplätze unter Talbrücken) zu unterbinden?

- Wurden Vereinbarungen oder Festlegungen getroffen die Verhindern, dass jagdliche Einrichtungen oder Jagdausübung im unmittelbaren Umfeld des Querungsbauwerkes die gewünschte Funktion einschränken?
- Wurden eventuell vorhandene Gewässer unter dem Bauwerk in einen natürlichen Verlauf geführt oder erfolgten Befestigungsmaßnahmen?
- Wurden ein Pflegekonzept erstellt, nach dem eventuell erforderliche Pflegemaßnahmen erfolgen können, ohne die Funktionalität des Bauwerkes einzuschränken?
- Ist eine wildökologische Baubegleitung vorgesehen um offene Fragen während der Bauausführung klären zu können?
- Ist eine Wirksamkeitsuntersuchung einschließlich eines Risikomanagements vorgesehen?

## Checkliste Wildschutzzaun

- Ist das Ziel der Errichtung des Zaunes hinsichtlich beider Aspekte (Verkehrsschutz, Schutz der Wildtiere) klar beschrieben?
- Ist der Zaun ausreichend dimensioniert?
- Wurde das Material des Zaunes so gewählt, dass geeignet ist alle zu schützenden Arten vom Verkehrsweg abzuhalten?
- Weist der Zaun einen funktionstüchtigen Untergrabungsschutz (z. B. Kunststoffplatten oder Amphibienelemente) auf?
- Hat der Zaun bei vorkommen kletternder Arten einen ausreichenden Überklettererschutz?
- Ist die Barrierewirkung des Zauns durch Anlage von Querungsbauwerken kompensiert?
- Ist der Zaun bei nicht wildtierspezifischen Bauwerken am Widerlager unten angeschlossen, damit das Wild am Widerlager umkehrt ohne den Durchschlupf auf der Brückenhöhe zu finden?
- Ist der Zaun an seiner Basis lückenlos geschlossen, so dass am Zaun entlang wandernde Tiere nicht auf Durchschlüpfe treffen?
- Steht der Zaun so nahe wie möglich an der Straßen, so dass keine attraktiven Straßenbegleitflächen innerhalb des Zaunes liegen?
- Ist der Zaun so positioniert, dass er auch nach Fertigstellung regelmäßig gewartet werden kann?
- Ist die Bauart des Zaunes so, dass Reparaturen alle ursprünglichen Funktionen wieder herstellen können?

# Checkliste Kleintierdurchlässe

- Sind die Durchlässe für die Zielarten ausreichend dimensioniert?
  - Wenn keine spezifischen Zielarten, wurde die größtmögliche Variante (max. 1,99 m<sup>3</sup>) gewählt, die der Damm hergibt?
  - Wurde der Wildschutzzaun an den Kleintierdurchlass angebunden, um eine höchstmögliche Kohärenz für viele Arten herzustellen?
  - Sind der Bodenbelag und die mikroklimatischen Verhältnisse im Kleintierdurchlass für die Zielarten geeignet?
  - Wurde eine Berme im Kleintierdurchlass eingebaut für den Fall, dass sich Wasser darin sammelt?
  - Führen Leitstrukturen, die geeignet sind die Arten zu den Durchlässen zu lenken, auf diese zu?
1. War die Art der Maßnahme geeignet?
  2. War der Umfang angemessen?
  3. Ist der Erfolg überprüfbar? – Kriterien?
  4. Schützt die Maßnahme die lokale Population?
  5. Wurden populationsökologische Kriterien (Reproduktionserfolg) herangezogen?
  6. Konnte ggf. der Erhaltungszustand der Population verbessert werden?
  7. War der Zeitpunkt der Maßnahme richtig gewählt? – vorgezogene Maßnahmen (CEF)
  8. War die Art der Durchführung der Maßnahme zielführend – muß nachgebessert werden?
  9. Welche Restbeeinträchtigungen bleiben, sind sie erheblich?
  10. Ist die fortdauernde ökologische Funktion der Schutzmaßnahme gewährleistet?

## Danksagung

Für das entgegengebrachte Vertrauen und die Möglichkeit die äußerst spannenden Arbeiten durchführen zu können, möchten wir uns beim Deutschen Jagdschutz-Verband, im Projekt vertreten durch Dr. Armin Winter, und beim Bundesamt für Naturschutz, im Projekt vertreten durch Marita Böttcher, bedanken. Gleichzeitig wurden wir von dieser Seite auch immer wieder mit wichtigen Informationen und Quellen versorgt, so dass eine umfängliche Bearbeitung möglich war. PD Dr. Heiner Reck setzte wichtige Schwerpunkte und steuerte die Bearbei-

---

<sup>3</sup> Ab 2,00 m zählt ein Bauwerk als Brückenbauwerk und unterliegt damit wesentlich höherem Kontroll- und Unterhaltungsaufwand.

tung zielorientiert. Zahlreiche Fachkollegen beantworteten die ihnen zugesandten Fragebögen gewissenhaft und standen für persönliche Gespräche zur Verfügung, in denen Fragen erörtert wurden, die auf der Basis des publizierten Datenmaterials nicht lösbar erschienen.

# **Literatur**

Die Literaturangaben finden sich für die jeweiligen Arten am Ende der Arttabellen.

# **Anhang**

Siehe folgende Seiten.

Abb.1:

### Hypothesen zur Barrierestärke

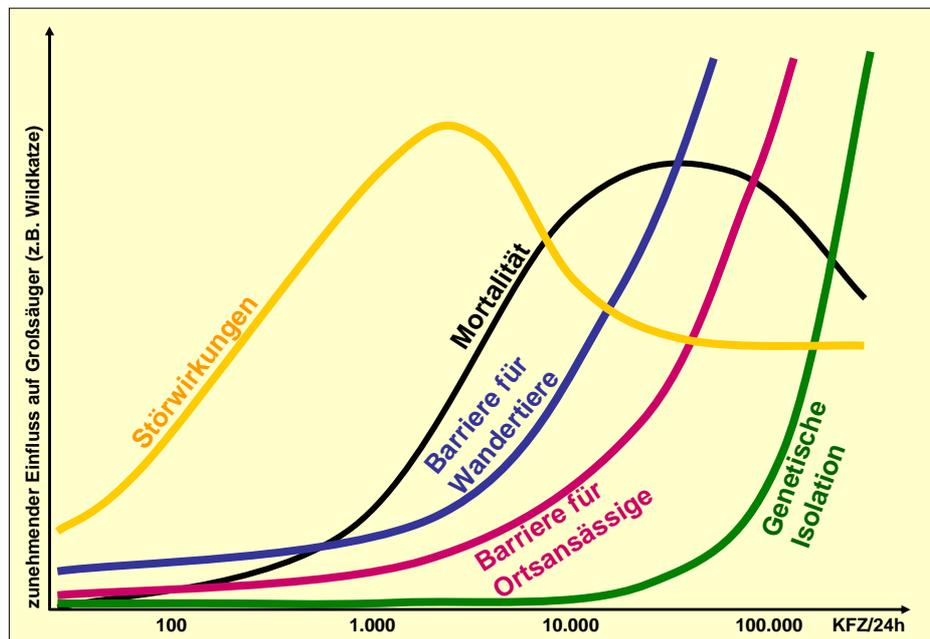
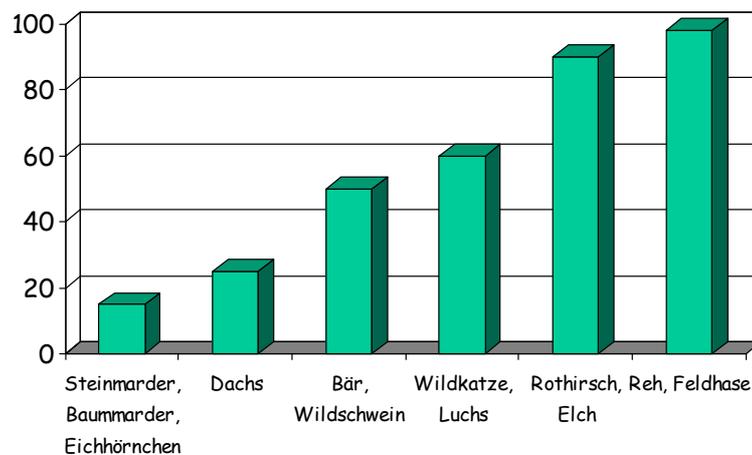


Abb. 2:



## Barrierewirkung des Zaunes



Tab. 1: Stand der Informationssammlung zur Wirkfaktoren hinsichtlich der Isolationswirkung verschiedener Barrieren								
Art	Querungsstellen	Mortalität	Beschreibung Barrierewirkung	Lenkbarkeit Leitstrukturen	Mobilität im vertrauten Raum	Abwanderung	Raumbedarf	Populations- entwicklung
Biber	Gering	Fehlt	Fehlt	gering	Fehlt	Mittel	Mittel	Fehlt
Bilche	Gering	Fehlt	Gering	fehlt	Fehlt	Fehlt	Gering	Fehlt
Braunbär	Mittel	Gering	Mittel	gering	Mittel	Mittel	Viel	Fehlt
Dachs	Mittel	Mittel	Gering	fehlt	Fehlt	Fehlt	Gering	Fehlt
Elch	Fehlt	Gering	Fehlt	fehlt	Fehlt	Gering	fehlt	Gering
Feldhase	Gering	Gering	Gering	fehlt	Fehlt	Gering	gering	Fehlt
Luchs	Mittel	Gering	Mittel	gering	Viel	Viel	mittel	Fehlt
Otter	Viel	Viel	Gering	gering	Gering	Gering	mittel	Fehlt
Reh	Gering	Gering	Gering	fehlt	Gering	Mittel	gering	Fehlt
Reptilien	Gering	Fehlt	Fehlt	fehlt	Gering	Gering	gering	Fehlt
Rothirsch	Mittel	gering	Mittel	mittel	Viel	Gering	mittel	Fehlt
Wildschwein	Mittel	fehlt	Gering	gering	Fehlt	Fehlt	gering	Fehlt
Wildkatze	Mittel	viel	Mittel	Viel	Viel	Fehlt	Mittel	Gering
Wolf	Mittel	mittel	Gering	gering	Mittel	Viel	Viel	Gering

Legende

Information	Fehlt	gering	Mäßig	mittel	Viel
-------------	-------	--------	-------	--------	------

Tabelle 2: Daten zur Einstufung wichtiger Verhaltensparameter hinsichtlich der Barrierewirkung (stark verkürzte Auswahl)

Art	Aktionsraum	Typus der Wanderung	Wanderentfernung	Raumorganisation der Population	Raumanspruch für 50 Tiere	Bedeutung der Mortalität an Verkehrswegen	Barrieren	Wirkung von Zäunen	Genutzte Querungsbauwerke
Wolf	100 – 500 km <sup>2</sup>	Juv. Dispersal	500 km (bis 7000 km)	Territoriale Rudel	3000 km <sup>2</sup>	Wichtiger Mortalitätsfaktor (4%-27%)	Große Scheu vor unbekanntem und unnatürlichen Objekten, aber auch Querungen der Autobahn, soweit nicht gezäunt. Kritischer Wert 0,6 km Straßen/km <sup>2</sup>	Zäune ab 150 cm unüberwindbar	Grünbrücken Talbrücken Unter- und Überführungen
Luchs	50 – 150 (500) km <sup>2</sup>	Abwanderung von Subadulten	100 km (max. 300 km)	Territorial und einzelgängerisch	3000 km <sup>2</sup>	Hauptmortalitätsfaktor (10-50%)	Siedlungen, Autobahnen	Zäune können überklettert werden	Grünbrücken, Wegeunterführungen
Wildkatze	3 - 30 km <sup>2</sup>	Verschiebung der Aktionsräume, Exkursionen der Kuder zu Paarungszeit	Bis 5 (35) km	Überlagernde Streifgebiete	150 km <sup>2</sup>	Hauptmortalitätsfaktor an Autobahn bis 40% der Population	Stark befahrene Straßen, Siedlungsachsen, ausgeräumte Agrarlandschaft	Zäune können überklettert werden	Grünbrücken, Wegeunterführungen, selten Wegebrücken
Dachs	1 - 4 km <sup>2</sup>	Abwanderung von Subadulten  Clanwechsel von Adulten	1-3 (max. 8) km	Territoriale Familieneclans	50 km <sup>2</sup>	Hauptmortalitätsfaktor evtl. Dichtebegrenzend 4%-20% der Population	Verkehrswege	Zäune ohne Untergrabungsschutz wirkungslos	Grünbrücken, Wegeunterführungen, Kleintierdurchlässe

Art	Aktionsraum	Typus der Wanderung	Wanderentfernung	Raumorganisation der Population	Raumanspruch für 50 Tiere	Bedeutung der Mortalität an Verkehrswegen	Barrieren	Wirkung von Zäunen	Genutzte Querungsbauwerke
Baum-marder	5 - 15 km <sup>2</sup>	Abwanderung von Subadulten	50 km	Territorial und einzelgängerisch	100 km <sup>2</sup>	Hauptmortalitätsfaktor	Offenland, Siedlungen, Verkehrswege	Zäune wirkungslos	Grünbrücken, Wegeunterführungen, Kleintierdurchlässe
Rot-hirsch	0,5 – 50 km <sup>2</sup>	Saisonale Wechsel der Einstände Abwanderung von Subadulten	Bis 50 (max. 200) km Bevorzugt parallel Bergrücken	Saisonal standort-treue Weibchenrudel, Männchen außerhalb der Brunftsaison fern der Weibchen	2-15 km <sup>2</sup>	8% bis 37% der Mortalität, wichtiger Mortalitätsfaktor	Siedlungen, Autobahnen, Schnellbahnlinsen, Bundesstraßen nur bedingt	Zäune ab 200 cm nur unter Stress überwindbar	Grünbrücken ab (30) 50m , große Talbrücken (Durchlässe nur in Ausnahmefällen, < 10% der Bauwerke)
Braunbär	100 – 1000 (7000) km <sup>2</sup>	Subadulte Bären Jugendwanderung	Bis 200 km	Territorial	5000 km <sup>2</sup>	Wichtiger Mortalitätsfaktor. Häufig durch Zugverkehr. 10% - 31% in Gebieten mit wenig Straßen	Siedlungsgürtel Meidung stark befahrener Straßen	Können Bären nicht wirklich aufhalten	Unterführungen, Talbrücken, Grünbrücken
Biber	0,5 – 4 (8) km Gewässerslänge	Abwanderung der Subadulten (11-26 Monate)	5- 50 km max. 180 km 3-4 km über wasserr-scheide	Territorial	25 - 100 km Gewässersufer	Hauptmortalitätsfaktor: 16% - 37% der Population	Gewässerdurchlässe ohne „Kopffreiheit“, Große Staudämme insbesondere in Kombination mit Verkehrswegen, alle Landflächen mit zunehmender Entfernung vom Wasser	Ab 90 cm Höhe und 30 cm in der Erde unüberwindbar	Überall wo Wasser ungehindert durchfließen kann

Art	Aktionsraum	Typus der Wanderung	Wanderentfernung	Raumorganisation der Population	Raumanspruch für 50 Tiere	Bedeutung der Mortalität an Verkehrswegen	Barrieren	Wirkung von Zäunen	Genutzte Querungsbauwerke
Reh	0,2 – 2 (10) km <sup>2</sup>	Abwanderung der Subadulten und jungen Adulten	2-10 km selten bis 200 km	Standorttreu	5 km <sup>2</sup>	5% - 20% (50%) der Gesamtmortalität wichtiger Mortalitätsfaktor	Stark befahrene Straßen	Ab ca. 160 cm unüberwindbar	Überführungen, Grünbrücken, Unterführungen, je größere Dimensionen desto effizienter
Elch	2 - 90 km <sup>2</sup>	Saisonale Wanderungen Wanderung junger Adulten	10-100 km (320 km)	Saisonal standorttreu	Bis 500 km <sup>2</sup>	11% der Mortalität	Stark befahrene und gezäunte Strassen	Auch 200 cm Zäune überwindbar (80% Wirksamkeit)	Selten Talbrücken 4m hoch
Wildschwein	3 – 10 km <sup>2</sup> (max. 50)	Abwanderung der Subadulten	5-20 max. 250 km	Standorttreue Familiengruppen	5-10 km <sup>2</sup>	Wichtiger Mortalitätsfaktor	Autobahnen	Barriere, wenn im Boden fest verankert und starkes Material	Sehr selten an Unterführungen oder Überführungen Grünbrücken regelmäßig
Otter	5-50 km <sup>2</sup>	Jugendwanderung	2-40km (max. 200)	Territoriale Mutterfamilien		Hauptmortalitätsfaktor 68% Schwellenwert 4000 KFZ/24h	Querungen von Verkehrswegen ohne adäquate Örtgestaltung	Ab 150 cm Barriere	Gewässerunterführungen mit ausreichendem Querschnitt und Bermen, Über- und Unterführungen abseits von Gewässern

## **Tabelle 3: Erhebungsmatrix zur Beschreibung des Bewegungsverhaltens von Säugetieren und zu Daten zur Ermittlung des Barrierewertes von Straßen, Bahnlinien, Gewässern und Siedlungsachsen**

### **Zielsetzung**

Ziel der Erhebung ist es Daten aus Literatur und anderen Quellen (z. B. auch Einzelbeobachtungen verlässlicher Personen) zusammenzutragen oder eine Experteneinschätzung hinsichtlich einzelner Fragen zu treffen, um die Wirkung von Barrieren auf Säugetiere besser beurteilen zu können. Die Ergebnisse sollen einfließen in das Projekt: *„Bewältigung räumlich-funktionaler Beeinträchtigungen durch Ableitung von dauerhaften effizienten Maßnahmen zur Vermeidung und Kompensation“*. Dieses wird vom Ökologie-Zentrum der Universität Kiel (= ÖZK) und ÖKO-LOG Freilandforschung durchgeführt. Ziele sind eine angemessene Wirkungsprognose von Barrieren und Hinweise welche Maßnahmen zur Sicherung der Wanderbewegungen der Wildtiere erforderlich sind. Außerdem soll die Arbeit dazu dienen bestehende Konflikte zu verorten. Die Ergebnisse werden in Form von Handreichungen den Verbänden und weiteren interessierten Gruppen zur Verfügung gestellt .

### **Vorgehen**

Die nachfolgende Tabelle listet zu den verschiedenen Themengebieten Aspekte auf, die im Hinblick auf ein Verständnis des Zusammenhangs bedeutsam erscheinen. Prioritär sind die Themengebiete: „Querungsstellen, Mortalität, Barrieren, Mobilität und Wanderungen“. Daten zur „Habitatwahl, Leitstrukturen, Raumbedarf und Populationsentwicklung“ sollten nur ergänzend gesammelt werden. Die in der Tabelle genannten Aspekte dienen als Anhaltspunkte. Aus jeder Quelle werden sich nur wenige der genannten Aspekte beantworten lassen. Es wird sich auch zeigen, dass die Liste nicht vollständig ist. Einzelne Felder können ergänzt werden. Widersprüchliche und nicht konsistente Angaben sollten nicht herausgefiltert, sondern dargestellt werden. Auch wenn mehrere Quellen unabhängig voneinander zum gleichen Schluss kommen bitte alle Quellen anführen. Es sollten vorzugsweise nachvollziehbare Messdaten und Parameter zusammengetragen werden, nicht allgemeine Bewertungen. Zum Beispiel wäre die unbelegte Aussage „diese Art ist durch den Bau von Autobahnen besonders gefährdet“ nicht erwähnenswert. Wenn sich keine zitierfähigen Daten finden, sind Experteneinschätzungen erwünscht. Auch Hinweise auf weitere Experten, die eventuell auskunftsfähig sind, helfen. Bei jeder Angabe ist unbedingt die Quelle zu vermerken. Dies erfolgt in der üblichen Zitierform (z. B. RECK et al. 2004a). Diese Quelle muss sich dann auch in der anschließenden Liste der ausgewerteten Quellen wiederfinden. Für jede Art ist eine eigene Tabelle anzulegen. Wenn es übersichtlicher erscheint, kann auch für jede Quelle die Tabelle separat ausgefüllt und auf Datenträger gespeichert werden. Bitte in deutscher oder englischer Sprache ausfüllen.

### **Legende**

**Methodik der Datenermittlung:** z. B. Telemetrie, Fang-Wiederfang, Direktbeobachtung, Spuren im Schnee/Sand, Lichtschranken, Videoüberwachung, Genetischer Fingerprint, Totfund, Abschuss

**Qualität der Daten:** **Gut abgesicherte Daten** (Statistisch gut abgesicherte Ergebnisse, übereinstimmende Angaben aus verschiedenen unabhängigen Quellen), **Belegte Daten** (Klar dokumentierte Originaldaten, Nachvollziehbare und geprüfte Zitate), **Unbestätigte Daten** (Daten plausibel, aber nicht nachvollziehbar, Zitate ohne Prüfung), **Fragliche Daten** (Daten bei denen Zweifel aufkommen können und bei denen Bericht und Methodik nicht geeignet sind diese auszuräumen)

Tierart:

Bearbeiter:

Datum:

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Themengebiet Querungsstellen</b>					
<b>Parameter von Stellen bei denen Querungen ohne Querungshilfen nachgewiesen wurden</b> (Fahrzeugzahlen, Tageszeiten, Typus des Verkehrsweges (Schiene-Straße-Kanal), Kategorie des Verkehrsweges (Kreisstraße, Landesstraße,...), Breite des Verkehrsweges, Bauart des Verkehrsweges, Ufertyp, Geschwindigkeit der Fahrzeuge)					
<b>Angaben zu Landschaftsparametern im Umfeld der Querungsstellen und deren Auswirkung auf die Querungshäufigkeit</b> (Nächste Siedlung, Größe des Waldgebietes, zuführende Landschaftsstrukturen, Habitattrittsteine)					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Querungen über nicht wildtierspezifische Bauwerke</b> (z. B. Überführungen, Unterführungen von: Straße, Bahn, Fußweg, Feld- oder Waldweg oder Gewässer. Bauart, Breite, Länge und Gestaltung des Bauwerkes)					
<b>Querungen über wildtierspezifische Bauwerke, Tunnel und Talbrücken</b> (Bauart, Breite, Länge und Gestaltung des Bauwerkes)					
<b>Querungen durch Kleintierdurchlässe (&lt; 2m) oder Röhren</b> (Bauart, Breite, Länge und Gestaltung des Bauwerkes)					
<b>Querungen durch Überflug oder Ast zu Ast Verbindungen</b> (Leitstrukturen, Querungsstrukturen an der Überquerungsstelle, ggf. Sex, Alter)					
<b>Beobachtetes Verhalten während der Querung</b> (Vorsicht gegenüber Fahrzeugen, Lernverhalten, Anpassungsleistungen z. B. Scheu fremder Tiere, Vertrautheit ortsansässiger Tiere )					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Fähigkeit und „Intention“ sichere Querungstellen zu finden</b>					
<b>Themengebiet Mortalität</b>					
<b>Daten zur Mortalität</b> (z. B. Einzelfälle überfahrener Tiere, Totfunde absolut auf einer Strecke pro Zeiteinheit, Dunkelziffer)					
<b>Parameter von Stellen oder Barrieren an denen Mortalität auftrat</b> (Fahrzeugzahlen, Tageszeiten, Typus des Verkehrsweges (Schiene-Straße-Kanal), Kategorie des Verkehrsweges (Kreisstraße, Landesstraße,...), Breite des Verkehrsweges, Bauart des Verkehrsweges, Ufer- typ, Geschwindigkeit der Fahrzeuge)					
<b>Mortalität in Relation zur Verkehrsdichte</b>					
<b>Bedeutung der Mortalität im populationsökologischen Zusammenhang</b> (z. B. Prozentangabe, Angabe ob überwiegend nicht reproduktive Tiere)					
<b>Themengebiet Beschreibung der Barrierewirkung</b>					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Beschreibung der Art der Barrierewirkung</b> (z. B. Unüberwindbarkeit einer physischen Barriere oder einer Verhaltensbarriere, temporäre oder teilweise Barriere die einen Teil der Tiere vom weiterlaufen abhält o. ä.)					
<b>Daten oder Hinweise auf Störzonen von Verkehrswegen oder Siedlungsbereichen</b> z.B. Spurendichten im Umfeld, unbesiedelte Bereiche, ungenutzte Bereiche, verminderte Antreffwahrscheinlichkeit					
<b>Informationen zu den besonders störenden Parametern</b> z. B. Hunde, Lärm, Licht, Gerüche, Spezifische bauliche Parameter...					
<b>Wirkung von Zäunen</b> Unüberwindliche Barriere, überwindbare Barriere, Angabe des Zauntyps, der Zaunhöhe					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Informationen zum Verhalten an einer Barriere</b> z. B. zurücklaufen, vorsichtiges Verhalten, parallel laufen, umdrehen auf halbem Wege, Überquerungsraten, situationsabhängiges Querungsverhalten					
<b>Daten zum Zusammenwirken mehrerer Barrieren</b> (Bündelung)					
<b>Hinweise auf genetische Unterschiede bei getrennten Populationen</b>					
<b>Themengebiet</b> <b>Lenkbarkeit und Leitstrukturen</b>					
<b>Habitatpräferenzen im vertrauten Aktionsraum</b>					
<b>Habitatpräferenzen während der Abwanderung, saisonaler Wanderungen</b>					
<b>Wenig geeignetes Habitat</b> (Tiere halten sich nicht dauerhaft auf, keine Reproduktion)					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Wanderentfernungen durch wenig geeignetes Habitat bis zum nächsten geeigneten Habitat-Trittstein</b>					
<b>Minimale Größe von Trittsteinhabitaten</b>					
<b>Leitlinien /Leitstrukturen und deren Wirksamkeit</b> (Art, Breite, Länge, Verlauf)					
<b>Beobachtungen zu Wanderentfernungen parallel zu einer Barriere</b>					
<b>Beobachtungen zu Umwegverhalten zu einer aus Sicht der Tiere geeigneten Querungsstelle und dabei zurückgelegten Entfernungen, Zeitdauern</b>					
<b>Themengebiet</b> <b>Mobilität im vertrauten Raum</b>					
<b>Fortbewegungsgeschwindigkeit, Laufgeschwindigkeit</b> (max. und durchschnittlich)					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>In 24 Stunden zurückgelegte Entfernungen von ortsansässigen Tieren</b> (max. und durchschnittlich)					
<b>Regelmäßige (saisonale) Wanderungen zwischen Teilen des jährlichen Aktionsraumes</b> (Charakter, Entfernung, Saisonalität)					
<b>Themengebiet</b> <b>Abwanderung aus dem Aktionsraum, Exkursionen</b>					
<b>Ausbreitungsgeschwindigkeit der Population</b>					
<b>Entfernungen, die während der Abwanderung von einzelnen Individuen überwunden wurden</b> (Alter, Geschlecht)					
<b>Während der Abwanderung durchwanderter Raum und darin bestehende potenzielle Barrieren</b>					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Während der Abwanderung in 24 Stunden zurückgelegte Entfernungen</b>					
<b>Dauer der Abwanderung, Saisonalität der Abwanderung</b>					
<b>Alter, Geschlecht und sozialer Status abwandernder Tiere</b>					
<b>Anteil der Tier die abwandern relativ zur Population („Philopatrie“)</b> <small>(ratio of dismigration/colonizers; ratio of mobile vs philopatric individuals)</small>					
<b>Fähigkeit gezielt geeignete Habitate in unbekanntem Raum zu finden</b>					
<b>Fähigkeit über weite Entfernung nach „hause“ zurückzufinden</b>					
<b>Empfehlungen zur Gestaltung von Wanderkorridoren</b>					
<b>Themengebiet Raumbedarf</b>					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Aktionsraumgröße</b> (Fläche, Radius, 24h Aktionsraum, Ggf. Differenziert nach Geschlechtern, Sozialer Organisation, unterschiedlichen Lebensräumen)					
<b>Raumbedarf sozialer Einheiten (inkl. Reproduktion)</b>					
<b>Informationen zu inselartigen Verbreitungsmustern (Gründe) und zum Überleben kleiner Inselpopulationen über mehrere Generationen</b>					
<b>Größe der „minimal viable population“</b> (z. B. auch >10; 50; 500 Tiere)					
<b>Hinweise auf Erlöschen einer isolierten Population</b> (Größe, Fläche)					
<b>Themengebiet Populationsentwicklung</b>					
<b>Reproduktionsrate, Alterspyramide</b>					

	Quelle, Daten, Beschreibung	Durchschnitt	Extremwerte	Methodik der Datenermittlung	Qualität der Daten
<b>Auswirkungen von Zerschneidung auf Landschaftsebene</b> (Dichte Straßennetz, Populationsdichte, unzerschnittene Räume)					
<b>Infos zu positiven Effekten von Minderungsmaßnahmen</b> (z.B. Zäune, Querungshilfen, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Straßensperrungen etc.)					
<b>Sonstiges</b>					



Tab. 4: Faktoren die die ökologische Durchlässigkeit von Brückenbauwerken für Säugetiere beeinflussen

5 = existentiell bedeutsam

4 = entscheidend bedeutsam (kritisch)

3 = wichtig

2 = mäßig bedeutsam

1 = förderlich (nachrangig)

0 = bedeutungslos

<b>Einflussfaktoren</b>	<b>Huftiere</b>	<b>Hasenartige, mittelgroße Raubtiere</b>	<b>Kleine Raubtiere, sonst. Mur- iden</b>	<b>Bilche, Eichhörn- chen</b>	<b>Soriciden, Maulwurf, Microtiden</b>
Zuführende lineare Strukturen	2	2	3	4	2
Waldrandlage	3	3	3	4	1
Gute Nahrungsflächen auf der anderen Seite	3	2	3	3	1
Geringe Frequentierung durch Menschen	4	3	2	1	0
Laute Fahrbahnübergänge, technische Störquellen	4	3	2	2	1
Strukturen über 1,5 m Höhe am Bauwerk	3	2	2	4	1
Vegetation unter 1,5 m am Bauwerk	2	1	3	3	3
Ausreichend feuchtes Mikroklima	1	0	0	1	3