



LITERATURSTUDIE ZU ANLAGE- UND BETRIEBSBEDINGTEN AUSWIRKUNGEN VON STRASSEN AUF DIE TIERWELT

ENDBERICHT

Irene Glitzner

unter Mitarbeit von:

**Petra Beyerlein
Christine Brugger
Fritz Egermann
Wolfgang Pail
Barbara Schlögel
Frieda Tataruch**

Erstellt im Auftrag der Magistratsabteilung 22 - Umweltschutz
Magistrat der Stadt Wien
(MA22-6888/98, Auftrag vom 21. 12. 1998)

Graz, im August 1999

Autorenanschriften:

Mag. Irene Glitzner
"G5" - Game-Management
Klosterwiesgasse 72
A- 8010 Graz

Dipl.-Biol. Petra Beyerlein
Spittelbreitengasse 28/10
A- 1120 Wien

Dr. Christine Brugger
Ramperstorffergasse 17/10
A- 1050 Wien

Mag. Wolfgang Paill
Ökoteam - TB für Biologie
Bergmannngasse 22
A- 8010 Graz

Mag. Barbara Schlögel
Hilmteichstraße 18
A- 8010 Graz

A. Univ. Prof. Dr. Frieda Tataruch
Dr. Fritz Egermann
Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie
Veterinärmedizinische Universität Wien
Savoyenstraße 1
A- 1160 Wien
Mag. Wolfgang Paill

Zitiervorschlag:

Glitzner, I., Beyerlein, P., Brugger, C., Egermann, F., Paill, W., Schlögel, B., Tataruch, F.
1999. Literaturstudie zu anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen von Straßen auf die
Tierwelt. Endbericht. Erstellt im Auftrag des Magistrates der Stadt Wien, Abteilung 22 -
Umweltschutz. "G5" - Game-Management, Graz. 176 S + 59 S Anhang.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG.....	1
1.1. Auftraggeber.....	1
1.2. Fragestellung gemäß Auftrag.....	1
1.3. Straßen - Stadt - Wildtiere.....	1
2. METHODE.....	2
2.1. Bearbeitung der einzelnen Fachbereiche.....	2
2.2. Literatursuche	3
2.3. Literaturlisten.....	3
3. ERGEBNISSE.....	3
3.1. Durch Straßen bedingte Gefahrenquellen für Wirbeltiere und Wirbellose.....	3
3.1.1. Direkte Gefährdungsursachen.....	5
3.1.1.1. Lage und Linienführung der Straße	5
3.1.1.2. Beschaffenheit der Straßenoberfläche.....	5
3.1.1.3. Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche	6
3.1.1.4. Kollisionen mit Fahrzeugen in Bezug zu Verkehrsdichte und Fahrgeschwindigkeit.....	6
3.1.1.5. Attraktivität der Straßen.....	7
3.1.1.6. Veränderungen von Lärmverhältnissen.....	7
3.1.1.7. Veränderungen von Lichtverhältnissen.....	8
3.1.2. Indirekte Gefährdungsursachen.....	8
3.1.2.1. Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Verminderung der Habitatqualität, Barrierewirkung.....	8
3.1.2.2. Veränderungen des Mikroklimas.....	9
3.1.2.3. Veränderungen des Wasserhaushaltes.....	10
3.1.2.4. Toxikologische Auswirkungen	10
3.2. Annahme von Querungsmöglichkeiten.....	10
3.3. Straßenränder als Lebensräume und Ausbreitungsstrukturen.....	11
3.4. Anmerkungen zu nachfolgenden Kapiteln.....	12
3.5. Auswirkungen der Straßen auf betroffene Tiergruppen mit Berücksichtigung von streng geschützten und geschützten Tierarten, die im Entwurf der neuen Wiener Naturschutzverordnung genannt sind.....	12
3.5.1. Kleinsäuger mit Ergänzungen zu mittelgroßen und großen Säugetieren	13
3.5.1.1. Direkte Gefährdungsursachen.....	13
3.5.1.1.1. Beschaffenheit der Straßenoberfläche.....	13
3.5.1.1.2. Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche.....	14
3.5.1.1.3. Kollisionen mit Fahrzeugen.....	14
3.5.1.1.4. Attraktivität der Straßen.....	18

3.5.1.1.5.	Veränderungen von Lärmverhältnissen.....	18
3.5.1.1.6.	Veränderungen von Lichtverhältnissen.....	19
3.5.1.2.	Indirekte Gefährdungsursachen.....	20
3.5.1.2.1.	Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Barrierewirkung.....	20
3.5.1.2.2.	Veränderungen des Mikroklimas.....	22
3.5.1.3.	Annahme von Querungseinrichtungen.....	22
3.5.1.4.	Straßenränder als Lebensräume und Ausbreitungsstrukturen.....	23
3.5.2.	Jagdbares Wild	24
3.5.2.1.	Beeinträchtigungen von jagdbaren Wildarten durch Straßen.....	24
3.5.2.2.	Entwicklung neuer Traditionen.....	25
3.5.2.3.	Jagdbare Wildarten in der Stadt Wien.....	25
3.5.2.3.1.	Beeinträchtigung durch Lebensräumzerschneidung.....	25
3.5.2.3.2.	Beeinträchtigung durch den Straßenverkehr.....	25
3.5.2.3.3.	Straßenfallwildstatistik Wien.....	27
3.5.3.	Vögel.....	27
3.5.3.1.	Direkte Gefährdungsursachen	27
3.5.3.1.1.	Lage und Linienführung der Straße.....	27
3.5.3.1.2.	Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche.....	28
3.5.3.1.3.	Kollisionen mit Fahrzeugen.....	30
3.5.3.1.4.	Attraktivität der Straßen.....	33
3.5.3.1.5.	Veränderungen von Lärmverhältnissen.....	34
3.5.3.2.	Indirekte Gefährdungsursachen.....	35
3.5.3.2.1.	Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Verminderung der Habitatqualität...35	
3.5.3.3.	Annahme von Querungseinrichtungen.....	37
3.5.4.	Amphibien und Reptilien.....	38
3.5.4.1.	Direkte Gefährdungsursachen.....	38
3.5.4.1.1.	Beschaffenheit der Straßenoberfläche.....	38
3.5.4.1.2.	Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche.....	38
3.5.4.1.3.	Kollisionen mit Fahrzeugen.....	39
3.5.4.1.4.	Attraktivität der Straßen.....	43
3.5.4.2.	Indirekte Gefährdungsursachen.....	43
3.5.4.2.1.	Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Ausbreitungsbarrieren.....	43
3.5.4.2.2.	Veränderung des Mikroklimas.....	45
3.5.5.	Wirbellose (Insekten, Schnecken, Spinnentiere).....	45
3.5.5.1.	Direkte Gefährdungsursachen.....	46
3.5.5.1.1.	Lage und Linienführung der Straße.....	46
3.5.5.1.2.	Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche.....	46
3.5.5.1.3.	Kollisionen mit Fahrzeugen.....	48
3.5.5.1.4.	Attraktivität der Straßen.....	50
3.5.5.1.5.	Veränderungen der Lichtverhältnisse.....	51
3.5.5.2.	Indirekte Gefährdungsursachen.....	52

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

3.5.5.2.1.	Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Ausbreitungsbarrieren.....	52
3.5.5.2.1.1.	Straßen als Ausbreitungsbarrieren.....	52
3.5.5.2.1.2.	Isolation.....	55
3.5.5.2.2.	Veränderung des Mikroklimas.....	57
3.5.5.3.	Streß als Resultat vieler Einflußfaktoren.....	58
3.5.5.4.	Straßen und Straßenränder als Lebensräume und Ausbreitungsstrukturen.....	58
3.5.5.4.1.	Wege und Straßen als Lebensräume.....	58
3.5.5.4.2.	Verkehrsnebenflächen als Ersatz und Refugiallebensräume.....	59
3.5.5.4.3.	Straßenränder als „Trittsteine“ und lineare Ausbreitungsstrukturen.....	59
3.5.6.	Toxikologie.....	60
3.5.6.1.	Übersicht über relevante Schadstoffe.....	60
3.5.6.2.	Auswirkungen von Schadstoffen auf Wildtiere.....	63
3.5.6.2.1.	Säugetiere.....	63
3.5.6.2.2.	Vögel.....	71
3.5.6.2.3.	Amphibien und Reptilien.....	74
3.5.6.2.4.	Insekten.....	76
3.5.6.3.	Ergänzende Beiträge zu Auswirkungen von Schadstoffen auf Krebstieren, Spinnen, Weichtiere und Fische.....	82
3.5.6.3.1.1.	Krebstiere und Spinnentiere.....	82
3.5.6.3.1.2.	Weichtiere.....	84
3.5.6.3.1.3.	Fische.....	86
3.5.6.4.	Salzbelastung durch Streusalz.....	91
4.	GEWICHTUNG DER GEFÄHRDUNGSURSACHEN – SOWEIT ZULÄSSIG.....	93
4.1.	Kleinsäuger mit Ergänzungen zu mittelgroßen und großen Säugetieren sowie jagdbaren Wildtiere.....	94
4.1.1.	Igel.....	95
4.1.2.	Fledermäuse.....	96
4.1.3.	Mäuse, Spitzmäuse.....	96
4.1.4.	Mittelgroße Säuger (Feldhase, Marderartige).....	96
4.1.5.	Großsäuger (Große Carnivore, Große Herbivore).....	97
4.2.	Vögel.....	97
4.3.	Amphibien und Reptilien.....	99
4.4.	Wirbellose (Insekten, Schnecken, Spinnentiere).....	100
5.	GEWICHTUNG DER SCHADSTOFFE – SOWEIT ZULÄSSIG.....	102
6.	EMPFEHLUNGEN UND SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	102
6.1.	Typen von Schutzanlagen für Fauna und Verkehr.....	103
6.1.1.	Wahl der Linienführung - Planungsphase.....	104
6.1.2.	Natürliche Maßnahmen.....	105

6.1.3.	Technische Maßnahmen.....	106
6.1.4.	Ersatzmaßnahmen.....	107
6.2.	Kleinsäuger mit Ergänzungen zu mittelgroßen und großen Säugetieren sowie jagdbaren Wildtieren.....	107
6.2.1.	Allgemeine Empfehlungen für Klein- und Mittelsäuger sowie Schalenwild.....	108
6.2.1.1.	Natürliche Maßnahmen.....	108
6.2.1.2.	Technische Maßnahmen.....	108
6.2.2.	Empfehlungen speziell für Kleinsäuger.....	112
6.2.2.1.	Spitzmäuse etc.....	112
6.2.2.1.1.	Technische Maßnahmen.....	112
6.2.2.2.	Fledermäuse.....	113
6.2.2.2.1.	Natürliche Maßnahmen.....	113
6.2.2.2.2.	Technische Maßnahmen.....	113
6.2.2.2.3.	Ersatzmaßnahmen.....	113
6.2.2.3.	Igel.....	113
6.2.2.3.1.	Natürliche Maßnahmen.....	113
6.2.2.3.2.	Technische Maßnahmen.....	114
6.2.3.	Empfehlungen speziell für mittelgroße Säugetiere.....	115
6.2.3.1.	Fischotter.....	115
6.2.3.1.1.	Technische Maßnahmen.....	115
6.2.3.2.	weitere Marderartige.....	115
6.2.3.2.1.	Technische Maßnahmen.....	115
6.2.4.	Empfehlungen speziell für Schalenwild.....	116
6.2.4.1.	Natürliche Maßnahmen.....	116
6.2.4.2.	Technische Maßnahmen.....	116
6.2.4.3.	Ersatzmaßnahmen.....	117
6.2.5.	Forschungsbedarf.....	117
6.3.	Vögel.....	118
6.3.1.	Wahl der Linienführung – Planungsphase.....	118
6.3.2.	Natürliche Maßnahmen.....	118
6.3.3.	Technische Maßnahmen.....	119
6.3.4.	Ersatzmaßnahmen.....	119
6.3.5.	Forschungsbedarf.....	120
6.4.	Amphibien und Reptilien.....	120
6.4.1.	Wahl der Linienführung – Planungsphase.....	120
6.4.2.	Technische Maßnahmen.....	120
6.4.3.	Forschungsbedarf.....	124
6.5.	Wirbellose (Insekten, Schnecken, Spinnentiere).....	125
6.5.1.	Wahl der Linienführung – Planungsphase.....	125
6.5.2.	Natürliche Maßnahmen.....	125
6.5.3.	Technische Maßnahmen.....	126

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

6.5.4. Ersatzmaßnahmen.....	127
6.5.5. Forschungsbedarf.....	128
6.6. Toxikologie.....	128
6.6.1. Natürliche Maßnahmen.....	130
6.6.2. Technische Maßnahmen.....	130
7. ZUSAMMENFASSUNG.....	131
8. LITERATUR.....	134
8.1. Allgemeine Kapitel	134
8.1.1. Zitierte Literatur.....	134
8.1.2. Weiterführende Literatur.....	136
8.2. Säugetiere.....	138
8.2.1. Zitierte Literatur.....	138
8.2.2. Weiterführende Literatur.....	143
8.3. Vögel.....	145
8.3.1. Zitierte Literatur.....	145
8.3.2. Weiterführende Literatur.....	147
8.4. Amphibien und Reptilien.....	149
8.4.1. Zitierte Literatur.....	149
8.4.2. Weiterführende Literatur.....	154
8.5. Insekten	158
8.5.1. Zitierte Literatur.....	158
8.5.2. Weiterführende Literatur.....	163
8.6. Toxikologie.....	166
8.6.1. Zitierte Literatur.....	166
8.6.2. Weiterführende Literatur.....	174
DANKSAGUNG.....	176
ANHANG	
I. Auszug aus dem Entwurf der neuen Wiener Naturschutzverordnung (7 Seiten)	
II. Liste mit deutschen und wissenschaftlichen Tiernamen (8 Seiten)	
III. Tabellarische Übersichten zu Gefährdungen Wirbelloser und Wirbeltiere durch den Straßenverkehr (44 Seiten)	

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

1.1. Auftraggeber

Im Auftrag der Magistratsabteilung 22 (Umweltschutz) der Stadt Wien wird eine Literaturstudie zu anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen von Straßen auf die Tierwelt im Bereich der Stadt Wien durchgeführt.

1.2. Fragestellung gemäß Auftrag

Gemäß Auftrag der Magistratsabteilung 22 werden in der Literaturstudie im besonderen unten angeführte Fragen behandelt.

- 1) Welche Tiergruppen (Kleinsäuger, Vögel, Amphibien, Reptilien, Insekten) sind in Wien durch den Straßenverkehr besonders gefährdet?
- 2) Welche nach der neuen Wiener Naturschutzverordnung genannten Arten sind betroffen?
- 3) Was gibt es für Gefährdungsursachen, wie ist deren Bedeutung für verschiedene Tiergruppen (Modellfälle: z.B. Umfahrung Breitenlee) und wie sind sie für die verschiedenen Tiergruppen hierarchisch zu ordnen?
- 4) Berücksichtigung von in vorhandenen und verfügbaren Forschungsergebnissen beinhalteten Erfahrungen aus schon umgesetzten Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungsursachen.

1.3. Straßen - Stadt - Wildtiere

Straßen als Mittel zur Fortbewegung gibt es schon seit Tausenden von Jahren. Breite Asphalt- oder Betonbänder wie Autobahnen und Bundesstraßen mit hoher Verkehrsdichte stellen jedoch eine sehr junge Erscheinung in der Landschaftsgeschichte dar. Bis vor etwa 100 Jahren gab es nichts, was mit ihnen vergleichbar gewesen wäre. Als eines der größten und effektivsten Korridorsysteme der Welt trägt es in hohem Maße zum Standard der Kommunikation und Flexibilität der heutigen technologisch geprägten Gesellschaft bei (vgl. ELLENBERG et al. 1981, BENNET 1991). *Stadtgebiete* als sozioökonomische Zentren dieser Gesellschaft dehnen sich ebenso mehr und mehr aus. Sie sind Ausgangs- und Zielpunkt der

Korridore und werden von ihnen in einer Vielzahl umgeben und durchquert. Allein von Wien gehen sechs Autobahnen quer durch Österreich, ganz abgesehen vom dichten Netzwerk aus Straßen höherer Ordnung. Siedlungsraum und umgebende Natur greifen trotz aller Hindernisse ineinander über und lassen sich nicht mehr trennen. Nicht wenige Pflanzen- und *Wildtierarten* erreichen in Städten und Dörfern hohe Siedlungsdichten. Opportunistisch lebende Kulturfolger nutzen die biotischen und abiotischen Vorteile künstlicher Nischen und besiedeln diese neu entstandenen Lebensräume. Dementsprechend schwer haben es hingegen Spezialisten bzw. stenotope Arten natürlicher und naturnaher Ökosysteme, unter ihnen viele geschützte Tierarten. Sie stellen hohe Ansprüche an ihren Lebensraum und sind zum Teil äußerst sensibel gegenüber Habitatveränderungen. Im Wissen um viele andere Faktoren, die die Tierwelt im Stadtbereich beeinträchtigen können, soll in hier vorliegender Literaturstudie auf Straßen und ihre Begleiterscheinungen als eine der möglichen Gefährdungsursachen eingegangen werden.

2. METHODE

2.1. Bearbeitung der einzelnen Fachbereiche

Da diese Studie eine sehr breite Themenstellung mit verschiedenen Teilthemen umfaßt, war für eine zielführende Durchführung die Zusammenarbeit mehrerer Fachexperten notwendig. Die einzelnen Fachbereiche wurden namentlich von folgenden Experten abgedeckt:

Säuger: Mag. Irene Glitzner, "*G5*" - *Game-Management*

Vögel: Dr. Christine Brugger, *Naturhistorisches Museum, Wien*

Mag. Barbara Schlögel, *Zoologin*

Amphibien und Reptilien: Mag. Petra Beyerlein, *Naturhistorisches Museum, Wien*

Insekten (Wirbellose): Mag. Wolfgang Paill, *Institut f. Faunistik u. Tierökologie, Ökoteam, Graz*

Toxikologie: A. Univ. Prof. Dr. Frieda Tataruch und

Dr. Fritz Egermann, *Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie, Vet. med. Univ., Wien*

2.2. Literatursuche

Die Literatursuche konzentrierte sich auf die Literaturdatenbanken BeastCD, Biological Abstracts, Current Contents, Medline, Science Citation Index, Toxline, VetCD., Wildlife Worldwide-June 1998 und Zoological Records, wobei die einzelnen Datenbanken von den Fachexperten je nach Tiergruppen unterschiedlich intensiv genutzt wurden.

2.3. Literaturlisten

Die Literaturlisten der allgemeinen Teile, des Toxikologieteils und der einzelnen Tiergruppen, gegliedert nach zitierter und weiterführender, sind in Kap. 8. zu finden.

3. ERGEBNISSE

3.1. Durch Straßen bedingte Gefahrenquellen für Wirbeltiere und Wirbellose

Seit dem Ende der 70er Jahre sind Grundlagen zur Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf die Lebensräume von Pflanzen und Tieren auch zusammenfassend dargestellt (z.B. INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977, MADER 1981, ELLENBERG et al. 1981, RECK & KAULE 1993, FORMAN et al. 1997, vgl. auch BERTHOUD & MÜLLER 1995, VAN APELDOORN 1997, VAN LANGEVELDE & JAARSMA 1997).

RECK (1991, 1993) gibt eine gute schematische Zusammenstellung der einzelnen bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkgrößen, wobei die Wirkungen abhängig sind von der Bauart der Straße, dem Verkehrsaufkommen und besonders vom biotischen und abiotischen Bestand der betroffenen Landschaft. Erst durch ihre Überlagerung kann das Ausmaß der Reaktionen abgeschätzt werden. Die Auswirkungen sind abhängig von der Gesamtgröße der betroffenen Population. Die gravierendsten Auswirkungen ergeben sich, wenn alle Individuen einer Population betroffen sind, Minimalareale unterschritten werden oder der betreffende Biotop ein essentieller Teillebensraum ist. Für die Beurteilung von Veränderungen der Landschaften ist ihre Erheblichkeit und Nachhaltigkeit entscheidend (RECK & KAULE 1993).

Nach FORMAN et al. (1997) indizieren Straßendichte, Lage der Straße und Randeffekt-Zone die diversen ökologischen Auswirkungen von Verkehrswegen.

Tierarten und ihre Lebensgemeinschaften werden durch Straßen in direkter und indirekter Weise beeinträchtigt (z.B. INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977, ELLENBERG et al. 1981, MADER 1981, KIEFER & SANDER 1993, RECK 1993, RECK & KAULE 1993).

Direkte Beeinträchtigungen von Tierindividuen oder Populationen und Lebensräumen entstehen zunächst im Zuge der Bauphase (Rodung, Planierung, Aufschüttung etc.) und dann während der Betriebsphase, z.B. durch Überfahren von Tieren, falsche Straßenrandpflege oder Änderungen der Lärm- und Lichtverhältnisse. Die Einbettung der Straße in die Landschaft, Linienführung und Straßenoberfläche beeinflussen die Zahl der Verkehrsoffer ebenso wie das Verkehrsaufkommen. Der Straßenverkehr selbst beeinflusst verstärkt bodengebundene Arten und Vögel, die sich vorwiegend am Boden bewegen oder dort nach Nahrung suchen.

Indirekte Beeinträchtigungen entstehen v.a. durch Veränderung der abiotischen Lebensgrundlagen (Mikroklima, Wasserhaushalt, Immissionen) sowie durch Lebensraumzerschneidung und Verlust von Ressourcen. Straßen können ein Abwandern oder Aussterben von Populationen bedingen und über Jahre hinweg die Besiedlung von Lebensräumen durch Arten verhindern. Barrieren können normale Wanderbewegungen von Tieren behindern und die Grenzen von Streifgebieten festlegen. Sie vermögen Populationen in kleinere demographische Einheiten auf jeder Seite der Straße zu spalten, wie es z.B. bei Kleinsäugerpopulationen der Fall sein kann. Stellen Straßen komplette bzw. absolute Barrieren dar, sodaß keine querenden Wanderungen stattfinden, ist genetische Isolation die Folge. Vor allem Populationen wenig mobiler Tierarten können davon betroffen sein (z.B. BENNET 1991). Langfristig betrachtet sind insbesondere K-Strategen und Spezialisten seltener und gefährdeter Biotop durch das Straßennetz vom Aussterben betroffen (vgl. DOUGLASS 1977, MADER 1987, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLGIE 1995). Er spricht von einer Verlagerung der Artenspektren überlebender Arten zugunsten von Allerweltsarten, wobei er die Tendenz zur ökologischen Instabilität als schwerwiegendste Konsequenz sieht.

Das Auftauchen von Tieren auf Straßen ist demnach bedingt durch eine Vielzahl von intrinsischen und extrinsischen Faktoren. Unterschiedliche Verhaltensmuster der Tiere, wie Aktivitätsrhythmen, Fluchtverhalten, Wanderungen und Mikroklimapräferenz sind

entscheidend für die Stärke der Gefährdung. Säugetiere und Vögel scheinen sich in gewissen Grenzen an den Straßenverkehr anpassen zu können, dies erklärt die höhere Zahl an Jungtieren unter den Verkehrsopfern (MADER 1981, HOLIŠOVÁ & OBRTTEL 1986). Tierarten, die von der Straßenoberfläche oder der Randvegetation angezogen werden, zählen ebenso zu häufigen Verkehrsopfern wie Arten, deren Jahreslebensräume von Straßen durchschnitten werden.

3.1.1. Direkte Gefährdungsursachen

3.1.1.1. Lage und Linienführung der Straße

Der Grad der Unübersichtlichkeit des Geländes, der aus der Streckenführung und den begleitenden Habitatstrukturen resultiert, kann den Straßentod von Tieren fördern (vgl. FUELLHAAS et al. 1989). Straßenführung auf Dämmen bzw. über die Umgebung erhöht, wirkt beispielsweise für Vögel als Negativfaktor (z.B. MADER 1981, KUHN 1987), für bodenlebende Tiere ist hingegen aufgrund des Mauereffekts eine niedrigere Unfallrate zu erwarten. Bei dieser Form der Trassenführung sind die Verlärmungs- und Emissionsbänder besonders breit (MADER 1981). Für manche Tierarten können steile Böschungsabhänge wie Fallen wirken, da das Absteigen auf Trassenniveau zwar möglich, ein Aufsteigen aber erheblich erschwert oder verhindert wird. Bei dieser Form der Trassenführung werden Vögel zu größeren Überflughöhen gezwungen und die Kollisionsgefahr herabgesetzt. Bei bodenbewohnenden Arten dürfte hingegen die Unfallgefahr wegen des Kanaleffektes erhöht und die Fluchtmöglichkeit erschwert werden (vgl. MADER 1981). Nach FORMAN ET AL. (1997) ist auch die topografische Lage von Straßen ausschlaggebend für die Stärke des ökologischen Effekts. Straßen am Oberhang sind ökologisch gesehen weit günstiger als Straßen auf Berg Rücken, Mittelhängen oder auf steilem, unstabilem Substrat.

3.1.1.2. Beschaffenheit der Straßenoberfläche

Die Oberflächen asphaltierter Straßen stellen wegen ihrer thermodynamischen Gegebenheiten eine Gefahr dar (vgl. INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977, HOLIŠOVÁ & OBRTTEL 1986, KIEFER & SANDER 1993, RECK & KAULE 1993). Im Sommer heizt sich die Asphaltdecke stärker auf als die Umgebung und kühlt langsamer wieder aus. Insekten halten sich aus diesem Grund länger im Bereich der Straße auf und locken verschiedene

Wirbeltierarten an. Auch Reptilien suchen nach kalter Nacht die sich rascher erwärmende Straße auf.

Für zahlreiche Tiere hingegen stellt die heiße Straßendecke eine "Wärmeschranke" dar, und sie sind wegen der Austrocknungs- und Erschöpfungsgefahr nicht mehr imstande sie zu überqueren (BERTHOUD & MÜLLER 1995).

3.1.1.3. Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche

Straßenränder können einerseits bandartige Refugien für Tiere darstellen, andererseits ändert sich durch den Grasschnitt das Mikroklima derart sprunghaft, daß viele stenotope Tierarten die sofortige Flucht ergreifen. Opportunisten und "Exoten" werden durch die neuen Lebensumstände bevorzugt (MADER 1981, 1987). Einzelne Arten nutzen die Straßenränder für Nahrungsaufnahme, Sandbäder und als Nist- und Brutplätze, doch durch den mehrmals jährlich durchgeführten Grasschnitt werden Nester und Gelege verschiedenster Tiergruppen zerstört. Mit dem Verlust der Pflanzendiversität im Rand- und Böschungsbereich geht auch ein Verlust der Tierartendiversität einher.

3.1.1.4. Kollisionen mit Fahrzeugen in Bezug zu Verkehrsdichte und Fahrgeschwindigkeit

Tierverluste sind häufig an Stellen zu finden, wo traditionelle Wanderrouten ("Tierkorridore") von Straßen gekreuzt werden. Die wichtigsten Bewegungen der Tiere, die zu Kollisionen führen können, sind nach BERTHOUD & MÜLLER (1995) tägliche Bewegungen zwischen Ruhe- und Weidezone, jahreszeitliche Bewegungen zur Migration, gelegentliche Bewegungen etwa auf der Suche nach neuen Territorien und Auswanderungen. Wo Wälder, Hecken und Feldgehölze bis an die Straße reichen oder von dieser durchschnitten werden, werden die Tiere regelrecht zur Gefahrenstelle hingeführt und die Kollisionsgefahr steigt (z.B. INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977, MADER 1981). Zumindest lokal können durch den Verkehrstod Populationen erlöschen. Die Unfallhäufigkeit bei Wirbeltieren steht sowohl mit der Fahrgeschwindigkeit als auch mit der Verkehrsdichte in engem Zusammenhang (z.B. OXLEY et al. 1974, ODZUCK 1975 in Reck & Kaule 1993, MADER 1981, BERTHOUD & MÜLLER 1995). Besonders für mobile Tierarten wie Vögel, Raubtiere, Paarhufer und Kleinsäuger, die durch Fluchtreaktionen in der Lage sind, Fahrzeugen auszuweichen, spielt die Fahrgeschwindigkeit eine erhebliche Rolle. Die Herabsetzung der Geschwindigkeitsbegrenzungen wirkt sich demnach positiv auf die Zahl der Verkehrsoffer aus (vgl. z.B. MADER 1981). Für weniger mobile Tierarten wie Schnecken, Spinnen, Käfer

und Amphibien sind hohe Verkehrsdichten mit hohem Unfallrisiko verbunden. Auch die Breite der Straße korreliert mit der Zahl der Unfallopfer (OXLEY et al. 1974, VAN LANGEVELDE & JAARSMA 1997). Nimmt sie zu, steigt die Dauer der Überquerung wobei die Chance für einen erfolgreichen Seitenwechsel sinkt. Die Auswirkungen der Verkehrsunfälle auf die Populationsdynamik von Arten ist einer der bedeutendsten Faktoren, aber wenig untersucht. Generell läßt sich sagen, daß kleinere Arten wie z.B. Nager weniger von diesen Auswirkungen betroffen sind als große Arten (vgl. BENNET 1991).

3.1.1.5. Attraktivität der Straßen

Verkehrswege stellen ein prägendes Landschaftselement dar, das mit begrünten Böschungen, heißen Steinmassen und Vogelstangen (Bäumen, Mästen) auf zahlreiche Tiere attraktiv wirkt. Thermophile Arten (Wirbellose, Reptilien, Kleinsäuger) finden auf Aufschüttungen einen Platz zum Überwintern oder zur Fortpflanzung oder eine Landschaftsstruktur, die ihnen die Fortbewegung erleichtert. Größere Tiere (Füchse, Igel, Marderartige) nutzen den Verkehrsweg und seine unmittelbare Umgebung als Jagdgebiet (BERTHOUD & MÜLLER 1995). Tierarten, die das Nahrungsangebot im Bereich der Straßenoberfläche oder des Randbereiches nutzen, wie Räuber und Aasfresser, aber auch herbi- und granivore Arten, zählen zu häufigen Opfern. Naturstraßen sind oft beliebte Aufenthaltsorte für Tagfalterarten. Insekten halten sich durch die abstrahlende Wärme der Asphaltdecke länger im Bereich der Straße auf und locken verschiedene Wirbeltierarten an. Auch Reptilien suchen nach kalter Nacht die sich rascher erwärmende Straße auf (vgl. INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977, BENNET 1991, STEIOF 1996; s. Kap. 3.1.1.2., Straßenoberfläche).

3.1.1.6. Veränderungen von Lärmverhältnissen

Es gibt nur wenige Untersuchungen, die Auswirkungen von Lärm an wildlebenden Tieren nachweisen, bisher wurden in Mitteleuropa vorwiegend Vögel untersucht. Er tritt immer nur als Teil der Gesamtemission auf und wird in der Literatur selten als direkte Ursache für verkehrsbedingte Reaktionen von Tieren angeführt. Vor allem bei der Avifauna wurden Vermutungen angestellt, daß Lärm der hauptsächliche Störfaktor sein könnte. Beeinträchtigungen der Reproduktion durch Lärm konnten bei Haustieren und Ratten (MACZEY & BOYE 1995) festgestellt werden, Experimente mit hochfrequenten Signalen führten bei Nagern zu epileptischen Anfällen (SPROCK et al. 1967). Die Art des Lärms hat großen Einfluß auf die Reaktion der Tiere. So sind Gewöhnungseffekte häufiger bei

regelmäßigem Lärm von gleichbleibender Intensität zu beobachten. Sogar Fledermäuse scheinen sich so sehr daran zu gewöhnen, daß sie ihre Quartiere in Hohlräumen von Autobahnbrücken anlegen (MADER 1981, KNOLLE 1988, MACZEY & BOYE 1995, FREITAG & FRIEDRICH 1996). Untersuchungen von eingesetzten Lärmquellen im Bereich des Pflanzenschutzes als Mittel zur Vertreibung von schädlichen Tierarten führte bisher zu keinen eindeutigen Ergebnissen. Vorhandene, attraktive Ressourcen scheinen jedoch die Fluchtbereitschaft zu mindern (MACZEY & BOYE 1995). Auch zur langfristigen Auswirkung von Lärm auf die Populationsökologie einzelner Arten gibt es bisher wenig Untersuchungsansätze. Bei einigen Vogelarten konnten jedoch Verzerrungen der Balzgesänge (REIJNEN & FOPPEN 1994) sowie Abnahmen der Populationsdichte im straßennahen Habitat festgestellt werden (VAN DER ZANDE et al. 1980, REIJNEN et al. 1995, 1996). Entsprechende Störeffekte sind auch für Amphibien möglich (MACZEY & BOYE 1995).

3.1.1.7. Veränderungen von Lichtverhältnissen

Insekten, die durch künstliche Lichtquellen im Straßenbereich angelockt werden, sind Nahrung für eine Vielzahl von Tieren und bringen diese in eine neue Gefahrenzone (vgl. MADER 1981). So jagen beispielsweise bestimmte Fledermausarten vermehrt in der Nähe von Straßenlaternen (vgl. INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977, HAFFNER & STUTZ 1985/86, RYDELL 1991, BLAKE et al. 1994, RYDELL & RACEY 1995). Der Grad des Anlockeffekts ist von der Ausleuchtung des Umfelds und dem Frequenzspektrum abhängig.

3.1.2. Indirekte Gefährdungsursachen

3.1.2.1. Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Verminderung der Habitatqualität, Barrierewirkung

Die Aufteilung aller Individuen einer Tierart in räumlich voneinander getrennte Populationen gilt als sinnvolles Prinzip der Evolution, da durch das Splitting des Gen-Pools eine Weiterentwicklung der Arten eingeleitet wird. Kritisch ist hingegen die anthropogene Aufspaltung von Populationen. Die Trennung von obligaten Teillebensräumen bewirkt lokal das Erlöschen betroffener Arten. Durch die Trennung von Populationen sind die dadurch verinselten Teilpopulationen oft so individuenschwach, daß ein Überleben dieser Population auf Dauer nicht gewährleistet ist. Zum Unterschied von natürlichen Barrieren, die topografischen Gegebenheiten folgen, durchschneiden Straßen Lebensräume. Sie wirken als

Filter oder Ausbreitungbarriere und stellen für viele, v.a. bodengebundene Tierarten ein nahezu unüberwindliches Hindernis dar (vgl. OXLEY et al. 1974, INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977, MADER 1979, ELLENBERG et al. 1981, MADER 1981, KORN & PITZKE 1988, BENNET 1991, RECK & KAULE 1993, BERTHOUD & MÜLLER 1995, VAN APELDOORN 1997).

Viele Tiere bewegen sich innerhalb ihrer Territorien auf immer gleichbleibenden Wechsellinien fort. Durchquert ein neuer Verkehrsweg ihr Gebiet, passen sie sich nur schwer an die neue Gegebenheit an. Tiere, die einen sehr großen Lebensraum beanspruchen bzw. am Ende der Nahrungskette stehen, sind am meisten gefährdet (BERTHOUD & MÜLLER 1995, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995). Wo traditionelle Wanderwegen von Tieren von Straßen durchschnitten werden, ergeben sich neuralgische Unfallpunkte. Breite Straßen weisen in der Regel höhere Fahrgeschwindigkeiten und einen größeren Verkehrsstrom auf. Mit der Straßenbreite verstärkt sich die abiotische Barriere, da der Anteil der Asphaltfläche zunimmt und sich die Mikroklimaverhältnisse deutlich verschieben (MADER 1981). Die Breite der Störungszone entlang von Straßen variiert von wenigen Metern bis zu einigen Kilometern und ist meist auf beiden Straßenseiten unterschiedlich breit (RECK & KAULE 1993, FORMAN et al. 1997). Generell ist diese Zone weit breiter als die Straßenoberfläche mit den Straßenrändern. Bei kleinen Straßen in meist geschlossenen und halboffenen Landschaften ist der Raum zwischen Waldrändern an beiden Seiten der Straße normalerweise schmal. Sie werden von Tieren häufiger überquert (VAN LANGEVELDE & JAARSMA 1997). In stark dynamischen Landschaften (z.B. Auen) können Ausbreitungsbarrrieren das Aussterben von Arten bewirken und die Sukzession von Lebensgemeinschaften beeinträchtigen (RECK & KAULE 1993).

3.1.2.2. Veränderungen des Mikroklimas

Die Straße ist vegetationsfreier und nahezu strukturloser Raum und entspricht unter dem Gesichtspunkt der abiotischen Faktoren nacktem Fels oder Wüstenstandorten. Der Wechsel von der Straße zum Waldbereich ist gekennzeichnet durch einen mikroklimatischen Übergang vom ein- und abstrahlungsintensiven Standort mit hoher Luftbewegung und starken Temperaturschwankungen in einen Bereich gedämpfter Temperaturamplituden, geringem Strahlungsaustausch und minimaler Luftbewegung (MADER 1979). Diese abiotischen Faktoren werden in Waldbereichen gedämpft und kommen im Bereich der Straße voll zur Auswirkung (MADER 1987). V.a. dort, wo Straßen Waldbereiche durchschneiden, sind

Mikroklimaschwellen deutlich ausgeprägt und reichen bis zu 30 m in den Wald hinein. Die mikroklimatische Schwelle, wie sie durch Straßen und Dämme gebildet wird, stellt für einige Arten einen erheblichen Störfaktor, für andere auch Vorteile dar (z.B. MADER 1981, 1987). Für wärme- und trockenheitsliebende Arten kann durch die bandartige Mikroklimazone neuer Lebensraum geschaffen werden. Dichtere Autobahnnetze könnten auch dazu beitragen, daß das Großklima trockener und wärmer wird (ELLENBERG et al. 1981).

3.1.2.3. Veränderungen des Wasserhaushaltes

Durch die Errichtung von Straßen kann zum Teil der Grundwasserspiegel dauerhaft abgesenkt werden (RECK & KAULE 1993). An feuchten Hängen können in Größe, Lage und Zahl inadequat angelegte Abflüsse entlang von Straßen für einen höheren Wasserstand hangaufwärts und einen niedrigeren hangabwärts sorgen (FORMAN et al. 1997). Vom rasch abfließenden Straßenwasser können kleinere Tiere sowie Nester und Gelege mitgerissen werden. Bei schwach abfließendem Gewässer hingegen kann es durch gestauten Wasser zum Verfaulen von Gelegen kommen (MADER 1981).

3.1.2.4. Toxikologische Auswirkungen

Mit der erhöhten Schadstoffkonzentration entlang von Straßen ist eine Verarmung an Tieren feststellbar. Dennoch ist die Schadstoffkonzentration, abgesehen von Chemikalien-Unfällen, nicht direkt tödlich (RECK & KAULE 1993). Es ist zu erwarten, daß die Immissionsbelastung im Straßenbereich die Phytophagen stärker schädigt, als die mobileren Carnivoren, die sich auf das veränderte Beutetierspektrum einstellen können (MADER 1981). Für Folgeglieder der Nahrungskette ist wiederum die Anreicherung der Giftstoffe in der Nahrungskette als belastender Faktor zu befürchten (vgl. INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977).

3.2. Annahme von Querungsmöglichkeiten

Die Lage eines Durchgangs spielt eine wichtige Rolle für seine Effektivität und Annahme durch Wildtiere (vgl. BERTHOUD & MÜLLER 1995, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995, FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS VERKEHRS- UND STRAßENWESEN 1997, KELLER & PFISTER 1997, RIGHETTI 1997, VÖLK & GLITZNER 1998; s. Kap. 6.2.1.2.). Ein Durchgang muß dort errichtet werden, wo der Wechsel durch die Straße

unterbrochen wird. Die Nichtbenutzung einer Passage kann sehr oft durch die Wahl eines unpassenden Standortes erklärt werden. Ebenso sind Größe und Gestaltung des Bauwerks mitbestimmend für die Wirksamkeit der Passage als Querungsmöglichkeit für Wildtiere.

3.3. Straßenränder als Lebensräume und Ausbreitungsstrukturen

Kurz seien in dieser Literaturstudie als Ergänzung auch einige Hinweise über positive Auswirkungen von Straßen und ihren Begleitstrukturen erwähnt. Literatur zu dieser Thematik ist v.a. für Wirbellose und auch Kleinsäuger reichlich vorhanden. Eine detailliertere Ausführung dieses Kapitels würde den Rahmen hier vorliegender Studie jedoch bei weitem überschreiten.

Für viele Arten der offenen Kulturlandschaft mit geringen Habitatansprüchen stellen Straßenränder geeignete Lebensräume dar. Sie beherbergen eine Vielzahl von Insekten und bieten ebenso vielen Kleinsäufern neue Nischen. Sie sind Streifen maximaler Ressourcenangebote und höchster Artenvielfalt, obwohl letztere oft mit geringen Individuenzahlen gekoppelt sind (MADER 1981, MADER 1979). Opportunisten oder Pionierarten, die sogenannten r-Strategen nutzen den nach einem Straßenbauvorhaben neu entstandenen Raum erfolgreich. Ihre hohe Reproduktionsrate kann zu Massenentwicklungen führen, die K-Strategen vorerst keine Lebensmöglichkeit offenlassen (MADER 1987). Zahlreiche Tierarten nutzen die dichte Bodendeckung als Brutstätten, Schutz vor Räubern und als Nahrungsquelle. Für kleine Arten stellen Korridore lineare Habitate dar, die eine Verbindung zwischen Populationen gewährleisten (MEUNIER et al. 1999). Vor allem in ausgeräumten agrarischen Landschaften sind reich strukturierte Randbereiche wichtige Elemente, die verinselte Waldbereiche verbinden und so den negativen Effekt der Straßen mildern. Sie können als Netz von Orientierungsrichtlinien und Leitbahnen in der Landschaft angesehen werden (vgl. RINGLER 1981, zit. nach Mader 1981, MADER 1987). Habitatkorridore haben generell eine große Akzeptanz als einfache und praktische Schutzmaßnahme erfahren und werden in viele Landnutzungsplänen und Schutzstrategien eingebaut - "Der Grad der Konnektivität zwischen Landstücken und der Grad der Kontinuität zwischen Populationen in jedem Landstück wird zu einer kritischen Komponente der Schutzstrategie" (BENNETT 1990).

3.4. Anmerkungen zu nachfolgenden Kapiteln

Tierarten, die im Entwurf der neuen Wiener Naturschutzverordnung als streng geschützt oder geschützt gelten, bzw. Gattungen und Familien, die geschützte Arten enthalten, erscheinen im Text **fett** hervorgehoben. Die Listen der deutschen und wissenschaftlichen Namen der genannten Tierarten sind ebenso im Anhang zu finden wie die geschützten Tierarten nach Entwurf der neuen Wiener Naturschutzverordnung (Kapitel I. und II.).

3.5. Auswirkungen der Straßen auf betroffene Tiergruppen mit Berücksichtigung von streng geschützten und geschützten Tierarten, die im Entwurf der neuen Wiener Naturschutzverordnung genannt sind

3.5.1. Kleinsäuger mit Ergänzungen zu **mittelgroßen** und **großen Säugetieren**

Die Klassifizierung von Säugetieren in Kleinsäuger, mittelgroße Säuger und Großsäuger wird nach dem Gewicht vorgenommen. Hier werden die Grenzen jedoch von Autoren unterschiedlich gesetzt. Nach OXLEY et al. (1974) wiegen Kleinsäuger unter 700 Gramm und mittelgroße Säuger ungefähr zwischen 700 und 14 000 Gramm. FEHLBERG (1994) gibt keine Gewichtsangaben, seine Einteilung entspricht aber der von OXLEY et al. (1974). BENNET (1990) bezeichnet Säugetiere unter 2 000 Gramm als kleine Säuger, DICKMAN (1987) Tiere über 300 Gramm als größere Säuger.

Klassen	Gewicht	Quelle
• Kleinsäuger	< 700 g	OXLEY et al. (1974)
	Igel, Eichhorn, Ratte, Mäusearten, Maulwurf, Hamster	FEHLBERG (1994)
kleine Säuger	< 2 000 g	BENNET (1990)
	< 300 g	DICKMAN (1987)
• mittelgroße Säuger	700 - ca. 14 000 g	OXLEY et al. (1974)
	Dachs, Fuchs, Hase, Kaninchen, Marder, Iltis, Wieselarten	FEHLBERG (1994)
größere Säuger	> 300 g	DICKMAN (1987)
• Großsäuger	Rothirsch, Damhirsch, Reh	FEHLBERG (1994)

	und Wildschwein	
--	-----------------	--

Es gibt international nur sehr wenig Studien über die Auswirkungen von Straßen auf Kleinsäuger, die in der Stadt Wien als geschützt bzw. streng geschützt gelten - abgesehen von der Erfassung von Verkehrsopfern. Viele Untersuchungen über Lebensraumzerschneidung wurden an den häufig vorkommenden Nagerarten wie Wühlern und Echten Mäusen durchgeführt. Der Vollständigkeit halber wurden auch diese Studien in hier vorliegender Arbeit ausführlich behandelt. Leider gilt jedoch, was KORN & PITZKE (1988) feststellten: "Doch die Vorstellung, wie sich unsere häufigeren Kleinsäuger gegenüber Verkehrswegen verhalten, läßt noch lange nicht daraus schließen wie es z.B. bei Spitzmäusen und Bilchen aussieht".

3.5.1.1. Direkte Gefährdungsursachen

3.5.1.1.1. Beschaffenheit der Straßenoberfläche

Die Straßenoberfläche beeinflusst nach OXLEY et al. (1974) das Verkehrsaufkommen und die Fahrgeschwindigkeit und damit Mortalität der Kleinsäuger auf den Straßen.

Randsteine längs der Straßen erschweren Kleintieren eine Straßenüberquerung erheblich. Für **Spitzmäuse** etwa machen die senkrechten Randsteine eine Straße zur Todesfalle, in die sie leicht hinein, aber nur schwer wieder herausfinden und zur leichten Beute für Räuber werden (WEBER 1997). Auch wenn Kleintiere in der Lage wären, die Ränder zu überspringen, verharren sie oft am Fuße oder laufen an ihnen entlang. Es ist im einzelnen nicht bekannt, welche Höhe für welche Tierart ein unüberwindbares Hindernis darstellt, aber schon einige Zentimeter haben eine ausgeprägte Lenkwirkung auf bodengebundene Kleintiere (WEBER 1997). Auf der Suche nach einem Ausgang geraten die Tiere zu einem Kanaldeckel, fallen durch die Spalten und können dem Tod kaum entrinnen.

Einige **Fledermausarten** nutzen den Raum oberhalb warmer Asphaltstraßen als Jagdgründe (siehe Kapitel Attraktivität).

3.5.1.1.2. Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche

Der Begriff "Straßenrand", bzw. die Distanz/Landstrich, den ein Tier zwischen dem angrenzenden Waldrand bzw. der angrenzenden Deckungsmöglichkeit und dem Beginn der Straße zurückzulegen hat, wird in der englischsprachigen Literatur von Autoren als "verge" oder "road side" bezeichnet. Die Terminologien "road clearance" oder "right-of-way (ROW)" werden zum Teil equivalent verwendet, beziehen häufig aber den gesamten deckungslosen Bereich incl. Straße mit ein (vgl. OXLEY et al. 1974, DOUGLASS 1977, SCHREIBER 1977, ADAMS & GEIS 1983, SWIHART & SLADE 1984, BENNET 1991, RICHARDSON et al. 1997).

Nach OXLEY et al. (1974) scheinen Ausbreitungen und Wanderungen von kleinen Waldsäugetieren am stärksten durch "road clearance" behindert zu werden. Kleine Nager queren ungern Straßen, wo die deckungslose Distanz über 20 Meter beträgt. Breitere Straßen werden nahezu ausschließlich von mittelgroßen Säugern (z. B. Waschbär) passiert. OXLEYS Untersuchungen zeigten auch, daß "clearances" von 90 Metern oder mehr eine ähnlich starke Ausbreitungsbarriere für kleine Waldsäuger darstellen, wie ein Frischwasserbereich doppelter Breite. Hingegen erwiesen sich breite ungemähte Straßenrandbereiche (ROW) als ideales Habitat für kleine Säugtiere, ihre Dichte war in diesem Bereich am höchsten. Diese Areale sind nicht nur attraktiv für Grasland-, sondern auch für wenig habitatspezifische Arten (ADAMS & GEIS 1983, ADAMS 1984). Die Mortalität von Kleinsäugetieren auf Autobahnen war für jene Arten mit den höchsten Dichten im Randbereich am größten (ADAMS & GEIS 1983).

Straßenränder wirken auch auf **Igel** (*Erinaceus sp.*) attraktiv, da eine Vielzahl von Invertebraten diesen Bereich als Lebensraum nützen. Bereiche mit trockenem Laub werden von ihnen gerne tagsüber als Schlafplatz aufgesucht. Beim Mähen der Straßenränder werden häufig ruhende Tiere verletzt oder getötet (vgl. HUIJSER & BERGERS 1997, 1998).

3.5.1.1.3. Kollisionen mit Fahrzeugen

Besonders während der Paarungszeiten, aber auch beim Abwandern der Jungtiere steigt bei Klein- und mittelgroßen Säugern die Gefahr des Überfahrenwerdens (OXLEY et al. 1974). Während der Hauptpaarungszeiten sind vor allem männliche Tiere vom Straßentod betroffen. Sie vergrößern ihre Streifgebiete und zeigen erhöhte Aktivität. Die Einbindung der Verkehrswege in die Landschaft, das Verkehrsaufkommen und die Fahrgeschwindigkeit korrelieren ebenfalls häufig mit den Opferzahlen. Im Folgenden seien einige Ursachen und Folgen des Straßentodes vor allem bei in Wien geschützten Arten aufgezeigt.

Die Studien über **Igel** unter dem Einfluß von Straßen und Verkehr beschränken sich auf Länder nördlich von Österreich und betreffen dadurch zum Großteil Braunbrustigel und nicht den in Wien vorkommenden und streng geschützten Weißbrustigel. Aufgrund ihrer ähnlichen Lebensweise ist ein Vergleich der beiden Arten und eine Übertragung der Ergebnisse auf den Weißbrustigel zum Großteil jedoch zulässig. Igel bevorzugen Hecken- und Parklandschaften mit guter Deckung und kommen häufig in der Nähe menschlicher Behausungen vor, agrarisches Land wird von ihnen als Lebensraum weniger genutzt. Aufgrund ihrer Lebensraumpräferenz ist der größte Anteil an Straßenverkehrsoffern in Siedlungsrandbereichen zu verzeichnen (z.B. BERTHOUD 1980, REICHHOLF & ESSER 1980, REICHHOLF 1989, MULDER 1996, HUIJSER & BERGERS 1997, HUIJSER & BERGERS 1998). Die meisten Igel werden im besiedelten Gebiet, v.a. in Dörfern, Vorstädten oder an Stadträndern überfahren. Da in kleinen Dörfern die Populationen entsprechend klein sind, scheint der Fortbestand der Populationen bei vielen überfahrenen Weibchen in Gefahr (KRISTIANSOON 1990, zit. aus Mulder 1996, vgl. auch REICHHOLF & ESSER 1980). BERTHOUD (1982, zit. aus Mulder 1996) ist hingegen der Ansicht, daß die Dezimierung durch Verkehrsoffer einer Population keinen wirklichen Schaden zufügt. Beobachtungen von REICHHOLF (1984) zeigten, daß sich Straßenverkehrsverluste auf den Siedlungsrandbereich stark befahrener Straßen konzentrieren. Die Verkehrsdichte korreliert auch in anderen Untersuchungen positiv mit der Zahl der Opfer. Vor allem dort, wo gutes Igelhabitat, wie Hecken oder Waldbereiche bis an die Straße heranreicht, erhöht sich die Gefahr der Straßunfälle um fast 50%. Aber auch grasbewachsene Straßenränder erhöhen das Unfallrisiko (vgl. HOLIŠOVÁ & OBRTTEL 1986, HUIJSER & BERGERS 1998). Nach neuen Untersuchungen scheinen Igel dazu zu neigen, Straßen so schnell wie möglich und auf kürzestem Weg zu queren, was der generellen Meinung, Igel rollen sich bei Herannahen eines Autos ein, offensichtlich widerspricht (ELLENBERG et al. 1981, MULDER 1996). Männliche Tiere sind wie bei anderen Arten vom Verkehrstod stärker betroffen (59-80%), da sie aufgrund der Partnersuche früher aktiv werden (HUIJSER & BERGERS 1997) und generell eine höhere Laufaktivität zeigen als Weibchen. Männchen nehmen zwischen März und Juli zahlreiche Ortsveränderungen vor, Weibchen ändern ihren Wohnort oft kurz vor dem Wurf. Während dieser Zeiten steigt das Unfallrisiko (vgl. BERTHOUD 1980). Das Häufigkeitsmuster der Todesfälle von Igeln auf Straßen verschiebt sich jahreszeitabhängig bei Adulten und Juvenilen (z.B. HUIJSER & BERGERS 1997) und ist bestandsabhängig (REICHHOLF 1984, 1989). Insgesamt gesehen gehört der Igel, der in

Mitteleuropa wenige natürliche Feinde hat, zu den durch den Straßenverkehr besonders gefährdeten Arten (SMETTAN 1988).

Auch beim Langschwanzwiesel sind männliche Tiere stärker durch den Straßenverkehr gefährdet. Sie vergrößern zur Paarungszeit ihr Streifgebiet ebenso wie das Hermelin. In Washington waren alle Verkehrsoffer, die während einer vierjährigen Studie von Mai bis August beobachtet wurden, männlich (BUCHANAN 1987). **Hamstertotfunde** an Straßen wurden von NICOLAI (1994) ausschließlich von Juli bis September gefunden. In Jahren mit gutem Bestand war die Anzahl der Opfer entsprechend höher.

Beobachtungen am **Großen Abendsegler** zeigen im Gegensatz zu vielen anderen Tierarten, daß sie an Straßen jagen, ohne sich vom Verkehr stören zu lassen. In der Regel jagen sie über Baumwipfeln, sodaß Kollisionen insofern eher vermieden werden können (BAY & RODI 1991, KIEFER & SANDER 1993). Bei der **Wasserfledermaus**, der **Zwerg-** und **Rauhhaufledermaus** sind die Flughöhen so gering, daß sie unter Straßenbrücken durchfliegen und so Kollisionen entgehen. Bei Zwergfledermaus, **Braunem** und **Grauem Langohr** und der **Bartfledermaus** scheinen hingegen tödlich ausgehende Kollisionen keine Einzelercheinung zu sein (ELLENBERG et al. 1981, MADER 1981, BAY & RODI 1991, RECK & KAULE 1993). Gefährlich kann für Fledermäuse die Bildung langer Vegetationskanten werden, die durch gleichaltrige, hochwachsende Gehölze entstehen. Sie können in solchen Schneisen von plötzlich auftretenden Hindernissen überrascht werden, was eine mögliche Erklärung für den Straßentod sein kann (vgl. BAY & RODI 1991).

In den langjährigen Erhebungen der Fledermäuse Wiens (SPITZENBERGER 1990) konnten Wasserfledermaus und Große Bartfledermaus nur im Lainzer Tiergarten nachgewiesen werden. Sämtliche vorliegende Wochenstubennachweise und sichere Hinweise auf Existenz von Wochenstuben stammen aus diesem Bereich. In den ehemaligen Wiener Auen jagen heute noch Abendsegler, Zwerg- und Rauhhaufledermaus. Der Schönbrunner Schloßpark sowie hohe Gebäude der Bezirke nördlich der Donau und am südöstlichen Stadtrand werden v.a. vom Abendsegler genutzt. Im dicht verbauten 1. Bezirk kommen immerhin u.a. Kleine Bartfledermaus, Zwergfledermaus, Abendsegler und Graues Langohr vor.

Für **Spitzmäuse** stellt der Straßenverkehrstod kein direktes Problem dar (SPITZENBERGER 1999, pers. Mitt.). Sie sind in ihrem Verhalten gegenüber Straßen mit Wühlmäusen vergleichbar und verlassen nur ungern ihre Deckung. Mit zunehmender Straßenbreite wird der Barriereeffekt verstärkt, wodurch überfahrene Spitzmäuse am ehesten auf Forststraßen gefunden werden.

Eine vierjährige Analyse von KUTZER & FREY (1979) von **Feldhasen**-Fallwild im Marchfeld zeigte, daß 10 - 15% des jährlichen Nachwuchses dem Straßenverkehr zum Opfer fallen. Junghasen sind im Umgang mit Straßenverkehr unerfahren und unberechenbar und besonders gefährdet. Bei den adulten Tieren finden sich vermehrt Ramlern unter den Verkehrsopfern (vgl. auch ELLENBERG et al. 1981). Im Frühjahr auf der Suche nach Häsinnen, sind die Männchen vom Paarungstrieb so eingenommen, daß sie den Straßenverkehr kaum wahrnehmen und oft plötzlich die Fahrbahnen überqueren. Bei trockenem Wetter sind die Verluste fast doppelt so hoch, was sowohl mit dem Fahrverhalten als auch mit der Bewegungsfreude der Hasen zusammenhängen kann. Die meisten Unfälle treten im Gegensatz zum Igel in Bereichen auf, wo die Straße an Felder grenzt oder zwischen Feldern und Waldbereich verläuft (HOLIŠOVÁ & OBRTTEL 1986, REICHHOLF 1989). Sowohl in Österreich (KNOFLACHER 1981) wie auch in Tschechien (HOLIŠOVÁ & OBRTTEL 1986) zählt der Feldhase zu den Wildarten, die im Straßenverkehr am häufigsten getötet werden.

Bei **Dachsen** fallen die meisten Totfunde auf Straßen ebenfalls mit den Hauptpaarungszeiten im zeitigen Frühjahr und Spätsommer und mit dem Abwandern der Jungen zusammen. Nach VAN APELDOORN (1997) sind Opfer vorwiegend Adulte und reproduktive Weibchen. Mehrere Faktoren wie erhöhte Verkehrsdichte durch Tourismus und Spitzen des Berufsverkehrs zu Zeiten, wo der Dachs in seinen Bau zurückkehrt, überlagern sicherlich diese Daten (DAVIES et al. 1987, AARIS-SØRENSEN 1995, WALLISER et al. 1997). Viele Tiere scheinen durch kleine Straßen und Bundesstraßen gefährdet, die beiderseits an Felder bzw. an Wälder grenzen und in der Nähe von Siedlungen und größeren Städten liegen (AARIS-SØRENSEN 1995, WALLISER et al. 1997).

MADSEN (1996) untersuchte Straßenfallwilddaten beim **Fischotter**. Mehr als die Hälfte der getöteten Tiere waren adult und zum überwiegenden Teil männlich. Die hotspots der Unfälle

liegen bei Fischottern häufig in der Nähe von Brücken und Durchlässen und nahe an Gewässern. So ungewöhnlich es klingen mag, bevorzugen es Otter, ein Gewässer entlang der Straße auf einer Brücke zu queren anstatt es zu durchschwimmen. Sie sind nach MADSEN (1990, zit. nach Madsen 1996) weder in der Lage, die Geschwindigkeit herannahender Autos abzuschätzen noch lernen sie, den Verkehr zu vermeiden. Autobahnen/Straßen 1. Ordnung und Straßen 2. Ordnung stellen die größten Gefahrenquellen dar.

In Dresden wurden die meisten Fischotterverluste durch den Straßenverkehr verursacht (KUBASCH 1987, zit. aus Reck & Kaule 1993).

3.5.1.1.4. Attraktivität der Straßen

Einige **Fledermausarten** nutzen den Raum um Straßenlaternen und oberhalb warmer Asphaltstraßen als Jagdgründe (s. Veränderung von Lichtverhältnissen). Zusätzlich dienen ihnen lineare Landschaftselemente wie Straßen zur Orientierung im Raum (HELMER & LIMPENS 1998, zit. aus Kiefer & Sander 1993) und als Flugschneisen für ihre Jagd (BENNET 1991). Fliegen sie ihnen entlang zu ihren Jagdgebieten, die sie mehrmals pro Nacht wechseln, erhöht sich die Unfallwahrscheinlichkeit.

Gerade nach Regenfällen sind Straßen oft Anziehungspunkte für **Igel**, da sich ihnen ein reichliches Angebot an Regenwürmern und Schnecken bietet (z.B. ELLENBERG et al. 1981, REICHHOLF 1989). Doch generell scheinen Igel nicht auf Straßen nach Nahrung zu suchen (MULDER 1996).

Wenig befahrene Straßen werden gerne von Räufern wie Fuchs und **Wolf** benutzt, da sie als übersichtliche "Wanderpfade" ein Jagen ohne Vegetation und andere Behinderungen zulassen (BENNET 1991).

3.5.1.1.5. Veränderungen von Lärmverhältnissen

Es gibt nur wenig Untersuchungen, die Auswirkungen von Lärm auf wildlebende Tiere nachweisen. Es zeigt sich jedoch, daß v.a. die Art des Lärms großen Einfluß auf die Reaktion der Tiere hat, und Gewöhnungseffekte häufiger bei regelmäßigem Lärm von gleichbleibender Intensität zu beobachten sind. Sogar **Fledermäuse** gewöhnen sich derart an Verkehrslärm, daß sie ihre Quartiere in Hohlkästen von Autobahnbrücken anlegen (MADER 1981, KNOLLE 1988, MACZEY & BOYE 1995, FREITAG & FRIEDRICH 1996). Beeinträchtigungen der

Reproduktion durch Lärm konnten bei Haustieren und Ratten festgestellt werden (MACZEY & BOYE 1995). Experimente mit hochfrequenten Signalen (≥ 130 dB) führen bei Ratten zu epileptischen Anfällen. Doch nur unter Laborverhältnissen können Mäuse und Ratten durch Signale gezielt von bestimmten Arealen ferngehalten werden. Auch langjährige Versuche brachten keine wirksamen Mittel zur Vergrämung oder Vertreibung von schädlichen Nagern (SPROCK et al. 1967). Der Einsatz von Explosions- und Ultraschallgeräuschen, aber auch das Vorspielen von arteigenen Angst- und Alarmrufen zeigen bei der Schermaus keine erfolgversprechende Wirkung (MACZEY & BOYE 1995). Für Räuber wie **Dachs**, **Wildkatze** und **Baummarder** können im Nahbereich von Straßen nach MADER (1981) sehr wohl Störungen durch Lärm in Betracht gezogen werden. Auch der amerikanische Grizzly (*Ursus arctos*) bewohnt Habitate in der Nähe von wenig befahrenen Straßen nach Beobachtungen von MCLELLAN & SHACKLETON (1988, zit. aus Bennet 1991) weit weniger als erwartet. Vorhandene, attraktive Ressourcen wie Nahrung, Brutraum oder Sozialpartner scheinen die Fluchtbereitschaft von Tieren jedoch im allgemeinen zu mindern (MACZEY & BOYE 1995).

3.5.1.1.6. Veränderungen von Lichtverhältnissen

Künstliche Lichtquellen im Straßenbereich locken Insekten an, die ihrerseits für Kleinsäugerarten attraktive Nahrungsquellen darstellen. Diese werden unweigerlich in eine neue Gefahrenzone katapultiert (vgl. MADER 1981). Drei Lampentypen locken Insekten unterschiedlich stark an. *Quecksilber(Hg-)Lampen* (blau-weißes, incl. UV-Licht): größte Anziehungskraft, *Niederdruck Natrium(Na-)Lampen* (monochromes, oranges Licht): mittlere Anziehungskraft, *Hochdruck Natriumlampen* (helles oranges, incl. UV-Licht): keine Anziehungskraft.

Fledermausarten, die an den freien Luftraum angepaßt sind, nutzen dieses Insektenangebot und jagen vermehrt in der Nähe von Straßenlaternen. Mit ihren langen schmalen Flügeln fliegen sie schnell und können auf engem Raum schlecht manövrieren (z.B. *Nyctalus*, *Eptesicus* und *Pipistrellus*). RYDELL (1991) beobachtet in Südschweden durchschnittlich eine fünf mal höhere Dichte an Nordfledermäusen in beleuchteten Abschnitten, wobei die höchsten Konzentrationen im April, Mai, September und Oktober auftreten. In diesen Monaten ist die Verfügbarkeit an Insekten bzw. deren Abundanz in der Umgebung am geringsten (SPEAKMAN 1990, DE JONG & AHLÉN 1991). Hingegen können Arten, deren Echoortung nicht an offene Landschaften adaptiert ist (z.B. *Myotis* und *Plecotus*), das

Nahrungsangebot im Bereich der Straßenlampen nicht zu ihrem Vorteil nutzen (HAFFNER & STUTZ 1985/86, BLAKE et al. 1994, RYDELL & RACEY 1995).

3.5.1.2. Indirekte Gefährdungsursachen

3.5.1.2.1. Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Barrierewirkung

Kleinsäuger sind verhältnismäßig schnell in der Lage, sich auf ändernde Umweltverhältnisse einzustellen. In einem für Straßenbauzwecke gerodeten Bereich waren sie nach MADER (1981) innerhalb weniger Tage fähig, ihre Mobilitätsmuster an neue Struktur- und Mikroklimasituationen anzupassen. Die neuen Lebensräume liegen seinen Angaben nach bandartig oder in Zonen parallel zur Verkehrsstraße. Unabhängig von der raschen Anpassungsfähigkeit stellen Straßen für Kleinsäuger Barrieren dar, die ihr Wanderverhalten in unterschiedlichem Maße einschränken.

Das Ausmaß der Trennwirkung von Straßen auf Kleinsäuger (*Apodemus*, *Clethrionomys*, *Microtus*, *Peromyscus*) wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich bewertet. Untersuchungen an schmalen Straßen mit sehr geringem Verkehrsaufkommen zeigen, daß keine (MADER 1979, 1981, 1984) bzw. wenige Kleinsäugerindividuen die Straßen queren (SWIHART & SLADE 1984, MERRIAM et al. 1989). Ein Absinken der Abundanzen und auch der Körpergewichte mit zunehmender Straßennähe wurde beobachtet. Die wirksame Breite der Straße ist also erheblich höher als die tatsächliche (MADER 1979). Bereits schmale nicht asphaltierte Straßen können einen starken inhibitorischen Effekt mit bedeutenden Einflüssen auf die Erhaltung der genetischen Diversität haben (MADER 1979, SWIHART & SLADE 1984, MERRIAM et al. 1989). Die Trennwirkung scheint zum Teil unabhängig vom Verkehrsaufkommen zu sein (MADER 1981, MERRIAM et al. 1989).

Dem gegenüber bestehen Annahmen, daß die inhibitorische Wirkung der Straßen auf Kleinsäuger weit geringer ist als von oben genannten Autoren angenommen. Es existiert zwar ein direkter Zusammenhang zwischen Straßenbreite und Überquerungshäufigkeit, jedoch nur sehr breite Straßen (z.B. Autobahnen) mit viel Nachtverkehr sind in der Lage, Nagerpopulationen aufzuspalten (KORN & PITZKE 1988, SMETTAN 1988, KORN 1991).

Für die Rötelmaus können nach BAKOWSKI & KOZAKIEWICZ (1988) schmale Straßen möglicherweise eine Einschränkung der Ausbreitung, also eine quantitative Barriere bedeuten. Der Barriereeffekt kleiner Straßen ist jedoch nicht groß genug, um einen

Individuenaustausch zwischen den beiden Straßenseiten zu verhindern (KORN & PITZKE 1988, 1993, MERRIAM et al. 1989). KOZEL & FLEHARTY (1979) stellen auf zwei- und vierspurigen Schnellstraßen keine Querungen von nordamerikanischen Kleinsäugetieren fest, während bei Schotterstraßen einige nachgewiesen werden, ähnliche Ergebnisse erhält WILKINS (1982). OXLEY et al. (1974) sehen den deckungsfreien Bereich (road clearance) als den bedeutendsten inhibitorischen Faktor für kleine Waldsäuger (s. Kap. 3.5.1.1.2., Straßenrandbereiche). RICHARDSON et al. (1997) bezeichnen große Straßen (über 20 Meter) als signifikante, aber permeable Barrieren und sowohl deckungslose Distanz wie Verkehrsintensität tragen zum Barriereeffekt bei. Aber es besteht kein Beweis, daß sie als selektive Filter für Nagetiere wirken und genetische Isolation bewirken.

Für **Spitzmäuse** werden von KORN (1991) zwar keine Straßenquerungen beobachtet, doch wird vermutet, daß sie sich ähnlich wie kleine Nagetiere verhalten. Nach SPITZENBERGER (1999, münd. Mitt.) sind Spitzmäuse in ihrem Verhalten gegenüber Straßen am ehesten mit Wühlmäusen vergleichbar, da sie ähnliche Arealgrößen besitzen. Verinselungseffekte infolge von Straßen sind sehr wohl möglich.

Für das **Große Mausohr**, die **Kleine** und die **Große Bartfledermaus** sowie das **Braune** und **Graue Langohr** stellen Straßendämme Barrieren dar, die relativ selten überquert werden (BAY & RODI 1991).

BERTHOUD (1982, zit. aus Mulder 1996) fand heraus, daß die Autobahn entlang des Nordrandes des Genfersees eine absolute Barriere für **Igel** bedeutet, es wurden nie Tiere am Mittelstreifen gefunden. Durch hohes Verkehrsaufkommen während der Nacht können Straßen zu effektiven Barrieren werden, da die Igel zurückweichen (BONTADINA 1991, zit. aus Mulder 1996). Breitere Straßen haben größere Barrierewirkung als schmälere, aber weniger Verkehrsoffer. Die Trennwirkung wird durch beleuchtete Straßen noch erhöht (HUIJSER & BERGERS. 1998, vgl. auch BONTADINA 1991, zit. aus Mulder 1996).

Für **Hasen** stellen nach Untersuchungen von PFISTER et al. (1979, zit. aus Ellenberg et al. 1981) breite und tiefe Gewässer sowie breite Autostraßen die schärfsten Populationsgrenzen dar. Selbst schmale Straßen werden von reinen "Feldhasen" ungern überquert. Über neue Straßen hingegen, die ihr Revier durchschneiden, versuchen sie immer wieder zu wechseln -

sie werden damit zur Hasenfalle. Gerade am Beispiel des Hasen zeigt sich, wie unverhältnismäßig stark neue Trennlinien Tierpopulationen beeinträchtigen können.

Für Räuber wie **Fischotter**, **Iltis** und **Dachs** sind Flächeneinbußen und Biotopverluste durch Straßenbauten häufig Ursachen für Abwanderungen oder lokales Aussterben (MADER 1981). Die Zunahme von Straßen und Verkehr führt zu immer größeren Isolationen von lokalen Dachspopulationen (LANKESTER et al. 1991). Fischotter, **Wasser-** und **Sumpfspitzmaus** leiden unter der Verschlechterung der Wasserqualität, dem Uferausbau und der Begradigung der Fließgewässer, die zum Teil mit Straßenbau und -verkehr Hand in Hand gehen.

Tiere, die am Ende der Nahrungskette stehen, wie der **Luchs** haben einen überdurchschnittlich hohen Raumbedarf. Durch Straßen zerschnittene Kleinpopulationen sind nur durch einen Austausch mit benachbarten Populationen auf Dauer lebensfähig (SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLGIE 1995).

3.5.1.2.2. Veränderungen des Mikroklimas

Der Wechsel von der Straße zum Waldbereich ist gekennzeichnet durch einen mikroklimatischen Übergang vom ein- und abstrahlungsintensiven Standort mit hoher Luftbewegung und starken Temperaturschwankungen in einen Bereich gedämpfter Temperturamplituden, geringem Strahlungsaustausch und minimaler Luftbewegung (MADER 1979). V.a. wo Straßen Waldbereiche durchschneiden, sind Mikroklimaschwellen deutlich ausgeprägt. Tierarten, die an derart extreme Umweltverhältnisse angepaßt sind, können den straßennahen Bereich als Lebensraum nutzen (vgl. MADER 1979). Warme Straßenbelege locken Insekten an, die ihrerseits Nahrungsquellen für **Fledermäuse** darstellen (KIEFER & SANDER 1993). BAY & RODI (1991) vermuten, daß von ihnen gefundene **Zwergfledermäuse**-Totfunde bei der Verfolgung von Beuteinsekten an der mikroklimatisch begünstigten Südseite eines Straßendamms in den Verkehrsbereich gelangten.

3.5.1.3. Annahme von Querungseinrichtungen

Bei den Fährtenenerhebungen in 17 Durchgängen in der Nähe von Madrid, die für temporäre Wasserläufe gebaut wurden (ØLänge: 13,1 Meter, ØHöhe: 1,2 Meter, ØBreite: 1,2 Meter), können am häufigsten Mäuse, **Spitzmäuse** und **Hasen** beobachtet werden (YANES et al. 1995). Von den wenigen Querungsnachweisen mittelgroßer carnivorer Arten werden am

häufigsten **Wildkatzen**fährten gefunden. Auch ROSELL et al. (1997) beobachten bei ihren Untersuchungen von Durchlässen, Über- und Unterführungen vor allem Kleinsäuger und Carnivore. Die meisten Wirbeltierquerungen finden im Frühling statt, die wenigsten im Herbst, wobei die saisonale Unterschiede bei Carnivoren und Kleinsäufern am geringsten waren. Der Querungsindex für Kleinsäuger korreliert negativ mit der Straßenbreite bzw. der Länge des Durchgangs. Eine positive Korrelation ist mit der Höhe, Breite und Offenheit des Durchgangs gegeben. Sowohl Tunnelausmaße und -gestaltung, wie auch die unzweckmäßige Anlage von Zäunen sind für die Effektivität der Durchgänge mitbestimmend. Nach Untersuchungen von ROSELL et al. (1997) hindert Wasser am Eingang oder im Inneren von Durchlässen Kleinsäuger am Passieren, natürliches Substrat am Boden der Bauwerke fördert hingegen die Annahme. Kaninchen sind bei der Wahl von Passagen äußerst selektiv. Sie meiden enge Bauwerke und bevorzugen solche, die freien Blick auf die gegenüberliegende Seite gewährleisten. **Mustelide** bevorzugen Bauwerke, die mit der Umgebung auf gleicher Höhe liegen. **Dachs** und Baummarder nehmen Unterführungen mit natürlichem Untergrund eher an. Den Fuchs sehen oben genannte Autoren als einen der selektivsten Arten in Bezug auf Länge der Unterführung und Offenheit.

Bei Überführungen ist ebenfalls die Breite/Weite des Bauwerks für die Annahme durch Wildtiere entscheidend, sie steigt mit größerer Breite und besserem Bewuchs (KELLER & PFISTER 1997). Bei Untersuchungen von ADAMIČ & JONOZOVIČ (1996) zeigt sich, daß Unterführungen von **Braunbär**, Fuchs, Steinmarder, **Feldhase** und **Dachs** angenommen werden. Großen Carnivoren meiden hingegen Überführungen, sie werden nur von mittelgroßen Säugern akzeptiert. Neben Gestaltung und Größe dürfte bei Unterführungen nach ihren Ergebnissen auch der Lärm einen negativen Einfluß auf die Effektivität spielen.

3.5.1.4. Straßenränder als Lebensräume und Ausbreitungsstrukturen

Straßenränder dienen einer Vielzahl von Insekten als Lebensraum und bieten ebenso vielen Kleinsäufern neue Nischen, sie sind Streifen maximaler Ressourcenangebote und höchster Artenvielfalt (vgl. z.B. ADAMS & GEIS 1983, MADER 1981, MADER 1979, VAN APELDOORN 1997). Bodenbrütende Vögel und Kleinsäuger nutzen die dichte Bodendeckung als Brutstätten, Schutz vor Räubern und als Nahrungsquelle. Das Mähen der Randbereiche kann demnach bedeutende Auswirkung auf Tierarten nach sich ziehen (WILKINS & SCHMIDLY 1981, MEUNIER et al. 1999). Auch MEUNIER et al. (1999) stellen eine vergleichsweise hohe

Artenvielfalt an Kleinsäugetern im ungemähten Straßenrandbereich fest. CLEVENGER (1997) erzielt die höchste Kleinsäugeterdichte im Mittelstreifen und die geringste im ROW. Für kleine Arten stellen Korridore lineare Habitate dar, die die Verbindung zwischen Populationen gewährleisten und weniger als Wanderkorridore dienen (MEUNIER et al. 1999). Vor allem in ausgeräumten agrarischen Landschaften sind reich strukturiert Randbereiche wichtige Elemente, die verinselte Waldbereiche verbinden und so den negativen Effekt der Straßen mildern (vgl. BENNET 1991, MEUNIER et al. 1999). Habitatkorridore haben generell eine große Akzeptanz als einfache und praktische Schutzmaßnahme erfahren und werden nun in viele Landnutzungspläne und Schutzstrategien eingebaut (BENNETT 1990). Auf spezielle Gefahren für die Tierwelt in Bereichen nahe der Fahrbahnen wird in anderen Kapiteln (s. auch Kap. 3.5.1.1.2., Straßenränder) hingewiesen.

3.5.2. Jagdbares Wild

3.5.2.1. Beeinträchtigung von jagdbaren Wildarten durch Straßen

Nach österreichweiten Untersuchungen (KNOFLACHER 1981) zeigte sich ein überdurchschnittlich hoher Einfluß des Straßenverkehrs bei Maderartigen und Feldhasen. Von den jagdbaren Vogelarten erleiden Fasane die höchsten Fallwildzahlen durch den Straßenverkehr, unter den Schalenwildarten treten die höchsten Zahlen beim Rehwild auf. Bei letzterem ereignen sich in den Monaten September bis Februar die meisten Unfälle in den Nachtstunden, im März bis August steigt der Anteil der Dämmerungsunfälle, zu einem großen Teil verursacht durch die verstärkte Straßennutzung durch Menschen. Nach ELLENBERG et al. (1981) lassen sich in der Unfallhäufigkeit von Schalenwild in der Regel zwei Aktivitätsspitzen im Bereich Mai bis Juli und September bis November erkennen. Art- und geschlechtsspezifische biologische Rhythmen wirken auf das Unfallgeschehen ein. Zu Zeiten höherer Aktivität und Mobilität, wie etwa während der Brunft, steigen die Unfallanteile männlicher Tier signifikant an. Die Weibchen verunglücken vor allem im Frühjahr, wenn sie die Einstände wechseln. Abend- und Nachtstunden mit den Dämmerungsphasen sind generell die unfallträchtigsten.

Doch nicht nur zeitliche, auch räumliche Gegebenheiten bestimmen das Unfallgeschehen mit (z.B. ELLENBERG et al. 1981, MADER 1981). Überall, wo Komponenten des Jahreslebensraumes einer Tierart durch Straßen voneinander getrennt werden und traditionelle

Wildwechsel die Straße queren, kommt es zu Unfallschwerpunkten. Stellen, wo der Wald bis nahe an die Straße reicht, werden zu neuralgischen Punkten, da das Wild versucht, möglichst lange in Deckung zu bleiben. Besonders häufig sind Wildunfälle an Straßen, die geschlossene Waldgebiete durchschneiden und ein- oder beidseitig nahe an Waldinseln entlanglaufen. Streckenabschnitte, die auf der einen Seite von Wald, auf der anderen von Wiesen oder Gewässern flankiert werden oder mitten durch Talauen führen, die von bewaldeten Berghängen begrenzt werden, gelten ebenfalls als sehr gefährdet.

KNOFLACHER (1981) leitete aus seinen Untersuchungen ab, daß schmale, unübersichtliche Straßen mit geringer Verkehrsbelastung vom Rehwild in seinen Lebensraum miteinbezogen und regelmäßig überquert werden. Dementsprechend hoch sind die Unfallzahlen an diesen Unfallschwerpunkten. Ausgebaute, breite Straßen mit hoher Verkehrsbelastung werden hingegen nur gelegentlich überquert und wirken als Lebensraumbarriere.

3.5.2.2. Entwicklung neuer Traditionen

Durch den Bau und die Unterhaltung von Autobahnen können sich beim Wild auch neue Traditionen entwickeln (ELLENBERG et al. 1981). Amerikanische Untersuchungen berichten über vermehrtes Auftreten von Weißwedelhirsch, Schwarzbär und Elch an Straßenrändern, wobei die beiden ersten im Frühjahr die Äsungsflächen nutzen und letzterer Streusalzreste aufnimmt.

3.5.2.3. Jagdbare Wildarten in der Stadt Wien

3.5.2.3.1. Beeinträchtigung durch Lebensraumzerschneidung

Die Lobau gilt als Kernbereich des Naturschutzgebietes und Nationalparkes Donauauen, das unter anderem große **Rotwild**bestände zu verzeichnen hat. Bei der Planung neuer Verkehrswege muß dringend darauf geachtet werden, den Wildbeständen dieser großräumig lebenden Wildart eine Anbindung ans Umfeld im Norden und einen Austausch nach Süden bzw. Osten zu gewährleisten (VÖLK 1999, pers. Mitt.).

3.5.2.3.2. Beeinträchtigung durch den Straßenverkehr

Autobahnen, die die Stadt umgeben, und ihre Zubringer stellen für Wildtiere eine Barriere dar, die unter normalen Umständen nicht überquert werden kann. Alle anderen Straßen hingegen können von Tieren passiert werden und gelten somit als potentielle Gefahrenzonen.

Nach Angaben der MA 49 (REDL, PRINZ 1999, pers. Mitt.) ist die Verkehrsofferrate im Stadt Wien Bereich auf den Durchzugsstraßen, die an Waldbereiche angrenzen, am höchsten. In Wien sind davon besonders die "grünen Bezirke" wie Penzing (14.), Ottakring (16.), Hernals (17.), Döbling (19.), Floridsdorf (21.) und Donaustadt (22.) betroffen. REHWILD ist durch Kollisionen mit Fahrzeugen in Wien vor allem im Bereich der Höhenstraße und der Amundsenstraße im 14., 17., 19. Bezirk betroffen. Auf diesen Straßen ist geplant, die Verkehrsofferrate durch Reflektoren zu mindern. Das Gebiet östlich der Donau im 21. und 22. Bezirk (Lobau, Breitenlee) fordert ebenso besonders auf schnelleren Straßen häufig Verkehrsoffere bei Rehen (REDL, PRINZ 1999, SCHORSCH 1999, pers. Mitt.). In diesem Stadtteil Wiens ist auch Federwild wie FASAN und **REBHUHN** sowie **FELDHASE** vom Straßenverkehr stärker betroffen und Verkehrsoffere sind zu verzeichnen. Nach Angaben von SCHORSCH (1999, pers. Mitt.) sind Niederwildarten wie Fasane, Hasen, Rebhühner, FUCHS, MARDER und WILDKANINCHEN auch in den Bezirken 10. (Favoriten), 11. (Simmering), und 23. (Liesing) von Verkehrsverlusten betroffen. Die Hansson-Siedlung (10.) weist abhängig von der nahen A 23, Südosttangente Wien und unrechtmäßig geführten Hunden weniger Wild auf. Das "Hundeproblem" ist auch laut MA 49 (REDL, PRINZ 1999, pers. Mitt.) in Bezug zu Straßenverkehr von Bedeutung. Vor Hunden flüchtende Rehe queren Straßen oft blindlings und fallen so vermehrt Unfällen zum Opfer.

Feldhasen sind besonders an Streckenabschnitten, die durch offene Flur führen, gefährdet. Nach Untersuchungen von FREY (1999, pers. Mitt.) im Marchfeld fallen besonders Junghasen in der Zeit, wo sie selbständig werden, verstärkt dem Straßenverkehr zum Opfer. Straßenabschnitte, die von Maisäckern begrenzt werden, weisen hohe Fallwildzahlen bei Fasanen auf.

Besondere Auswirkungen von Straßenlärm auf Brutdichten von Tag- und Nachtgreifen und andere Vogelarten im Straßenbereich sind nicht bekannt, sie scheinen an den Straßenverkehr gut angepaßt (FREY 1999, MA 49 1999, SCHORSCH 1999, mündl. Mitteilungen). Die grünen Inseln im innerstädtischen Bereich werden von Kleinraubwild und Greifen bevorzugt angenommen. Turmfalken sind in allen Bezirken Wiens heimisch, Baumfalken nur in den Randbezirken. Beide Arten werden vom Straßenverkehr nicht nennenswert beeinträchtigt (FREY 1999, pers. Mitt.). Befahrene Dachsbaue sind im Wiener Stadtbereich vor allem in den größeren Parks zu finden (z.B. Sternwartepark, Hohe Warte, Nußberg), Wanderungen entlang der Gehsteige und über den Gürtel wurden beobachtet. Sie scheinen im Stadtbereich gut

etabliert und durch den Verkehr wenig beeinträchtigt (FREY 1999, SCHORSCH 1999, mündl. Mitteilungen).

3.5.2.3.3. Straßenfallwildstatistik Wien

Beim Vergleich von gesamtem Fallwild und Straßenfallwild der österreichischen Jagdstatistik 1998 bzw. 1998/99 (ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT 1999) zeigt sich, daß in Wien im Gegensatz zu den anderen Bundesländern bei den meisten jagdbaren Tierarten (Schwarzwild, Feldhase, Wildkaninchen, Dachs, Marder, Wiesel, Fasan, Rebhuhn) das Fallwild zur Gänze vom Straßenfallwild abgedeckt wird. Nur bei Rehwild, Füchsen und Iltissen sind einige Fallwildopfer anderen Verlusten zuzuschreiben.

Bei Wildkaninchen und Mardern beträgt der Anteil des Straßenfallwildes am Abschluß 36%, bei Dachsen und Rebhühnern 28% bzw 27%. Bei Feldhasen und Iltissen beträgt der Anteil 19% bzw. 17%, bei Füchsen, Wiesel und Fasane unter 15%.

3.5.3. Vögel

3.5.3.1. Direkte Gefährdungsursachen

Straßen sind linienartige Steppenelemente in der Landschaft (KUHN 1987). Sie durchschneiden Lebensräume, zusammenhängende Landschaftsteile und zersplittern oder isolieren somit oft ganze Populationen. Vögel sterben u.a. beim Überfliegen von Straßen durch Kollision mit Fahrzeugen und durch Autoantennen (BOSCH 1992, SVENSSON 1998). Viele verschiedene Faktoren, wie etwa die Übersichtlichkeit der Straße, die Verkehrsdichte, die Fahrgeschwindigkeit, sind dabei ausschlaggebend (LIDAUER 1983, FUELLHAAS et al. 1989, KRÁTKÝ 1995, REIJNEN et al. 1996).

3.5.3.1.1. Lage und Linienführung der Straße

Verschiedene Autoren (KUHN 1987, WÄSCHER et al. 1988, KELLER et al. 1996, STEIOF 1996) weisen mit ihren Beobachtungen nach, daß bei einem Straßenprofil, das höher als die Umgebung liegt, die Fluglinie der Vögel wesentlich tiefer über der Fahrbahn verläuft und es so häufiger zu Kollisionen mit Fahrzeugen kommt. Straßen die in Einschnitten verlaufen, oder von Erdwällen umgeben sind, werden in einer wesentlich höheren Fluglinie überflogen und es kommt somit zu weniger Kollisionsunfällen mit Fahrzeugen. Vor allem **Amseln** haben eine

flach und tief verlaufende Fluglinie und sind daher besonders gefährdet (WÄSCHER et al. 1988).

3.5.3.1.2. Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche

Die unmittelbare Nähe eines günstigen Nahrungsbiotopes zu einer Straße stellt für viele Vögel eine Gefahr dar (z.B. INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977). An Untersuchungsstrecken mit großer Biotopmannigfaltigkeit im Straßenrandbereich ist auch die Abundanz der Vögel am größten und die meisten verunglückten Tiere werden gezählt (SMETTAN 1988). Autobahnböschungen können Vögeln mit ihrer Vegetation Lebensraum bieten. Vor allem Heckenbrüter, allen voran **Amsel** und **Goldammer**, nutzen die Hecken im Randbereich der Straße. Autobahnböschungen sind jedoch im Verhältnis zu anderen Biototypen generell individuenärmer (SAYER & SCHAEFER 1995).

LÜPKE (1983) stellt fest, daß sich entsprechend der Biotopwahl der jeweiligen Art auch ihre Verluste im Straßenverkehr unterscheiden. Dabei sind jene Arten, die durch samentragende Unkräuter im straßennahen Bereich angelockt werden, besonders von Straßenunfällen betroffen (z.B. **Rohrsänger**, **Sperlinge**, **Hänflinge** und **Finken**; vgl. auch ELLENBERG et al. 1981). Hier könnte etwa eine rechtzeitige Mahd die Verluste mindern.

Folgende Biototypen und deren stark betroffene Arten sind nach LÜPKE (1983):

Wiesenzone	Haus- und Feldsperling, Rauch- und Mehlschwalbe, Teich- und Sumpfrohrsänger, Hänfling, Bachstelze (v.a. mit Jagdgebiet in dieser Zone)
Buschzone	Dorngrasmücke, Nachtigall, Goldammer, Rotkehlchen, Klappergrasmücke- und Gartengrasmücke, Fitis und Zilpzalp
Waldzone	Buchfink, Amsel, Blau- und Kohlmeise, Mönchsgrasmücke, Ringeltaube

Doch auch Baumalleen, bepflanzte Mittelstreifen sowie Strukturen mit Leitlinienwirkung, die quer zur Straße verlaufen, wie Gräben, Hohlwege und Staudenraine erhöhen die Kollisionsgefahr (STEIOF 1996). Sträucher und Bäume nahe der Straße sind oft als Nistplätze

attraktiv, zusätzlich bietet die Vegetation in Straßennähe den Tieren oft geeignetes Material zum Nestbau (FARAGO unpubl.). In den Heckenstrukturen der Autobahnen weisen SAYER & SCHAEFER (1995) folgende Vogelarten als nach: **Goldammer**, **Amsel**, **Gartengrasmücke**, **Buchfink** und **Sumpfrohrsänger**.

BOSCH (1992) stellt fest, daß besonders an Streckenabschnitten der Autobahn, die Waldbereiche mit Ansitzmöglichkeiten oder weite Feldfluren durchschneiden, die meisten Totfunde von **Eulen** und **Greifvögeln** auftraten. Doch auch in landwirtschaftlich nicht genutzten und offen gehaltenen Straßenböschungen können sich stabile Populationen von Wühlmäusen halten, die für Greifvögel und Eulen gut erreichbar sind. ZIMMERMANN (1987) beobachtet **Bergfinken**, die in einem durch eine Straße zerschnittenen Buchenwäldchen am Waldboden und im Straßenbereich Bucheckern aufsammelten und so mit den Fahrzeugen kollidierten. Kollisionen konnten in diesem Fall durch akustische Signale (Händeklatschen) verhindert werden.

Reich strukturierte Straßenrandbereiche mit vielfältigen Lebensräumen in der näheren Umgebung werden auch nach WÄSCHER et al. (1988) vielen Vögeln zum Verhängnis, wenn diese über die Straße wechseln. Besonders betroffen sind Waldgebiete, Feuchtgebiete und Feldgehölze, die mit ihrem Bewuchs bis dicht an die Straße reichen. Sind jedoch größere Freiflächen wie Wiesen oder Ackerflächen vorhanden, so verringert sich die Zahl der Vögel, die mit Kraftfahrzeugen kollidieren. Eine zusätzliche Gefahr stellen Blendschutzstreifen dar, die zwischen den Fahrbahnen mehrspuriger Straßen aus Heckengehölzen angelegt werden ebenso wie Heckenanpflanzungen als Lärmschutz an den Straßenrändern (WÄSCHER et al. 1988).

BAY & RODI (1991) stellen bei ihrer Untersuchung einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Höhe von straßenbegleitenden Gehölzen und tödlichen Unfällen fest. Weniger tödliche Unfälle von Vögeln kommen dort vor, wo Gehölze über das Straßenniveau hinausragen und der Horizontüberstand deutlich ausgeprägt ist. Diese Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß von hochragenden Gehölzen eine Schutzwirkung ausgeht - sie dienen Vögeln als „Überflughilfe“.

3.5.3.1.3. Kollisionen mit Fahrzeugen

Eine Vielzahl von Studien beschäftigen sich mit der quantitativen Erfassung von Verkehrsopfern. Die Zahlen der registrierten Todesopfer sind jedoch kaum miteinander vergleichbar, da die Daten mit unterschiedlichem Zeitaufwand (Entlangfahren der Straße, Abgehen der Straße, etc.) und zu unterschiedlichen Zeiten erfaßt wurden. Die Dunkelziffer der nicht gefundenen Todesopfer ist generell hoch. Zum einen werden die Tiere bei einer Kollision häufig durch den Aufprall weggeschleudert und sind nicht mehr auffindbar (LÜPKE 1983, STEIOF 1996, SVENSSON 1998) zum anderen werden viele von Beutegreifern oder Aasfressern gefressen (KORHONEN & NURMINEN 1987, SVENSSON 1998).

Artspezifische Lebens- und Verhaltensweisen

Artspezifische Lebens- und Verhaltensweisen bestimmen neben straßenbedingten Gefährdungsfaktoren (siehe unten) die Kollisionsgefahr wesentlich mit. Arten mit Lebensräumen in bodennahen Vegetationsschichten (Staudenfluren, Röhrichte, Gebüsch, Hecken, Unterholz) sind generell stärker von Kollisionen betroffen, da ihre Flugbahn beim Wechsel über die Straße meist bodennah erfolgt (STEIOF 1996). HAMMERICH (1993, zit. aus Steiof 1996) definierte dies noch genauer: Vor allem Arten mit einer Überflughöhe unter 2 bis zu 4 m sind extrem gefährdet. Freibrüter sind bei Betrachtung der Gesamtverluste durch Verluste wesentlich stärker betroffen als Höhlenbrüter (LÜPKE 1983). Bei vielen **Amseln** erhöhen v.a. drei Verhaltenseigenschaften die Unfallgefahr und werden ihnen dort zum Verhängnis, wo Brut- und Nahrungsfläche nahe an einer Straße liegen (LIDAUER 1983, WÄSCHER et al. 1988). Amseln suchen ihre Nahrung am Boden (s. Kap. 3.5.3.1.4., Attraktivität), überwinden kurze Strecken häufig im Tiefflug und tragen ihre Revierkämpfe zumeist knapp über dem Boden aus - so kommen die Tiere in engen räumlichen Kontakt mit Straßen. Rabenvögel (**Rabenkrähe, Saatkrähe, Elster**), Tauben (Straßentaube, **Türkentaube**) und Greifvögel (**Mäusebussard, Turmfalke**) hingegen sind von Kollisionen seltener betroffen, da ihre artspezifische Vorsicht und ihre Fähigkeit zu lernen, vor allem aber ihre gute Reaktionsfähigkeit und steile Auffluglinie Zusammenstößen entgegenwirken (SMETTAN 1988, WÄSCHER et al. 1988, STEIOF 1996). FUELLHAAS et al. (1989) heben in ihrer Studie als bemerkenswert hervor, daß von den häufig vorkommenden **Bachstelzen** während des gesamten Untersuchungszeitraums (ein Jahr) kein Tier zu den Totfunden gehörte. Sie führen dies auf die beobachtete gute Reaktionsfähigkeit dieser Spezies zurück. Dennoch kann gesagt werden, daß bei den meisten Vogelarten Lernvorgänge im Straßenverkehr nur eine

ganz untergeordnete Bedeutung spielen, da der Anteil an adulten, kollidierten Vögeln sonst viel geringer sein müßte.

Im Zusammenhang mit der Fortpflanzungsbiologie der Vögel können im Verlauf eines Kalenderjahres drei Zeiträume definiert werden, in denen es zu vermehrten Kollisionen von Vögeln mit Fahrzeugen kommt.

- Frühjahrszug und Revierkämpfe im Frühjahr (KUHN 1987, LIDAUER 1983)
- Brutsaison im Frühsommer/Sommer: Durch verstärkte Nahrungssuche sind Altvögel und damit noch nicht flügge gewordene Jungvögel sowie noch unerfahrene Jungvögel gefährdet (BRÄUTIGAM 1978, BLÜMEL 1980, HANSEN 1982, LIDAUER 1983, LÜPKE 1983, VIGNES 1984, STRAKA 1995, STEIOF 1996, KORHONEN & NURMINEN 1987, KUHN 1987, SMETTAN 1988, WÄSCHER et al. 1988, KUITUNEN et al. 1998, MASSEMIN et al. 1998).
- Herbstzug in die Wintergebiete (LIDAUER 1983, WÄSCHER et al. 1988, FUELLHAAS et al. 1989).

LIDAUER (1983) stellt fest, daß Männchen stärker durch den Straßenverkehr gefährdet sind. Auffallend ist eine geringere Unfallrate im Spätsommer. Sie wird mit der Zeit der Mauser und einer damit verbundenen geringeren Aktivität der Vögel erklärt (LIDAUER 1983, KUHN 1987, FUELLHAAS et al. 1989,).

Die Wettersituation spielt für die Kollisionsgefahr insgesamt eine eher geringe, aber dennoch für manche Arten entscheidende Rolle. Vor allem insektenfressende Vogelarten wie etwa **Schwalben** und **Mauersegler** jagen bei ungünstiger Wettersituation (verregneter Großwetterlage) vermehrt über den Asphaltflächen der Straßen nach Insekten, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit einer Kollision erhöht. Das Abtriften bei starkem Wind verstärkt die Gefahr zusätzlich (WÄSCHER et al. 1988, STEIOF 1996).

Verkehrsdichte und Fahrgeschwindigkeit

Die Wahrscheinlichkeit der Kollision eines Vogels mit einem Fahrzeug ist bei Betrachtung der straßenbedingten Gefährdungsfaktoren sowohl von der Verkehrsdichte als auch von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Sowohl hohe Fahrgeschwindigkeit wie auch hohe Verkehrsdichte erhöhen die Unfallgefahr (LIDAUER 1983, KUHN 1987, KORHONEN & NURMINEN 1987, FUELLHAAS et al. 1989, STEIOF 1996). Bei einer Geschwindigkeit über

40 km/h (WÄSCHER et al. 1988) bzw. über 50 km/h (HAMMERICH 1993, STEIOF 1996) ist eine deutliche Erhöhung der Opferrate zu verzeichnen. Eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeit würde demnach die verkehrsbedingte Mortalität von Vögeln herabsetzen (STEIOF 1996, KUITUNEN et al. 1998). BERGMANN (1974, zit. aus Institut für Tierökologie 1977) stellt vor über 20 Jahren fest, daß eine höhere Verkehrsdichte geringere Vogelverluste zur Folge hat - möglicherweise durch Abschreckung. In der Stadt beobachtet er relativ geringe Verluste, seiner Ansicht nach bedingt durch geringere Fahrgeschwindigkeiten.

Eine Studie an **Stadtamsel** (LIDAUER 1983) zeigt, daß nicht jede Kollision mit einem Fahrzeug für den Vogel tödlich enden muß. So weisen 52,9 % der Wiener Amseln Knochen mit ausgeheilten Frakturen auf. Aus der Häufigkeit bestimmter Frakturen kann geschlossen werden, daß ein Frontalanprall (Fahrzeuge, Fensterscheiben) die häufigste Ursache für Knochenbrüche ist. Bei Stadtamseln ist die Anzahl der geheilten Frakturen hoch signifikant höher als bei Landamseln. Trotz der Gefahrenquellen, die das dichte Straßennetz der Stadt mit sich bringt, scheint sie für Amseln ein attraktiver Sekundärlebensraum zu sein. LIDAUER (1983) führt dies auf den geringen Feinddruck und das reiche Nahrungsangebot zurück.

Häufigste Vogelarten unter den Verkehrsopfern

Am häufigsten durch Kollisionen im Straßenverkehr beeinträchtigt ist nach europäischen Untersuchungen eindeutig die umfangreichste Ordnung unter den Aves, die Sperlingsvögel. Hier sind nach vorliegenden Untersuchungsergebnissen v.a. **Amsel, Haus- und Feldsperling** und **Goldammer** betroffen, weiters **Buchfink, Kohl- und Blaumeise, Nebelkrähe, Grünling, Elster, Rauchschnalbe** und **Rotkehlchen** (z.B. KORHONEN & NURMINEN 1987, SMETTAN 1988, WÄSCHER et al. 1988, FUELLHAAS et al. 1989). Bis auf die beiden letzten sind die Arten in einem Großteil Europas das ganze Jahr anwesend. Von den Greif- und Eulenvögel scheinen nach BOSCH (1992) die **Waldohreule** und der **Mäusebussard** an Autobahnen am stärksten vom Straßentod gefährdet zu sein.

Auswirkungen auf die Population

Obwohl die Zahl der Unfallopfer im Straßenverkehr hoch ist, scheint sie keine bedeutende Auswirkung auf die Population von Vögeln zu haben. Auch viele Verluste durch den Straßenverkehr bewirkten anscheinend keinen signifikanten Rückgang der totalen Mortalität (REIJNEN & FOPPEN 1994, 1997). Nur bei Eulen, hier vor allem bei der **Schleiereule**

(BRAAKSAM & DE BRUYN 1976, zit. aus Van der Zande et al. 1980, JOVENIAUX 1985, ILLNER 1992b, beide zit. aus Reijnen & Foppen 1997, VAN DEN TEMPEL 1993), hat die Straßenmortalität einen signifikanten Einfluß auf den Bruterfolg und die Population.

3.5.3.1.4. Attraktivität der Straßen

Neben unzähligen negativen Begleiterscheinungen einer Straße scheinen in der Literatur auch immer wieder positive Nebeneffekte von Straßen auf. FARAGO (unpubl.) stellt fest, daß die Straße für Vögel durchaus auch als Nahrungsquelle attraktiv sein kann. Die Straße wärmt sich auf und speichert diese Wärme, wodurch poikilotherme Arthropoden angezogen werden. Bei stärkerer Abkühlung der Umgebung sammeln sich Arthropoden auf dem aufgewärmten Asphalt an und sind so eine leicht zu erbeutende Nahrung für insektenfressende Vogelarten (vgl. auch KUHN 1987). Aus diesem Grund locken Wärme und Regen vor allem **Amseln** zur Nahrungssuche auf die Straße (vgl. ELLENBERG et al. 1981, LIDAUER 1983). Andere Vogelarten nutzen die Straße um ein Wasser- oder Staubbad (FUELLHAAS et al. 1989, FARAGO unpubl.) zu nehmen oder um sich selbst am Asphalt zu wärmen.

Die Straßen und Straßenränder werden häufig von **Eulen, Greifvögeln, Krähen** und **Elstern** aktiv nach Aas wie etwa überfahrenen Kleinsäugetern abgesucht. Damit erhöht sich für sie die Wahrscheinlichkeit der Kollisionsgefahr (vgl. ELLENBERG et al. 1981, LÜPKE 1983, KUHN 1987, WÄSCHER et al. 1988, MÜHLENBERG 1993, VAN DEN TEMPEL 1993, KELLER et al. 1996, STEIOF 1996, SMIT et al. 1998, FARAGO unpubl.). Nach VAN DEN TEMPEL (1993) sind Arten, deren Hauptbeute die Feldmaus (*Microtus arvalis*) ist, besonders davon betroffen (z.B. **Schleiereule, Steinkauz, Waldkauz, Mäusebussard, Turmfalke**). **Greifvögel** und **Eulen** werden deutlich häufiger bei Schneelagen und Frostperioden in den Winter- und Frühjahrsmonaten Opfer des Straßenverkehrs. Bei den Mäusebussarden sind die Verluste mit der Lebensweise erklärbar. Im Winter ist die Zahl durchziehender und überwintender Bussarde höher und die Nahrungsverfügbarkeit auf den Straßen größer (BOSCH 1992). Beobachtungen anderer Autoren (SMETTAN 1988, WÄSCHER et al. 1988, STEIOF 1996,) zeigen jedoch, daß u.a. Greifvögel wie **Mäusebussard** und **Turmfalke** durch ihr artspezifisches Verhalten seltener von Kollisionen betroffen sind. Ihre Vorsicht und Fähigkeit zu lernen, vor allem aber ihre gute Reaktionsfähigkeit und steile Auffluglinie wirken Zusammenstößen entgegen (vgl. auch Kap. 3.5.3.1.3., Kollisionen).

Körnerfressende **Grünlinge** z.B. sammeln aus Fahrzeugen herausgefallenen Getreidekörner und werden so Opfer von Kollisionen (ELLENBERG et al. 1981). Nach KUHN (1987) und FUELLHAAS et al. (1989) scheint Rollsplitt für manche Vogelarten attraktiv zu sein. Sie beschreiben das Verhalten, daß **Buchfinken**, **Grünlinge** und **Stieglitze** auf die Fahrbahn fliegen um einzelne Steinchen als Magensteine aufzunehmen oder auch von Wasserlachen auf der Straße trinken.

3.5.3.1.5. Veränderungen von Lärmverhältnissen

REIJNEN & FOPPEN (1994) zeigen mit ihren Untersuchungen, daß Straßenlärm die Habitatqualität in einem Streifen neben der Autobahn vermindern kann. Die Dichte territorialer **Fitismännchen** ist in einer 0-200 m breiten Zone neben der Autobahn geringer als in einem vergleichbaren Habitat in größerer Distanz zur Straße. Es brüten in Straßennähe mehr junge Männchen und wechseln dort häufiger den Brutort als Männchen in weiter entfernt gelegenen Probeflächen (vgl. auch FOPPEN & REIJNEN 1994). Beide Autoren führen dies auf eine lärmbedingte Verminderung der Habitatqualität zurück. Für jüngere Männchen erweist es sich als schwierig, gute Territorien gegenüber älteren Männchen zu verteidigen. Einjährige Fitise sind so gezwungen, in weniger qualitatives Nistgebiet nahe der Straße auszuweichen. Dies bedeutet für die kurzlebige Spezie Fitis, daß die Reproduktionsrate in der Nähe von Straßen wesentlich geringer ist als in weiter entfernten Habitaten (SMITH 1988, zit. aus Foppen & Reijnen 1994). Auch KUITUNEN et al. (1998) postulieren in ihrer Studie eine Auswirkung des Verkehrslärms auf Singvögel, wie etwa Fitise, vor allem bei der Verteidigung ihrer Territorien. Für **Uferschnepfe**, Austernfischer, **Löffelente** und für den **Kiebitz** wird nach REIJNEN et al. (1996) eine Reduktion der Populationsdichte in Straßennähe beobachtet. Als mögliche Ursache sind Lärm und optische Reize durch den Verkehr zu sehen. Untersuchungen von ILLNER (1992, zit. aus Reijnen et al. 1996) stellen für das **Rebhuhn** eine Reduktion der Brutintensität in der Nähe von Straßen fest. Da die Straßen durch Hecken von optischen Reizen abgeschirmt waren, ist anzunehmen, daß der Verkehrslärm der ausschlaggebende Faktor war.

Nach KUHN (1987) kann ein mehrere 100 m breites Landschaftsband hinsichtlich bestimmter ökologischer Funktionen durch die von einer Straße ausgehende Beunruhigung entwertet werden. So zeigt etwa MOOIJ (1982, zit. aus Kuhn 1987), daß überwinternde **Wildgans**-Schwärme straßennahe Nahrungsgebiete nicht nutzen. Die Gänse halten von einer wenig

befahrenen Straße in der Regel mindestens 250 m Abstand, von einer viel befahrenen Straße und Autobahnen sogar 400 m. **Uferschnepfen** und **Kiebitze** reagieren noch mit wesentlich größeren Entfernungen von der Straße auf die Beunruhigung durch den Verkehr (Lärm, optische Stimuli, Vibrationen und andere Emissionen). Erst bei einer Entfernung von 500 - 1800 m, je nach Verkehrsdichte, erreicht ihre Populationsdichte Werte, die dem ungestörten Bereich entsprechen (VAN DER ZANDE et al. 1980).

Auch bei vielen Waldvögeln und Freibrütern kann durch Verminderung von Habitatqualität wie Lärm eine stark reduzierte Brutdichte in breiten Zonen in der Nähe von stark befahrenen Straßen festgestellt werden (REIJNEN & FOPPEN 1997). Auch diese Autoren bestimmten die effektive Stördistanz an Straßen. Sie variiert für Freibrüter zwischen 30 m bis 2180 m bei einem Verkehrsaufkommen von 10 000 Kfz /Tag und zwischen 75 m und 3530 m bei 50 000 Kfz/Tag. Waldbrütende Arten zeigen eine ähnliche Breite der Stördistanz von 30 bis 1500 m und von 60 bis 2800 m. Die Reduktion der Brutdichte innerhalb dieser kritischen Stördistanz variiert stark zwischen den betroffenen Arten, ist jedoch nie kleiner als 30%. In beiden Habitattypen konnte jedoch für einigen Arten eine Reduktion der Dichte von nahezu 100% festgestellt werden! Eine Reduktion der gesamten Populationsdichte für landwirtschaftlich genutztes Grünland von 39% und für Wald von 35% war die Folge. Daß der Verkehrslärm und nicht unbedingt die Straße an sich der ausschlaggebende Faktor für den Verlust sind, läßt die Studie von REIJNEN et al. (1995) vermuten. Sie beobachten bei geringem Verkehrslärm nahezu keinen Effekt der Straße auf Vögel.

U.a. wird der Faktor Lärm auch in einer umfangreichen Literaturstudie über Auswirkungen menschlicher Störungen (Freizeitaktivitäten, Fahrzeug- und Flugverkehr) auf Vögel von KELLER (1995) berücksichtigt.

3.5.3.2. Indirekte Gefährdungsursachen

3.5.3.2.1. Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Verminderung der Habitatqualität
Nach SMETTAN (1988) liegt der Einfluß des Kraftfahrzeugverkehrs in der offenen, unverbauten Landschaft in einer Größenordnung, die die Populationsdichte der Vögel insgesamt nicht wesentlich beeinflußt oder gefährdet. In der offenen Landschaft eines dicht besiedelten Areals kamen nach seinen Untersuchungen 1 – 2 % der Gesamtpopulation von

Vögel eines Gebietes durch den Straßenverkehr um, in Orten waren es 5 bis 10 % des Vogelbestandes. Straßennah lebende Tiere, deren Lebensraum durch eine Fahrbahn zerschnitten wird, erleiden jedoch wesentlich höhere Verluste. Nach STEIOF (1996) dürften von den Millionen Kollisionen zwischen Vögeln und Fahrzeugen pro Jahr überwiegend häufige Vogelarten betroffen sein, bei denen sich die Verluste vermutlich nicht erheblich auf die Populationsgröße auswirken. Sehr wahrscheinlich sind jedoch auch lokale bzw. großflächige Auswirkungen auf seltenere Arten, wie etwa **Ziegenmelker**, **Steinkauz** (aus Oberösterreich bekannt) und **Schleiereule**. Nach BAUER & THIELCKE (1982, zit. aus Kuhn 1987) ist ebenfalls bei **Rotmilan**, **Schleiereule**, **Steinkauz**, **Uhu** und **Ziegenmelker** von einer Gefährdung auszugehen.

Die Zerschneidung vieler Wälder ist nach RICH et al. (1994, zit. aus Spellerberg 1998) die Hauptursache für das Zurückgehen vieler Waldvogelarten. In ihrer Studie zeigen sie, daß sogar schmale Korridore einen Effekt auf die Verteilung und Abundanz der Vögel haben. STRAKA (1995) beobachtet an der Donauuferautobahn in Österreich den Verlust von **Waldohreule** und **Waldkauz** und stellt fest, daß die Verkehrsoffer ausschließlich in jenen Abschnitten zu finden waren, wo die Straße den Auwald durchschneidet.

Die Beeinträchtigung innerhalb eines Störbandes entlang der Straße kann für betroffene Tierarten ein gemiedener Lebensraum sein, der je nach Art unterschiedlich groß ist (VAN DER ZANDE et al. 1980). Die Populationsdichten von **Fitis**, **Kreuzschnabel** und **Baumpieper** in der Nähe von Autobahnen sind häufig geringer (s. Kap. 3.5.3.1.5., Lärm), was aber nicht unbedingt die Populationsgröße beeinflussen muß (z.B. VAN DER ZANDE et al. 1980, ELLENBERG et al. 1981, KUITUNEN et al. 1998). Für das **Rebhuhn** kann sogar beim Fehlen visueller Reize (die Straße war durch eine Hecke verdeckt) noch eine Unterdrückung dieser Art bis zu mehreren hundert Metern entfernt von der Straße festgestellt werden (ILLNER 1992a). Auch RÄTY (1979) beobachtet für Hühnervögel wie **Auerhuhn**, **Birkhuhn**, **Haselhuhn** und Moorschneehuhn in einer Zone von 0 bis 250 m neben der Straße die geringste Dichte. Der generelle Rückgang der Tetraoniden in Finnland scheint zum Teil vom Autobahnverkehr abhängig zu sein.

Auch hinsichtlich des Bruterfolges und der Nestlingsentwicklung bei **Kohlmeisen** zeigen sich entlang der Autobahnen wesentlich schlechtere Werte (BAIRLEIN & SONNTAG 1994, zit. aus

Steiof 1996). Für Wasservögel wie **Limikolen** und **Säbelschnäbler** ist eine nahe am Gewässer geführte Straße eine echte Barriere und wird in der Brutsaison zum Hindernis (KASZA 1994, zit. aus Farago unpubl.)

3.5.3.3. Annahme von Querungseinrichtungen

Wenig diskutiert wurde bis jetzt in der Literatur die Bedeutung von Grünbrücken für die Avifauna. Grünbrücken dienen u.a. Vögeln als lokale Leitlinien und erleichtern diesen dadurch das Überqueren von Autobahnen. Diese Querungseinrichtungen scheinen jedoch nur für Wald- und Gebüscharten attraktiv zu sein, die beim Queren der Straße häufiger über die Grünbrücke als direkt über die Straße fliegen. Grünbrücken können jedoch auch als Teilhabitat bedeutend sein. So integrieren einige Arten wie **Meisen**, **Mönchsgrasmücken**, **Rotkehlchen** und **Zilpzalp** während der Brutzeit die mit Sträuchern bewachsenen Grünbrücken in ihr Territorium (KELLER et al. 1996). Auch SAYER & SCHAEFER (1995) stellen fest, daß Hecken die quer zur Autobahn verlaufen, bei fast identischem Artenspektrum im Durchschnitt dichter besiedelt waren als Heckenstrukturen längs der Autobahn. Es scheint so, als würden oben genannte Arten die neue Struktur in der Landschaft als Erweiterung des Nahrungsangebotes sehen. Ist hingegen keine Grünbrücke vorhanden, so grenzen Singvögel ihr Revier zur Straße hin ab.

Die vier untersuchten Grünbrücken im Forêt de la Hardt, Schweiz (KELLER et al. 1996), trugen dazu bei, daß an verschiedenen Stellen eine Besiedlung durch Vögel über die Straße von Wald zu Wald möglich war. Die Grünbrücken scheinen jedoch hauptsächlich während der Brutsaison bevorzugt zu werden. Für die untersuchten Arten war die Grünbrücke zur Erhaltung der Lokalpopulation nicht notwendig.

3.5.4. Amphibien und Reptilien

3.5.4.1. Direkte Gefährdungsursachen

3.5.4.1.1. Beschaffenheit der Straßenoberfläche

Straßenbelag

Straßenbeläge entwickeln sich bei Regen zu einer Rutschbahn, auf der sich juvenile Erdkröten nicht mehr fortbewegen können (MÜLLER & STEINWARZ 1987), die Straße wird unüberwindbar.

Gullys

Gullys wirken als gefährliche Fallen für Amphibien und Reptilien, aus denen sich die Tiere nicht mehr befreien können (GÖBEL 1990, STROTHOTTE-MOORMANN & FORMEN 1992, BITZ & THIELE 1996). In Schächten, Gullys und Dolen kommen unbemerkt jährlich Hunderttausende von Amphibien um. THIELCKE et al. (1983) finden in den Dolen und Ölabscheidern eines Schweizer Autobahnteilstücks bei einer Kontrolle zur Laichzeit allein 296 Kreuzkröten, 3 **Erdkröten**, 3 **Grasfrösche**, 10 **Seefrösche**, 24 **Unken**, 83 Geburtshelferkröten, 6 **Laubfrösche**, 14 **Bergmolche**, 10 **Teichmolche**. Randsteine und Abwasserrinnen entpuppen sich dabei als perfekte „Leitsysteme“ in Richtung Gully (THIELCKE et al. 1983, GÖBEL 1990, HUTTER 1994).

GÖBEL (1990) berichtet von zahlreichen Fröschen, Kröten, Eidechsen, die durch zu weite Gullygitter fallen und dann verhungern, erfrieren, ertrinken oder in der Kläranlage landen. Eine große Anzahl von verendeten Amphibien in Kläranlagen wird vermeldet.

3.5.4.1.2. Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche

Randsteine

Randsteine beeinflussen die Herpetofauna in zweierlei Hinsicht. Zum einen bilden sie unüberwindbare Ausbreitungshindernisse für wandernde Tiere; so wandern adulte **Erdkröten** häufig die Straße entlang, statt sie zu überqueren (KALECK 1989, GROSSELET & LODÉ 1997).

Zum anderen stellen Randsteine besonders für kleine Tiere lebensgefährliche Fallen dar. HUTTER (1994) berichtet, daß Reptilien, vor allem **Blindschleichen** und kleine Schlangen, sich nicht mehr aus tiefen Abwasserrinnen befreien können und hier zugrunde gehen; oder sie

wandern so lange an diesem Hindernis entlang, bis sie im nächsten Gully landen (THIELCKE et al. 1983, GÖBEL 1990).

Die ca. 30 cm tiefen Rinnsteine an einem Schweizer Autobahnteilstück erweisen sich vor allem für Jungtiere und kleinere Arten als Todesfallen, in denen sie Witterung und Prädation hilflos ausgeliefert sind (GROSSELET & LODÉ 1997), und die Rinnsteine an der französischen Route Nationale stellen eine ernsthafte Bedrohung für eine dort ansässige Fadenmolchpopulation dar (SAINT GIRONS 1984).

3.5.4.1.3. Kollisionen mit Fahrzeugen

Die hohe, durch den Straßenverkehr bedingte Mortalität stellt die bedeutendste Auswirkung des Straßenverkehrs und überhaupt menschlicher Infrastrukturen auf Amphibien dar (VOS & CHARDON 1994, VOS 1997). Dem Automobil fallen mehr Kröten und Frösche zum Opfer, als allen natürlichen Feinden zusammengenommen (HEUSSER 1967). Erste Hinweise auf eine hieraus resultierende ernsthafte Gefährdung wandernder Amphibien finden sich bereits bei MOORE (1954), bezugnehmend auf das Jahr 1938. Auch CARPENTER & DELZELL (1951) und HEUSSER (1960, 1964) sehen den Autoverkehr als bedeutenden Faktor für die Bedrohung dieser Tiere.

Durch ihr Wanderverhalten sind Amphibien besonders stark durch Straßen gefährdet. Tierstraßen sind funktionsgebunden, ihre Benutzung stellt für die Tiere eine biologische Notwendigkeit dar. Die Benutzung dieser Tierstraßen ist kein willkürlicher Vorgang, der nach menschlichem Ermessen beliebig abgestellt oder modifiziert werden kann, sondern ein durch Tradition erworbenes oder genetische Fixierung aufgezwungenes Verhalten, dem die Tiere in ihrer räumlichen und zeitlichen, individuellen und populationsdynamischen Entwicklung streng unterliegen. **Erdkröten** beispielsweise vermeiden es, steile Böschungen zu überwinden, eine Dammaufschüttung in einem Tal wird sie daher möglicherweise zwingen, die angestammte Laichstraße zu verlassen und eine Überquerungsmöglichkeit mit geringerer Steigung zu suchen, keinesfalls aber werden die Tiere ihr „Vorhaben aufgeben“, das Laichgewässer zu erreichen (MADER 1981).

Populationen von Amphibien mit Laichplatzprägung, die regelmäßige Wanderungen zwischen Sommer- bzw. Winterquartier und Laichgewässer unternehmen, werden in erheblichem Maße durch Überfahren dezimiert oder erlöschen völlig (z.B. MOORE 1954, HEUSSER 1960, 1967, 1968b, HEUSSER & HONEGGER 1963, SANDER et al. 1977, KUHN 1987a, b, BAY & RODI 1991). Laut GROSSENBACHER (1981) und MÜLLER & STEINWARZ (1987) spielt

jedoch nicht nur der Straßentod der fortpflanzungsbereiten Adulti zum Laichgewässer, sondern auch das Überfahren der in der Abwanderung von demselben befindlichen frisch metamorphotisierten Jungtiere eine entscheidende Rolle. Auch die ungerichteten Wanderungen sind hier betroffen, wenngleich nicht in so auffälligem Ausmaß (BLAB 1978, KALECK 1991).

Potentiell sind alle Lurcharten aufgrund ihrer geringen physisch-physiologischen Leistungsfähigkeit (Langsamkeit, Schwerfälligkeit) gefährdet (BLAB 1986). Besonders trifft der Straßentod jedoch Arten mit großen Jahreslebensräumen, die häufiger damit konfrontiert werden, Straße überqueren zu müssen. (**Erdkröte, Feuersalamander, Grasfrosch, Springfrosch**). Die größten Opfer zollt hierbei die Erdkröte (MOORE 1954, SERMET 1970, VAN GELDER 1973, BORZER & REICHEL 1978, KUHN 1986, HEINE 1987, KUHN 1987, KROMBERG 1989), die durch ihre große Laichplatztreue und die weiten Wanderungen extrem gefährdet ist (KOLLAR 1990a). FUELLHAAS et al. (1989) geben den Anteil der Erdkröte an den von ihnen ermittelten, im Straßenverkehr getöteten Amphibien und Reptilien, mit 89,4% an, HEUSSER (1967) berichtet von der vollständigen Ausrottung einer Erdkrötenpopulation innerhalb weniger Jahre.

Auch der Grasfrosch hat mit erheblichen Verlusten durch den Straßenverkehr zu kämpfen (HODSON 1966, MÜNCH 1994), und die Geburtshelferkröte leidet aufgrund ihrer niedrigen Reproduktionsrate sehr stark unter der durch Überfahren hervorgerufenen Dezimierung (MÜNCH 1988, 1994).

Die Verlusten bei Schwanzlurchen sind ebenfalls extrem hoch. Besonders der **Bergmolch** erleidet empfindliche Populationseinbrüche, die bis zur lokalen Ausrottung der Art führen können (KROMBERG 1989, MÜNCH 1991b, 1994), aber auch **Kamm-** und **Teichmolch** sind massiv betroffen (MÜNCH 1991b, 1994). Für den **Feuersalamander** hat der Straßentod sehr große Bedeutung als limitierender Faktor, und fällt in Anbetracht der extrem niedrigen Reproduktionsrate massiv ins Gewicht (GROSSENBACHER 1981, MÜNCH 1988, 1994).

Um die Auswirkungen des Straßentodes auf die Populationsentwicklung zu ermitteln, sind bisher erst einige wenige Studien erstellt worden. Einige Simulationsmodelle (z.B. RYSER 1985, HEINE 1987) und Feldstudien setzen sich mit der Fragestellung auseinander, welche Mortalitätsrate bei einer gewissen Verkehrsdichte zu erwarten ist.

Es finden sich folgende Mortalitätsraten:

1 Kfz/h	Erdkröte: 10% (KUHN 1987),
5 Kfz/h	Erdkröte: 10% (HEINE 1987), laut Simulationsmodell,

4-12 Kfz/h	Erdkröte: 10% (KUHNS 1984),
10 Kfz/h	Erdkröte: 30% (VAN GELDER 1973),
14 Kfz/h	Erdkröte: 30% (HEINE 1987), laut Simulationsmodell,
24-40 Kfz/h	Erdkröte: 50% (KUHNS 1987b),
38-62 Kfz/h	Erdkröte: 40%, Grasfrosch : 28%, Teichmolch : 30%, Bergmolch : 60%, trotz gleichzeitiger Schutzmaßnahme durch Absammeln (MÜNCH 1989a, KROMBERG 1989),
40-60 Kfz/h	Erdkröte: 44%, Grasfrosch: 47%, Teichmolch: 49%, Bergmolch: 50%, trotz gleichzeitiger Schutzmaßnahme durch Absammeln (MÜNCH 1986, KROMBERG 1989),
44-60 Kfz/h	Erdkröte: >75% (KUHNS 1987b),
60 Kfz/h	Erdkröte: 90% (VAN GELDER 1973), 100% (KARTHAUS 1985), ein Überqueren der Straße ist vollkommen unmöglich.

Extrapoliert man diese Ergebnisse auf Bundesstraßen und Autobahnen, so erweisen sich diese als vollkommen unüberwindbare Hindernisse (VOS 1997); selbst auf sehr schwach frequentierten Straßen können die Verluste an Erdkröten für die Population beträchtlich sein (STICHT 1997).

Die potentielle Gefährdung durch den Straßenverkehr steigt mit der Tendenz fast aller Amphibien, bei Störungen auf der Straße zu verharren, anstatt zu fliehen (BLAB 1986, KALECK 1989, HENLE & STREIT 1990, MÜNCH 1994).

Das Unfallrisiko des Einzelindividuums ist neben der Verkehrsdichte von der Geschwindigkeit der Kröte (und somit ihrer Verweildauer auf der Straße), der Reifenbreite und dem Winkel der Wanderstrecke zur Straße abhängig (HEINE 1987, VOS 1997), nicht aber von der Geschwindigkeit der Fahrzeuge, die erst in dem Moment eine Rolle spielt, wenn sie so gering ist, daß sie dem Fahrer ermöglicht, rechtzeitig zu bremsen. Ebenso hat - bei gleichbleibender Verkehrsdichte - die Breite der Straße keinen Einfluß auf die Unfallrate der sie überquerenden Tiere, da sich das Tier zwar länger im Gefahrenbereich befindet, die „Trefferquote“ jedoch im gleichem Maß sinkt, wie die Aufenthaltsdauer auf der Straße zunimmt. Die abiotische Distanz verändert sich jedoch erheblich (MADER 1981). Der Einfluß der Straßenverluste auf die Population ist zusätzlich davon abhängig, wieviel Tiere aus der Population an der Wanderung beteiligt und damit dem Unfallrisiko am jeweiligen Straßenabschnitt ausgesetzt sind (RYSER & GROSSENBACHER 1989). Die Wahrscheinlichkeit, mit einer Straße konfrontiert zu werden, hängt ab von der Mobilität der Art, der Wanderdistanz und der Straßendichte (BENNETT 1991, VOS 1997).

Nach HENLE & STREIT (1990) erreicht der Prozentsatz der getöteten **Erdkröten** meist schon bei einem Verkehrsaufkommen von 10 Fahrzeugen pro Stunde den Wert der natürlichen jährlichen Mortalität adulter Erdkröten.

GROSSENBACHER (1981) geht davon aus, daß Straßentote bis zu einem gewissen Niveau durch Populationsregulation über die Größe des Laichgewässers ausgeglichen werden. Es stellt sich die Frage, ob nicht die dichteabhängige Mortalität der Larven im Laichgewässer der entscheidende Faktor ist (HENLE & STREIT 1990). Für europäische Amphibien und Reptilien stehen verlässliche Antworten noch weitgehend aus. Nach HEUSSER (1968b) kann eine Population jedoch nicht mehr überleben, wenn mehr als 20-25% der reproduktionsfähigen Individuen überfahren werden.

Zur Gefährdung von Reptilien durch direkte Konfrontation mit Kraftfahrzeugen gibt es nur wenige Untersuchungen. Sie scheinen jedoch, bedingt durch ihre helio- und thermophile Lebensweise, häufig dem Straßentod ausgesetzt zu sein (BLAB 1980). Sie leben jedoch im Gegensatz zu den meisten Amphibien ortstreu und größere Wanderungen kommen nicht vor (BAY & RODI 1991). Wenngleich Untersuchungen noch ausstehen, in denen dieser Blutzoll zur Reproduktionsrate und zu den sonstigen Schadfaktoren in Beziehung gesetzt und somit sein tatsächlicher Einfluß auf den Fortbestand der Populationen belegt wird, dürfte diesem Faktor nicht nur bei Arten mit besonders individuenarmen Beständen Bedeutung zukommen.

Unter den heimischen Reptilien gilt die **Blindschleiche** als ernsthaft durch den Straßenverkehr gefährdetes, häufiges Verkehrsoffer (LEMMEL 1977, MÜNCH 1989a, GRILLITSCH 1990a).

Schlangen sind aufgrund ihrer Körperform, ihrer langsamen Bewegungen und ihrer Vorliebe, sich auf Straßen zu sonnen, sehr gefährdet, überfahren zu werden (MADER 1981). Eine Studie von RUDOLPH et al. (1998) zur Gefährdung der Klapperschlange *Crotalus horridus* in Texas kommt zu dem Schluß, daß die Populationen aufgrund der Langlebigkeit der Individuen und der geringen Fortpflanzungsrate nur in geringem Maße durch hohe Straßenverluste belastbar sind und lastet die Seltenheit der Art in Gegenden mit dichtem Straßennetz zumindest zum Teil der hohen Mortalität im Straßenverkehr an. Unter den heimischen Schlangen erleidet die **Äskulapnatter** deutliche Verluste durch den Straßentod (FRÖHLICH et al. 1987). HODSON (1966) berichtet von überfahrenen **Ringelnattern** auf einer Nationalstraße in England in den Jahren 1959-1960, MÜNCH (1989a) von Bergeidechsen.

3.5.4.1.4. Attraktivität der Straßen

Straßen stellen in unterschiedlicher Form Attraktionspunkte dar und werden bevorzugt aufgesucht (BLAB 1986). **Bergmolch**, **Feuersalamander** und **Erdkröte** nutzen deckungsfreie Straßen gezielt als Jagdrevier (FUELLHAAS et al. 1989, MÜNCH 1994). Für viele Tiere bieten Straßen jedoch vor allem eine optimale Umgebung für die Thermoregulation. Zu Beginn der Sommeraktivität verharren besonders **Springfrosch** und **Knoblauchkröte**, aber auch **Grasfrosch** und **Erdkröte** gerne oft stundenlang eng an den Asphalt gepreßt, um mittels der abgestrahlten Wärme den Körper aufzuheizen (BLAB 1986). Reptilien bietet die Straße eine willkommene Gelegenheit, sich zu sonnen (HEUSSER 1967, RUDOLPH et al. 1998). Von der **Äskulapnatter** wird berichtet, daß sie abends nach Sonnenuntergang mehrfach noch auf warmem Asphalt beobachtet wurde (MADER 1981).

3.5.4.2. Indirekte Gefährdungsursachen

3.5.4.2.1. Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen, Ausbreitungsbarrieren

Habitatzerstörung

Bei allen Arten kommt dem Schwund ökologisch intakter Laichgewässer bzw. ihrer Entwertung als Brutplatz, mithin einem art- und dichteunabhängigen Faktor, die größte Bedeutung in der Bilanz der Schadenseinflüsse zu. Aufgrund der entwicklungsbedingten Wassergebundenheit wird das Brutgewässer zum absoluten Minimumfaktor für das Überleben der Lurchpopulationen. Damit zählt der Brutplatz zu den am wenigsten belastbaren Teilen des Grundinventars von Amphibienlebensstätten (COOKE 1972, FELDMANN 1976, Blab 1986, KYEK 1995). Individuen von Arten mit Laichplatzprägung (**Erdkröte**, **Grasfrosch**, **Springfrosch**, **Wasserfrosch**, **Kammolch**) sind aufgrund ethologischer Schranken und an Mangel aus Lernfähigkeit auch mittelfristig nicht in der Lage, nach dem Verlust des Brutplatzes andere Gewässer aufzusuchen, soweit diese nicht ausgesprochen nah dem angestammten Laichplatz liegen (<100 m), weshalb die Individuen dieser Populationen in der Folgezeit in der Regel ganz für die Arterhaltung ausfallen. Das Überleben der lokalen Bestände bei Wasserfrosch und Laubfrosch ist langfristig nur zu sichern, wenn mehrere Gewässer in lockerem Verbund stehen. Die Hauptursachen der Bestandseinbußen liegen in der Veränderung und in der Zerstörung der Lebensräume (BLAB 1986). Amphibien leiden

massiv unter der Vernichtung von Laichgewässern im Rahmen des Straßenbaus (MADER 1981).

Wagenspuren stellen wichtige Laichgewässer für **Gelbbauchunke** und **Bergmolch** dar (KUHN 1983). Der Ausbau und das Asphaltieren von Forstwegen vernichtet diese Gewässer (FELDMANN 1974, TIEDEMANN 1990a, CABELA 1990a).

Zerschneidung des Lebensraumes

Breite, intensivst befahrene Straßen bilden für Lurche unüberwindbare Barrieren zwischen verschiedenen Habitatbereichen (VAN DER SLUIS & VOS 1996, VOS 1997) und führen zum Verlust einzelner Habitatbereiche für die betroffene Population. Genfluß wird verhindert, das zusammenhängende Verbreitungsgebiet splittert in zahlreiche Inselareale auf, was sich bei Amphibien aufgrund der unterschiedlichen Ansprüche zu unterschiedlichen Jahreszeiten besonders dramatisch auswirkt (MADER 1984, LANN & VERBOOM 1990, BENNETT 1991, FAHRIG et al. 1995, GROSSELET & LODÉ 1997). Folge der Verinselung kann eine drastische Verminderung der Populationsgröße oder eine Ausrottung der Population sein (MADER 1981, MÜNCH 1988, MÜNCH 1989a, PODLOUCKY 1989, SCHLUPP & PODLOUCKY 1994, KYEK 1995, YANES et al. 1995, STICHT 1997, KNEITZ 1998). Den Individuen ist bei Schadeinflüssen auf ihr Areal eine Ausweichmöglichkeit verwehrt. Ein eventuelles lokales Aussterben durch anthropogene und natürliche „Umweltkatastrophen“ kann nicht oder nur sehr verlangsamt durch Neueinwanderung aus Nachbargebieten kompensiert werden (VAN GELDER 1973, GROSSENBACHER 1981, MADER 1985, BLAB 1986, SJÖGREN 1991, BENNETT, 1991). Die Aufspaltung zusammenhängender Areale in zahlreiche Inselareale verlängert die Arealgrenzen insgesamt beträchtlich. Arealgrenzen stellen jedoch nahezu immer Verschleißzonen dar, welche gewissermaßen vom Überschuß im Zentrum leben.

Eine hohe Straßendichte hat einen negativen Einfluß auf die Besiedlungswahrscheinlichkeit eines Gewässers (LAAN & VERBOOM 1990, SJÖGREN 1991, SINSCH 1992, VOS & STUMPEL 1996). Die Besiedlungswahrscheinlichkeit sinkt bei hoher Straßendichte auf einen Bruchteil des ursprünglichen Wertes ab.

Auch Reptilien haben mit der Verinselung zu kämpfen. Besonders kritisch ist die Zerschneidung der Jahreslebensräume von **Äskulap-** und **Würfelnatter** zu sehen, da hier verhaltensbedingt die Notwendigkeit zu ausgedehnten saisonalen Wanderungen besteht (BLAB 1980, ELLENBERG et al. 1981). Die Trennwirkung für Arten, die regelmäßig oder

saisonal Zugang zum Wasser brauchen, wie Würfelnatter und **Ringelnatter**, ist bei uferbegleitenden Straßen erheblich (MADER 1981, CABELA 1990c, FRÖHLICH et al. 1987).

3.5.4.2.2. Veränderungen des Mikroklimas

Durch direkte Sonneneinstrahlung sowie die thermischen Eigenschaften der Straßenbeläge entsteht im Bereich der Straße eine zum Teil recht beträchtliche Veränderung des Mikroklimas, was sowohl die Temperatur, als auch Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Helligkeit betrifft (MADER et al. 1988), die gerade auf wechselwarme, feuchtigkeitsbedürftige Tiere wie Amphibien massive Auswirkungen hat und somit zusätzlich zu den schon erwähnten Faktoren zur Entstehung eines Barriere-Effekts beiträgt.

Bei trockenem Wetter versuchen Jungkröten erst gar nicht, eine staubige trockene Straße zu überqueren. Eine gerade 6 m breite Straße wird zur unüberwindlichen Barriere, da kein Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung und eine Temperaturdifferenz zur Umgebung von bis zu 20°C herrscht, die Tiere würden bei ihrer Wanderung über die Straße vertrocknen. Im schattigen Straßengraben kommt es zum Jungkrötenstau. Die Tiere verweilen oder driften parallel zur Straße ab. Regenwetter führt dann zu explosionsartigen Überquerungen der wandernden Jungtiere, zu starker Regen auf der glatten Fahrbahn macht diese allerdings auch unüberwindbar (MÜLLER & STEINWARZ 1987).

Teich- und **Bergmolche** frieren bei plötzlichem Kälteeinbruch auf der feuchten asphaltierten Straße fest und sterben (MÜNCH 1989b, c).

3.5.5. **Wirbellose** (Insekten, Schnecken, Spinnentiere)

Als lineare Landschaftselemente beanspruchen Straßen einen relativ geringen Anteil der Oberfläche. Ihre ökologischen Wirkungen sind dennoch vergleichsweise hoch, da die beanspruchten Flächen völlig umgestaltet werden, die Emissionen in erheblicher Breite auf benachbarte Lebensräume wirken, durch Versiegelung der Boden und das Wasserregime wesentlich beeinträchtigt werden, und sie erhebliche biologische Barrieren darstellen (PLACHTER 1991).

In Rahmen der vorliegenden Literaturstudie werden die auf Wirbellose Tiere wirkenden Faktoren (schematische Zusammenstellungen z.B. in KAULE 1991, MÜHLENBERG & SLOWIK 1997) dargestellt und diskutiert.

3.5.5.1. Direkte Gefährigungsursachen

3.5.5.1.1. Lage und Linienführung der Straße

Der Bau von Straßen führt zur unmittelbaren Zerstörung von Lebensräumen. Dabei kann der direkte totale Flächenverlust und die daran anschließende Zone direkter, totaler Flächenveränderung im schlechtesten Fall zum Aussterben von (lokalen) Populationen Wirbelloser Tiere führen (vgl. z.B. MÜLLER-MOTZFELD 1994).

Die Offenheit von Straßen als Element der Landschaft per se, kann unter bestimmten Umständen zur Anlockung von Insekten führen. So weist der SBN (1987) auf große Verluste von Schmetterlingen hin, die in geschlossenen Waldgebieten Straßen als einzige offene Stellen aufsuchen. Gut fliegende Insekten (verschiedene **Libellenarten**) können durch die übersichtlichen Bedingungen auf Straßen angelockt werden (GEPP 1973).

3.5.5.1.2. Beschaffenheit und Management der Straßenrandbereiche

Straßenränder

Gut untersucht, da methodisch klar und einfach darstellbar, sind die Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien der Mahd bewachsener Straßenränder auf die dort lebende Wirbellosenfauna. Die Intensität der Straßenrandpflege übt direkt und indirekt (über die von ihr abhängigen Vielfalt und Strukturierung der Vegetation), einen erheblichen Einfluß auf die Zusammensetzung der Fauna aus. WASNER (1984) verglich die Laufkäfer- und Kurzflügel fauna unterschiedlich gemanagter Straßenränder und fand negative Korrelationen zwischen der Bearbeitungsintensität und den Arten- bzw. Individuenzahlen. Auch intensiv bewirtschaftete Bereichen zeigten gegenüber extensiveren wesentlich ungleichmäßigere Häufigkeitsverteilungen der Artengemeinschaften: einzelne Arten, die im Extremfall 50% Dominanz erreichten, standen zahlreichen nur in Einzeltieren nachgewiesenen, offensichtlich nicht autochthonen Arten gegenüber.

Hinsichtlich der Mahdmethode sind Schnitthöhe und Mahdtermin von großer Bedeutung. Bodennaher Schnitt auf unter 10 cm führt nicht selten zu Verletzungen der Bodenoberfläche und aufgrund der radikalen Veränderungen des Mikroklimas (Temperatur, Wind- und Sonnenexposition, Boden- und Luftfeuchtigkeit) zu stark veränderten Bedingungen für viele Wirbellose Tiere (WASNER 1984). Hohe unmittelbare Ausfälle zieht der Einsatz von

Saugmähern nach sich. Hier konnte gezeigt werden, daß der kräftige Sog neben dem Mähgut praktische alle krautbewohnenden Insekten dem Biotop entnimmt (HEMMANN et al. 1987, WASNER 1987, JANESCHITZ-KRIEGL 1998); lediglich Blindwanzen scheinen in der Lage, durch Flucht auf den Boden dem Einsaugen entgehen zu können. Der negative Einfluß auf Bodenbewohner und oberflächenaktive Organismen hält sich allerdings in Grenzen (GROßKOPF 1988). Bei einem experimentellen Vergleich verschiedener Mähmethoden (durch Quantifizierung der Beeinträchtigung jeweils eines Kraut- und eines Bodenoberflächenbewohners) schneidet das Mähen per Hand (Sense) erwartungsgemäß deutlich günstiger ab als verschiedene maschinelle Methoden; dahinter reihen sich die Mahd mittels Messerbalken, gefolgt von der Saugmäher-Methode, während durch den Einsatz des Mulchers beide Testarten am meisten betroffen waren (HEMMANN et al. 1987).

Wenn auch KOBLER (1990) kaum Unterschiede in der Laufkäfer-, Zikaden-, Spinnen- und Schneckenfauna zwischen ungemähten und ein- bzw. zweischürig bewirtschafteten Autobahnbegleitflächen feststellen konnte, so sind doch Zeitpunkt und Anzahl der Schnitte im Verlauf der Vegetationsperiode zumindest für andere Tiergruppen von Bedeutung. Vor allem kann eine frühe Mahd zur Blütezeit der meisten Kräuter zu einer plötzlichen Vernichtung der Nahrungs- und Entwicklungsressourcen einzelner Arten, oder sogar ganzer Tierfamilien und -ordnungen führen (z.B. SAYER & SCHAEFER 1995). Neben Pollen-, Samenfressern und Nektarsaugern sind davon auch jene Arten betroffen, die eine strukturreiche Krautschicht als Sitzwarte, Unterschlupf oder Winterquartier benötigen. Bei entsprechend breiten Straßenrandzonen hat sich eine zeitlich-räumliche Mahdstaffelung als günstig erwiesen. Dabei wird der an das Bankett anschließende „Intensivbereich“ zu anderen, deutlich früheren Zeiten als der nach außen anschließende „Wiesenbereich“ gemäht (WASNER & WOLFF-STRAUB 1987).

Wird das Mähgut im Lebensraum belassen, so kommt es zur Nährstoffanreicherung und damit zu einer Veränderung der Fauna. Typische Wiesenarten verschwinden und werden durch Zersetzer und Fäulnisbewohner (z.B. Asseln, Schimmelkäfer) ersetzt. Bei einer zeitlichen Entkoppelung zwischen Schnitt und Abräumung von zumindest einigen Stunden, sind zahlreiche Wirbellose in der Lage, aus dem austrocknenden Mähgut in bodennahe Bereiche oder in die außen gelegene, ungemähte Zone zu flüchten (WASNER & WOLFF-STRAUB 1987).

Straßen-Begleitstrukturen

Zu den Auswirkungen verschiedener Straßen-Begleitstrukturen liegen nur vereinzelte Daten vor. BARNA & LÜTTMANN (1988) untersuchten den Einfluß einer offenen Straßentwässerungsrinne (Betonhalbschalen) und ermittelten hohe „Fängigkeiten“ von Laufkäfern. Extreme Temperaturen und fehlende Feuchtigkeit führten zum raschen Tod der durch verwesende Schnecken zusätzlich angelockten Käfer. Auch GEPP (1987) weist auf die Gefahr von straßennahen Kanälen und Rinnen hin, in denen in erster Linie Laufkäfer gefangen werden. Eigene Beobachtungen aus Illmitz bestätigen die Fallenwirkung von Kanalöffnungen, zumal in den daran anschließenden Auffangkörben im Rahmen nächtlicher Kontrollen jeweils zahlreiche Laufkäfer und auch Wasserkäfer, wie der in Wien geschützte **Große Kolbenwasserkäfer**, gefunden werden konnten.

3.5.5.1.3. Kollisionen mit Fahrzeugen

Wesentlich bedeutender als die Ausfälle durch Straßentod ohne sekundäre Einwirkungen sind die Verluste Wirbelloser Tiere infolge von Kollisionen bzw. durch Überfahrenwerden von Fahrzeugen. Betroffen davon sind in erster Linie fliegende Insekten (passiv bewegtes Luftplankton, aktiver Flug auf der Suche nach Nahrung und Partnern etc.) im Zuge gewöhnlicher Verhaltensweisen, wie z.B. auf Wanderflügen oder nach Attraktion (s. Kap. 3.5.5.1.4., Attraktivität) durch verschiedene Bedingungen auf und an Straßen. Dabei können sowohl direkte Kollisionen mit dem Fahrzeug als auch Folgeerscheinungen der durch die Bewegung von Fahrzeugen ausgelösten Luftströmungen (Druck- und Sogeffekte, GEPP 1973) zum Tod führen. Besonders hohe Verlustanteile werden für Bienen und Hummeln angegeben (DONATH 1986, 1987, 1989).

Zahlreiche Beobachtungen liegen auch zum Verkehrstod von bodenoberflächenaktiven, kriechenden, laufenden oder springenden Wirbellosern vor. Dies betrifft sowohl Vertreter wenig mobiler Tiergruppen, wie Regenwürmer und Schnecken (häufig **Weinbergschnecke** und Spanische Wegschnecke) als auch laufaktive Organismen, wie Lauf- und Aaskäfer.

Das Ausmaß der Ausfälle Wirbelloser Tiere infolge von Verkehrstod wird durch zahlreiche Faktoren bestimmt. Für die fast ausschließlich während der Vegetationsperiode aktiven, poikilothermen Tiere bestehen selbstverständlich während des Winters kaum Gefahrenpotentiale durch den Straßenverkehr. In der warmen Jahreszeit ist die tageszeitliche

Koinzidenz zwischen tierischer und automobiler Aktivität von Bedeutung. Höchste Flugaktivitäten in den späten Nachmittags- und frühen Abendstunden im Bereich von Straßen (GEPP 1973) dürften auch entsprechende Ausfälle infolge des zu diesen Zeiten i. d. R. ebenfalls hohen Verkehrsaufkommens nach sich ziehen. In Abhängigkeit von der Witterung sind je nach Aktivitätspräferendum unterschiedliche Arten bzw. Tiergruppen betroffen; trockene und warme Verhältnisse führen zu vergleichsweise hohen Ausfällen fliegender Taxa, während feuchte bzw. nasse Bedingungen hohe Ausfälle kriechender und laufender Organismen (Regenwürmer, Schnecken etc.) nach sich ziehen.

Neben dem Verkehrsaufkommen sind die Ausfälle positiv mit der Geschwindigkeit des Verkehrs korreliert, wobei im untersten Geschwindigkeitsbereich (20-40 km/h) überdurchschnittlich hohe Zunahmen kollidierender, selbst gut fliegender Insekten (Bienen, Hummeln, **Schwärmer**) zu verzeichnen sind (GEPP 1973). Selbstverständlich ist das Unfallrisiko auch von der Querungsgeschwindigkeit bzw. von der Verweildauer der jeweiligen Tierart im Einflußbereich der Straßen abhängig (MADER 1981). HAVELKA (1980) demonstrierte erhöhte Ausfallraten bei bodenoberflächenaktiven **Ölkäfern** zu Beginn der warmen Jahreszeit, wobei die Individuen veranlaßt durch hohe Oberflächentemperaturen (siehe auch Kap. 3.5.1) längere Zeit auf dem Straßenbelag verweilten.

Gewässer und Wälder führen als vergleichsweise produktive Insekten-Lebensräume zu erhöhtem Aufkommen von Wirbellosen und in Folge zu größeren absoluten Ausfällen an benachbarten Straßen.

GEPP (1973) erhob mit Hilfe von Autokäscherfängen ein „Ausfallspotential“ fliegender Insekten von durchschnittlich 116 Individuen / Auto / Straßenkilometer (entsprechend einer Lebendmasse von 0,15 g und Maximalwerten um 5 g) und schätzte die jährlichen Ausfälle auf österreichischen Straßen auf viele hundert Tonnen und Billionen Individuen von Insekten. Sogar Fußgänger können zu geringfügigen Ausfällen invagiler Wirbelloser im Bereich von Straßen und Gehwegen insbesondere im Siedlungsbereich beitragen. GEPP (1987) berichtet von zertretenen Schnecken und diversen verletzten Gliedertieren.

3.5.5.1.4. Attraktivität der Straßen

Eine wichtige Gefährdungskomponente von Straßen und deren Begleiterscheinungen ergibt sich für (zumeist gut mobile) wirbellose Tierarten, die von auf, über oder in unmittelbarer Umgebung der Straßen herrschenden Verhältnissen aus ihrem Lebensraum in pessimale Bereiche gelockt werden.

Als wichtiger Faktor wirkt die im Vergleich zur Umgebung erhöhte Temperatur im Bereich asphaltierter Straßen. Gut fliegende Insekten werden durch die günstige Thermik (z.B. der in Wien geschützte **Segelfalter** und der **Schwabenschwanz**) angelockt (GEPP 1973), während laufende und springende (z.B. **Rotflügelige Schnarrschrecke**), zumeist thermo-, xero- und/oder heliophile Wirbellose die hohen Temperaturen der Straßenoberfläche besonders in den Morgenstunden zum Erreichen optimaler Körpertemperaturen nutzen (z.B. TAMM 1976, VON HAGEN 1984, WEIDEMANN & REICH 1995).

Neben abiotischen Faktoren der Anlockung (s. Kap. 3.5.5.1.5., Licht) spielen auch biotische eine, wenn auch untergeordnete Rolle. So läßt sich die Häufigkeit von necrophagen Aaskäfern, Nestkäfern (Catopidae) und Schmeißfliegen im Randbereich von Straßen auf die dort günstigen trophischen Bedingungen zurückführen (z.B. TAMM 1976, SUKOPP & WITTIG 1993). Folglich ist jedoch auch der Ausfall dieser Arten (v.a. Vertreter der Gattungen *Silpha* und *Necrophorus*) durch Verkehrstod relativ groß (vgl. DONATH 1987).

Auch Fehlorientierungen können zur Anlockung fliegender Insekten führen. So landen zahlreiche Wasserinsekten auf der Suche nach Gewässern auf der Straßenoberfläche, da sie von kurzlebigen Wasseransammlungen angezogen, oder von Luftspiegelungen über der heißen Asphaltdecke fehlgeleitet werden (GEPP 1987)

Selbst an Straßen aufgestellte, offene Mistkübel können in ihrer Funktion als strukturierende und anziehende Elemente (Siedlungsfalleneffekte aufgrund vergleichsweise günstiger mikrolimatischen und Ernährungs-Bedingungen) Auswirkungen auf Wirbellose Tiere zeigen. So berichtet PESCHEL (1995) von einer großen Zahl in Abfallkörben gefangenen und verendeten Laufkäfern.

3.5.5.1.5. Veränderungen von Lichtverhältnissen

Sehr „gezielt“ erfolgt die Anlockung von Insekten durch straßenbegleitende Leuchteinrichtungen. Hierbei geraten nachtaktive, sich phototaktisch positiv orientierende, zumeist fliegende Insekten „in den Bann“ künstlicher Lichtquellen und nähern sich diesen im Versuch, einen bestimmten Winkel zum vermutet natürlichen, unendlich entfernten Licht (Mond, Sterne) einzuhalten. Die Tiere sterben schließlich durch direkten Kontakt mit den heißen Oberflächen, an Erschöpfung bzw. Nahrungsmangel, durch Räuber (z.B. Fledermäuse, Spitzmäuse, Igel, Amphibien) oder durch vorbeifahrende Autos (GEPP 1987). Die Ausfälle können so ungewöhnliche Dimensionen annehmen, daß Bodenbedeckungen toter Insekten von einigen Zentimetern zu Säuberungsaktionen Anlaß geben (MAZZUCCO 1974 zit. aus GEPP 1987, SCHEIBE 1999). Die Anlockwirkung steigt mit dem Einflußbereich des abgestrahlten Lichtes und somit mit der Höhe und der Intensität der angebrachten Lampe und der Offenheit des beleuchteten Umfeldes (z.B. MADER 1981). Besondere positive Abhängigkeit besteht zum UV-Anteil des Lichtes (z.B. BAUER 1993), wohingegen Licht im Grünbereich (etwa 550 nm) nahezu keine positiv phototropen Bewegungen auslöst (MIKKOLA 1972).

Das Spektrum angelockter Organismen hängt stark von der Charakteristik der umgebenden Lebensräume und den Jahres- bzw. Tageszeiten ab, während die Menge des Anfluges neben den bereits genannten veränderlichen Faktoren positiv mit Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windstille korreliert ist (z.B. MEIER 1992). Häufig dominieren Schmetterlinge (v.a. **Eulenfaller**), Zweiflügler (v.a. verschiedene Mückenfamilien), sowie Schnabelkerfen (v.a. Zikaden) und Vertreter einzelner Käferfamilien; in der Nähe von Gewässern werden oft große Mengen an Köcher- und Eintagsfliegen angelockt (KURTZE 1974).

Die Bedeutung des Wegfanges aus ökologischer und naturschutzfachlicher Sicht wird von einigen Autoren diskutiert (LÖLF 1992, ROWOLD 1994, ANL 1999). SCHEIBE (1999) vergleicht die Menge angelockter Insekten in der Nähe eines Baches mit den aus Emergenzfallen ermittelten Produktionswerten. Dabei kann er zeigen, daß von nur zwei exponierten Lampen, alle sich durchschnittlich auf 45 m Bachlänge entwickelten Insekten angezogen werden. SCHEIBE (1999) konstatiert folglich hohe Ausfallsraten und bezeichnet frei exponierte Lampen als potentiell bedeutende Mortalitätsfaktoren für positiv phototaktische Organismen.

3.5.5.2. Indirekte Gefährdungsursachen

3.5.5.2.1. Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen; Ausbreitungsbarrieren

3.5.5.2.1.1. Straßen als Ausbreitungsbarrieren

Straßen bilden in Abhängigkeit von der jeweiligen Breite, dem Einflußbereich und der Verkehrsdichte in Raum und Zeit, wirkungsvolle Ausbreitungsbarrieren für zahllose wirbellose Tierarten. Die Barrierewirkung kann dabei auf hohen oder totalen Verlusten wandernder Individuen durch Verkehrstod (betriebsbedingte Barriere; s. auch Kap. 3.5.5.1.3., Kollisionen, und Kap. 3.5.5.1.4., Attraktivität) oder als artspezifisches Merkmal, auf einer grundsätzlich fehlenden Fähigkeit zum Verlassen des eigentlichen Lebensraumes basieren (vgl. auch Kap. 3.5.5.2.2., Mikroklima). Alle Übergänge zwischen betriebs- und anlagebedingten Faktoren zur Barrierewirkung von Straßen für Wirbellose Tiere sind möglich, wobei beschränkt mobile Arten und Tiergruppen in Abhängigkeit ihres Fortbewegungsmodus' in besonderer Weise betroffen sind. Für einige gut untersuchte Taxa werden in Folge Beispiele angeführt werden.

Schnecken als Beispiel für „langsame Kriecher“

BAUR & BAUR (1989) markierten hunderte Individuen der Gefleckten Schnirkelschnecke und konnten im Verlauf dreimonatiger Untersuchungen mit Hilfe von Wiederfangversuchen zeigen, daß bereits ein drei Meter breiter Weg kaum überquert werden konnte, und eine 8 m breite, asphaltierte Straße mit leichtem Verkehr als vollständige Ausbreitungsbarriere wirkte (vgl. auch Tab. im Anhang).

MARTIN & ROWECK (1988) weiteten ihre Beobachtungen auf zahlreiche Schneckenarten aus und rekrutierten Artengruppen mit unterschiedlichem ökologischem Verhalten. Neben lebensraumspezialisierten Arten, die ihre Biotop nicht verlassen (können), nennen sie euryöke, große Arten (**Weinbergschnecke**, Schwarzmündige Bänderschnecke, Weißmündige Bänderschnecke, Gefleckte Schnirkelschnecke), die unter günstigen Bedingungen (Regen bzw. Feuchtigkeit der Straßenoberfläche) zumindest in Einzelindividuen in der Lage sein sollten, verkehrsarme, zweispurige Straßen zu überqueren.

Bei Fortbewegungsgeschwindigkeiten von maximal 5 cm / min (HESSE 1910 zit. aus MARTIN & ROWECK 1988) kann jedenfalls selbst bei großen Gehäuseschnecken von vollständiger Barrierewirkung größerer und stark frequentierter Straßen ausgegangen werden. Ähnliches gilt für Nacktschnecken, wenn auch große Arten aufgrund vergleichsweise hoher

Geschwindigkeiten (u.U. > 10 cm / min; Angabe für die Spanische Wegschnecke in GRIMM et al. 1999, im Druck) immer wieder als erfolgreiche Überquerer kleiner Straßen beobachtet werden können.

Laufkäfer als Beispiel für „rasche Läufer“

Die Tiergruppe der Laufkäfer wird innerhalb der Wirbellosen aufgrund ausgezeichneter Kenntnisse über Biotopansprüche, der Ausbreitungsfähigkeit, den Aktivitätsrhythmen (vgl. z.B. THIELE 1977) und den Reaktionen auf anthropogene Maßnahmen als Modellgruppe im Dienste des Verständnisses von Barriere- und Isolationsmechanismen eingesetzt; dementsprechend umfangreich ist auch das vorliegende publizierte Wissen.

MADER (z.B. 1979, 1984) markierte tausende Laufkäfer in den Randbereichen verschiedener Straßentypen und entwarf Mobilitätsdiagramme für zahlreiche Arten. In Abhängigkeit von artspezifischer Mobilität und Lebensraumbindung konnte der Autor zeigen, daß selbst Arten mit vergleichsweise großen Aktionsradien und zudem eurytopen ökologischen Ansprüchen nur geringe Überquerungsraten an zweiseitigen, 6 Meter breiten Straßen zeigten. So demonstrierte ein zweijähriges Experiment mit dem Großen Brettläufer lediglich ein erfolgreich überquerendes Individuum von insgesamt 742 wiedergefangenen Tieren. Selbst von der Straße abzweigende Rastplätze konnten von der Art kaum überwunden werden, obwohl der fast 2 cm große Brettläufer in beachtlichen Dichten von 70 Individuen / 100m² entlang der Straße lebte, Laufgeschwindigkeiten von etwa 6 m / min zeigte, und zwischen Fang und Wiederfang durchschnittlich 30 m Entfernung zurücklegte. Während der ähnlich mobile, durch die Straßenrandbedingungen offensichtlich geförderte Große Grabläufer immerhin einige erfolgreiche Überquerungen absolvierte (5% der Tiere wurden an der gegenüberliegende Straßenseite wiedergefangenen), erreichten anspruchsvollere (stenotope) Arten (z.B. Kleiner Striemenläufer, Rundlicher Brettläufer, Gewöhnlicher Waldgrabläufer) nur selten die Straßenränder; Überquerungen wurden trotz großer Anzahl markierter Tiere niemals nachgewiesen.

Auch für die bodenoberflächenaktive, euryöke Wolfsspinne *Pardosa amentata* liegen Untersuchungsergebnisse vor. MADER (1988) beobachtete das Verhalten von an drei Meter breiten Feldwegrändern freigesetzten Individuen. Im Falle begraster Wegabschnitte erfolgten Bewegungen der Spinnen sowohl in Richtung Wegmitte und darüberhinaus, als auch in die

entgegengesetzte Richtung ohne feststellbare Präferenz, während asphaltierte Wege nur von 10% der getesteten Individuen überquert wurden.

Selbstverständlich gilt für bodenoberflächenaktive Organismen das Vorhandensein von Randsteinen als zusätzliche Barriere. So verharren Laufkäfer im Zuge ihrer geradlinigen oder randomisierten Fortbewegungsweise (vgl. MOLS 1979) nicht vor künstlichen, längerstreckenden Strukturen, um diese u. U. theoretisch durchaus bewältigbaren Hindernisse zu erklimmen, sondern ändern sofort ihre Laufrichtung (vgl. z.B. MÜLLER 1984).

Heuschrecken als Beispiel für „gute Springer“

Selbst die relativ mobile Gruppe der Heuschrecken wird durch Straßen stark in ihren Ausbreitungsmöglichkeiten eingeschränkt. Ein Beispiel betreffend die gut flugfähige **Rotflügelige Schnarrschrecke** geben WEIDEMANN & REICH (1995). Wenn auch keine Daten zur Überwindung der untersuchten Straße geliefert werden, so wird vermutet, daß zumindest die deutlich weniger mobilen Weibchen kaum in der Lage sind, stark befahrenen Straßen zu überqueren; hohe Ausfallraten durch Verkehrstod deuten dies an.

Autobahnen als bereits 20 Jahre währende Barrieren für Heuschreckenarten konnten von RIETZE & RECK (1991) bzw. RECK & KAULE (1992) demonstriert werden. Demnach war es zahlreichen Arten selbst innerhalb dieser langen Zeit nicht möglich, in von 50 m breiten Autobahnen umschlossene Biotop einzudringen; auf den Verkehrsinseln konnten nur Arten gefunden werden, die es offenbar geschafft hatten, über einzelne nur 10 m breite, weniger befahrene Zubringer zu gelangen. Durch erfolgreiche Aussetzungsversuche mit der Roten Keulenschrecke konnte demonstriert werden, daß die fehlende Besiedlung isolierter Flächen nicht auf den dort mangelnden Bedingungen, sondern auf der vollständigen Barrierewirkung basierte. Selbst die gut flugfähige Sichelschrecke und die in der Regel flugunfähige, aber dennoch gut ausbreitungsfähige Große Goldschrecke waren davon betroffen. Bei Aktionsradien von über 100 Metern (in Abhängigkeit von Geschlecht und Populationsdichte) innerhalb weniger Stunden konnten keine erfolgreichen Autobahnüberquerung von markierten Goldschrecken über einen Beobachtungszeitraum von einem Monat nachgewiesen werden. Sehr wohl war jedoch das Umkehren einzelner Individuen nach Erreichen pessimaler Strukturen (Autobahnränder) feststellbar.

Schmetterlinge als Beispiel für „gute Flieger“

Während bei Schmetterlingen nur für einzelne, immobile Arten (z.B. Taxa mit flügellosen oder stummelflügeligen Weibchen innerhalb der Spanner-Unterfamilien Larentiinae und Ennominae oder bei den Kleinschmetterlingsfamilien Sackträger (Psychidae), Holzbohrer (Cossidae) und Faulholzmotten (Oecophoridae), vgl. z.B. KALTENBACH & KÜPPERS 1987, KOCH 1988) gravierende Barrieren durch Straßen bestehen können, liegen für einen Großteil der Arten Beobachtungen zur vergleichsweise leichten Überwindung derartiger Strukturen vor. WEIDEMANN & REICH (1995) stellten einen relativ hohen Flugwechsel markierter **Schachbrettfalter** über eine stark befahrene, zweispurige Straße fest, und konnten auch keine Handlungsweisen feststellen, die als Reaktion der Falter auf die Straße gewertet werden konnten.

3.5.5.2.1.2. Isolation

Straßenbauliche Zerschneidung und folglich Verkleinerung und Isolation von Lebensräumen führen zu Veränderungen der ursprünglichen Lebensgemeinschaften. Eine Verarmung der Wirbellosenfauna als Ausdruck des Verlustes von Individuen und Arten ist im Regelfall unausbleiblich und durch zahllose Beispiele belegt. Hohe Dominanzen einer Art kennzeichnen Tiergesellschaften isolierter Biotop. Verschiedene Untersuchungen demonstrierten diese Effekte u. a. für Lauf-, Kurzflügelkäfer und Spinnen (z.B. MADER 1979, MADER & MÜHLENBERG 1980, MÜHLENBERG & WERRES 1983).

Als artspezifisches Minimalareal wird die für das längerfristige Überleben einer Art mindestens notwendige Flächengröße bezeichnet. HEYDEMANN (1981) gibt Faustwerte für Wirbellose an. Innerhalb der Gruppe der 10-15 mm großen Makrofauna differenziert er zusätzlich zur Körperlänge unterschiedliche Mobilitätsklassen und konstatiert Minimalareale von 5-10 ha für mehr oder weniger sessile, 10-20 ha für lauffähige und 50-100 ha für flugfähige Arten. In seinen Darstellungen macht er klar, weshalb die Unterschreitung von Minimalarealen infolge anthropogener Einflüsse als die wesentlichsten Ursachen für den (lokalen) Verlust von Arten angesehen werden (für Wirbellose vgl. z.B. SAMWAYS 1994). Selbst mobile Arten, wie der **Schwarzfleckige Ameisenbläuling** können unter ungünstigen Rahmenbedingungen (Zerschneidung des Lebensraumes einer kleinen Population infolge von Straßenbau) davon betroffen sein (vgl. RIETZE & RECK 1997).

Natürliche Isolationsmechanismen (z.B. Eiszeiten, Entstehung von Inseln) werden als bedeutende Faktoren der Speziation angesehen. Dementsprechend können auch in anthropogen isolierten Populationen genetische Veränderungen stattfinden (z.B. MADER 1980). SELANDER & KAUFMAN (1975) untersuchten Isoenzym-Frequenzen von Populationen der Gefleckten Weinberschnecke und führten die festgestellten Unterschiede auf die Wirkung anthropogener Barrieren wie Straßen und Häuser zurück.

Unterbindung populationsdynamischer Prozesse

Zahlreiche Wirbellose Tiere sind selbst bei Aufrechterhaltung der sog. Minimalareale in ihren Beständen gefährdet. Dies betrifft Organismen, die darauf angewiesen sind, auf wechselnden Flächen immer wieder (Meta-) Populationen neu zu gründen (siehe z.B. DEN BOER 1990), oder Arten, die auf ein Nebeneinander unterschiedlicher Lebensräume aufgrund differierender Ansprüche der Entwicklungsstadien (Biotopwechsel) angewiesen sind. RIETZE & RECK (1991) machen die Einschränkung populationsdynamischer Vorgänge durch Straßen für das lokale Verschwinden von Heuschreckenarten verantwortlich. Auch liegen Beispiele zum Erlöschen englischer Populationen des **Schwarzfleckigen Ameisenbläulings** vor, nachdem jeweils die Metapopulationsstruktur infolge der Vernichtung von Teillebensräumen durch Straßenbau gestört worden waren; daraus konnte im nachhinein geschlossen werden, daß die Überlebensfähigkeit der Metapopulation nur durch regelmäßigen Individuenaustausch zwischen den Teilpopulationen gegeben war (MUGGLETON & BENHAM 1975).

Verarmung der Fauna

Geringere Arten- und Individuenzahlen in von Straßen isolierten Lebensräumen konnten von einigen Autoren demonstriert werden. So leiteten RECK & KAULE (1992) sog. Artenfehlbeträge im Vergleich zwischen der Anzahl zu erwartender und festgestellter Heuschreckenarten in Autobahninseln und sehr guter Erhebungsdaten aus benachbarten vergleichbaren Lebensräumen ab. HEUSINGER (1988) macht die Verluste durch Verkehrstod für geringe Individuendichten von Heuschrecken auf Verkehrsinseln verantwortlich.

Auch für Laufkäfer konnten RECK & KAULE (1992) zeigen, daß die in Verkehrsinseln erhobenen Individuen- und Artenzahlen deutlich unter den zu erwartenden Werten lagen. Besonders deutlich zeigt sich der Isolationseffekt natürlich auf innerstädtischen Flächen, die von zahlreichen Straßen umgeben sind. So konnte TRAUTNER (1991) auf einer Fläche mitten in Stuttgart, die bezüglich der Biotopausstattung für mindestens 30 Laufkäferarten geeigneten

war, überhaupt nur eine bodenbewohnende Art finden. Auch GEIPEL & KEGEL (1989) fanden in von Straßen isolierten Biotopen geringe Zahlen vorkommender Laufkäferarten und konnten auch kaum flugfähige Individuen feststellen. Faunenverarmungen kann als Ergebnis infolge kurzfristig wirkender pessimaler Bedingungen (ungünstige Witterungsbedingungen, falsche Mahd, Schneeablagerung etc.) rasch eintreten. PAURITSCH-JACOBI (1990, zit. aus Reck & Kaule 1992), untersuchte das Vorkommen von Laufkäfern in Wäldern, die durch Straßen zerschnitten bzw. isoliert worden waren und fand eine positive Korrelation zwischen der Größe der Waldflächen und den darin festgestellten Arten. Auch wurden die durchschnittlich großen, stenotopen Waldarten mit abnehmender Flächengröße durch euryöke, flugfähige Arten ersetzt. Dieser Effekt kann so weit führen, daß kleine, von Autobahnen umschlossene Waldinseln größere Artenzahlen aufweisen als große, da aufgrund der relativ höheren Randeffekte entsprechend mehr Offenlandarten einwandern können (PAURITSCH 1984); der Artenpool letzterer Gruppe ist zudem wesentlich größer als jener der Waldarten. Hinsichtlich der biototypischen Fauna kann aber eine deutliche Verarmung der Fauna mit abnehmender Flächengröße festgestellt werden.

3.5.5.2.2. Veränderungen des Mikroklimas

Die infolge von Bau und Betrieb von Straßen verursachten abiotischen Veränderungen in den angrenzenden Lebensräumen wirken sich selbstverständlich auf die Zusammensetzung der wirbellosen Fauna aus. Unter unmittelbar starkem Einfluß stehend, wird in Abhängigkeit von Bodenstruktur und Relief, ein Bereich von zumindest 10 Metern angenommen (z.B. MADER 1981).

MADER (1984) beschreibt die Barrierewirkung (weitere Ausführungen in Kap. 3.5.5.2.1., Ausbreitungsbarrieren) walddurchschneidender Straßen auf laufende Insekten (v.a. Laufkäfer) und betont neben dem unmittelbaren Straßentod, der als bedeutendsten Faktor gilt, den starken Gradienten des Mikroklimas. Demnach sind viele beschränkt mobile, anspruchsvolle Waldbewohner nicht in der Lage, überhaupt die Nähe von Straßen zu erreichen.

Der durch die extremen abiotischen Bedingungen auf Straßen per se verursachte Straßentod betrifft nur wenige Organismen unter besonderen Bedingungen. Als Beispiele seien hier neben zahllosen unauffälligen Kleinorganismen, die trotz ihrer Größe vergleichsweise wenig mobilen Regenwürmer und Nacktschnecken (z.B. MARTIN & ROWECK 1988) erwähnt, die sowohl durch Ertrinken (Wasserstau auf versiegelten Flächen) als auch durch Austrocknung

(ungewöhnlich rasches Auftrocknen nasser Oberflächen) zum Tod kommen können (siehe auch GEPP 1987).

3.5.5.3. Streß als Resultat vieler Einflußfaktoren

Der als unnatürliches, kumulatives Resultat vieler Einflußfaktoren entstehende Streß kann zusätzlich auf die Fauna straßennaher Habitat Einfluß nehmen. In der Nähe stark befahrener Straßen führt er bei der Wirblelosenfauna neben Veränderungen auf Gemeinschaftsniveau auch zu Entwicklungsstörungen innerhalb einer Art. Als einfache Methodik zur Untersuchung derartiger Veränderungen hat sich in neuerer Zeit die Fluctuating Asymmetrie-Methode entwickelt (z.B. CLARK 1992). Dabei nutzt man morphometrische Merkmale (Augenlängen, Borstenzahlen, Anzahl an Mandibelzähnen etc.), um Asymmetrien bei bilateral symmetrischen Organismen zwischen rechter und linker Körperseite quantitativ darzustellen. Festgestellte Asymmetrien sind dann als relatives Maß für den Einfluß von umweltbedingtem Streß auf die individuelle Entwicklung (Entwicklungsinstabilität während der Ontogenese) zu werten (RAHMEL & RUF 1994). Bisher durchgeführte Untersuchungen an Ameisenpopulationen zeigten deutlich höhere Asymmetriewerte in überprägten, immissionsbelasteten gegenüber relativ unbelasteten Zonen (z.B. DANNENMANN & FRÜND 1995); auch für Straßenrand-Gesellschaften sind hohe Asymmetriewerte zu erwarten, jedoch bislang nicht nachgewiesen.

3.5.5.4. Straßen und Straßenränder als Lebensräume und Ausbreitungsstrukturen

3.5.5.4.1. Wege und Straßen als Lebensräume

Wenig befahrene, unbefestigte „Naturstraßen“ werden nicht nur als landschaftsästhetisch wertvolle, sondern in Einzelfällen auch als ökologisch bedeutende Landschaftselemente mit Schutzwert angesehen (z.B. JEDICKE & JEDICKE 1992, EWALD 1996, KÜSTER 1996). Obwohl Wege als biotopfremde Bänder infolge ihrer Störungen auf benachbarte Lebensräume in der Regel aus ökologischer Sicht negativ zu beurteilen sind, dienen sie dennoch zahlreichen Wirbellosen Tieren als Lebensraum (z.B. MADER 1988). Ihre Bedeutung steigt dabei im allgemeinen mit zunehmendem Grünanteil, d.h. sie ist umso größer, je schmaler die Fahrspuren ausgebildet sind. Demgegenüber bieten befestigte Asphalt-, Teer- und Betonstraßen keine geeigneten Lebens- und Vermehrungsräume für Wirbellose Tiere.

3.5.5.4.2. Verkehrsnebenflächen als Ersatz- und Refugiallebensräume

Bei extensiver Pflege und ausreichender Breite oder Anbindung an naturnahe Lebensräume können Straßenränder naturschutzfachlich bedeutende Vorkommen Wirbelloser Tiere ermöglichen (vgl. z.B. MADER 1987b). Dies gilt in besonderem Maße für Bewohner der Mangelbiotope der offenen Kulturlandschaft (nährstoffarme, blumenreiche Magerrasen mit z. T. lückiger Vegetation); seltene und gefährdete Arten finden Ersatz- und Rückzugslebensräume: lückige Straßenränder als bevorzugte Standorte der gefährdeten **Rotflügeligen Schnarrschrecke** (WEIDEMANN & REICH 1995); Ausbildung großer Kolonien des gefährdeten **Feldsandlaufkäfers** (RECK & KAULE 1993); Förderung stenotoper Laufkäferarten der Heiden (VERMEULEN 1993) und sandiger, lückiger Biotop (DESENDER et al. 1987); Etablierung artenreicher **Libellengemeinschaft** an Autobahngewässern (HÜBNER 1983); zahlreiche wärmeliebende Insektenarten als Bewohner von Straßenbäumen (OLTHOFF 1986); außergewöhnlich spezialisierte Käfer; landesweite faunistische Besonderheiten (z.B. SAYER & SCHAEFER 1995); generelle Förderung von Offenland-Ameisen (KNEITZ 1990); vollständige Ameisenzönosen in entsprechend breiten Randstreifen (BENNETT 1991); bedeutende Rückzugsgebiete für gut flugfähige phytophage Insekten (PICHINOT 1990), typische Heidearten (Spinnen, Zikaden, Laufkäfer) im trockenen, straßennahen Grünland und spezialisierte Waldarten in feuchteren, straßenfernen Bereichen (KOBLER 1990) sowie viele weitere Beispiele.

3.5.5.4.3. Straßenränder als „Trittsteine“ und lineare Ausbreitungsstrukturen

Straßenränder sind als Grenzlebensräume (Ökotone) mit großem Ressourcenangebot durch relativ hohe Artenzahlen gekennzeichnet. Als besonders artenreiche Gruppen nennen SAYER & SCHAEFER (1995) auf der Basis mehrjähriger Untersuchungen zahlreicher Straßeböschungen, Kurzflügelkäfer und Spinnen gefolgt von Laufkäfern, Wanzen, Zikaden und Bienen. Im Regelfall werden stabile Gesellschaften durch kurzlebige anthropogener Zonationszönosen, anspruchsvolle Arten durch anpassungsfähige, bzw. K-Strategen durch r-Strategen ersetzt (z.B. MADER 1987a). Mit zunehmender Straßennähe sinken Artenzahlen und Individuendichten (z.B. GROBKOPF 1988). Insgesamt sind Arten- und Individuenzahlen im Vergleich zu straßenfernen Biotopen meist reduziert, und die Diversität ist auf Basis der Artenzahl erniedrigt (z.B. MAURER 1974).

Die Bedeutung von Straßenrändern und Verkehrsnebenflächen als Biotope mit Korridorfunktion im Sinne eines Biotopverbundsystems wird in der Literatur vielfach diskutiert (vgl. z.B. MADER 1987b). Für viele Arten der offenen Kulturlandschaft mit geringen Lebensraumsansprüchen und hoher Mobilität sind Straßenränder als vorübergehende Rast- oder Nahrungsplätze gut geeignet (z.B. HOFMANN 1987, WOLLWEBER 1990); Arten mit geringem Ausbreitungsvermögen sind hingegen auf Strukturen angewiesen, die eine erfolgreiche Reproduktion vor Ort ermöglichen, und Arten mit hohen Lebensraumsansprüchen (z.B. Waldbewohner) finden in Straßenrandbereichen häufig keine geeigneten Bedingungen und können diese daher auch als Ausbreitungsstrukturen nicht nutzen (z.B. MADER 1979). Allerdings konnten VERMEULEN (1993, 1994a, 1994b) und VERMEULEN & OPSTEEG (1994) für spezifische Heide-Laufkäferarten zeigen, daß diese sich nicht nur an sandigen Straßenböschungen vermehren, sondern sich auch entlang von Straßen fortbewegen; schmale Böschungsbereiche und einzelne Bäume wirkten jedoch als Barrieren.

Insgesamt dürften straßenbegleitende Lebensräume eine relativ geringe Rolle als Ausbreitungsstrukturen für Wirbellose Tiere spielen; so messen VERMEULEN & OPDAM (1995) lediglich optimal strukturierten, ausreichend breiten Straßenrändern eine wichtige Funktion als Korridore zwischen isolierten Heideland-patches zu.

3.5.6. Toxikologie

3.5.6.1. Übersicht über relevante Schadstoffe

Bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern, wie z.B. Kfz-Treibstoffen, kommt es zur Freisetzung einer Reihe von Schadstoffen, die potentiell toxisch auf Mensch und Tier und somit auch auf Wildtiere wirken können. Durch die kurze Verweildauer im Brennraum von Automotoren erfolgt keine ausreichende Oxidation der Kohlenwasserstoffmoleküle des Brennstoffes und somit keine vollständige Umwandlung in Kohlendioxid und Wasser, wodurch der Autoverkehr zu einer der größten Quellen von Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen wird. Außerdem steht der Autoverkehr bei der Freisetzung von Stickoxiden (NO_x-Bildung) an der Spitze der Emittenten dieser Luftschadstoffe, die darüber hinaus auch Vorläufersubstanzen von Ozon sind.

Neben den quantitativ überwiegenden Produkten wie Stickstoffoxide (NO_x), Kohlenmonoxid

(CO), Kohlendioxid (CO₂), Ruß und in geringer Menge Schwefeldioxid (SO₂) werden aber noch eine große Anzahl verschiedener anderer chemischer Verbindungen emittiert, die zum Teil in geringerer Dosierung wesentlich schädlichere Wirkung besitzen, wie Alkylnitrate, Alkohole, Diolefine und Aldehyde. Weiters reagieren die entstandenen Schadstoffe über Zwischenprodukte zu Endprodukten wie Peroxyacetylnitrat (PAN), Schwefelsäure (H₂SO₄) (mit HNO₃ als saurer Regen Boden und Vegetation belastend), Ameisensäure (HCOOH) u.a. und wirken so ebenfalls auf das Ökosystem ein (KNOFLACHER & MACOUN 1989).

Das bedeutendste Folgeprodukt aus den Kfz-bedingten primären gasförmigen Luftschadstoffen ist mit Sicherheit das Ozon (O₃), dessen Vorläufersubstanzen zu einem sehr hohen Anteil aus dem Kfz-Verkehr stammen. Auf nähere Details der Bildungs- und Reaktionsmechanismen des Ozons bzw. seiner Verbreitung in der Troposphäre wird hier aber nicht eingegangen. Es soll hier nur angeführt werden, daß die Ozonkonzentrationen in mit sonstigen Schadstoffen unbelasteten "Reinluftgebieten" vielfach höhere Werte erreichen als in den eigentlichen Ballungsgebieten und somit die potentiell schädlichen Auswirkungen dieses für tierische und pflanzliche Organismen toxischen Gases nicht nur auf verkehrsintensive Gebiete beschränkt sind.

Der prozentuelle Anteil der verkehrsbedingten Emissionen gemessen an den Gesamtemissionen war im Jahr 1993 in Österreich folgender: Der Anteil der NO_x-Emissionen mit 119000 t betrug 65,4% der Gesamtemissionen, der Anteil der Staubemissionen betrug mit 7200 t 22,3% der Gesamtstaubemissionen und die verkehrsbedingten SO₂-Emissionen trugen mit 7700 t nur 10,9% zu den Gesamtemissionen bei. Weiters betrug der Anteil flüchtiger organischer Verbindungen (VOC ohne Methan) aus dem Kfz-Verkehr mit 105000 t 27,1% und die CO-Emissionen mit 292000 t 22,0% der jeweiligen Gesamtemissionen. CO₂-Emissionen stammten zu rund 30% aus dem Verkehr.

Für Ozon läßt sich folgendes feststellen: Trotz der Abnahme der Ozonvorläufersubstanzen NO_x und VOC in Österreich blieben die Emissionsminderungen vor allem aus dem Bereich des Kfz-Verkehrs bis 1996 noch deutlich unter den Reduktionszielen, was in erster Linie durch die starke Zunahme des Verkehrsaufkommens bedingt war. Hält dieser Trend an, so ist auch in Zukunft, trotz weitestgehender Umstellung des Fuhrparkes auf emissionsarme Fahrzeuge (3-Wegekatalysator bei Fahrzeugen mit Ottomotoren), eher mit einer Erhöhung der Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen und der Ozonbelastung zu rechnen.

An potentiell toxischen Schwermetallen stammen aus dem Kfz-Verkehr vor allem bedeutende Mengen von Blei, Zink, Nickel, Kupfer und Cadmium. Mengenmäßig und auch im Hinblick auf die toxikologische Relevanz an erster Stelle steht hier vor allem Blei, das in der Vergangenheit in Form von Tetraalkylbleiverbindungen den Treibstoffen von Ottomotoren zugesetzt wurde. Von den im Jahre 1992 in Österreich emittierten Schwermetallen entfallen rund $\frac{3}{4}$ von insgesamt 215 t Blei (Pb), etwa $\frac{1}{3}$ von 97 t Zink (Zn), etwas weniger als die Hälfte der Nিকেmissionen, mehr als $\frac{3}{4}$ von 20 t Kupfer (Cu), etwa $\frac{1}{4}$ von 6 t Chrom (Cr) und etwa die Hälfte von 6 t Cadmium (Cd) auf den Sektor Kfz-Verkehr. Nach dem Ende des Bleizusatzes 1992 (seit damals nur mehr der "natürliche" Gehalt) nahmen die verkehrsbedingten Bleiemissionen zwar drastisch ab (von 226,2 t im Jahr 1985 auf 16,3 t 1995; UMWELTBUNDESAMT 1999), doch bleibt der Kfz-Verkehr (einschließlich Dieselfahrzeuge) bei einer Reihe von Schwermetallen (Cd, Cu, Cr, Ni und Pb) als Problembereich bestehen, nicht zuletzt deswegen, weil sie in der Umwelt akkumulieren und gegenüber biologischem Abbau und Umwelteinflüssen beständig sind. Mit dem Ende des Zusatzes bleihaltiger Antiklopfmittel im Benzin für Ottomotoren konnte aber auch die Freisetzung von Fluor und Chlor herabgesetzt werden (Fluor und Chlor wurden dem Benzin beigesetzt, um die Rückstandsbildung im Motor zu verhindern), was insofern von Bedeutung ist, da sich Fluor und Chlor zu für den Wald besonders schädlichen Substanzen (Fluß- und Salzsäure sowie anderen Halogenen) verbinden (UMWELTBUNDESAMT 1996).

Bei Verbrennungsprozessen in Automotoren werden weiters auch Dioxine (polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane) freigesetzt, die wegen des breiten Spektrums möglicher Gesundheitsschäden zu den gefährlichsten anthropogen erzeugten Schadstoffen zählen, doch machen die Emissionen aus dem Straßenverkehr im Vergleich zu anderen Emittenten wie z.B. Verbrennungsanlagen gewerblicher, kommunaler und privater Herkunft, Metall- und Papierindustrie nur einen sehr geringen Anteil aus, und ist auch der Ausstoß von Dibenzodioxinen und -furanen bei Kraftfahrzeugen ohne verbleitem Benzin um ein Vielfaches geringer (KORTE 1992, LIEM & VAN ZORGE 1995).

Außerdem ist auch zu bemerken, daß neben diesen verbrennungsbedingten Emissionen auch prozeßbedingte Emissionen zu den belastenden Faktoren hinzugezählt werden müssen, wie die aus den diversen, in die Kfz-Erzeugung involvierten Industriezweigen, wie z.B. die

metallverarbeitende und lackverarbeitenden Industrie, etc.. Weiters werden auch durch Reifenabrieb oder Fahrbahnabrieb Schadstoffe (Staub mit krebserregenden Eigenschaften) freigesetzt, beeinflussen Auftausalze Vegetation und Organismen am Straßenrand (bis zu 1000m neben der Fahrbahn erhöhte Salzkonzentrationen) und zeigen auch Auswirkungen auf Grund- und Oberflächengewässer. Auch der Straßenbau führt zu einer nachteiligen Beeinflussung der Umwelt (MADER 1981, BENNET 1991, RECK & KAULE 1993, SPELLERBERG 1998) u.a. in straßennahen Gewässern (Fischsterben durch Versauerung, HUCKABEE et al. 1975).

3.5.6.2. Auswirkungen von Schadstoffen auf Wildtiere

Bei den im Rahmen dieser Literaturstudie durchgeführten Literaturrecherchen über toxikologische Auswirkungen des Straßenverkehrs auf Wildtiere wurden hauptsächlich Publikationen gefunden, die sich fast ausschließlich mit betriebsbedingten Emissionen beschäftigen. Weiters ist anzuführen, daß Ergebnisse über Arten, die nach der zu beschließenden Wiener Naturschutzverordnung geschützt oder streng geschützt sind, nur sehr spärlich vorhanden sind. Auch liegen vor allem Erkenntnisse aus jenen Zeiten oder Ländern vor, in denen organische Bleiverbindungen den Treibstoffen zur Verbesserung der Verbrennungseigenschaften zugesetzt wurden. In Österreich befindet sich seit 1993 kein Kfz-Treibstoff mit Bleizusatz im Verkauf, nachdem zuvor schon zu Beginn der Achzigerjahre der Bleigehalt drastisch reduziert wurde (von 0,4 g/l auf 0,15 g/l) und seit 1985 Normalbenzin nur ohne Zusatz erhältlich war.

3.5.6.2.1. Säugetiere

In experimentellen Untersuchungen an Versuchstieren und am Menschen wurden folgende Wirkungen der bereits erwähnten Schadstoffe festgestellt (KNOFLACHER & MACOUN 1989, FELLEBERG 1992):

Durch Nitrose Gase (NO_x) kommt es in den Schleimhäuten, ähnlich wie durch Chlor, zu Säurebildung, und zwar nicht nur in der Luftröhre und den Bronchien, sondern auch in den Alveolen und Lungenkapillaren. Die eingeatmeten Gase können sich dabei zum Teil mit Alkalien zu Nitrit verwandeln und so in den Blutkreislauf gelangen, wobei auf diese Weise verändertes Blut nur noch in sehr geringem Ausmaß Sauerstoff transportiert. Im allgemeinen

gilt eine Konzentration zwischen 0,2 und 0,5 mg NO₂/m³ Luft als krankmachend. Bei 0,06 ‰ werden bereits Schleimhäute gereizt (besonders der oberen Luftwege), eine Konzentration über 0,15 ‰ zeigt aber auch bei kurzer Einwirkung akut toxische Wirkung. Neben starkem Husten und Atemnot, Schwindel und Kopfschmerzen, kann ein Lungenödem als Folge der Reizgasvergiftung eintreten. Zwischen 0,25 und 0,75 ‰ liegt jene Konzentration, die je nach individueller Empfindlichkeit beim Menschen rasch tödlich wirken kann.

Kohlenmonoxid (CO) zeigt im tierischen und menschlichen Organismus eine etwa 250 mal höhere Affinität zum Hämoglobin als Sauerstoff. Bei nur 0,02 Vol% CO in der Luft werden daher bereits 12,5% des Hämoglobins dem Sauerstofftransport entzogen, und bei 0,4 Vol% sind schon nach 25 bis 30 Minuten 70 % des Hämoglobins mit CO belegt; die dadurch hervorgerufene Hypoxämie kann letal enden.

Die Bindungsgeschwindigkeit an das Hämoglobin hängt neben der CO-Konzentration aber auch von der Stoffwechselaktivität, und damit von der Atemfrequenz ab: Während die CO-Sättigung des Hämoglobins bei einem Atemvolumen von 10 l/min bei 0,1 Vol% CO erst nach 6 Stunden erreicht ist, wird sie bei großer körperlicher Anstrengung mit einem Atemvolumen von 30 l/min bereits nach etwa 2 Stunden erreicht.

Bei längerem Aufenthalt in sehr verkehrsreichen Straßen wurden bei Fußgängern CO-Hämoglobingehalte von 2% im Blut gemessen (entspricht 10 ppm in der Atemluft), ein Wert, bei dem bereits eine Beeinträchtigung der Zeitempfindung festgestellt wurde. Mit zunehmenden Konzentrationen wurden dann auch Sehschwäche, Kopfschmerzen und Müdigkeit bis hin zu Bewußtseinstäubung, Kreislaufkollaps, Bewußtlosigkeit, Lähmung und Atmungshemmung beobachtet.

Die Einführung des Katalysators bewirkt durch vollständigere Oxidation der Abgase eine Reduktion der von Kfz-Motoren emittierten CO-Mengen.

Schwefeldioxid (SO₂) entsteht neben Verbrennungsvorgängen im Motor (relativ geringe Mengen, da der Schwefelgehalt von Treibstoffen sehr niedrig ist) vor allem bei der Produktion von Fahrzeugen (Schwerindustrie, Petrochemie, etc.), wobei Schwefeldioxid bzw. schwefelige Säure für tierische und pflanzliche Organismen schädlich sind. SO₂ wird im Körper als Säure gelöst und als solche auch ausgeschieden. Dabei kann ein Teil auch zu Schwefelsäure oxidiert werden und zu einer Erhöhung des Sulfatgehaltes im Urin und einer Absenkung des pH-

Wertes des Urins unter die Normalwerte führen. SO₂ reizt die Schleimhäute (besonders der Lidbindehaut, des Kehlkopfes und der oberen Luftwege) und führt zu Schädigungen und Erweiterungen der Gefäße der Alveolen und in schweren Fällen zu Lungenödemen. Normalerweise wird beim Menschen die Schleimhaut durch 1,5 – 2,5 ppm gereizt, bei besonders empfindlichen Personen können aber auch schon bei viel niedrigeren Konzentrationen behandlungsbedürftige Atemwegsverkrampfungen auftreten. Bei Haustieren wurden Schleimhautreizungen ab 5 ppm beobachtet.

Auch Ozon wirkt als starkes Lungengift und verursacht Lungenödem. In Tierversuchen konnte gezeigt werden, daß schon 0,2 ppm oder 0,44 mg/m³ tödliche Wirkung haben können. Außerdem hemmt Ozon die Bewegung der Flimmerhärchen in den Bronchien, weshalb Fremdstoffe zusammen mit Bronchialschleim nicht nach außen befördert werden können. Dies soll zu einer Erhöhung des Krebsrisikos führen, da besonders bei gehemmter Zilientätigkeit kanzerogene Substanzen länger als üblich in der Lunge verweilen können. Oberhalb von 0,1 ppm wurden Reizungen der Schleimhäute, Müdigkeit, Kopfschmerzen und Augenbrennen beobachtet. Normalerweise werden in Ballungsgebieten bei Sommerwetter um 0,03 mg/m³ erreicht, Spitzenwerte können aber zwischen 0,2 und 0,4 mg/m³ betragen.

Eine Studie, die mit wildlebenden Tieren durchgeführt wurde, scheint in diesem Zusammenhang besonders interessant:

RICKKIND & HACKER (1980) fingen in Kalifornien Mäuse (*Peromyscus californicus*) in Gegenden mit unterschiedlicher Luftverschmutzung und züchteten diese im Labor weiter. Nach Exposition dieser Tiere mit 6,6 ppm Ozon für 12 Stunden zeigten Mäuse aus stark luftverschmutzten Gegenden höhere Resistenz gegenüber toxischen Effekten, als Tiere, die in Gegenden mit relativ unbelasteter Luft gefangen wurden. Die Mortalität betrug 44% bzw. 100% für die beiden Gruppen. Offenbar kann sich für Tiere aus Gebieten mit stärkerer Luftverschmutzung eine genetisch fixierte höhere Toleranz gegenüber Ozon ergeben als für Populationen aus Gegenden mit geringerer Luftbelastung.

Weiters seien hier beispielsweise einige Ergebnisse aus Tierversuchen angeführt, die zum Teil im Hinblick auf die Ozonbelastungen von Wildtieren von Bedeutung sind: Pulmonäre Läsionen durch Ozon wurden bei Ratten und Rhesusaffen (MUSTAFA et al. 1973, YET al. 1975) und

unter Langzeitbelastung z.B. bei Hunden (FREEMAN et al. 1973) ausführlich untersucht, bei Frettchen wurde eine Beeinflussung der exkretorischen Funktion von Submucosa-Drüsen in der Trachea beobachtet (MCBRIDE et al. 1991).

Unter Ozonstress kam es bei Ratten zu einer Mobilisierung von Glutathion und Ascorbinsäure in der Lunge (ZIELINSKI 1997); die toxischen Effekte von Ozon bei kurzzeitig hohen Konzentrationen waren bei Meerschweinchen mit Vitamin-C-Mangel stärker als bei längerer Ozonbelastung (KODVANTI et al. 1995). Bei Vitamin-A-Mangel wurden ebenfalls ausgeprägtere Lungeneffekte festgestellt (PAQUETTE et al. 1996) und auch Kupfer- und Manganmangel erhöhten die Empfindlichkeit von Mäusen gegenüber Ozonexposition (ZIDENBERG et al. 1991). Eine protektive Wirkung zeigte auch Vitamin E bei Ratten, die toxischen Konzentrationen von Ozon und NO₂ ausgesetzt waren (FLETCHER & TAPPEL 1973, MUSTAFA 1975).

Weiters konnte bei Hunden beobachtet werden, daß allergische Reaktionen durch Ozon verstärkt werden (YANAI et al. 1990), ebenso wurde experimentell Parathyreoiditis durch Ozon hervorgerufen (ATWAL 1980). Erhöhte Ozonbelastungen neugeborener Schafe resultierte in negativen Auswirkungen auf die spätere Mukoziliarfunktion (ABRAHAM et al. 1986)

Fluorwasserstoff (HF) wirkt als starkes Reizgift auf die Atemwege. 60 ppm führen schon nach kurzer Zeit zu Konjunktivareizungen, Reizungen verschiedener Schleimhäute und Schwellungen im Schlund und in der Luftröhre, aber auch schon bei 1 ppm wurden bei empfindlichen Personen Irritationen von Bindehaut und Luftwegen beobachtet.

Unter den Kohlenwasserstoffen zählen die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (und hier vor allem Benzo(a)pyren) wegen ihrer hohen Toxizität und Kanzerogenität (BIOLOGICAL REPORT 85 [1.11] 1987) zu den gesundheitsschädlichsten, doch sind in diesem Zusammenhang auch monozyklische Kohlenwasserstoffe, wie Benzol (weniger Toluol und Xylole) von Relevanz (HANUS-ILLNAR 1995).

Benzpyrene gelangen mit der Atemluft in die Lunge und werden dort resorbiert. Feinstaub und das an ihn gebundene Benzo(a)pyren bleiben in den tieferen Luftwegen in Schwebelage, wobei innerhalb von 24 Stunden rund 80% der kanzerogenen Substanzen aus dem Staub herausgelöst werden. Verschiedene Benzpyrene zeigten sich in vivo bei Versuchstieren auch embryotoxisch und teratogen und es traten eine Abnahme der Fertilität bei Nachkommen,

Chromosomenaberrationen, sowie Spermaanomalien auf (EPA 1982, ANONYMOUS 1983). Durch gewisse Substanzen, die in der Großstadtluft vorkommen, kann der Abbau gehemmt oder unterbunden werden (z.B. wird bei sehr hohen Kohlenmonoxidgehalt der Luft die Benzpyrenhydrolyse gehemmt).

Benzo(a)pyren ist außer in Autoabgasen vor allem auch in Teer- und Bitumendämpfen enthalten, die außerdem auch sogenannte fotodynamische Sensibilisatoren enthalten, wodurch die Empfindlichkeit der Haut des Menschen gegenüber UV-Strahlung erhöht wird (größeres Hautkrebsrisiko).

Benzol, das als Antiklopfmittel zugesetzt wird und von welchem hohe Konzentrationen an stark befahrenen Straßen gemessen (WHO 1993) wurden, wird überwiegend über die Lunge aufgenommen, ist kanzerogen und zeigt sich durch seine Einwirkung auf das Zentralnervensystem akut toxisch. Die chronische Toxizität äußert sich durch Wirkung auf das blutbildende System. Es kommt dabei aber zu keiner Biokonzentration oder Bioakkumulation in terrestrischen oder aquatischen Organismen.

Ergebnisse aus experimentellen Untersuchungen liegen aber auch über die Auswirkungen von Benzin- oder Dieselmotorkraftstoffen an Labortieren vor: Im Zuge der Bemühungen, bleifreie Kraftstoffe zu entwickeln und auch geringere Kohlenwasserstofffreisetzung aus Benzin zu erreichen, konnte durch die Beisetzung verschiedener sauerstoffhaltiger Verbindungen der Gehalt an Benzol und aromatischen Kohlenwasserstoffen stark reduziert werden. Diese inkludieren Substanzen wie Äthanol, Methanol, tertiäre Methyl-Butyl-Äther (mit eher geringem toxischem Potential in Tierversuchen und als möglicherweise kanzerogen für den Menschen eingestuft), tertiäre Äthyl-Butyl-Äther (als weder genotoxisch noch kanzerogen eingestuft; selten verwendet, da zu teuer), tertiäre Butyl-Alkohole und tertiäre Amyl-Methyl-Äther (beide mit ebenfalls geringer potentieller Toxizität). Im allgemeinen besteht Benzin normalerweise heute zu etwa 62% aus Alkanen, 7% Alkenen und 31% Aromaten, Alkoholen, Äthern sowie anderen Zusätzen (CAPRINO & TOGNA 1998).

Für Benzin konnte bei Labortieren in Lang- und Kurzzeitinhalationstestreihen eine art- und geschlechtsspezifische kanzerogene Wirkung, ein nur geringer mutagener Effekt, jedoch keine teratogene oder embryotoxische Wirkung nachgewiesen werden. Gleichmaßen wie

für verbleites Benzin besteht der hauptsächlichste toxikologische Effekt auch bei bleifreiem Benzin in der kanzerogenen Wirkung (Lebertumore bei weiblichen Mäusen und Nierentumore bei weiblichen Ratten).

In epidemiologischen Studien wurde zusätzlich zu erhöhtem Lungenkrebsrisiko eine erhöhte Inzidenz für Blasenkrebs durch Dieselabgase festgestellt. Der kanzerogene Effekt von Dieselabgasen wird dabei emittierten partikulären Substanzen, partikulär assoziierten organischen Verbindungen und/oder gasförmigen Abgasbestandteilen zugeschrieben. Die direkte Wirkung partikulärer Emissionen inkludiert retardierte Lungen-Clearance, Entzündungsprozesse und erhöhte Zellproliferation, was in Tierversuchen an Nagetieren beobachtet wurde. Unter den organischen Verbindungen sollen vor allem polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und deren Derivate (Nitro-, Oxy-, Alkyl- oder heterozyklische Derivate), gebunden an partikuläre Emissionen, für erhöhtes Lungenkrebsrisiko bei Versuchstieren verantwortlich sein (SCHEEPERS & BOS 1992).

An Wildtieren wurde fast ausschließlich die Bleibelastung und dessen Akkumulation in verschiedenen Organen untersucht. Hohe Bleiwerte wurden bei **Elch** (KALAS & MYKLEBUST 1994), **Fischotter** (MASON et al. 1986, MASON 1988, GUTLEB et al. 1998), **Feldhase** (u.a. TATARUCH 1984, LUTZ 1985, VENALAEINEN et al. 1986, MILANOV 1995), **Dachs** (MA & BROEKHUIZEN 1989), **Weißbrustigel** (EGERMANN 1996) und bei **Waldspitzmaus** (FANGMEIER & STEUBING 1986, MA et al. 1991, PANKAKOSKI et al. 1994 a, b, SCHARENBERG & EBLING 1996) vor allem in der Leber und in der Niere gemessen; der weitaus größte Anteil an Blei wird aber in den Knochen akkumuliert. Die Höhe der Bleiwerte korrelierte dabei im allgemeinen positiv mit der Verkehrsdichte in den Lebensräumen der Tiere. Bleikonzentrationen, die auf eine akute Vergiftung schließen lassen, wurden jedoch nicht beobachtet. Bei **Dachsen** wurden erhöhte Schwermetallgehalte genauso wie z.B. bei Maulwürfen auch auf hohe Schwermetallkonzentrationen in Regenwürmern, die sie als Nahrung aufnehmen, zurückgeführt (Regenwürmer akkumulieren als Bodenbewohner im Vergleich hohe Schwermetallmengen).

Fischotter, die in Österreich im Waldviertel tot aufgefunden wurden, zeigten zwischen 0,01 und 1,17 µg/g Trockengewicht in der Leber bzw. 0,15 und 3,78 µg/g TG in der Niere. Die Konzentrationen lagen damit in demselben Bereich wie sie auch in anderen Untersuchungen

festgestellt wurden (z.B. Ungarn, Tschechische Republik, Irland, Frankreich, Spanien) und erreichten somit auch nicht kritische Konzentrationen (25 µg/g), die als gesundheitsschädlich angesehen werden. Lediglich in Ottern aus England und Wales wurden Konzentrationen bis zu 16 µg/g beobachtet (GUTLEB et al. 1998).

Bei **Weißbrustigeln**, die als Straßenverkehrsoffer in Wien und Niederösterreich (Wiener Becken und Tullner Feld) zwischen 1990 und 1992 gefunden wurden, zeigten sich in der Leber zwischen 0,031 und 5,814 bzw. Niere zwischen 0,013 und 4,242 ppm (bezogen auf Frischsubstanz) und in Oberschenkelknochen zwischen 0,891 und 83,618 ppm Blei (fettfreie Trockensubstanz). Für 4 Igel aus Wien betragen die Werte für die Leber 0,271 - 1,090, für die Niere 0,106 - 0,228 und für die Knochen 4,215 – 16,404 ppm (EGERMANN 1996). Die Werte in Leber und Nieren liegen deutlich unter dem für Säugetiere als toxisch geltendem Bereich. In Anbetracht der hohen Bleikonzentrationen in den Knochen des Igels scheint es aber als durchaus möglich, daß es in Verbindung mit Stresssituationen, wie z.B. hohem Parasitenbefall, Gravidität u.a., zu akuten Vergiftungserscheinungen kommen kann, da Blei unter bestimmten physiologischen Bedingungen aus dem Skelett wieder mobilisiert werden kann (bei hohem Calciumbedarf, wie es z.B. bei Gravidität, Laktation, Hunger oder körperlichem Streß der Fall ist, wird mit Calcium auch Blei mobilisiert).

NOWAK (1995) untersuchte Blei- und Cadmiumkonzentrationen in Organen von freilebenden Säugern und Vögeln aus Wien, darunter auch Proben von **Dachs**, **Feldhamster** und **Feldhase**. Bei allen untersuchten Säugetieren lagen die Bleiwerte in einem unbedenklichen Bereich. Die Bleianalysen an Leberproben von 4 **Dachsen**, die zwischen 1997 und 1999 am Forschungsinstitut für Wildtierkunde untersucht wurden, ergaben ebenfalls Werte deutlich unter dem potentiell toxischen Bereich (TATARUCH 1999).

Bei hoher Bleibelastung wurde eine Beeinträchtigung der Hämoglobinbildung beobachtet, was zu Anämie führen kann, weiters wurden Schädigung des Zentralnervensystems, Beeinträchtigung des Energiemetabolismus, herabgesetzte Fertilität, eine Beeinträchtigung der Embryonalentwicklung, Nieren- und Leberschäden und herabgesetzte Lernfähigkeit festgestellt (SCANLON 1991). Entlang stark befahrener Straßen wurden bei Nutztieren (Schafe) in England ebenfalls erhöhte Bleikonzentrationen im Blut festgestellt (WARD & SAVAGE 1994).

Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie z.B. Benzin, wird auch Cadmium emittiert. Daraus erklärt sich, daß bei Tieren in Straßennähe ebenfalls erhöhte Cadmiumwerte festgestellt wurden. Auch mit dem Reifenabrieb wird Cadmium emittiert. Im Vergleich mit den aus anderen Quellen stammenden Belastungen sind die ausschließlich auf den Straßenverkehr zurückzuführenden eher gering; es finden sich in der zur Verfügung stehenden Literatur auch keine Hinweise auf eine daraus resultierende Gesundheitsgefährdung von Tieren.

Kupfer und Zink gehören zu den für den tierischen Organismus essentiellen Spurenelementen. Eine zu hohe Aufnahme dieser Metalle über Nahrung oder Atemluft kann zwar auch zu Vergiftungen führen, doch finden sich in der Literatur keine Hinweise auf das Erreichen dieser Konzentrationen durch den Straßenverkehr. Dasselbe gilt auch für Nickel, das allerdings nur für einige Tierarten essentiell ist.

Zusammenfassung

- Die Bleimissionen sind in den letzten Jahren durch die Einführung bleifreien Benzins deutlich zurückgegangen und zwar von 320 t/a im Jahr 1985 auf 39t/a 1995 (UMWELTBUNDESAMT, 1999), so daß die Konzentrationen auf den Pflanzen und damit in der Nahrung der Tiere stark rückläufig sind. In den Böden hingegen sind noch große Mengen gespeichert und unter bestimmten Umständen auch noch verfügbar.
- Das höchste Konzentrationsgefälle trat in Boden- und Organproben von Kleinsäugetieren im Bereich von 10 Metern neben Straßen auf (QUARLES et al. 1974, GOLDSMITH & SCANLON 1977, RECK & KAULE 1993), der größte Teil des Bleis wurde innerhalb von 500 Metern abgelagert (auch in Abhängigkeit von Windrichtung und Geländeexposition) und ist in den obersten Bodenschichten vorhanden (WHO 1989).
- In vielen Untersuchungen wurden daher bei verschiedenen Säugerarten (und auch anderen Arten wie z.B. Regenwürmern oder anderen Wirbeltieren) in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte und Entfernung vom Straßenrand unterschiedliche Bleiwerte gemessen (gute Zusammenfassungen in diesem Zusammenhang finden sich z.B. bei SCANLON 1987,

BENNETT 1991, SCANLON 1991, RECK & KAULE 1992).

- Die Höhe der gemessenen Bleiwerte hing dabei außerdem von Faktoren wie Stoffwechselrate, Nahrungsselektion und -menge, Lebensraum und Lebenserwartung ab. Insektivore **Spitzmäuse** zeigten im Vergleich zu herbivoren Kleinsäugetern höhere Bleiwerte, was einerseits durch die unterschiedliche Nahrung, andererseits durch die höhere aufgenommenen Nahrungsmenge pro Körpergewicht (höhere Stoffwechselrate) zustande kommt (QUARLES et al. 1974, GOLDSMITH & SCANLON 1977, SCANLON 1987). Insektenfressende Tiere, wie **Igel** oder **Fledermäuse**, oder carnivore Tiere sind daher im allgemeinen stärker mit Blei belastet als herbivore Arten. Bei CLARK (1979) wurden für drei Fledermausarten, die in einem Kontrollgebiet gefangen wurden (über 500m von einer stark befahrenen Straße entfernt) gleich hohe Bleiwerte wie für Spitzmäuse neben der Straße festgestellt.
- Der Kfz-Verkehr ist der Hauptverursacher der Ozonemissionen. Von den heute vor allem in der warmen Jahreszeit nachweisbaren Konzentrationen lassen sich bereits mögliche Gesundheitsbeeinträchtigungen von Tieren ableiten. Dies beruht auf Ergebnissen tierexperimenteller Untersuchungen, Freilandergebnisse fehlen noch. Es wurden verminderte Immunantwort, reduzierte Enzymaktivität und Beeinträchtigung der Lungenfunktion ermittelt. Durch Unterversorgung mit manchen Vitaminen (Vitamin A, C, E) oder Spurenelementen (Cu, Mn) sowie unter Stress (Gravidität, Laktation, Parasitenbefall oder andere Krankheiten, starker Beunruhigung, Lebensraumverlust) können Lungeneffekte durch Ozon verstärkt werden. Durch negative Effekte von Ozon auf Pflanzen, welche sehr sensibel auf Ozon reagieren, sind ebenfalls Beeinträchtigungen von Tieren ableitbar und zwar hinsichtlich einer veränderten Nahrungsquantität und –qualität sowie Habitatänderungen.

3.5.6.2.2. Vögel

Auch bei Vögeln wurden aus der Gruppe der verkehrsbedingten Schadstoffe hauptsächlich Auswirkungen der Bleibelastung untersucht. Aber auch bei diesen wurden keine akuten, durch den Straßenverkehr verursachten Vergiftungen festgestellt. Durch Blei wurden vor

allen Beeinflussungen biochemischer und hämatologischer Parameter beobachtet. Erniedrigte Hämoglobinwerte (Anämie) und histopathologische Veränderungen wurden unter anderem beim **Haussperling** (MAGON-VIJAY & GARG 1991) und beim **Feldsperling** (KOSTELECKA et al. 1997, KAMINSKI & MATUS 1998) gefunden, wobei diese Veränderungen auch in nicht durch den Autoverkehr stark belastenden Gebieten festgestellt wurden (zum Teil auch experimentelle Untersuchungen). Eine verminderte Aktivität des für die Bildung des Häms essentiellen Enzyms Delta-Aminolävulinsäure-Dehydratase (Delta-ALAD) bei Nestlingen und Adulten von **Staren** und Veränderungen im Blutbild bei anderen Arten wurden aber auch in der Nähe stark befahrener Straßen beobachtet (GRUE et al. 1986).

Im Freiland wurde keine negative Beeinflussung des Reproduktionserfolges bei **Rauchschwalben** neben Straßen im Vergleich zu unbelasteten Gebieten beobachtet (GRUE et al. 1984, zit. aus BENNETT 1991). Eine Abnahme der Aktivität der Delta-ALAD (um bis zu 60%) wurde aber bei Nestlingen und Adulten von Staren beobachtet, wobei dieser Effekt bei Nestlingen in der Nähe stark befahrener Straßen bereits bei geringerem Verkehrsaufkommen beobachtet wurde als bei Adulten (GRUE et al. 1986). Die Kontamination des straßennahen Habitates mit Blei stellt aber dennoch nach Meinung der Autoren keine ernste Gefahr für adulte Vögel dar. Die Auswirkungen von vermindertem Hämoglobingehalt und Hämatokrit, geringerer ALAD-Aktivität und geringerem Gehirngewicht bei Nestlingen auf deren Überlebenschance ist aber unklar und es könnten sich möglicherweise negative Effekte ergeben.

Bei Silbermöwen konnte unter experimenteller Bleibelastung festgestellt werden, daß während einer bestimmten kritischen Entwicklungsperiode des Jungvogels sein späteres Verhalten (vor allem individuelles Erinnerungsvermögen) negativ beeinflusst werden kann (BURGER & GOCHFELD 1993). Die Vögel benötigten unter Bleibelastung auch längere Zeit zur Futtersuche und legten pro Zeiteinheit geringere Distanzen zurück.

TATARUCH & LIDAUER (1984) untersuchten die Schwermetallbelastung von **Amseln** aus Wien und verglichen diese mit der Kontamination der selben Art aus landwirtschaftlich genutzten Gebieten. Bei den Vögeln aus Wien wurden in allen untersuchten Geweben deutlich höhere Bleikonzentrationen nachgewiesen, allerdings unterblieb in dieser Publikation eine toxikologische Bewertung der Rückstände.

In polnischen Städten mit hoher Bleibelastung wurden beim **Feldsperling** erniedrigte Hämoglobinwerte im Vergleich zu Waldgebieten gefunden (KOSTELECKA et al. 1997). Bei Nestlingen von **Sperlingen** wurde verzögertes Wachstum auf erhöhte Bleikonzentrationen in der Leber der Jungvögel zurückgeführt (PINOWSKI et al. 1995). Im Zusammenhang mit hohen Werten von Blei und anderen Schwermetallen wurden bei Feldsperling-Nestlingen auch langsamere Gewichtszunahme mit histopathologischen Veränderungen von Leber, Niere und Lunge beobachtet (KAMINSKI & MATUS 1998). Bei Nestlingen von **Feld-** und **Hausperling** zeigten Bleiwerte über 2 µg/gTG in der Leber, einen großen Einfluß auf Körperkonstitution und Mortalität (PINOWSKI et al. 1993).

Trialkylblei-Verbindungen (aus Benzinemissionen entstehend) in einer Dosierung von 0,2 mg pro Tag zeigten negative Effekte beim **Star** und waren ab etwa 2 mg pro Tag tödlich (OSBORN et al. 1983, WHO 1989).

Hinsichtlich der Ozonbelastung wurden bei Vögeln Unterschiede zu Säugern beobachtet: Bei Japanischen Wachteln konnte unter Versuchsbedingungen nach Ozonexposition keine Regeneration morphologischer und biochemischer Lungenveränderungen, wie sie bei Säugern beobachtet wurden, festgestellt werden.

Eine Ozonbelastung von 1 mg/m³ (0,5ppm) über 7 Tage verminderte die Zilienanzahl in der Trachea und in der Lunge und führte zu Entzündungsprozessen sowie Nekrosen von Kapillarepithelialzellen und 3 mg/m³ für eine Woche erhöhten zusätzlich die Aktivität von Lungenzymen (Lactatdehydrogenase, Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase, Glutathion-Reduktase). Dabei wurden nach 7 Tagen aber keine Regenerationsprozesse beobachtet (ROMBOUT et al. 1991). Vögel dürften daher allgemein sehr sensibel auf erhöhte Ozonwerte reagieren.

Kohlenmonoxid-Immissionen führten zu einem Sinken der Schlüpftrate bei Vogelgelegen und geschlüpfte Tiere zeigten u.a. Untergewicht, Leberfunktionsstörungen und Mißbildungen im Gefiederbau (MADER 1981).

Zusammenfassung

- Eine Beeinflussung des Bruterfolges neben stark befahrenen Straßen durch Blei konnte nicht nachgewiesen werden, doch kann hohe Bleibelastung hämatologische Parameter bei Jungvögeln stärker verändern als bei Adulten, wodurch negative Effekte (höhere Mortalität nach dem Ausfliegen der Nestlinge, verändertes Verhalten) möglich scheinen. Hohe Bleibelastung während einer kritischen Entwicklungsphase führte experimentell auch zu geänderten Verhalten (vor allem herabgesetztes individuelles Erinnerungsvermögen, längere Futtersuche).
- Vögel dürften im Vergleich zu Säugetieren auf hohe Ozonbelastungen besonders sensibel reagieren (schlechtere Regeneration von Lungeneffekten), wobei wahrscheinlich vor allem Zugvögel mit hohem Energieverbrauch betroffen sind (ANONYMOUS 1989).
- Kohlenmonoxid-Immissionen führten zu einem Sinken der Schlüpfrate bei Vogelgelegen und geschlüpfte Tiere zeigten u.a. Untergewicht, Leberfunktionsstörungen und Mißbildungen im Gefiederbau.

3.5.6.2.3. Amphibien und Reptilien

Für Reptilien sind nur wenige Literaturangaben über verkehrsbedingte Schwermetallkonzentrationen in Organen verfügbar, weshalb für sie keine eindeutigen Aussagen im Zusammenhang mit einer eventuellen Gefährdung durch Straßenverkehrsemissionen möglich sind.

In Deutschland wurden von SCHMIDT (1980) 3,24-6,07 ppm für **Zauneidechse** bzw. 22,5-68,8 ppm für **Waldeidechse** im Stadtgebiet von Saarbrücken bei Ganzkörperuntersuchungen gemessen, AVERY et al. (1983) konnten bei einigen Individuen von Waldeidechsen an einer stark befahrenen Straße in England im Knochen 9,5 ppm, in der Leber 3,5 ppm und in der Niere 7,5 ppm feststellen.

Bei Schlangen wurden im Vergleich zur Gesamtkörperkonzentration höhere Schwermetall-

konzentrationen in der Haut festgestellt, weshalb bei Schlangen und anderen Reptilien die Häutung als eine effektive Methode der Abgabe toxischer Schwermetalle angesehen werden kann (BURGER 1992).

Bei Kaulquappen von Amphibien (*Rana luteiventris*, Idaho, USA) konnte experimentell festgestellt werden, daß verschiedene Metalle schon in geringerer Konzentration akut toxisch wirken, wenn sie gleichzeitig gemeinsam mit anderen Metallen aufgenommen werden und ein Synergismus vieler Metalle zu einer verzögerten Metamorphose führen kann. Außerdem verursachte Blei herabgesetztes Fluchtverhalten der Kaulquappen (LEFCORT et al. 1998).

Eine subletale Dosis von 100 mg/kg Blei provozierte bei *Bufo arenarum* einen signifikanten Anstieg der Delta-ALAD ohne Änderungen im Hämatokrit. Die osmotische Erythrozytenresistenz (als Maß für die Säuretoleranz zu werten) zeigte sich unter Bleibelastung reduziert (ROSENBERG et al. 1998).

Bei Embryonen von *Bufo arenarum* wurde unter Versuchsbedingungen bei Konzentrationen von unter 1 mg Pb⁺⁺ /l Wasser eine hohe Inzidenz für Fehlbildungen (z.B. nur teilweise Neurulation, Mikrozephalie) gefolgt von Absterben der Embryonen gefunden. Überlebende zeigten unterentwickelte Kiemen, Mikrozephalie, verzögerte Entwicklung und verkrüppelte Schwänze (PEREZ-COLL et al.1988). Die Empfindlichkeit für Blei und auch für Cadmium war außerdem in den verschiedenen Entwicklungsphasen unterschiedlich (PEREZ-COLL & HERKOVITS 1990, HERKOVITS & PEREZ-COLL 1993). Bei beginnender Organentwicklung zeigten sich die Embryonen besonders empfindlich.

Weiters wurden in direkt von Straßen beeinflussten Gewässern (Straßendränage) auch Bleikonzentrationen in Kaulquappen erhoben, wobei die Bleigehalte von Kaulquappen von Ochsen- und Schreifrosch mit der Verkehrsdichte und mit den Sedimentkontaminationen positiv korrelierten. In den Sedimenten wurde etwa 4-5 mal mehr Blei gefunden als in den Amphibienlarven. In den Kaulquappen wurden dabei im Einflußbereich stark befahrener Straßen Konzentrationen gemessen, die bei Vögeln und Säugetieren physiologische Effekte und eine Beeinträchtigung der Reproduktion bewirkt hatten (BIRDSALL et al. 1986).

Gegenüber polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen scheinen Amphibien resistenter zu sein als Säuger: Lebermikrosomen von *Ambystoma* produzierten nämlich im Gegensatz zu Ratten experimentell keine mutagenen Metaboliten von Benzo(a)pyren (BIOLOGICAL REPORT 85 (1.11) 1987).

Allgemein läßt sich feststellen, daß weltweit Amphibien lokal oder regional verschwinden, die Ursachen dafür aber oft nicht eindeutig zu finden sind, doch oft anthropogene Umwelteinflüsse dafür verantwortlich zu sein scheinen. Sinkende pH-Werte in Gewässern gemeinsam mit Bioziden, Schwermetallen und anderen Xenobiotika können zu Entwicklungsstörungen, Infertilität und in der Folge zum Tod führen. Bei Amphibien wirken Gifte auch über die Haut (CAREY & BRYANT 1995, HAIDACHER & FACHBACH 1991, HOLCOMBE et al. 1987, MAYER & ELLERSIECK 1988).

Zusammenfassung

- Über Reptilien liegen nur sehr wenige Erkenntnisse vor. Bei den in heimischen Reptilien gemessenen Schwermetallkonzentrationen wurden keine toxischen Effekte festgestellt. Schlangen können über die Haut vermehrt Schwermetalle abgeben (Häutung).
- Bei Amphibien wurden Schwermetalle mit einer verzögerten Metamorphose in Zusammenhang gebracht. Blei verursachte herabgesetztes Fluchtverhalten bei Kaulquappen. Vor allem in Verbindung mit niedrigen pH-Werten in Gewässern können hämatologische Parameter negativ beeinflusst werden. Störungen in der Embryonalentwicklung wurden durch Blei und Cadmium festgestellt. Gegenüber Benzo(a)pyren scheinen Amphibien im Vergleich zu Säugetieren resistenter zu sein.

3.5.6.2.4. Insekten

Mehrere Untersuchungen über Auswirkungen von erhöhten Ozonkonzentrationen auf verschiedene Insektenarten liegen vor. So wurde bei Röhrenläusen (Aphididae) beispielweise das Wachstum von Schwarzen Bohnenläusen durch O₃ inhibiert, während das Populationswachstum von *Phyllaphis fagi* durch O₃ stimuliert wurde, was auf eine

Verschiebung des Aminosäuregehaltes im Verhältnis zum Zuckergehalt im Phloem der Wirtspflanze von *Phyllaphis fagi* zurückgeführt wurde (BRAUN & FLUCKIGER 1989). Ozon beeinflusste zwar nicht die Überlebensrate einer Getreide-Röhrenlausart, doch wurde die mittlere relative Wachstumsrate (WARRINGTON 1989) erhöht. Für *Cinara pilicornis* (ebenfalls aus der Familie der Aphididae) wurde bei täglich stark schwankenden O₃-Konzentrationen, wie sie in Ballungsräumen auftreten, eine stärkere Beeinflussung der mittleren relativen Wachstumsrate festgestellt, als bei gleichbleibend hohen O₃-Konzentrationen, wie sie im Gebirge auftreten (HOLOPAINEN et al. 1994). Darüber hinaus stimulierten erhöhte O₃-Konzentrationen die Populationsentwicklung von *C. pilicornis* auf jungen Fichtenschößlingen, während auf älteren Schößlingen ein negativer Effekt beobachtet wurde (HOLOPAINEN & KOSSI 1998).

Auch für andere Insektenarten wurde geändertes Freßverhalten im Zusammenhang mit Ozon beobachtet: So bevorzugten z.B. Buchenrüsselkäfer meist Blätter von ozonexponierten Buchen im Gegensatz zu nicht exponierten Pflanzen (HILTBRUNNER & FLUCKIGER 1992). Bei Blattkäfern (*Gastrophysa viridula*, Chrysomelidae) war die Eianzahl bei der Eiablage, die Überlebensrate und das Wachstum gesteigert (WHITTAKER et al. 1989). In Tomatenpflanzen konnte durch Ozon eine Abnahme von Abwehrstoffen gegenüber Freßfeinden festgestellt werden (TRUMBLE et al. 1987).

Von Mottenlarven (Schwammspinner, Lymantriidae) wurden unter Ozonstress auch Pflanzen bevorzugt, die normalerweise nicht als Nahrung dienen (ENDRESS et al. 1991) und bei derselben Art wurde geändertes Freßverhalten im Zusammenhang mit Ozon und unterschiedlichen Niederschlags-pH-Werten in Regensimulationskammern untersucht, wobei Unterschiede im Konsum und in der Wachstumsrate an zwei verschiedenen Arten von Eichensprösslingen festgestellt wurden (CANNON 1993).

Wichtig ist dabei zu erwähnen, daß metabolische Änderungen in der Wirtspflanze unter dem Einfluß von Ozon (z.B. Änderungen im Kohlenhydrathaushalt, Aminosäuren, Phenolen) bedeutende Änderungen in der Nahrungsqualität bewirken können (BOLSINGER et al. 1991).

Unter natürlich vorkommenden Ozonkonzentrationen konnte auch aufgezeigt werden, daß Pheromone ihre Aktivität verlieren, wodurch eine intraspezifische Kommunikation bei

Insekten be- oder verhindert wird (ARNDT 1995).

Niedrige SO₂-Konzentrationen führten zu einer Erhöhung der GPDH-Enzymaktivität (Enzym der Glykolyse) bei Motten (*Leucoma salicis*), während gleichzeitige SO₂-, NO_x-Exposition und schwermetallhaltiger Staub dieses Enzym inhibierten (MIGULA & KARPINSKA 1988).

Bei tagaktiven **Schmetterlingsarten** und tagaktiven Mottenarten hatte SO₂ in niedrigen Konzentrationen einen positiven Effekt auf die Bestandsentwicklung, in höheren Konzentrationen erwies sich SO₂ aber als sehr toxisch. Durch SO₂ bedingte vermehrte Schwefelaufnahme mit der Nahrung zeigte bei dem Chrysomeliden *Melasoma lapponica* eher positive Effekte (KOZLOV et al. 1996a, KOZLOV et al. 1996b, KOZLOV & SELIKHOVKIN 1997).

Entlang stark befahrener Straßen wurde bei der Mehrzahl der untersuchten Arthropodenarten eine Bestandsverminderung durch Kfz-Abgase beobachtet, doch kam es unter hoher Kfz-Abgasbelastung auch zu einer Zunahme der Individuenzahl: MINORANSKIJ & WOJCIECHOWSKI

(1988) konnten z.B. für eine Röhrenlausart (Aphididae) eine 8-fache Erhöhung der Individuenzahl, für den entsprechenden Räuber, den Siebenpunkt-Marienkäfer eine 4-fache und für die Schwarze Gartenameise eine 12-fache Erhöhung feststellen. Auch Vertreter aus der Familie der Wanzen (Heteroptera) traten am Straßenrand gehäuft auf, wobei diese Arten dabei aber möglicherweise auch vom Ausfall der bestandsmindernden Räuberart profitieren können (MADER 1981). Änderungen in der Entwicklungsdynamik bei in Blättern von Birken minierenden Hautflüglerlarven (Hymenoptera, Tenthredinidae) wurden an stark befahrenen Straßen von PIERONEK & JUNG (1992) festgestellt.

Allgemein ist zu erwarten, daß im Straßenrandbereich Phytophage stärker durch die Immissionsbelastung geschädigt werden als Carnivore, die beweglicher sind und sich dadurch unter Umständen auf das geänderte Beutespektrum einstellen können. Jedoch ist auch für sie die Anreicherung von Giftstoffen in der Nahrungskette als belastender Faktor zu befürchten. Bei zwei räuberisch lebenden Arten aus der Familie der Laufkäfer (Carabidae), Goldschmied und *Pterostichus cupreus*, wurden um acht mal höhere Bleiwerte im Straßennahbereich als bei Feldtieren gemessen (MADER 1981). Die Artenzahl war für die Laufkäfer straßennah deutlich geringer, während für Kurzflügler keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden konnten.

Neben stark befahrenen Straßen wurden auch erhöhte Schwermetallkonzentrationen (Cu, Zn, Pb) bei Ameisen in Arbeitern und deren Puppen gemessen, wobei gleichzeitig eine erhöhte Dichte von Ameisenhöfen mit erniedrigten Individuenzahlen in den einzelnen Ameisenkolonien und kürzere Entwicklungszeit für ihre Nachkommen festgestellt wurden (KRZYSZTOFIAK 1992). Die höchsten Schwermetallkonzentrationen (Pb, Cd, Cu, Zn) fanden sich bei Ameisen (*Formica pratensi*, *Formica polyctena*, Roßameise *Camponotus ligniperda*) im Mitteldarm, gefolgt von den Malpighischen Gefäßen und Enddarm, hohe Konzentrationen wurden aber auch in Mandibeln und Ovarien gemessen (RABITSCH 1997). In Abhängigkeit von der Verkehrsintensität zeigten Raupen des Birkennestspinners (Lepidoptera) verschieden hohe Pb-, Cd- und Zn-Gehalte (STARY et al. 1989), während Zikaden vom Mittelstreifen einer stark befahrenen Straße keine erhöhten Pb-Konzentrationen gegenüber Kontrollgebieten aufwiesen (CLARK 1992). Hohe Bleiaufnahme führte bei Laborversuchen mit Kohleulen zu morphologischen Deformitäten und Mißbildungen von Puppen und Imagines und einer Abnahme der Fertilität (WEISMANN & REHAKOVA 1997).

VOGEL (1988) untersuchte verschiedene Arthropodengruppen in unterschiedlich schadstoff-exponierten Waldgebieten in Österreich (nahe einer Autobahn und weit entfernten Gebieten). Von den phytophagen Tierarten wiesen Heuschrecken und Baumwanzen eher niedrige, Bienen eher hohe Bleiwerte auf.

Heuschrecken zeigten straßennah nur etwa 2-5 mal so hohe Werte wie straßenfern, obwohl die Vegetation (Gras) viel größere Bleiunterschiede aufwies. Heuschrecken hatten daher die Nahrung entweder weit genug von der Straße aufgenommen, oder es kann ein effektiver Mechanismus zur Verhinderung der Bleiaufnahme bzw. zur Eliminierung von Blei angenommen werden.

Phytophage Baumwanzen zeigten wie alle Pflanzensauger viel niedrigere Bleikonzentrationen als Raubwanzen und blattlausfressende Coccinelliden hatten daher ebenfalls niedrige Bleiwerte.

Bienen zeigten nur aufgrund ihrer pelzigen (staubsammelnden) Oberfläche hohe Werte (Wespen mit glatter Oberfläche hatten deutlich weniger Blei), doch waren Ameisen wegen des engen Kontaktes mit der hochbelasteten Streuschicht und wegen der vielseitigen Nahrung

viel stärker mit Blei belastet (hauptsächlich wahrscheinlich auf den stark belasteten Honigtau zurückzuführen).

Arthropoden scheinen relativ unempfindlich gegenüber Blei, so zeigen Collembolen erst bei 200 ppm Ganzkörperbelastung reduziertes Wachstum und können 12 000 ppm in der Nahrung unbeschadet überleben.

Die Cadmiumkonzentrationen zeigten im allgemeinen keinen Zusammenhang mit der Verkehrsbelastung, sondern waren vor allem aufgrund anderer Emissionsquellen erhöht. Die Streuschicht am Autobahnrand war zum Teil geringer belastet als jene der Vergleichsstandorte und außerdem kann man davon ausgehen, daß die Cadmiumkonzentrationen im Boden schon nach etwa nur 5 Metern wieder Werte wie in der weiteren Umgebung erreichen. Die Pflanzenfresser wiesen generell niedrige Werte auf, Ameisen, Spinnen und Raubwanzen lagen um etwa eine Zehnerpotenz höher. Die höchsten Cadmiumwerte erreichten Ameisen auf Abraumhalden mit etwa 50 ppm. Raubwanzen zeigten etwa 20 mal soviel Cadmium wie pflanzensaftsaugende Baumwanzen. Bei *Drosophila* ist bei einer Cadmiumkonzentration von 100 ppm im Futter die Entwicklung gestört, Ameisen und Raubwanzen erreichten beinahe Werte, bei welchen negative Einflüsse auf den Organismus nachgewiesen werden konnten.

Kohlenwasserstoffe sind vor allem für wasserlebende Insekten im Zusammenhang mit der Verschmutzung von Gewässern mit Ölen und petrochemischen Produkten von Bedeutung. An Larven Gelbfiebermücke konnte festgestellt werden, daß Benzinfraktionen, die mit der Nahrung aufgenommen wurden, zu Stoffwechseleränderungen führten, die sich in einem erhöhten Sauerstoffbedarf der geschädigten Tiere äußerten (MADER 1981). Für luftatmende Wasserinsekten wie beispielsweise Dipterenlarven, Wasserkäfer oder Wasserwanzen oder Tiere, die ihren Luftvorrat von der Wasseroberfläche in Form von Luftblasen mit in die Tiefe von Gewässern nehmen, können Ölfilme auf der Wasseroberfläche innerhalb kurzer Zeit die Vernichtung einer ganzen Population bedeuten. Im Wasser lebende Insektenlarven, die Tracheenkiemen besitzen, wie z.B. die von Libellen, Schlammfliegen und Eintagsfliegen, sind dadurch nicht unmittelbar betroffen, leiden aber unter eintretendem Sauerstoffschwund oder unter dem Verkleben der Respirationsorgane.

Zusammenfassung

- Für Insekten wurde ein geändertes Freßverhalten im Zusammenhang mit Ozon beobachtet, wobei die unter dem Einfluß von Ozon zustande kommenden metabolischen Änderungen in der Wirtspflanze (z.B. Änderungen im Kohlenhydrathaushalt, Aminosäuren, Phenolen) bedeutende Änderungen in der Nahrungsqualität für Insekten bedeuten können.
- Unter natürlich vorkommenden Ozonkonzentrationen konnte auch aufgezeigt werden, daß Pheromone ihre Aktivität verlieren, wodurch die interspezifische Kommunikation bei Insekten beeinträchtigt oder sogar verhindert wird.
- SO₂ in niedrigen Konzentrationen zeigte einen positiven Effekt auf die Bestandsentwicklung von Insekten, in höheren Konzentrationen erwies sich SO₂ aber als sehr toxisch.
- Entlang stark befahrener Straßen wurde bei der Mehrzahl der untersuchten Arthropodenarten eine Bestandsverminderung durch Kfz-Abgase beobachtet, doch kam es unter hoher Kfz-Abgasbelastung auch zu einer Zunahme der Individuenzahl, wie z.B. bei Röhrenläusen, Ameisen oder Wanzen. Allgemein ist zu erwarten, daß im Straßenrandbereich Phytophage stärker durch die Immissionsbelastung geschädigt werden als Carnivore.
- Bei einer Untersuchung verschiedener Arthropodengruppen aus unterschiedlich schadstoffexponierten Waldgebieten aus Österreich (nahe einer Autobahn und weit entfernten Gebieten) wiesen phytophage Tierarten, wie Heuschrecken und Baumwanzen eher niedrige Bleiwerte auf. Ameisen waren hingegen wegen des engen Kontaktes mit der hochbelasteten Streuschicht und wegen der vielseitigen Nahrung viel stärker mit Blei belastet. Borkenkäfer, die in der Streuschicht überwintern, wiesen innerhalb dieser Familie die höchsten Werte auf, doch betrug die Medianwerte der Konzentrationen bei allen untersuchten Tieren bis etwa 12 ppm, Konzentrationen, die weit unter den für Arthropoden schädlichen Werten liegen.

- Die Cadmiumkonzentrationen zeigten im allgemeinen keinen Zusammenhang mit der Verkehrsbelastung, Ameisen und Raubwanzen erreichten aber beinahe Werte, bei denen negative Einflüsse auf den Organismus nachgewiesen werden konnten.

3.5.6.3. Ergänzende Beiträge zu Auswirkungen von Schadstoffen auf Krebstieren, Spinnentieren, Weichtieren und Fischen

3.5.6.3.1.1. Krebstiere und Spinnentiere

Unter den Makrovertebraten stellten Asseln (Isopoda) und Spinnen in mehreren Untersuchungen die am stärksten mit Schwermetallen kontaminierten Organismengruppen am Straßenrand dar (RECK & KAULE 1993), was vor allem für Blei festgestellt wurde (z.B. WILLIAMSON & EVANS 1972). Detritophage Tiere erwiesen sich dabei als stärker belastet als zoophage.

VOGEL (1988) untersuchte Arthropoden in Österreich in Straßennähe und in von Straßen weit entfernten Waldgebieten und wies bei detritophagen Asseln, die in der Streuschicht und unter der Rinde abgestorbener Bäume lebten, etwa gleich hohe Bleiwerte nach wie für bodenlebende Lithobiiden (Chilopoda, Insecta) und die vorwiegend freilebenden und ebenfalls räuberischen Spinnen. Es wurden jedoch keine Bleiwerte gemessen, die mit negativen Effekten in

Verbindung gebracht werden können (Medianwerte bis 12 ppm), da *Porcellio scaber* erst ab einer Konzentration von 12 800 ppm im Substrat eingeschränkte Lebensdauer zeigte, und Tausendfüßler und Landasseln Konzentrationen im Tier von 80 bzw. 700 ppm ohne erkennbare Schädigung überleben. Mit Cadmium waren die detritophagen Isopoden ebenfalls höher belastet als Pflanzenfresser (etwa 3 ppm), wobei bei *Porcellio scaber* der Bruterfolg ab 10 ppm deutlich reduziert sein kann.

Bei *Porcellio scaber* (Isopoda) korrelierte die Blei- und Cadmiumkontamination in Stadtbezirken von Innsbruck ebenfalls mit der Verkehrsintensität. Entlang von Hauptstraßen nahmen die Bleikonzentrationen in den Asseln mit steigendem Kfz-Verkehr zu und mit zunehmender Entfernung vom Stadtzentrum ab. Dasselbe konnte für Cadmium aber nicht festgestellt werden, doch wurde für Blei und Cadmium eine zunehmende Tendenz der

Konzentrationen korrelierend mit der Hauptwindrichtung von Südwest nach Nordost beobachtet (DALLINGER et al. 1992).

Flußkrebse, die im Einflußbereich von Straßen lebten, zeigten ebenfalls signifikant höhere Metallgehalte als Kontrolltiere, wobei die höchsten Werte in der Mitteldarmdrüse und Verdauungstrakt, hohe Werte aber auch im Exoskelett, gemessen wurden (MADIGOSKY et al. 1991).

An Hand von Untersuchungen an Regenwürmern und Isopoden konnte in einer Region in Italien das zunehmende Ausmaß der Umweltbelastung direkt mit der Eröffnung einer Autostraße in Zusammenhang gebracht werden, indem die Belastung dieser Tiergruppen schon vor Baubeginn bis nach der Eröffnung der Straße aufgezeigt wurde (CAMPO et al. 1996).

Am Straßenrand konnte ein Absinken der Artendiversität und ein Rückgang der Arten- und Individuenzahl für Spinnentiere (Araneae) statistisch signifikant nachgewiesen werden (MADER 1981).

Unter Spinnen zeigten Wolfsspinnen (am Boden jagend, Röhrenbewohner) gegenüber Netzspinnenarten bei gleicher Schwermetallbelastung des Lebensraumes höhere Schwermetallgehalte (MARCZYK et al. 1993, WILCZEK & MIGULA 1996).

Bei VOGEL (1988) gehörten die Spinnen zu den am stärksten mit Blei und Cadmium belasteten Arthropodengruppen (auf einer Abraumhalde etwa 50 ppm Cadmium in verschiedenen Spinnen), doch wurde in Laborversuchen auch festgestellt, daß keine Anreicherung von Cadmium gegenüber der Nahrung stattfindet.

Die Abundanz von Milben (*Carabodes labyrinthicus*) nahm mit abnehmender Entfernung von einer Autobahn (zwischen 800 und 10m) beträchtlich ab (PORZNER & WEIGMANN 1991), wobei die NO_x- und CO-Konzentrationen negativ mit der Abundanz von *C. labyrinthicus* auf Eichen korrelierten. Oribatidae werden als gute Indikatoren für Luftverunreinigungen neben Straßen angesehen, da sie auf Bäumen im Gegensatz zur Bodenfauna direkt Luftschadstoffen ausgesetzt sind. Bei bodenlebenden Oribatiden wurden in Stadtgebieten auch erhöhte Individuenzahlen innerhalb einer bestimmten Population beobachtet, doch wurde aufgrund von

Artenverarmung insgesamt eine Abnahme der Individuenzahl festgestellt (STAMOU & ARGYROPOULOU 1995).

Zusammenfassung

- Unter den Makrovertebraten gehören Asseln (Isopoda) und Spinnen zu den am stärksten mit Schwermetallen kontaminierten Organismengruppen am Straßenrand.
- Bei *Porcellio scaber* (Isopoda) korrelierte die Blei- und Cadmiumkontamination in Stadtbezirken von Innsbruck mit der Verkehrsintensität und die Bleikonzentrationen nahmen entlang der Hauptstraßen in den Asseln mit steigendem Kfz-Verkehr zu und mit zunehmender Entfernung vom Stadtzentrum ab.
- Bei Arthropoden, die in Österreich in Straßennähe und in von Straßen weit entfernten Waldgebieten untersucht wurden, zeigten die detritophagen Asseln, die in der Streuschicht und unter der Rinde abgestorbener Bäume lebten, etwa gleich hohe Bleiwerte wie bodenlebende Lithobiiden (Chilopoda, Insecta) und die vorwiegend freilebenden und ebenfalls räuberischen Spinnen.
- Am Straßenrand konnte ein Absinken der Artendiversität und ein Rückgang der Arten- und Individuenzahl für Spinnentiere (Araneae) statistisch signifikant nachgewiesen werden. Unter den Spinnen zeigten Wolfsspinnen bei gleicher Schwermetallbelastung des Lebensraumes höhere Schwermetallgehalte als Netzspinnenarten.
- Bei Milben (*Carabodes labyrinthicus*) nahm mit abnehmender Entfernung von einer Autobahn die Abundanz beträchtlich ab, wobei die NO_x- und CO-Konzentrationen dabei negativ mit der Abundanz von *C. labyrinthicus* auf Eichen korrelierten.

3.5.6.3.1.2. Weichtiere

Auf die höhere Belastung mit Schwermetallen bei bodenlebenden Mollusken (**Große Teichmuschel**) in Gewässern im Vergleich zu freischwimmenden Fischen und ein mögliches

Verkleben oder Verölen von Kiemen bei wasserlebenden Mollusken wurde bereits hingewiesen (MADER 1981, CARRU et al. 1996).

Durch den Bau einer Straße und die Einleitung von Bau- und Straßenabwässern wurde in Deutschland auch das Erlöschen einer Population einer stark gefährdeten Muschelart (Flußperlmuschel) beobachtet (RECK & KAULE 1993).

Im Vergleich zu anderen Bodeninvertebraten (saprophagen oder phytophagen Collembolen, Isopoden oder Diplopoden) zeigten Nacktschnecken (Netz-Ackerschnecke) unterschiedliche Metallakkumulationsstrategien, die aufgrund artspezifisch unterschiedlicher Detoxifikationsmechanismen zustande kommen (GRÄFF et al. 1997). Außerdem konnte bei Nacktschnecken (Braune Wegschnecke und Netz-Ackerschnecke) beobachtet werden, daß es in Abhängigkeit von der Blei- und Zinkbelastung zur Herausbildung metalltoleranter Ökotypen kommen kann: Schnecken, die aus unbelasteten Gebieten in stark belastete gebracht wurden, zeigten höhere Blei- und Zinkwerte als Schnecken, die in dem stark belasteten Gebiet schon immer gelebt hatten (GREVILLE & MORGAN 1991).

Bei Gehäuseschnecken (Gefleckte Weinbergschnecke) wurde beobachtet, daß die Schale als Kurzzeitspeicher für Blei bei hoher Bleibelastung fungieren kann, und daß bei sinkenden Körperkonzentrationen das Blei von der Schale in den Körper wieder abgegeben wird (BEEBY & RICHMOND 1989).

Juvenile und adulte Individuen der Gefleckten Weinbergschnecke, die experimentell mit hohen Zink-, Kupfer-, Blei- oder Cadmiummengen oder einer Kombination dieser Metalle gefüttert wurden, zeigten verminderte Nahrungsaufnahme und Fertilität und unter chronischem Metallstress wurde ein Rückgang in der Individuenanzahl auf eine verspätete Reproduktion nach der Überwinterung zurückgeführt (LASKOWSKI & HOPKIN 1996).

Durch Blei konnte auch eine Änderung in der Kalziumversorgung der Eier festgestellt werden (BEEBY & RICHMOND 1998).

Für Gefleckte Schnirkelschnecken wurden im Stadtgebiet von Innsbruck höhere Cadmium-, Blei- und Kupfer-Konzentrationen gemessen als in Kontrollgebieten, wobei die größten Unterschiede für Blei beobachtet wurden (BERGER & DALLINGER 1993).

Zusammenfassung

- Bei bodenlebenden Mollusken (**Große Teichmuschel**) konnte im Vergleich zu freischwimmenden Fischen eine höhere Belastung mit Schwermetallen beobachtet werden.
- Durch den Bau einer Straße und die Einleitung von Bau- und Straßenabwässern wurde in Deutschland das Erlöschen einer Population einer stark gefährdeten Muschelart (Flußperlmuschel) beobachtet.
- Bei Nacktschnecken (Braune Wegschnecke und Netz-Ackerschnecke) konnte festgestellt werden, daß es in Abhängigkeit von der Blei- und Zinkbelastung zur Herausbildung metalltoleranter Ökotypen kommen kann.
- Hohe Zink-, Kupfer-, Blei- oder Cadmiummengen oder eine Kombination dieser Metalle in der Nahrung zeigten bei der Gefleckten Weinbergschnecke verminderte Nahrungsaufnahme und Fertilität und unter chronischem Metallstress verspätete Reproduktion nach der Überwinterung. Durch Blei konnte auch eine Änderung in der Kalziumversorgung der Eier festgestellt werden.

3.5.6.3.1.3.Fische

Schwermetalle gehören zu den problematischsten Wasserbelastungsfaktoren, da sie zum Teil adsorptiv an mineralische oder organische Sedimente gebunden werden (zum Teil fallen sie auch als Carbonate, Sulfate oder Sulfide aus). In belasteten Gewässern beobachtet man deshalb stetig ansteigende Schwermetallgehalte in Sedimenten, wobei diese bis zu 10 000 mal höhere Konzentrationen als das freie Wasser aufweisen können. Kritisch wird die Situation für Gewässer dann, wenn die Adsorptionskapazität der Sedimente erschöpft ist oder wenn es zu einer Mobilisierung sedimentierter Schwermetalle kommt, wie es z.B. bei Hochwasser

(Schneeschnitz) der Fall ist, wenn Sedimente hochgewirbelt und verfrachtet werden, oder bei niedrigen pH-Werten, wo es zu einer erheblichen Mobilisation von Schwermetallen kommen kann (MATSCHULLAT & WYROBECK 1993).

Benthivore Fische zeigen daher im allgemeinen höhere Blei- und Schwermetallwerte als freischwimmende Fische (dasselbe gilt für Wasserinvertebraten): Bei Plötze und Flußbarschen waren beispielsweise die Schwermetallkonzentrationen bedeutend niedriger als bei einer Molluskenart (**Große Teichmuschel**) (CARRU et al. 1996) und planktivore Fische wie Lauben zeigten niedrigere Schwermetallkonzentrationen als benthivore Arten (Silberkarausche, Karpfen, Schleie) in einem Abschnitt der Donau in Jugoslawien. Piscivore Arten (Aal, Hecht, Wels, Zander) zeigten ebenfalls geringere Konzentrationen als benthivore, aber höhere als planktivore Fische (MALETIN et al. 1996).

Zunehmender Säuregrad in Seen bewirkte gesteigerte Bioakkumulation von Metallen in Fischen, Insektenlarven und vor allem Wasserpflanzen, was speziell für Cadmium und Blei festgestellt wurde, doch wurde auch eine geringere Bioakkumulation bei höherem totalem organischem Gehalt (TOC) festgestellt (IIVONEN et al. 1992).

Bei niedrigen pH-Werten wurde im Zusammenhang mit Schwermetallen auch eine veränderte Kalziumaufnahme und dadurch Störungen bei der Skelettbildung bei Embryos von Regenbogenforellen festgestellt (READER et al. 1989, SAYER et al. 1989, SAYER et al. 1991). Blei verursachte experimentell auch histologische Veränderungen in der Leber und histopathologische Veränderungen in den Kiemen bei *Puntius arulius* oder Prachtbarben (BENGERI & PATIL 1986, BENGERI & PATIL 1987, TEWARI et al. 1987, GILL et al. 1991).

Cadmium bewirkte in Kurzzeitversuchen mit subletalen Konzentrationen Änderungen im Hormonhaushalt (Anstieg des Cortisol-Blutplasmaspiegels) von *Oncorhynchus mykiss* (Pazifiklachse, HONTELA et al. 1996) und verhinderte die Entwicklung abgelegter Eier bei nur sehr niedrigen Konzentrationen (1,8 µg Cd/l) bei dieser Fischart (BROWN et al. 1994). Kupfer und Zink zeigten sich an isolierten Aal-Hepatozyten (*Anguilla japonica*) antagonistisch (die gleichzeitige Exposition von Zink und Kupfer führte zu einer geringeren Akkumulation in den Leberzellen als bei nur einzelner Exposition, HWANG et al. 1996) und es wurden experimentell auch Wechselwirkungen von Cadmium und Benzo(a)pyren mit Auswirkungen auf

Zellstruktur und Leberenzyme bei Aalen (*A. anguilla*) festgestellt (LEMAIRE-GONY & LEMAIRE 1992).

Weiters wurden durch Pb bei Regenbogenforellen experimentell Veränderungen in der Blutzusammensetzung, durch Cd Änderungen in der Speicherfähigkeit von Vitamin B-12 und eine Beeinträchtigung der Embryonal- und Larvalentwicklung bei Süßwasserfischen und ebenfalls durch Cd Änderungen im Räuber-Beute-Verhalten bei *Pimephales promelas* und Forellenbarschen beobachtet (MADER 1981).

Benzpyren und andere aromatische Kohlenwasserstoffe, die zu einen bedeutenden Anteil auch aus der Luft in Gewässer eingetragen werden, zeigen ebenfalls wie Schwermetalle sehr hohe Konzentrationen in den obersten Sedimentschichten, ohne daß es aber zu einer bedeutenden Anreicherung in Fischen kommt (TRAPIDO & VELDRE 1996). Toxische Konzentrationen werden im Wasser normalerweise nicht erreicht, wurden aber in Sedimenten viel häufiger gemessen. Die Bioverfügbarkeit aus Sedimenten ist aber nur sehr gering. Verschiedene polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe wirken dabei aber auch unterschiedlich toxisch auf aquatische Organismen: Im allgemeinen nimmt die Toxizität mit zunehmendem Molekulargewicht und zunehmender Alkylsubstitution zu, wobei die hochmolekularen polyzyklischen Kohlenwasserstoffe aber aufgrund geringer Wasserlöslichkeit nur wenig toxisch wirken. Crustaceen reagieren im allgemeinen am sensibelsten, während für Fische die Toxizität in der Regel am geringsten ist (BIOLOGICAL REPORT 85 (1.11) 1987).

Eine Ozonbelastung von Gewässern ist durch den Kfz-Verkehr praktisch nicht vorhanden, doch wird Ozon auch als Desinfektionsmittel zur Verbesserung der Wasserqualität verwendet, wobei es sich als sehr schädlich vor allem für Fischlarven und in höherem Ausmaß auch für Daphnien zeigte (SUMMERFELT & HOCHHEIMER 1997, LEYNEN et al. 1998). Bei Fischen wurden pathologische Beeinträchtigungen der Erythrozyten Störungen verschiedener Enzyme und histopathologische Veränderungen in den Kiemenepithelien festgestellt (FUKANAGA et al. 1991, FUKANAGA et al. 1992 a, b, FUKANAGA et al. 1994, MORITA et al. 1995).

Anzuführen ist auch, daß eine Vielzahl an Schadstoffen durch Straßenabflüsse in straßenbegleitende Gewässer gelangen kann. Straßendrainage kann zu Erosion führen und es werden neben Schadstoffen auch Bodenpartikel transportiert, wodurch vor allem bei schlecht

angelegten Straßen die Erosion zu einer hohen Deposition in Gewässer führen kann und Flußökosysteme auch weit flußabwärts beeinflußt werden können. Durch Sedimentation werden Mikrohabitate von Invertebraten und Laichplätze von Fischen negativ beeinflußt, wodurch es bei Änderungen in der Artendiversität von Invertebraten in der Folge auch zu negativen Effekten bei Arten eines höheren trophischen Niveaus kommen kann.

Die potentiell giftigen organischen und anorganischen Schadstoffe erwiesen sich aber meist nicht als akut toxisch, wie z.B. in einer Untersuchung von GJESSING et al. (1984) festgestellt wurde. Weder einjährige Forellen, noch deren Eier schienen akut negativ beeinflußt, es wurde dabei aber nicht auf chronische Effekte getestet.

Nach FRITZER (1992) erreichen Abwässer von Straßen besonders beim ersten Spülstoß bei Niederschlagsereignissen hohe Konzentrationen an Schadstoffen. Der Regen nimmt dabei auf der Straße neben den atmosphärischen Verunreinigungen, die etwa nur 6-9% der Gesamtverschmutzung betragen, zusätzlich partikuläre und lösliche Stoffe auf, die im Laufe von Trockenperioden auf die Fahrbahn gelangt sind. Diese bestehen zum Teil aus organischen Ablagerungen (pflanzliches Material, Reste überfahrener Tiere, Tierkot), mineralischen Salzen, Schwefel, Phosphat- und Nitratverbindungen, Fahrbahnabrieb, Abrieb von Reifen, Kupplungsbelägen und Bremsbelägen (Cd, Zn, Cr, Ni, Cu, Asbeststaub, mineralischer Staub) Emissionen der Fahrzeuge (Kohlenwasserstoffe, Pb, Cd, Ni, Cu, Platin (Pt) (WHO 1991) und Palladium (Pd) durch Katalysatoren, Ruß), Tropfverlusten, die auch durch Unfälle auf die Fahrbahn gelangen (Tropfverluste aus Treibstoffen, Motoren- und Getriebeölen mit Cu, Ni, Cr und Vanadium (V), Bremsflüssigkeiten und Ölen, weiters Schmierstoffe, Frostschutzmittel und Reinigungsmittel) sowie Streusand, Düngemittel, Herbizide und Straßenreinigungsmittel. Der Fahrbahnabrieb (Staub, Beton- oder Bitumenabrieb) beträgt dabei etwa 0,3 –1 mm pro Jahr (zwischen 1-3 kg/m²/Jahr), wobei von teerhaltigen bitumösen Straßenbelägen Partikel freigesetzt werden, die zum Teil polyaromatische Kohlenwasserstoffe enthalten. Durch Bitumenstraßen werden mehr Benzpyrene an das Fahrbahnwasser abgegeben, als von Reifenabrieb, Ölabscheidung und Ruß aus der Verbrennung von Kraftfahrzeugen zusammen (FRITZER 1992, BUCHGEHER 1996).

Unter den Auswirkungen auf Fließgewässer ist auch zu nennen, daß, wie bereits erwähnt, durch sehr hohe Trübung, welche bei einem starken Regenereignis mit dem ersten Spülstoß

auftritt, sämtlich kiemenatmende Organismen beeinträchtigt werden können. Vor allem in kleinen Gewässern wird durch den hohen Anteil an unlöslichen Stoffen das Lückensystem des Substrates verstopft, so daß die Produktion der Fischnährtiere und auch die Entwicklung der Fischeier unterhalb der Bachsohle beeinträchtigt werden kann. Hohe Ammoniumschübe in Zusammenhang mit hohen pH-Werten, wie sie bei Autobahnen mit Betondecken beobachtet wurden, können zur Bildung von Ammoniak führen, welches stark fischtoxisch ist.

Straßenabflüsse stellen für Fließgewässer aber meist nur kurzzeitige Belastungen dar, da sie vor allem mit Regenereignissen auftreten. Die Abflüsse treffen außerdem auch auf anschwellende Fließgewässer, weshalb nur in sehr kleinen Gewässern daher die Schadstoffe Schaden an Fischen oder benthischen Organismen verursachen dürften. Mit dem Weiterfließen ist ein Abbau oder die Elimination der Schadstoffe meist möglich, doch können Schwermetalle auch die Selbstreinigung der Fließgewässer herabsetzen. Da in stehenden Gewässern im Gegensatz dazu aber kein Abtransport partikulärer Stoffe gegeben ist, kommt es zu Akkumulationen von Schadstoffen, insbesondere Schwermetallen und Kohlenwasserstoffen, im Bereich der Einleitung.

Mit geeigneten Maßnahmen können jedenfalls Straßenabflüsse, falls notwendig, vorgereinigt werden, worauf hier aber nicht näher eingegangen werden kann.

Zusammenfassung

- Benthivore Fische zeigen aufgrund höherer Schwermetallgehalte in den Sedimenten als im Wasser höhere Blei- und Schwermetallkonzentrationen in Organen als planktivore oder piscivore Fische.
- Zunehmender Säuregrad in Seen bewirkte gesteigerte Bioakkumulation von Metallen in Fischen, was speziell für Cadmium und Blei festgestellt wurde.
- Bei niedrigen pH-Werten wurde im Zusammenhang mit Schwermetallen eine veränderte Kalziumaufnahme und dadurch Störungen bei der Skelettbildung bei Embryonen von Regenbogenforellen festgestellt.

- Eine Vielzahl an Schadstoffen gelangt auch durch Straßenabflüsse in straßenbegleitende Gewässer. Durch Sedimentation werden Mikrohabitate von Invertebraten und Laichplätze von Fischen negativ beeinflusst, wodurch es bei Änderungen in der Artendiversität von Invertebraten in der Folge auch zu negativen Effekten bei Arten eines höheren trophischen Niveaus kommen kann.
- Besonders beim ersten Spülstoß bei Niederschlagsereignissen erreichen Straßenabflüsse hohe Konzentrationen an Schadstoffen. Die Verunreinigungen stammen dabei vor allem aus organischen Ablagerungen, mineralischen Salzen, Schwefel, Phosphat- und Nitratverbindungen, Fahrbahnabrieb, Abrieb von Reifen, Kupplungsbelägen und Bremsbelägen, Emissionen der Fahrzeuge, Tropfverlusten, die auch durch Unfälle auf die Fahrbahn gelangen, sowie Streusand, Dünger, Herbizide und Straßenreinigungsmittel.
- Vor allem in stehenden Gewässern kommt es zu Akkumulationen von Schadstoffen, insbesondere Schwermetallen und Kohlenwasserstoffen im Bereich der Einleitung, da kein Abtransport partikulärer Stoffe gegeben ist.

3.5.6.4. Salzbelastung durch Streusalz

Um den Fahrbetrieb in den Wintermonaten aufrecht erhalten zu können, werden je nach Witterungsbedingungen in verschiedenen Mengen Auftausalze gestreut. Neben abstumpfenden Mitteln werden als auftauende Mittel, in der Hauptsache Natriumchlorid, bei tieferen Temperaturen auch Kalziumchlorid, eingesetzt. In empfindlichen Gegenden (Grünräumen) wird in Wien auch Kaliumkarbonat eingesetzt. Bei privater Streuung dürfen Natriumsalze oder Halogenide nicht verwendet werden. Auch kann Harnstoff und Ammoniumsulfat zum Einsatz gelangen, wobei sich letzteres aber bei Betonbelägen nachteilig auswirkt. Allgemein wird heute aus Umweltschutzgründen sparsamer mit Streusalzen umgegangen, wobei z.B. Natriumchlorid vor allem in Form von Sole ausgebracht wird.

Die Belastung der Fahrbahnabwässer hält längere Zeit an, wobei durch die Auswaschung die Chloride im März einen maximalen Gehalt im Boden erreichen, der bis etwa Juni auf einen

nicht mehr nachweisbaren Wert abfällt. Die Hauptverunreinigung tritt dabei vor allem im ersten Spülstoß auf, doch kommt es auch zu Verfrachtungen durch den Wind. Erst in 500 – 1000 Meter neben der Fahrbahn ist dabei im allgemeinen keine wesentlich erhöhte Salzkonzentration mehr festzustellen. Auch durch Spritzwasser wird Salz in einer Entfernung von 50 – 100 Meter in einem feinen Sprühnebel neben der Fahrbahn abgelagert (KNOFLACHER & MACOUN 1989, FRITZER 1992).

Die Auswirkungen der Tausalze zeigen sich am deutlichsten durch die Schädigung der Vegetation durch das Spritzwasser. Daneben kommt starker Salzanreicherung im Boden und Belastung straßenbegleitender Fließgewässer, kann es auch zu einer Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit des Grundwassers kommen. Schwermetalle können durch Salzbelastung vermehrt mobilisiert werden (z.B. WANG et al.1991, AMRHEIN et al. 1992).

Veränderter Salzgehalt im Boden, Veränderungen von Pflanzengesellschaften im Randbereich oder direkte Schäden an den Pflanzen, die durch hohe Salzkonzentrationen im Boden verursacht werden, wirken auf die Tierwelt neben Fahrbahnen ein.

RÖSGEN et al. (1993) untersuchten die Wirkung zweier Streusalze auf Collembolengemeinschaften eines Wiesenbodens und konnten dabei eine Verschiebung in der Artenzusammensetzung feststellen: Während salztolerante Arten zunahmen, wurde bei salzempfindlichen Arten eine starke Abnahme der Abundanz beobachtet. Salztolerante Arten erreichten sehr hohe Abundanzen, die die Erniedrigung der Gesamtabundanz jedoch nicht ausgleichen konnten.

In offenen Gewässern sind Schädigungen des Fischbestandes durch das mit dem Schmelzwasser eingebrachte Streusalz nicht wahrscheinlich, da eine Konzentration von 10g/l Salz auch bei längerer Einwirkung bei Fischen nicht toxisch wirkt. Bei den Tausalzen ist dabei zwar das Kalziumchlorid fischschädlicher als das Natriumchlorid, doch werden in der Fischzucht auch Kochsalzbäder bis zu 89g/l zur Heilbehandlung und zur Stärkung der Fische verwendet. Auch das Selbstreinigungsvermögen der Gewässer wird in Österreich durch die Salzbelastung offener Gewässer nicht beeinträchtigt (FRITZER 1992). Andererseits scheint es aber durchaus möglich, daß das ökologische Gleichgewicht von Fließgewässerbiozöosen angesichts viel niedrigerer Toleranzgrenzen für Invertebraten gestört werden kann. Für

Forelle, Elritze und Stichling werden bei MADER (1981) zwar 10 g/l als Letalitätsgrenze angegeben, doch liegt diese Grenze für Süßwassermuscheln bei 0,5–3,0 und für Gammariden bei 2,3 g Salz/l. Im besonderen besitzen Süßwassermollusken nur eine geringe osmoregulatorische Anpassungsfähigkeit und durch das Abwandern stenhaliner Arten kann es zur Verschiebung des Artengleichgewichtes kommen. Außerdem wurden bei einzelnen Tierarten Störungen wie Infertilität, Mißbildungen oder verändertes Sozialverhalten auch bei viel niedrigeren Konzentrationen als den angegebenen Letalitätsgrenzen beobachtet (MADER 1981).

Für stehende Gewässer mit kleiner Oberfläche, großer Tiefe, die zusätzlich dazu neigen, nicht regelmäßig zu durchmischen, ist auch zu befürchten, daß sie durch Veränderung der Dichteverhältnisse infolge des Salzeintrages zu meromiktischen (nicht bis zum Grund durchmischten) Seen werden (FRITZER 1992).

4. GEWICHTUNG DER GEFÄHRDUNGSURSACHEN - SOWEIT ZULÄSSIG

Eine Gewichtung der Gefährdungsursachen läßt sich aus den vorhandenen und verfügbaren Forschungsergebnissen, wenn überhaupt, nur grob vornehmen. Bei allen vorliegenden Bewertungen in Kap. 4. muß berücksichtigt werden, daß die vernetzte Thematik und der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand nur eine vorläufige Reihung der Gefährdungsfaktoren zulassen. Detaillierte Bewertungen sind immer nur unter den lokalen Standortbedingungen eines konkreten Einzelprojektes zu beurteilen. Die Bewertung der Beeinträchtigungen ändert sich mit dem Standpunkt der Betrachtung. Während bei biologischer und populationsökologischer Sicht der Situation wertfrei geurteilt wird, fließen beim Naturschutz gesellschaftliche Wertvorstellungen mit ein.

Wenige Wildtierarten wurden in Bezug auf Straße und Verkehr so weit untersucht, daß die Gewichtung unterschiedlicher Schadfaktoren zulässig ist. Die umfangreichsten Forschungsergebnisse liegen für häufig vorkommende und leicht zu untersuchende Arten vor. Noch immer sind einige Tiergruppen wie z.B. nachtaktive Carnivore, Fledermäuse und Reptilien in der Literatur unterrepräsentiert. Generell überwiegen quantitative Untersuchungen zu Verkehrsunfällen, nur wenige Arten wurden beispielsweise im Hinblick auf Isolationswirkung und Populationsdynamik untersucht.

MADER (1981) analysierte und gewichtete die Schadwirkungen nach Tiergruppen grob in zwei Wirkungskategorien und stellte die Ergebnisse anhand einer Tabelle dar.

Als Resümee der Literaturstudie wird in den Kapiteln 4.1. bis 4.4. versucht, aus wissenschaftlicher Sicht die Gefährdungsfaktoren für einzelne Tiergruppen soweit zulässig in Ursachen mit *prioritär bedeutender* und *bedeutender Wirkung* zu reihen (ohne Gewichtung innerhalb der beiden Kategorien). Berücksichtigt werden können hierbei nur die Beeinträchtigungen lokaler Populationen, da großräumige Auswirkungen wenig untersucht sind und zusätzlich den Rahmen dieser Literaturstudie sprengen würden.

Eine Gewichtung nach Straßenkategorien ist zum überwiegenden Teil nicht sinnvoll bzw. aus der Literatur nicht ableitbar. Einzig bei Klein- und mittelgroßen Säugern und teilweise bei Wirbellose wurde eine Erhöhung der Barrierewirkung mit zunehmender Straßenbreite untersucht. Bei Amphibien ist die Zahl der Verkehrstoten bereits auf kleinen Forststraßen populationsgefährdend.

In den tabellarischen Übersichten (Kleinsäugetern, Vögeln, Amphibien, Insekten; siehe Anhang) war eine Einteilung der vorhandenen Untersuchungen in Straßenkategorien teilweise möglich. Eine Gewichtung der Ursachen ist aus diesen Tabellen jedoch nicht sinnvoll, da die Gliederung der Gefährdungsursachen nach Straßenkategorien in den meisten Fällen ausschließlich nach dem Erhebungsort erfolgten und selten eine Ableitung auf die Stärke der Beeinträchtigung zulassen.

4.1. Kleinsäuger mit Ergänzungen zu mittelgroßen und großen Säugetieren sowie jagdbaren Wildtieren

Eine Gewichtung der Gefährdungsursachen bei Säugetieren läßt sich aus den ausgewerteten Forschungsergebnissen, wenn überhaupt nur grob darstellen. Es muß bei unten stehender Bewertung immer berücksichtigt werden, daß die vernetzte Thematik und der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand nur eine vorläufige Reihung der Gefährdungsfaktoren zulassen. Nur wenige Säugerfamilien wurden in Bezug auf Straße und Verkehr so weit untersucht, daß sich die Gewichtung unterschiedlicher Schadfaktoren durchführen läßt. Die umfangreichsten Ergebnisse liegen für häufig vorkommenden und leicht zu untersuchende Arten wie z.B. Nager und Igel vor. Nachtaktive Tiere wie viele Carnivore oder seltene Arten wie Fledermäuse sind in der Literatur demnach unterrepräsentiert. Generell überwiegen

quantitative Untersuchungen zu Verkehrsunfällen, nur wenige Wildtierarten wurden beispielsweise im Hinblick auf Isolationswirkung, Auswirkungen von Lärm und Immissionen untersucht. Qualitative Langzeituntersuchungen, besonders auf populationsdynamischer Ebene fehlen nahezu völlig.

Säugetiere unterscheiden sich wie kaum eine andere Tierklasse in Körpergröße, Lebensweise und Raumanspruch. Eine getrennte Betrachtung erscheint aus diesem Grund bei der Bewertung als zweckmäßig.

4.1.1. IGEL:

prioritär bedeutende Gefährdungsursachen (vgl. auch Kap. 3.5.1.1.):

- Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen von Straßen und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen:
 - durch Lage und Linienführung der Straße
 - in Siedlungsnähe und an Stadträndern
 - an Straßenabschnitten, wo gute Deckung (Hecken, Wald) bis an die Straße heranreicht
 - durch Beschaffenheit der Straßenrandbereiche
 - wo Straßenränder gute Deckung (hohes Gras, Gebüsch) aufweisen
 - durch Verkehrsdichte
 - bei hoher Verkehrsfrequenz (zeitlich oder räumlich bedingt) häufigeres Überfahren von Igel

- Artspezifisches Verhalten und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen:
 - zu Zeiten hoher Aktivität der Tiere (z.B. Paarungszeit)

bedeutende Gefährdungsursachen:

- **Barrierewirkung** von Straßen (Kap. 3.5.1.2.1.)
 - v.a. durch breite Straßen wie Autobahnen
 - durch beleuchtete Verkehrswege wird der Barriereeffekt verstärkt
- **Straßenrandmanagement** (Kap. 3.5.1.1.2.)
 - erhöhte Verletzungs- und Tötungsgefahr durch Mahd der Straßenränder
- **Attraktivität** der Straßen und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** (Kap. 3.5.1.1.4.)

- bei Regen durch erhöhtes Angebot an Regenwürmern
- durch erhöhtes Insektenangebot auf warmen Asphaltstraßen

4.1.2. FLEDERMÄUSE:

prioritär bedeutende Gefährdungsursache:

- Beschaffenheit der **Straßenrandbereiche** und erhöhte **Kollisionsgefahr** (Kap. 3.5.1.1.3.)
 - an Straßen, die von langen und gleich hohen Vegetationskanten flankiert werden

bedeutende Gefährdungsursachen:

- **Attraktivität** der Straßen und erhöhte **Kollisionsgefahr** (Kap. 3.5.1.1.4., Kap. 3.5.1.1.6.)
 - an der mikroklimatisch begünstigten Südseite der Straße mit erhöhtem Insektenangebot
 - durch Straßenbeleuchtung
- Linienführung der Straße und daraus resultierende **Barrierewirkung** (Kap. 3.5.1.2.1.)
 - an Straßendämmen, die nicht überflogen werden

4.1.3. MÄUSE, SPITZMÄUSE:

bedeutende Gefährdungsursache:

- **Barrierewirkung** (Kap. 3.5.1.2.1.)
 - erhöht sich bei breiten Straßen und wahrscheinlich bei zunehmender Verkehrsfrequenz.

Autorenmeinungen gehen auseinander. Die meisten Untersuchungen besagen, daß zwar ein Zusammenhang zwischen Straßenbreite und Überquerungshäufigkeit besteht, doch nur sehr breite Straßen (Autobahnen) vermögen Populationen aufzuspalten. Kleinere Straßen stellen eine potentielle Barriere dar, aus der eine Einschränkung der Ausbreitung resultiert.

4.1.4. MITTELGROSSE SÄUGER (Feldhase, Marderartige):

prioritär bedeutende Gefährdungsursachen:

- Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen von Straßen und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen (Kap. 3.5.1.1.3.)
 - durch Verkehrsdichte
 - während Zeiten, wo sich erhöhtes Verkehrsaufkommen und erhöhte Aktivität der Tiere überschneiden
 - an breiten Straßen wie Autobahnen
 - durch Beschaffenheit der Straßenrandbereiche

- an Stellen, wo Felder (Hasen, Dachs) und Wald (Dachs) bis an die Straße heranreicht oder Gewässer (Fischotter) in Straßennähe liegen

- **Barrierewirkung** (Kap. 3.5.1.2.1.)

- durch breite Straßen mit hoher Verkehrsfrequenz

Breite Straßen stellen bei Hasen die schärfsten Populationsgrenzen dar.

4.1.5. GROSSÄUGER (Große Carnivore, Große Herbivore):

prioritär bedeutende Gefährdungsursachen:

- **Barrierewirkung** sehr breiter, ev. zusätzlich gezäunter Straßen (Kap. 3.5.1.2.1., Kap. 3.5.2.3.1.)
- für Arten mit hohem Raumbedarf, geringer Dichte und großer Mobilität stellen breite Straßen wie Autobahnen ein Problem dar. Sind keine wildspezifischen Durchgänge vorhanden, ist ein Austausch zwischen zerschnittenen Kleinpopulationen und eine Besiedlung der Gebiete schwer möglich.

bedeutende Gefährdungsursachen:

- Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen von Straßen und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen (Kap. 3.5.2.3.2):
 - Lage und Linienführung der Straße
 - dort, wo Jahreslebensräume zerschnitten werden
 - wo die Straße geschlossene Waldgebiete durchschneidet

4.2.Vögel

Eine Gewichtung der Gefährdungsursachen ist nur grob möglich, da meist erst ein Zusammenwirken von verschiedenen Faktoren die Beeinträchtigungen auslösen. Sie sind z.B. abhängig von Vogelart, Straßenabschnitt, Wetterlage und Jahreszeit. Die Gewichtung der Faktoren unterscheidet sich bei Autoren je nach Untersuchungsmethode und Analyse (z.B. spezielle Beobachtungen indirekter oder direkter Gefährdungsursachen, Untersuchungen auf Individuen- oder Populationsebene).

prioritär bedeutende Gefährdungsursachen:

- Anlage und betriebsbedingte Auswirkungen von Straßen und daraus resultierende **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen (Kap. 3.5.3.1.1., Kap. 3.5.3.1.2., Kap. 3.5.3.1.3.):
 - durch Lage und Linienführung der Straße
 - über die Umgebung erhöht liegende Straßen
 - durch Beschaffenheit der Straßenrandbereiche und Mittelstreifen
 - Hecken und reich strukturierte Randbereiche und Mittelstreifen
 - Baumalleen mit geringen Höhen
 - Ansitzmöglichkeiten
 - durch hohe Verkehrsfrequenz und –geschwindigkeit

- Artspezifisches Verhalten und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen (Kap. 3.5.3.1.3.):
 - zu bestimmten Jahreszeiten
 - Frühjahrs- und Herbstzug
 - Zeit der Revierkämpfe
 - Paarungs- und Brutsaison

- Veränderungen von **Lärmverhältnissen** (Kap. 3.5.3.1.5.)
 - Verminderung der straßennahen Habitatqualität - geringere Populationsdichte
- **Barrierewirkung** von Straßen (Kap. 3.5.3.2.)
 - Zerschneidung von artspezifischen Lebensräumen (u.a. Brutgebiete) - schlechterer Bruterfolg und Nestlingsentwicklung

bedeutende Gefährdungsursachen:

- **Attraktivität** der Straße und erhöhte **Kollisionsgefahr** (Kap. 3.5.3.1.4.)
 - durch erhöhtes Insektenangebot am warmen Asphalt
 - Vögel nehmen auf der Straße Wasser- und Staubbäder od. wärmen sich auf
 - Erhöhtes Nahrungsangebot für Aasfresser und Räuber
 - Rollsplitt als Magensteinchen

- **Artspezifisches Verhalten** und erhöhte **Kollisionsgefahr** (Kap. 3.5.3.1.3.)
 - Freibrüter

- stärker bodengebundene Arten
- "Tiefflieger"
- Insektenfresser während Schlechtwetterlage

4.3. Amphibien und Reptilien

Eine vorläufige Wertung der Gefährdungseinflüsse erscheint aufgrund der Literaturdaten nur näherungsweise zulässig und ist detaillierter immer nur unter den lokalen Standortbedingungen eines konkreten Einzelprojektes zu beurteilen. Straßen beeinflussen Amphibienpopulationen auf zwei Ebenen. Zuerst steigt die Ausrottungswahrscheinlichkeit der Populationen aufgrund steigender Mortalität der Individuen, dann verringern Straßen den Austausch zwischen Populationen und senken die Wiederbesiedelungswahrscheinlichkeit für unbesiedelte Habitate ab. Als gewichtigste Auswirkung durch Anlage und Betrieb von Straßen für Amphibien muß mit Sicherheit die hohe Mortalitätsrate im Rahmen der Wanderungen gesehen werden. Diese stellt letztendlich ja erst einen Grund für den Sekundäreffekt Habitatfragmentierung dar, wie dies auch, wenngleich in geringerem Ausmaß, für alle anderen angesprochenen Punkte gilt.

Für Amphibien scheint die Verkehrsdichte eine weitaus größere Rolle zu spielen als die Straßenbreite, da das Unfallrisiko als bedeutendster Gefährdungsfaktor lediglich von der Verkehrsdichte abhängig ist. Schon bei einer so geringen Fahrzeugdichte von 40-60 Kraftfahrzeugen in der Stunde wird eine Erdkrötenpopulation massiv in ihrem Bestand bedroht. Asphaltierte Wirtschaftswege können aufgrund der physikalischen Eigenschaften des Straßenbelages bereits zu unüberwindbaren Hindernissen für Amphibien werden, eine Bundesstraße stellt in der Regel eine vollständige Barriere dar. Folglich ist eine Gliederung der Gewichtung nach Straßekategorien nicht sinnvoll.

prioritär bedeutende Gefährdungsursachen:

- Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen von Straßen und daraus resultierende **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen (Kap. 3.5.4.1.3.):
 - Verkehrsdichte, Reifenbreite
- Artspezifisches Verhalten und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen (Kap. 3.5.4.1.3.):

- durch Wanderungen zwischen Sommer- bzw. Winterquartier und Laichgewässer (Amphibien)
- durch Abwandern der Jungen vom Laichgewässer (Amphibien)
- abhängig von Anzahl und Geschwindigkeit der Tiere
- abhängig vom Winkel der Wanderstrecke zur Straße

- **Habitatzerstörung, Lebensraumzerschneidung und Barrierewirkung** (Kap. 3.5.4.2.1.)
 - v.a. durch breite, intensivst befahrene Straßen
 - Brutplatzentwertung und -verlust durch Straßenbau
 - Vernichtung von Laichgewässern (Wagenspuren) durch Asphaltierung von unversiegelten Straßen

bedeutende Gefährdungsursachen:

- **Attraktivität** der Straßen und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** (Kap. 3.5.4.1.4.)
 - durch warmen Straßenbelag und optimale Umgebung für die Thermoregulation
 - durch Nutzung der deckungsfreien Straßen als Jagdreviere

- Beschaffenheit der **Straßenoberfläche** und **Straßenrandbereiche** (Kap. 3.5.4.1.1., Kap. 3.5.4.1.2.)
 - Gullys, Schächte, Dolen, Abwasserrinnen als gefährliche Fallen
 - Rand- und Rinnsteine als Fallen und Ausbreitungshindernisse

4.4. **Wirbellose** (Insekten, Schnecken, Spinnentiere)

Die Bewertung und Gewichtung der Einflußfaktoren von Straßen auf Wirbellose Tiere ist, wenn überhaupt, nur sehr grob und mit Hilfe naturschutzfachlicher Kriterien (siehe z.B. USHER & ERZ 1986) durchführbar. Zu berücksichtigen ist dabei das Auftreten typischer, angepaßter, seltener und gefährdeter Arten- und Lebensgemeinschaften und deren Veränderung in Raum und Zeit.

Folglich sind nach derzeitigem Wissen und ohne Berücksichtigung längerfristiger, kaum abschätzbarer Wirkungen (z.B. Immissionen), sämtliche anlagebedingten Auswirkungen des einmaligen Flächenverbrauches und der langfristigen Barriere- und Isolationswirkungen

wesentlich negativer zu werten, als betriebsbedingte Faktoren, wie der unmittelbare Verkehrstod unzählbarer Mengen Wirbelloser Tiere.

Positive Wirkungen sind nur für Einzelarten oder Tiergruppen bei Betrachtung eines stark eingeschränkten Zeitfensters gegeben; im Gesamtsystem überwiegen jedoch die negativen Aspekte erwartungsgemäß bei weitem.

prioritär bedeutende Gefährdungsursachen:

- durch sämtliche **anlagebedingte Auswirkungen** beim Bau von Straßen (Kap. 3.5.5.1.1.)
 - Flächenverlust
 - Flächenveränderung

- **Linienführung** (Kap. 3.5.5.1.1.)
 - Übersichtlichkeit
 - Offenheit

- **Barrierewirkung** und **Isolation** (Kap. 3.5.5.2.1.)
 - bereits wenige Meter breite Wege stellen bedeutende Barrieren dar
 - Autobahnen stellen auch für gut ausbreitungsfähige Arten vollständige Barrieren dar
 - Folge: Isolation durch Zerschneidung von Lebensräumen, Verarmung der Fauna

bedeutende Gefährdungsursachen:

- Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen von Straßen und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen (Kap. 3.5.5.1.3.):
 - durch Luftströmungen, die von Fahrzeugen ausgelöst werden
 - positive Korrelation mit Verkehrsdichte und -geschwindigkeit

- Artspezifisches Verhalten und daraus resultierende erhöhte **Kollisionsgefahr** mit Fahrzeugen (Kap. 3.5.5.1.3.)
 - durch Wanderflüge, etc.
 - abhängig von der Aktivität und somit von der Jahreszeit

- **Attraktivität** und erhöhte **Kollisionsgefahr** (Kap. 3.5.5.1.4.)
 - durch günstige Thermik

- durch hohe Temperaturen der Straßenoberfläche
- **Straßenrandbereiche** und Pflegemaßnahmen (Kap. 3.5.5.1.2.)
 - durch Anzahl der Mahden, Termin und Methode
- Veränderungen der **Lichtverhältnisse** (Kap. 3.5.5.1.5.)
 - Tod durch Straßenlaternen

5. GEWICHTUNG DER SCHADSTOFFE - SOWEIT ZULÄSSIG

Bei der Verbrennung von fossilen Treibstoffen kommt es zur Freisetzung einer Reihe von Schadstoffen, die potentiell toxisch auf Mensch und Tier wirken können. Eine allgemeine Gewichtung der bedeutendsten Schadstoffe, die auf die Tierwelt einwirken, wurde anhand der vorliegenden Literatur vorgenommen.

prioritär bedeutende Schadstoffe:

- Ozon (**O₃**)
 - Konzentrationen in Abhängigkeit von anderen Faktoren bereits so hoch, daß beim Menschen bereits subjektive Empfindungen ausgelöst werden
- [Blei (**Pb**)
 - durch Zusatz-Verbot von Bleiverbindungen zu Treibstoffen immer weniger relevant]

bedeutende Schadstoffe:

- Kadmium (**Cd**)
- Schwefeldioxid (**SO₂**)
- Kohlenmonoxid (**CO**)

6. EMPFEHLUNGEN UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der überwiegende Teil an empfohlenen Schutzmaßnahmen ist darauf ausgerichtet, Unfälle zwischen Wildtieren und Fahrzeugen zu verhindern. Weil bei Zusammenstößen mit großen Tieren teilweise auch Menschen und Fahrzeuge beeinträchtigt werden, steht zwangsläufig das Interesse an Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit im Vordergrund. Die für das

Überleben von Wildtierpopulationen viel entscheidenderen Probleme wie Isolation und Verlust an Lebensraum, sind bei unfallverhütenden Maßnahmen nicht berücksichtigt. Nur eine gut überlegte Linienführung, der Bau von Wildtierpassagen, die Erhöhung der Durchlässigkeit von Verkehrslinien, umsichtige raumplanerische Ausscheidung von Ersatzlebensräumen und in speziellen Fällen das kurzfristige und zeitlich begrenzte Schließen von Straßen begegnen dem Problem der Isolation (vgl. SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995).

Schutzmaßnahmen zur Unfallverhütung sollen einerseits verhindern, daß Tiere auf Verkehrswege gelangen, andererseits aber garantieren, daß sie Verkehrswege ohne Gefahr überqueren können. Die Anlage kann je nach Gelände auf technische Schwierigkeiten stoßen und ist zudem teilweise mit sehr hohen Kosten verbunden. Daher ist es um so wichtiger, mit Hilfe orts- und fachkundiger Personen genau die Stellen herauszufinden, in denen Fauna und Verkehr am meisten bedroht sind.

Maßnahmenempfehlungen für verschiedene Tiergruppen können einander aufgrund unterschiedlicher Lebensweisen zum Teil widersprechen. Im folgenden wird versucht, kapitelübergreifend auf sich überschneidende Maßnahmenempfehlungen verschiedener Tiergruppen zu verweisen. Auch Autoren und Wissenschaftler divergieren fallweise bei der Wahl empfohlener Maßnahmen. Unter anderem wird je nach Interessengruppen zum einen versucht, die Tierwelt so weit wie möglich aus dem straßennahen Bereich fernzuhalten, zum anderen werden Maßnahmen empfohlen, die den Tieren ein Überleben in diesem Gefahrenbereich ermöglichen. In Abwägung aller Faktoren muß jeweils für den betreffenden Standort die optimale Lösung für die dort vorkommende Fauna und den Verkehr getroffen werden. Generell gültige Maßnahmen gibt es nicht!

6.1. Typen von Schutzanlagen für Fauna und Verkehr

(nach INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977, MADER 1979, ELLENBERG et al. 1981, BERTHOUD & MÜLLER 1995, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995, RIGHETTI 1997)

Die heute angewandten Schutzmaßnahmen lassen sich in vier Gruppen unterteilen:

- Wahl der Linienführung
- natürliche Maßnahmen
- technische Maßnahmen
- Ersatzmaßnahmen

6.1.1. Wahl der Linienführung - Planungsphase

Eine sinnvolle Wahl der Linienführung des Verkehrsweges ist hinsichtlich der Sicherheit für Fauna und Verkehr die wirkungsvollste Maßnahme. Sie muß gemeinsam von technischen Projektleitern und Biologen geplant und gewählt werden. So kann sowohl dem Isolations- wie auch dem Emissionsproblem (z.B. Lärmreduzierung durch Trasseneinschnitt) frühzeitig entgegengewirkt werden. In jedem Fall sollte vor der Planung einer neuen Trasse geprüft werden, ob nicht ein erhöhter Verkehrsbedarf durch den Ausbau einer bestehenden Straße abgedeckt werden kann. Sowohl Zerschneidungseffekte wie auch Emissionen steigen durch die Verbreiterung eines bereits bestehenden Verkehrsweges verhältnismäßig gering an (ELLENBERG et al. 1981, KUHN 1997).

Grenz- bzw. Schwellenwerte bei der Planung von neuen Verkehrswegen sind aus der Sicht des Tierökologen beispielsweise erreicht, wenn abzusehen ist, daß ein Schadfaktor die Existenz einer Tierpopulation gefährdet (vgl. MADER 1981). Im Planungsfall von Straßentrassen oder auch bei Verbesserungsmaßnahmen sollten Voruntersuchungen durch Vertreter verschiedener Fachdisziplinen stattfinden, die einen Rahmen tolerierbarer Eingriffsdimensionen abstecken. Der mögliche Zeitverlust kann wahrscheinlich durch die geringe Einspruchsrate von seiten der Bürgerinitiativen wieder kompensiert werden.

Das "Standardprogramm zur Beurteilung der Belange des Arten- und Biotopschutzes in der Straßenplanung" (RECK 1993) beschreibt einen Handlungsrahmen von Bestandsaufnahmen und Analysen, um die örtlichen Risiken bereits während der Straßenplanung zu erkennen und gegeneinander abwägen zu können. Es sollte eine Methode herangezogen werden, die es erlaubt, Habitate qualitativ zu vergleichen, um beim Bau den geringsten Schaden zu verursachen (KUITUNEN et al. 1998). Bei der Beurteilung von Eingriffen muß von den örtlich vorhandenen, wertgebenden Arten mit der jeweils empfindlichsten Reaktion ausgegangen werden. Für die notwendigen Maßnahmen sind wiederum die anspruchsvollsten betroffenen

Arten heranzuziehen (vgl. RECK 1993, RECK & KAULE 1993). Da es nicht möglich ist, die gesamten Artenvorkommen eines Raumes zu ermitteln, ist es wichtig, die Auswahlkriterien für Deskriptorensysteme bzw. Deskriptoren in Abhängigkeit vom Lebensraum genau zu planen (vgl. RECK 1993, RECK & KAULE 1993, VAN APELDOORN & KALKHOVEN 1991, zit. aus Wieren & Worm, unpubl.).

VAN LANGEVELDE & JAARSMA (1997) entwickelten ein Modell zur Bewertung von Habitatfragmentierung an kleinen Landstraßen (Minor Rural Roads, MRRs). Es soll helfen, die Effekte von mildernden Maßnahmen gegen Habitatfragmentierung und Verkehr vorauszusagen.

6.1.2. Natürliche Maßnahmen

Sie werden hauptsächlich im Rahmen der Gestaltungsarbeiten in der Umgebung von Verkehrswegen verwirklicht. Nur mit erfahrenen Faunaspezialisten können die entsprechenden Maßnahmen vorgeschlagen und ausgeführt werden.

Beispiele für allgemeine Maßnahmenempfehlungen:

Straßennahe Landschaft:

- Biotopgestaltung der straßennahen Landschaft in Anpassung an die umgebende Landschaft
- Erhöhung der Biotopvielfalt in ausgeräumten Landschaften durch mehrreihige Baumanpflanzungen

Straßenränder:

- Belassen ursprünglicher natürlicher Struktur- und Vegetationselemente im Straßenrandbereich als Pufferzone
- Veränderung der Vegetationsschicht an den Rändern des Verkehrsweges, um die schnelle Vermehrung von Tierarten zu vermeiden, die Prädatoren anziehen
- Verwendung von Pflanzen, die Tiere meiden und Verzicht auf Pflanzen, die Tiere anziehen
- Verzicht auf Pflanzen in unmittelbarer Umgebung des Verkehrsweges, die den Tieren als Deckung oder Nahrung dienen können
- Bestockung entlang von Verkehrsachsen als Beitrag zur Landschaftsvernetzung

- Durch Straßenbau entstandene offene Waldränder durch Laubholzmäntel schützen
- Mähen der Straßenränder auf ein Mindestmaß der Verkehrssicherheit beschränken

Straßenböschungen:

- Naturnahe, wildtiergängige Gestaltung der Böschungsabschnitte
- Entstehenlassen von artenreichen Magerrasen und Heiden an Böschungen, um den Pflegeaufwand gering zu halten

Mittelstreifen:

- 8 Meter breiter Mittelstreifen, damit Gehölze ihre Blendschutzfunktion trotz Belastungen dauernd ausüben können

Straße per se:

- Rückbau nicht mehr unbedingt notwendiger Straßen

6.1.3. Technische Maßnahmen

Sie sollen einerseits verhindern, daß die Tiere in die Gefahrenzone gelangen und andererseits das gefahrlose Queren des Verkehrsweges ermöglichen. Technische Maßnahmen können nie eine absolute Sicherheit garantieren, da Tiere jede Möglichkeit nutzen, um das Hindernis zu überwinden, doch sie können bei wildtierspezifisch dimensionierter Anlage sehr effizient sein (z.B. Grünbrücken und Unterführungen für große Säuger in Kombination mit Zäunen; s. Kap. 6.2.1.2. und 6.2.4.2.).

Beispiele für allgemeine Maßnahmenempfehlungen:

Hinweise zur Geschwindigkeitsbeschränkung, Warnsignale für Autofahrer:

- Gefahrensignale "Wildwechsel" mit der Silhouette verschiedener Tierformen
- "Schlafende Polizisten", Geschwindigkeitsrampen
- Kurzfristige Straßensperrung
- Anlagen zur Ortung der Tiere und Alarmgeräte entlang der Straßen

Warnsignale für Wildtiere:

- Reflektierende Flächen
- olfaktorische und akustische Signale
- Vergällung von Streusalz

Zäune, Wände:

- Zäune aus Maschendraht

- Elektrozäune
- Lärmschutzwände
- Gräben parallel zur Straße
- Schutz vor Fallen- und Fangwirkungen durch Rand- und Rinnsteine

Fangeinrichtungen:

- Kübelfallen

Reduktion von Anlockeffekten:

- Verringerung von Lampenzahlen und Leuchtleistung

Durchgänge:

- Unter- und Überführungen, Wasserdurchläufe
- "Ökobrücken" (od. "Landschaftsbrücken"), "Grünbrücken" (od. "Biobrücken"), Aufständertur, Viadukt
- Multifunktionelle Durchgänge

6.1.4. Ersatzmaßnahmen

Sie haben den Zweck, die Verluste von lebenswichtigen Elementen für die Fauna, die durch den Bau eines Verkehrsweges verursacht werden und durch den Bau von gefahrlosen Durchgängen nicht ausgeglichen werden können, zu kompensieren. Bei der Zerstörung von Lebensräumen werden bei Ausgleichsmaßnahmen oft ortsbezogene Gewohnheiten der Tiere nicht berücksichtigt. Bei Vögeln ist eine Tradierung von Lebensräumen bereits untersucht (MÜHLENBERG 1993).

Beispiele für Maßnahmenempfehlungen:

- Tränkestellen, Äsungsplätze mit anlockender Vegetation, Deckungen in genügend großer Entfernung zu Verkehrswegen
- Salzsteine
- Schaffung von Ersatzbiotopen, wo dies möglich ist

6.2. Kleinsäuger mit Ergänzungen zu mittelgroßen und großen Säugetieren sowie jagdbaren Wildtieren

Bevor Maßnahmen geplant oder ausgeführt werden, ist das Auffinden der Wildtierwanderrouen und Flugschneisen die von Straßen gekreuzt werden bzw. die Ortung der "hotspots" mit gehäuften Verkehrsunfällen entlang von Verkehrswegen mit Hilfe von orts- und fachkundigen Personen unbedingt notwendig um Maßnahmen an den richtigen Stellen setzen zu können!

6.2.1. Allgemeine Empfehlungen für KLEIN- und MITTELSÄUGER sowie SCHALENWILD

6.2.1.1. Natürliche Maßnahmen

Straßenränder (RIGHETTI 1997):

- Gebüschfreie Abschnitte entlang der Straße sollen außerhalb des Wildzauns als Beitrag zur Landschaftsvernetzung bestockt werden.
(Vgl. Kap. - 6.2.2.3.1., Straßenränder; - 6.3.2., Straßennahe Landschaft; - 6.3.2., Straßenböschung; - 6.5.2., Grünflächen)

Böschungen (RIGHETTI 1997):

- Versiegelte, für Wildtiere nicht begehbare Böschungsabschnitte unterhalb von Brücken sollen wildtiertgängig gestaltet werden.

6.2.1.2. Technische Maßnahmen

Hinweise zur Geschwindigkeitsbeschränkung, Warnsignale für Autofahrer:

(vgl. BERTHOUD & MÜLLER 1995, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995, FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS VERKEHRS- UND STRAßENWESEN 1997):

- **Gefahrensignale** "Wildwechsel" mit der Silhouette verschiedener Tierformen haben den Zweck, an Gefahrenstellen die Aufmerksamkeit des Fahrers zu erhöhen und ihn zu bewegen, seine Geschwindigkeit zu verringern. Die Orte, an denen die Signale aufgestellt sind, sollten regelmäßig auf ihre Zweckmäßigkeit überprüft werden. Eine Geschwindigkeitsbeschränkung im Zusammenhang mit dem Warnsignal wäre sinnvoll.
- Anlagen zur **Ortung der Tiere** und **Alarmgeräte** entlang der Straßen sollen das Verhalten des Autofahrers verändern. Das System ortet mittels Infrarotsensoren alle Tiere ab der Größe eines Kaninchens. Die mit dem System verbundenen Wildwechselsignale blinken bei sich nähernder Gefahr und schalten sich automatisch ein, sobald ein Tier sich in Straßennähe befindet. Ohne einer Geschwindigkeitsbeschränkung bleibt ein kleines

Unfallrisiko bestehen. Das System ist dort interessant, wo die Straße einen schmalen, stark frequentierten Tierwanderkorridor kreuzt.

- Das Scheinwerferlicht der Fahrzeuge wird durch **Reflektoren** in die Umgebung reflektiert und soll Tiere beunruhigen und von ihrer Fortbewegung abhalten. Nur saubere Reflektoren können das Scheinwerferlicht ausreichend reflektieren, sie sollten daher 3 – 5 m von der Straße entfernt angebracht werden. BERTHOUD & MÜLLER (1995) geben nähere Details über Reflektorentypen). Langzeitversuche zeigen jedoch nach BERTHOUD & MÜLLER (1995), daß die Unfallrate an den betroffenen Stellen nicht zurückgeht.

Warnsignale für Wildtiere (BERTHOUD & MÜLLER 1995):

- **Abstoßende Bodenstrukturen** können bei Eingängen von Zufahrtsstraßen mit geringem Verkehr eingesetzt werden. Die wirkungsvollste Maßnahme besteht aus einem quer zur Straße angebrachtem Metallrost (Bovi-stop, Cattleride).
- Schallwellen von **Ultraschallgeräten** werden nur vom Tier, aber nicht vom Menschen wahrgenommen. Die technisch sehr hoch entwickelten Geräte müssen ständig kontrolliert werden, sie sind deshalb für den Einsatz in großem Maße ungeeignet. Sie können benutzt werden, um vorübergehende Lücken bei herkömmlichen Schutzeinrichtungen zu schließen.

Zäune, Wände, Gräben:

(vgl. FEHLBERG 1994, BERTHOUD & MÜLLER 1995, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995, FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS VERKEHRS- UND STRAßENWESEN 1997):

- Durch parallel zur Fahrbahn angebrachte **Kleintierrinnen** wird den Kleintieren der Zugang zur Straße verwehrt - sie können so zu den nächsten Durchgängen geführt werden.
- Das an Pfählen befestigte Drahtgeflecht von **Wildschutzzäunen** ist zur Zeit der wirkungsvollste Schutz vor Unfällen zwischen Fahrzeugen und Tieren. Trotzdem nützen Tiere jede Möglichkeit die Hindernisse zu überwinden. Die Zaunhöhe ist auf die vorkommende Tierart abzustimmen. Hasenschutz ist grundsätzlich bis 80 cm Höhe vorzusehen. Die Minimalhöhe für Rehe und Wildschweine beträgt 1,5 Meter, für Rotwild 2,2 Meter. Damit Kleinsäuger wie Marder, Igel und Hase nicht passieren können, darf die Maschenweite nicht größer als 6 cm sein. Pfosten- und Drahtstärke müssen flüchtenden Tieren standhalten. Die Zäune sollen möglichst nahe an die Fahrbahn gelegt werden, damit Heckenstrukturen von Wildtieren als Leitlinien und Trittsteine benutzt werden können. Die

Zäune müssen mit wildtierspezifischen Durchgangsbauwerken kombiniert werden, da die Tiere sonst häufig bei der nächsten Lücke auf die Straße gelangen.

- **Elektrozäune** bestehen aus zwei elektrischen Drähten, die an Holz-, Metall- oder Plastikpfählen befestigt sind. Sie halten vor allem Schalenwild von der Gefahrenzone ab und können sie zu geeigneten Durchgängen führen. Aus Wartungs- und sicherheitstechnischen Gründen sollten sie jedoch nur stellenweise und kurzfristig eingesetzt werden.
- **Duftzäune** sollen Unfälle v.a. mit Rehen verhindern. Ein übelriechendes Substrat wird in Schaumkugeln injiziert, die an Pflöcken beidseits der Straße befestigt werden. Ein pünktliches Nachimpfen ist notwendig. Unmittelbar nach den Duftzaunstrecken wurde jedoch mehr Fallwild registriert, womit durch diese Methode das Problem eher verlagert wird. Die Erfahrungen über abstoßende Geruchsmittel sind spärlich, kaum systematisiert und zum Teil widersprüchlich.

Durchgänge:

(vgl. BERTHOUD & MÜLLER 1995, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995, FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS VERKEHRS- UND STRABENWESEN 1997, KELLER & PFISTER 1997, RIGHETTI 1997, VÖLK & GLITZNER 1998):

Die Lage eines Durchgangs spielt eine wichtige Rolle für seine Effektivität und Annahme durch Wildtiere. Ein Durchgang muß dort errichtet werden, wo der Wechsel durch die Straße unterbrochen wird. Die Nichtbenutzung einer Passage kann sehr oft durch die Wahl eines unpassenden Standortes erklärt werden. Ebenso sind Größe und Gestaltung des Bauwerks mitbestimmend für die Wirksamkeit der Passage als Querungsmöglichkeit für Wild. Ein entsprechend "wildgerechtes" Verhältnis von lichter Weite, Höhe und Länge des Bauwerks ist erforderlich. Deckungs- und Äsungsmöglichkeiten wirken positiv auf die Annahme eines Bauwerks. Beunruhigungsfaktoren wie Siedlungsnähe, Tourismusaktivitäten und zusätzliche Hindernisse parallel zur Straße hindern hingegen Tiere am Queren.

- **Durchgänge für Mittel- und Kleintierfauna:**

Jede Art Höhlung wird spontan von bestimmten Wühltieren oder anderen Arten, die Höhlen als unterirdische Lager benutzen, aufgesucht. Ein unter eine Aufschüttung gelegtes Rohr (Ø40 - 200 cm, Länge > 40 Meter) kann dieselbe Funktion übernehmen und demnach als Durchgang von Füchsen, Dachsen, Marder, Iltis, Hermelin, Igel, Kaninchen, Spitzmäusen, Wühl- und Feldmäusen genutzt werden. Diese Durchgänge zeigen eine große

Wirksamkeit bei kleinem Kostenaufwand. Viele Kleintiere benutzen dunkle und kleine Durchgänge nicht spontan, sie können deshalb mit einer **Leit-** oder **Fanganlage** kombiniert werden (v.a. für Spitz-, Feld-, Wühlmäuse sowie Amphibien, Reptilien und Insekten)

- **Durchgänge für die mittlere Fauna:**

Die Ausmaße der Anlage müssen eine genügende Wahrnehmung der Licht- und Vegetationsverhältnisse auf beiden Seiten des Durchgangs ermöglichen. Für diesen Durchgangstyp gilt der Freiraumindex (relative Enge): $\text{Breite} \times \text{Höhe/Länge} < 1,5$. Er eignet sich für Füchse, Igel, Marderartige, wobei sich die gleichzeitige Nutzung durch Fußgänger und Fahrzeuge ungünstig auswirkt.

- **Unterführungen für große Fauna:**

Die großräumigen Ausmaße gewähren einerseits viel Helligkeit im Inneren und andererseits die direkte Sicht auf die Vegetation beiderseits des Durchgangs. Eine Höhe von mindesten 4 Metern und eine Breite von 25 - 50 Metern sind empfehlenswert. Der Freiraumindex (relative Enge: $\text{Breite} \times \text{Höhe/Länge}$) soll $> 1,5$ betragen. Der Durchgangstyp eignet sich auch für alle Schalenwildarten. Arten mit großen Ansprüchen benötigen Bauwerksbreiten zwischen 10 - 30 Metern, weniger anspruchsvolle zwischen 6 - 10 Metern.

- **Überführungen:**

Form, Ausmaß und Gestaltung der Oberfläche müssen so ausgelegt sein, daß den Tieren die bestmögliche Sicht auf die Vegetation der anderen Seite gewährt wird. Die Breite der Überführungen sollte mindestens 25 - 30 Meter betragen und der Untergrund so weit wie möglich (mind. zwei Randstreifen) unversiegelt sein (vgl. Kap. 6.2.2.2.)

- **Ökobrücken, Biobrücken:**

Mit Landschafts- oder Ökobrücken können Kernräume ebenso wie Wildwechsel erhalten werden. Sie haben eine Breite von mehreren hundert Metern. Da sie Lebensräume erhalten und verbinden, sind sie für alle Tierarten die wirksamste Methode.

Bio- oder Grünbrücken sind große und breite Bauwerke mit Naturboden und natürlicher Vegetation. Sie sind primär den Wildtieren vorbehalten. Eine Breite von mindestens 30 - 50 Metern ist empfehlenswert. Günstig gelegen und bepflanzt können sie von den verschiedensten Tiergruppen und auch von wandernden Tieren benutzt werden.

- **Aufständigung, Viadukt:**

Führt eine Straße durch einen Geländeeinschnitt, kann die Querungsmöglichkeit so gestaltet werden, daß sie für Wildtiere nutzbar ist. Eine Aufständigung anstelle eines

Dammes ermöglicht eine Verbindung oft über eine größere Strecke. Mit einer Mindesthöhe von 4 Metern und einer Breite von 60 - 70 Metern bei Autobahnen ist der Viadukt in seiner Funktion mit der Wildtierüberführung vergleichbar. Er schafft gute Verbindungen für Kleintiere, bei genügender Höhe (ca. 6 Meter) auch für größere Säugetiere.

- **Bachdurchlaß:**

Bäche dienen vielen Tieren als Leitstruktur, an der sie sich orientieren. Werden Bäche unter den Verkehrswegen hindurch offen weitergeführt und von einem mindestens 1 Metern breitem Gürtel Naturboden oder naturnaher Vegetation geführt, können Tiere entlang des Baches auf die andere Seite gelangen. Ist der Durchlaß schmal und niedrig, entspricht er einem Kleintier- oder Amphibiendurchlaß.

- **Multifunktionelle Durchgänge:**

Bestehende Brücken und Unterführungen können durch Einbringen von Mergel- oder Kies mindestens streifenförmig wildfreundlicher gestaltet werden. Die Benutzung des Durchgangs hängt von der Qualität der Randstreifengestaltung, vom Bauwerksausmaß sowie der gleichzeitigen Nutzung durch Fußgänger oder Fahrzeuge ab. Hasen, Füchse, Igel und Marderartige benutzen solche Übergänge bereitwillig, Huftiere nur gelegentlich.

6.2.2. Empfehlungen speziell für KLEINSÄUGER

6.2.2.1. Spitzmäuse etc.

6.2.2.1.1. Technische Maßnahmen

*Entfernen bzw. Entschärfen von **Randsteinen** (WEBER 1997)*

- Neu gebaute Straßen sollten mit flach geneigte Randabschlüsse ($< 45^\circ$) versehen werden, die von Kleintieren (z.B. Spitzmäusen) problemlos überwunden werden können.
- Zwischen unpassierbaren Randsteinen kann durch Entfernen des Mörtels eines 2 cm breiter Spalt geschaffen werden, durch den Kleintiere hindurchschlüpfen können.
- Bei der Sanierung älterer Straßen sollten senkrechte Randabschlüsse systematisch eliminiert werden.
- Rechtwinkelige Randabschlüssen zwischen Straße und Gehsteig sollten dort vermieden werden, wo nicht die Sicherheit der Fußgänger beeinträchtigt wird.
- Das Überwuchernlassen von Randsteinen durch Polsterpflanzen bietet kleinen Tieren eine Aufstiegshilfe und gleichzeitig Schutz vor dem Austrocknen.

6.2.2.2. Fledermäuse

6.2.2.2.1. Natürliche Maßnahmen

Straßennahe Landschaft:

- **Gestufte Vegetation** mit gelegentlichen Lücken entlang von Straßen wird von Fledermäusen als Einflugschneise und Jagdrevier angenommen. Bei gleich hohen Baumreihen hingegen können die Tiere von plötzlich auftretenden Hindernissen wie Fahrzeugen überrascht und getötet werden (BAY & RODI 1991).
(Vgl. Kap. – 6.3.2., Straßenränder)

6.2.2.2.2. Technische Maßnahmen

Durchgänge:

- Bei der Anlage von **Brücken** ist auf die artgemäße Flughöhe und den Raumbedarf der dort vorkommenden Fledermäuse zu achten. Durch Aufweitung der Bauwerke kann z.B. die Durchflugmöglichkeit verbessert werden (BAY & RODI 1991; vgl. Kap. 6.2.1.2., Überführung)

6.2.2.2.3. Ersatzmaßnahmen

- Schaffung von Fledermausquartieren in Hohlkastenbrücken durch Bereitstellung geeigneter Einflugmöglichkeiten (z.B. durch effiziente Lage der Einstiegslukendeckel, vgl. Freitag & Friedrich 1996).

6.2.2.3. Igel

6.2.2.3.1. Natürliche Maßnahmen

Straßennahe Landschaft

- Die Erhaltung oder Neupflanzung von **Hecken** sollte beim Planen von Straßen beachtet werden (BERTHOUD 1980).
(Vgl. Kap. - 6.2.2.3.1., Straßenränder; - 6.3.2., Straßennahe Landschaft; - 6.3.2., Straßenböschung)
- In Kombination mit igelgerechten Durchlässen sollten in Durchlaßrichtung **leitende Landschaftselemente** geschaffen werden (z.B. MULDER 1996, HUIJSER & BERGERS 1998).

Straßenränder:

- **Unattraktive Gestaltung** der Straßenränder hilft, Igel vom straßennahen Bereich wegzulocken. Äcker und befestigte Wege werden z.B. negativ selektiert (HUIJSER & BERGERS 1998).
(Vgl. Kap. - 6.2.1.1., Straßenränder; - 6.2.2.3.1., Straßennahe Landschaft; + 6.3.2., Straßennahe Landschaft)
- Weniger häufiges und intensives **Mähen** der Straßenrandbereiche wird empfohlen, vorzugsweise nur einmal jährlich in einem "Streifenmähverfahren" (WILKINS & SCHMIDLY 1981), um die im Laub und Gras ruhenden Tiere nicht zu gefährden.
(Vgl. Kap. +- 6.3.2., Straßenränder; +- 6.5.2., Mahd)

6.2.2.3.2. Technische Maßnahmen

Zäune, Wände:

- Besonders in Bereichen mit vielen Verkehrsunfällen sollten **Maschenzäune** entlang der Straßen errichtet werden, wobei die Kombination mit igelgerechten Durchlässen wichtig ist (z.B. MULDER 1996, HUIJSER et al. 1998). Sie können ähnlich konstruiert sein wie für Dachse, nur mit einer kleineren Maschenweite damit die Igel nicht durchkriechen können - sie versuchen es hartnäckig! Die Zäune müssen auch an der Zaununterseite absolut dicht sein, da Igel die engsten Stellen zum Durchschlüpfen nutzen. Auch REICHHOLF (1984) empfiehlt das Aufstellen von niedrigen Igelschutzzäunen an gefährlichen Straßenstellen. Laut Verfasser sinkt jedoch die Wirksamkeit der Zäune nach zwei Jahren, da sie sehr anfällig sind und regelmäßig gewartet werden müssen.
- Die Errichtung einer kleinen 20 cm hohen **glatten Wand** entlang der Straße stellt für Igel bereits eine absolute Barriere dar (BONTADINA et al. 1993, zit. aus Mulder1996, HUIJSER et al. 1998). Um Igelpopulationen dadurch nicht voneinander zu trennen, müssen auch hier unbedingt Durchlässe angeboten werden.

Durchgänge:

- Bei der Anwendung von Maßnahmen, die die Ausbreitung von Tieren behindern (Igelschutzzäune, Mauern), ist die Kombination mit igelgerechten **Durchlässen** (z.B. MULDER 1996, HUIJSER et al. 1998) wichtig.

Warnsignale für Wildtiere:

- **Abstoßende Bodenstrukturen** wie etwa ein Kiesstreifen versperren für Igel den Zugang zur Straße (BERTHOUD & MÜLLER 1995).

6.2.3. Empfehlungen speziell für MITTELGROSSE SÄUGETIERE

6.2.3.1.Fischotter

6.2.3.1.1. Technische Maßnahmen (MADSEN 1996)

Zäune:

- An Unfallstellen, die keinen Bach/Gewässer kreuzen, können leitende Zäune errichtet werden. Sie können auch als zusätzliche Maßnahme bei unten genannten Passagen dienen. Es ist jedoch leider an vielen Stellen praktisch und technisch unmöglich, sie ottersicher zu bauen.

Durchgänge:

- An Unfallpunkten und Stellen, die von Ottern zum Queren von Gewässern genutzt werden, werden unten angeführte Typen von **Fauna-Passagen** empfohlen. Sie können, wenn sie für Otter attraktiv gestaltet werden, mit bestehenden Brücken kombiniert werden.
 - Aufgeschüttetes Granitblockwerk an den Ufern, das dort als Querungshilfe dient, wo das Gewässer seicht ist.
 - Passage aus einem treibenden "Floß", das sich über die gesamte Brückenbreite erstreckt und aus Hartholz (30-35 cm breit, 10 cm hoch) mit einem Polystyren-Kern besteht.

Faunapassagen bei Brücken und Durchlässen kombiniert mit Zäunen (bis zu 100 Metern vom Wasser entfernt bzw. bei Dämmen) können die Zahl der durch den Straßenverkehr getöteten Tiere um 70 % reduzieren. Faunapassagen ohne Zaun können Verkehrsunfälle um 50% reduzieren.

6.2.3.2.weitere Marderartige

6.2.3.2.1. Technische Maßnahmen (ROAD AND HYDRAULIC ENGINEERING DEVISION 1995)

Warnsignale für Wildtiere:

- "**Kuhroste**" verhindern an Fluchtpunkten, wo Zäune z.B. an Kreuzungspunkten mit Seitenstraßen offen sind, das Durchgehen von Tieren.

Zäune, Wände, Gräben:

- **Feinmaschige Zäune** von mindestens 1 Metern Höhe, die ca. 20 cm in den Boden eingegraben werden, sind wirksam für Wiesel bis Dachs. Nur gute Kletterer wie Marder sind damit schwer zu stoppen. Die Zäune sollten mit kleinen Wilddurchgängen kombiniert werden (vgl. Kap. 6.2.1.2., Zäune).
- **Wälle** aus Baumstümpfen sind attraktiv für Wiesel. Sie können verwendet werden, um die Tiere zu Durchgängen zu leiten. Zusätzlich schirmen solche Wände den Verkehr ab.
- **Straßengräben** können so gebaut werden, daß sie Tiere vom Überqueren der Straße abhalten und sie zu Durchgängen leiten. Sind sie mit Wasser gefüllt, müssen sie im Bereich der Passagen leicht zu überqueren sein.
(Vgl. Kap. - 6.4.2., Schutz vor Fallenwirkung)

Durchgänge:

- Die Kombination von Zäunen mit geeigneten Durchlässen ist notwendig.
- "**Dachstüren**" wurden auch für Füchse etc. entwickelt. Sie werden in langen Zäunen verwendet und können von den Tieren von der sicheren Seite nicht geöffnet werden.

6.2.4. Empfehlungen speziell für SCHALENWILD

(vgl. BERTHOUD & MÜLLER 1995, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995, FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS VERKEHRS- UND STRABENWESEN 1997, KELLER & PFISTER 1997, RIGHETTI 1997, VÖLK & GLITZNER 1998):

6.2.4.1. Natürliche Maßnahmen (s. Kap. 6.2.1.1.)

Straßenränder und Böschungen

6.2.4.2. Technische Maßnahmen (s. Kap. 6.2.1.2.)

Hinweise zur Geschwindigkeitsbeschränkung, Warnsignale für Autofahrer

Warnsignale für Wildtiere

Zäune:

- Wildschutzzäune
- Elektrozäune
- Duftzäune

Durchgänge:

Reh- und Schwarzwild:

- Unterführungen für mittlere Fauna

Reh-, Gams-, Schwarz- und Rotwild:

- Unterführungen für große Fauna
- Ausständigung, Viadukte
- Überführungen
- Ökobrücken, Biobrücken
- Multifunktionelle Durchgänge

6.2.4.3. Ersatzmaßnahmen

- Neu angelegte **Äsungsflächen** und **Wildäcker** sowie **Tränken** und **Salzlecken** in straßenfernen Gebieten sollen größere pflanzenfressende Säuger von gefährlichen Straßen abhalten (SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE 1995).

6.2.5. Forschungsbedarf

Obwohl die Thematik Straßen und Auswirkungen auf Säugetiere im letzten Jahrzehnt in verschiedenen wissenschaftlichen Bereichen verstärkt diskutiert wurde, fehlen quantitative Langzeituntersuchungen v.a. auf populationsdynamischer und -ökologischer Ebene nahezu völlig (z.B. SPELLERBERG 1998). Allgemein überwiegen qualitative Analysen von Verkehrsunfällen, hingegen wurden Isolationswirkungen von Straßen, Auswirkungen von Lärm und Immissionen erst für wenige Wildtierarten untersucht. Für künftige Forschungen über die Lärmwirkung auf Wildtiere ist die Abstimmung oder Verknüpfung von Laboruntersuchungen mit Freilandhebungen erforderlich. Der überwiegende Teil der Studien beschäftigt sich, abgesehen von Straßenfallwildanalysen, mit häufig vorkommenden Arten wie z.B. Wühlmäusen und Langschwanzmäusen und behandelt Barriereeffekte von Straßen auf Individuenebene. Nachtaktive Carnivore sind in der Literatur ebenso unterrepräsentiert wie selten gewordene Fledermäuse. V.a. für geschützte Arten wäre es dringend notwendig, den Einfluß von Straßenverkehr auf den Rückgang der Arten bzw. die Populationsdynamik und mögliche damit verbundene physiologische und ökologische Verhaltensänderungen zu untersuchen.

Um angewandte Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ausreichend bewerten zu können, ist die Entwicklung von Parametern zur Erfolgskontrolle notwendig.

6.3.Vögel

6.3.1. Wahl der Linienführung - Planungsphase

- Ein Straßenneubau darf keine weitere Zerschneidung intakter und selten gewordener Biotope, wichtiger Brutgebiete oder naturnaher Restflächen zur Folge haben (v.a. Feuchtgebiete, Wälder, Flußtäler, Seeufer; vgl. KUHN 1987, WÄSCHER et al. 1988, REIJNEN & FOPPEN 1997, FARAGO unpubl.).
- Nichtbau bzw. Rückbau von Straßen durch Lebensräume, die besonders viele und/oder seltene (bedrohte) Vogelarten aufweisen (STEIOF 1996).
- Bei der Wahl der Trassenführung sollte der direkte Kontakt zw. Tierwelt und Verkehr möglichst umgangen werden: z.B. durch Umgehung, Aufständigung, Untertunnelung, Einschnitte, Erdwälle, Lärmschutzwände (WÄSCHER et al. 1983, KELLER et al. 1996).
- Ein Belastungskorridor (Pufferzone), der beiderseits der Straße bis in eine Tiefe von 30 bis 150 m ins Gelände reicht, sollte eingehalten werden (BAY & RODI 1991). REIJNEN & FOPPEN (1997) empfehlen als einzuhaltende Stördistanz einen beidseitig der Straße gelegenen 1000m breiten Korridor.

6.3.2. Natürliche Maßnahmen

Straßennahe Landschaft:

- Habitatverbesserung für Graslandarten in Gebieten weiter entfernt von der Straße - d.h. Extensivierung der Landwirtschaft in diesen Gebieten und Intensivierung der Landwirtschaft in Straßennähe ist empfehlenswert (REIJNEN & FOPPEN 1997).
(Vgl. Kap. - 6.2.1.1., Straßenränder; - 6.2.2.3.1., Straßennahe Landschaft)

Straßenränder:

- Stark frequentierte Straßen sollten nur einseitig mit Hecken oder Bäumen bepflanzen werden, da sie Vögel gerne als Bruthabitat nutzen (LÜPKE 1983, FARAGO unpubl.).
(Vgl. Kap. +- 6.2.1.1., Straßenränder; +- 6.2.2.3.1.)
- Die Bepflanzung mit hochwachsenden Bäumen sollte in eine gestufte Vegetationsstruktur als "Überflughilfe" für Vögel integriert werden (BAY & RODI 1991).

- Der Bewuchs im Randbereich sollten rechtzeitig abgemäht werden. Empfohlen wird eine 1-2malige Mahd pro Jahr. So wird auch das Überhandnehmen von Mäusepopulation und zahlreiche Verkehrsoffer jagender Vogelarten verhindert (LÜPKE 1983, KUHN 1987, STEIOF 1996, FARAGO unpubl.; s. Kap. 3.5.3.1.4., Attraktivität).
(Vgl. - 6.2.1.1., Straßenränder)

Straßenböschungen:

- Auf einem Randstreifen von 5-15 m beiderseits der Fahrbahn, je nach Verkehrsfrequenz und Fahrgeschwindigkeit, sollten keine Gebüsche, Hecken, Feldgehölze oder Röhrichte gepflanzt werden. Die Gestaltung von unattraktiven unteren Böschungsbereichen wird empfohlen (WÄSCHER et al. 1983, KELLER et al. 1996, STEIOF 1996, FARAGO unpubl.).

6.3.3. Technische Maßnahmen

Geschwindigkeitsbeschränkung:

- Reduktion der **Fahrgeschwindigkeit** (auf 40km/h, STEIOF 1996) entlang von Lebensräumen seltener und/oder bestandsbedrohter Vogelarten (KUITUNEN et al. 1998).

Lärmschutzwände:

- **Lärmschutzwände** sollten gebaut werden, um die Beunruhigung, die vom Straßenverkehr ausgeht, zu minimieren. Hier muß darauf geachtet werden, daß diese Maßnahme wiederum für andere Tiergruppen zur Barriere werden könnte (STEIOF 1996, WÄSCHER et al. 1988, REIJNEN & FOPPEN 1997). Auch für Vögel selbst können beispielsweise Lärmschutzwände aus Glas zum eklatanten Problem werden.

Durchgänge:

- Bei der Planung von **Grünbrücken** sollte auch der Avifauna größere Beachtung geschenkt werden (KELLER et al. 1996).

6.3.4. Ersatzmaßnahmen

- Bruthabitate abseits von Autobahnen sollten verbessert bzw. Ersatzbruthabitate errichtet werden. Der Nachteil liegt jedoch darin, daß die Entwicklung neuer Habitate lange Zeit beansprucht (REIJNEN & FOPPEN 1997) und gewisse Habitate (z.B. alte Wälder, autochthone Feuchtgebiete) in einem absehbaren Zeitraum nicht wieder herzustellen sind.

6.3.5. Forschungsbedarf

Wenige Untersuchungen liegen vor, die ökologische Langzeiteffekte von Straßen analysieren und ihr Monitoring beschreiben. Ebenso werden wissenschaftliche Daten zur Festlegung der Streifenbreite des "Störbandes" entlang der Straße benötigt. Einflüsse von Straßenbreite und Licht auf Vögel sind ebenso wenig in Studien berücksichtigt wie ökologische Aspekte von Pufferzonen. Weiters liegen für die Entwicklung von kompensatorischen Maßnahmen noch wenige Ergebnisse vor.

6.4. Amphibien und Reptilien

6.4.1. Wahl der Linienführung - Planungsphase

Es sollte sorgfältig geprüft werden, ob der Bau einer Straße oder die Linienführung entlang einer Uferlinie (hier werden die Jahreslebensräume nahezu aller Amphibien und wassergebundenen Reptilien durchschnitten) oder in der Nähe von bedeutenden Laichgewässern wirklich unvermeidlich ist (BLAB 1986). Wenig genützte Straßen können abgetragen und rekultiviert werden (KYEK 1995).

6.4.2. Technische Maßnahmen

Zäune, Wände:

- **Schutzzäune** ohne Kübelfallen oder Tunnelanlagen dienen ausschließlich der Verstärkung des Barriereeffekts und sind nicht sinnvoll (MÜNCH 1989a). Schutzzäune mit Kübelfallen haben sich als Sofortmaßnahme bewährt (KROMBERG 1989). Sie erweisen sich jedoch nicht als sinnvolle Daueranlagen, da der hohe Arbeitsaufwand den Eifer der freiwilligen Helfer in der Regel sehr schnell erlahmen läßt (KYEK 1995).

Um funktionsfähig zu bleiben, müssen Zäune regelmäßig gewartet werden. So muß die Verankerung im Boden überprüft und die umgebende Vegetation soweit beseitigt werden, daß sie eine Kletterhilfe bietet (RYSER & GROSSENBACHER 1989). Aber auch bei der Installation der Anlagen müssen einige Grundregeln beachtet werden. Vor allem muß verhindert werden, daß Zäune überklettert oder untergraben werden können (MEINIG & WEBER 1987). Daher erweisen sich Anlagen aus Folie oder Maschendraht oder mit sehr rauher Oberfläche als wenig geeignet (DEXEL & KNEITZ 1987, MÜLLER & STEINWARZ 1987). Kunststoff- oder Betonelemente in U- und L-Form können besser im Boden verankert werden und bieten keinen Halt zum Klettern. Ein Schutzzaun sollte eine

Mindesthöhe von 50 cm aufweisen, ansonsten kann er von Braunfröschen übersprungen werden (MÜNCH 1989a). Desweiteren sollte die Anlage so weitläufig sein, daß sie nicht umwandert wird (RYSER & GROSSENBACHER 1989).

- **Schutz vor Fallenwirkung des Abwassersystems:** Bei der Anlage von Randsteinen sollten Ausstieghilfen oder Flachbordsteine verwendet werden, die kleinen Tieren ermöglichen, die Abwasserrinnen bzw. die Straße wieder zu verlassen (GÖBEL 1990, MOUGET 1996, GROSSELET & LODÉ 1997), Gullys sollten durch feinere Gitter abgedeckt werden oder durch Schotterdrainagerinnen ersetzt werden (GÖBEL 1990).

(Vgl. Kap. - 6.2.3.2.1., Straßengräben)

Fangeinrichtungen:

Kübelfallen bieten für die darin gefangenen Tiere einen hohen Risikofaktor. An kalten Tagen können vor allem Jungtiere und Molche sehr schnell erfrieren, an warmen Tagen können sich die Tiere nicht gegen Hitze einfall schützen, an Regentagen können sie ertrinken. Außerdem sind sie Predatoren schutzlos ausgeliefert (MÜNCH 1988, 1989a, KYEK 1995). Die Fallen müssen daher sehr regelmäßig geleert werden.

Warnsignale für Autofahrer:

- Straßen können, soweit dies aus verkehrstechnischen Gründen möglich ist, während der Wanderperiode von Amphibien vollständig gesperrt werden. Eine **Straßensperrung** ist von Vorteil, weil die Tiere ihrer ganz normalen Wanderung nachgehen können und in keiner Weise durch irgendwelche Umlenkeinrichtungen irritiert werden (FUELLHAAS et al. 1989, PODLOUCKY 1989, BERTHOUD & MÜLLER 1995). Es handelt sich außerdem um eine effiziente und billige Lösung, die allerdings nur an schwach befahrenen Straßen oder bei Umleitungsmöglichkeiten durchführbar ist (THIELCKE et al. 1983, PODLOUCKY 1989, KYEK 1995). Eine Vollsperrung über den ganzen Tagesverlauf ist hierbei am wirkungsvollsten, jedoch nur sehr selten durchsetzbar (BLAB 1986, MÜNCH 1989a, 1994). Nachtsperren sollten von 18-8 Uhr in Kraft treten, nicht später beginnend, da die Tiere mit Beginn der Dämmerung wandern (MÜNCH 1989a, PODLOUCKY 1989). Eine sinnvolle Schutzmaßnahme ist nur die Vollsperrung oder die ganzjährige Nachtsperren mit Pfosten oder Schranken (KALECK 1989). Sperren sind nicht dauerhaft durchführbar, daher werden in der Regel nur die Frühjahrswanderungen auf diese Art und Weise geschützt, restliche Wanderungen bleiben unberücksichtigt (FISCHER 1972, KYEK 1995). Wo es möglich ist, sollten Nachtsperren auch im Herbst oder besser noch ganzjährig stattfinden (MÜNCH, 1994).

- Ausschließliches Aufstellen von **Gefahrensignalen** im Verbund mit **Geschwindigkeitsbeschränkungen** und Appellen an die Verkehrsteilnehmer zu Rücksichtnahme sind vollkommen ungeeignete Maßnahmen, da sie von den meisten Verkehrsteilnehmern ignoriert werden (FISCHER 1972, THIELCKE et al. 1983, BLAB 1986, HEINE 1987, KALECK 1989, PODLOUCKY 1989).

Durchgänge:

Krötentunnelanlage:

- Die Anlage von **Krötentunnels** gilt als beste Alternative, falls eine Straßensperrung nicht möglich sein sollte (FISCHER 1972, VAN GELDER 1973, KARTHAUS 1985, BLAB 1986, DEXEL & KNEITZ 1987, BREHM 1989, FUELLHAAS et al. 1989, JACKSON & TYNING 1989, LANGTON 1989, MEINIG 1989, MÜNCH 1989a, BERTHOUD & MÜLLER 1995, YANES et al. 1995). Der Vorteil dieser dauerhaften Anlagen besteht darin, daß sie alle Wanderungen sichern, auch die der Jungtiere, deren Überleben für die Population besonders wichtig ist (KYEK 1995) und viele verschiedene Tiergruppen ansprechen (FISCHER 1972, YANES et al. 1995). Außerdem verbinden Tunnelanlagen zerschnittene Lebensräume miteinander und sorgen somit für eine bessere Lebensraumvernetzung (RYSER 1985, BREHM 1989, KYEK 1995, YANES et al. 1995). Tunnelanlagen sind eine sehr teure Schutzmaßnahme. Daher sollten vor dem Bau die ökologischen Gegebenheiten, und hier ganz besonders die Wandergewohnheiten, genau untersucht werden, um die Anlage so gut wie möglich an die an Ort und Stelle herrschenden Bedürfnisse anzupassen (POLIVKA et al. 1991, BERTHOUD & MÜLLER 1995). Viele Tunnelprojekte, bei denen dies versäumt wurde, werden von den Tieren nicht angenommen (STOLZ & PODLOUCKY 1983, SCHLUPP et al. 1989, PODLOUCKY 1989). Einweg-Doppelröhrensysteme, die einen möglichst großen Durchmesser aufweisen (mindestens 60 cm) und relativ kurz sind (BLAB 1986, BERTHOUD & MÜLLER 1987, DEXEL & KNEITZ 1987, POLIVKA et al. 1991), sind zu bevorzugen. Diese weichen den Fallröhren aus oder versuchen, an der Fallröhre, anstatt am Ende des Tunnels auszusteigen. Mitunter verbleiben die Tiere über einen sehr langen Zeitraum im Tunnel und vertrocknen oder verhungern eventuell sogar darin. Manche Tiere umwandern die ganze Anlage und gehen dann auf die Straße (RYSER & GROSSENBACHER 1989). LOSKE (1987) fürchtet, daß solche, eilig und unüberlegt angelegten Tunnelanlagen oftmals dazu mißbraucht werden, die ökologische Unbedenklichkeit von Straßenbauprojekten zu bescheinigen. Es sollten sich im Bereich von Wanderkorridoren, vor allem in deren

Zentrum, möglichst viele Durchlässe befinden, wobei der dazwischen befindliche Abstand 50 m nicht übersteigen sollte (BLAB 1986, RYSER & GROSSENBACHER 1989).

- Die Röhrensysteme müssen am Anfang mit einer **Fallröhre** versehen sein, die mit Hilfe einer Sichtblende abgedunkelt sein muß, da die Tiere gerne in Richtung einer Lichtquelle wandern. Der Tunnelausgang sollte dagegen gut sichtbar sein (RYSER & GROSSENBACHER 1989). Um zu vermeiden, daß die Tiere in der Tunnelanlage ertrinken, sollten die Röhren über eine Drainageschicht verfügen (THIELCKE et al. 1983). Der Einfallschacht sollte niemals senkrecht, sondern leicht abgewinkelt sein, da sich die Tiere sonst im Winkel zwischen Einfallschacht und Tunnel sammeln und verenden (DEXEL & KNEITZ 1987).

Die Akzeptanz der Tunnel ist nach YANES et al. (1995) für Reptilien abhängig vom Verschmutzungsgrad! Amphibien nehmen Tunnel nur an, wenn sich eine gewisse Menge organischen Materials auf dem Unterführungsgrund angesammelt hat, das ein starkes Austrocknen des Tunnelinneren verhindert (POLIVKA et al. 1991).

- Die Länge der **Sammelanlagen** muß so angelegt sein, daß genügend erwachsene Tiere abgefangen werden können. Es darf sich keinesfalls Wasser in den Einrichtungen sammeln. Die Umgebung der Sammelanlagen sollte aus Gras und nahe der Laichplätze aus einigen Sträuchern bestehen, da die Jungtiere im Schatten weniger stark austrocknen (Berthoud & Müller 1995).
- Ein entscheidendes Kriterium für die Funktion der Tunnelanlage liegt vor allem in der Linienführung: Die **Leiteinrichtungen** sollten sehr intensiv sein, es muß allerdings die Wanderrichtung der Tiere immer berücksichtigt werden (BREHM 1989). Bei einem schrägen Auftreffen auf die Abschränkung (Winkel unter 60°) wandern die Tiere wesentlich williger (BLAB 1986, BERTHOUD & MÜLLER 1995), weicht das Hindernis mehr als 60° von der Wanderrichtung ab, so zeigen die Amphibien die Tendenz, umzukehren, selbst wenn sie auf die Fortpflanzung verzichten müssen; bei Jungtieren besteht die Gefahr, daß diese sich am Zaun nicht ablenken lassen, sondern dort sitzenbleiben und allmählich vertrocknen oder gefressen werden (KERESZTES & ZÜRCHER 1978, THIELCKE et al. 1983, PODLOUCKY 1989, RYSER & GROSSENBACHER 1989).
- Wo aufgrund der Lage einer Straße in Geländeeinschnitten eine Untertunnelung nicht möglich ist, können **Grünbrücken** zur Verbindung zerschnittener Lebensraumteile dienen (KYEK 1995). Im Gegensatz zu Tunnels, deren Größe stärker limitiert ist, bieten sie einer breiteren Palette anderer Tiere ebenfalls eine Überbrückungsmöglichkeit.

In Hinblick auf die bestmögliche Wirksamkeit von Grünbrücken ist ebenfalls die Funktionalität der Leiteinrichtung und die Lage in Wanderrichtung ein wesentliches Kriterium, um die Tiere zu veranlassen, die Anlage zu nutzen. Die Brücke sollte des Weiteren mit standortgerechtem Boden und Bewuchs versehen werden, der den Tieren außerdem genügend Deckungsmöglichkeiten bieten muß. Größere Steigungen sollten vermieden werden. Die Brücke sollte sowohl optisch als auch akustisch gegen die Straße abgeschirmt sein. Eine Mindestbreite von 20 m wird empfohlen. (ROTH & KLATT 1991, HUTTER 1994, KYEK 1995).

- Das **Aufständern** einer Straße ist mit Abstand die kostenintensivste straßenbauliche Methode, mit Sicherheit aber die am besten funktionierende. Eine aufgeständerte Straße kann auf der ganzen Strecke unterwandert werden und wird, nachdem keinerlei Leitsysteme und Hindernisse die eigentliche Wanderrichtung der Tiere behindern, sehr gut genutzt (KYEK 1995).
- **Abnahme der Asphaltdecke:** Bei Forstwegen und Waldstraßen verbessert der Verzicht auf die Asphaltdecke die Wanderungsbedingungen der Tiere und verringert somit den Barriereeffekt. Zusätzlich entstehen auf hauptsächlich durch Forst- und Agrarmaschinen genutzten Wegen Kleinstlaichgewässer für Gelbbauchunken und Bergmolche (MÜNCH 1989a, KYEK 1995).

6.4.3. Forschungsbedarf

Die Auswirkungen des Straßenbaus und -verkehrs auf die Reptilienfauna ist nur sehr unzureichend bearbeitet.

Die Anzahl der wandernden Amphibien, die wahrscheinlich eng mit der Größe der Population korreliert ist, zeigt oft große Schwankungen, die nicht unbedingt zwischen den einzelnen Arten an einer Stelle synchron verlaufen. Es stellt sich die Frage, ob diese Zahlen verwendet werden können, den relativen Erfolg einer Schutzaktion zu verifizieren. Die Veränderung der Populationsgrößen steht oft in Beziehung zu anderen Faktoren, wie beispielsweise dem Zustand des Laichgewässers und dessen relativer Eignung für die unterschiedlichen Arten. Es wäre zu ermitteln, ab welcher Mortalitätsrate der Ausfall eines kleinen Anteils der laichwandernden Weibchen wirklich Auswirkung auf die Anzahl der Jungtiere pro Laichsaison hat, da ein limitierender Faktor für das Heranwachsen von Kaulquappen sicherlich in der Größe des Laichgewässers, im Nahrungsangebot und in der Prädatordichte zu sehen ist. Dasselbe gilt auch für die Ausfallraten rückwandernder Jungtiere. Es gibt keine

Daten dafür, wie groß der Anteil der getöteten Jungtiere sein darf, um keinen Einfluß auf die Populationsgröße zu haben.

6.5. Wirbellose (Insekten, Schnecken, Spinnentiere)

Bau und Bestand von Straßen führen zu nachhaltigen Veränderungen der wirbellosen Tierwelt. Die unter Kap 3.9 vorgenommene Reihung der Einflußfaktoren macht die besondere Bedeutung von Präventivmaßnahmen im Zuge von Straßenplanungen deutlich.

6.5.1. Wahl der Linienführung - Planungsphase

Die Beurteilung der Auswirkungen von Straßen auf die Tierwelt im Zuge von Eingriffsplanungen erfolgt in Österreich in der Regel anhand von Untersuchungen und Analysen der Bestände verschiedener Wirbeltiergruppen (zumeist Amphibien und Vögel); Wirbellose Tiere finden hingegen, gemessen an ihrer Artenfülle und der Summe möglicher Anspruchstypen, viel zu selten Berücksichtigung (für Deutschland z.B. RIECKEN 1992, RIECKEN & SCHRÖDER 1995). Gute Übersichten für die Durchführung von Standardprogrammen zur Beurteilung der Belange des Artenschutzes in der Straßenplanung betreffend die gesamte Tierwelt geben RECK (1993) und RIECKEN (1993).

Neben der fachlich oft wenig begründeten Auswahl tierischer Indikatorgruppen ist auch die Qualität der Aussagen häufig mangelhaft. So wird zwar der Flächenverbrauch und dessen Bedeutung für die Fauna im Rahmen gutachtlicher Analysen meist ausreichend berücksichtigt, aber andererseits die Beurteilung der Überlebensfähigkeit ausgewählter Zielarten unter der Berücksichtigung des Flächenanspruches (Auswirkungen der Isolation!) in zu geringem Maße beachtet und diskutiert. Hier besteht nicht nur im Einsatz wirbelloser Indikatoren deutlicher Nachholbedarf (vgl. MÜHLENBERG 1993).

Die im Regelfall zu planenden Ausgleichsmaßnahmen sollten unter Einbeziehung von Fachpersonal im Rahmen einer ökologischen Bauaufsicht realisiert werden.

6.5.2. Natürliche Maßnahmen

Straßenränder und Straßenböschungen:

Umfangreiche Ausführungen sind aus STOTTELE & SOLLMAN (1992) zu übernehmen.

Gestaltung von Grünflächen:

- Kein Einbringen von Humus, Düngemittel, Herbiziden oder Pestiziden (z.B. HOFMANN 1987); wenn Bodenauftrag notwendig, dann mit nährstoffarmen, sandigen Substraten

- Pflanzungen - wenn zur Sicherung von steilen Hängen und Böschungen notwendig - mit areal- und standortgerechten Gehölzen bzw. mit geeigneten Ansaatmischungen für niedrig bleibende, aufwuchsarmer Rasen (z.B. KRAUSE 1982); wenn möglich Gewährung der natürlichen Sukzession
- Grundsätzliches Offenhalten mit dem Ziel der Förderung magerer Bereiche mit lückiger Vegetationsdecke; zeitweiliges Zurückdrängen aufkommender Gebüsch (Vgl. Kap. - 6.2.1.1., Straßenränder; - 6.2.2.3.1., Straßennahe Landschaft)
- Im Stadtbereich Erhaltung möglichst großer, unversiegelter Baumscheiben, deren Befahrung mit Kraftfahrzeugen zu verhindern ist (WASNER 1997).

Mahd von Grünflächen:

- Technik: bevorzugt mit geringem Geräteaufwand (Sense, Handbalkenmäher); Vermeidung von Saug- und Häckselmähern (v. a. in ländlichen Gebieten)
- Mähgut: kein Mulchen, Abtransport bevorzugt nach 5 bis 24 Stunden
- Mahdrhythmus: geringe Mahdintensität mit ein- bis zweischürigem Rhythmus; erster Termin nach Abblühen der wichtigsten krautigen Pflanzen; bei ausreichender Breite zeitlich-räumliche Differenzierung mit häufiger Mahd der fahrbahnnahen und seltener Mahd der fernen Bereiche (z.B. WASNER & WOLFF-STRAUB 1987) bzw. im Falle ausgedehnter Böschungen, Belassung unbehandelter Zonen (SAYER & SCHAEFER 1995). (Vgl. Kap. + 6.2.2.3.1., Straßenränder; +- 6.3.2., Straßenränder)

6.5.3. Technische Maßnahmen

Reduktion versiegelter Flächen:

Im Bereich von Ausweichen und Parkplätzen ist - nicht nur aus gesamtökologischer Sicht - die Öffnung versiegelter Flächen anzustreben.

- Verwendung von **Giterrassensteinen** (Förderung der seltenen Stachelameise, SOENTGEN 1989 zit. aus KNEITZ 1990)

Reduktion von Anlockeffekten:

Maßnahmen zur Reduktion von Anlockeffekten sind v. a. für den Faktor Licht denkbar.

- Verringerung von **Lampenzahlen** und **Leuchtleistungen**
- Bevorzugung kleiner Lampen mit geringer Ausleuchtung (z.B. LÖLF 1992)
- Konzentration des **Lichtkegels** und Verhinderung von Streulicht durch Verwendung seitlicher, verspiegelter Lampenabschirmungen (MADER 1981)

- Veränderung des **Frequenzbereiches** unter dem besonderen Augenmerk der Reduktion des UV-Anteiles (z.B. SCHEIBE 1999)

Durchgänge:

Die Wirkung von Straßen als Barrieren wurde umfassend dargestellt (s. Kap. 3.5.5.2.1., Ausbreitungsbarrieren). Während Methoden der Überbrückung bzw. Untertunnelung zur Aufrechterhaltung beschränkter Ausbreitungswege für Wirbeltiere gut untersucht und dargestellt sind (siehe Fachbericht Säugetiere), liegen für Wirbellose Tiere erst wenige, jüngere Forschungsergebnisse vor (RECK et al. 1993, RIETZE & RECK 1993, ZANGGER 1995, RIETZE & RECK 1997). Die Autoren liefern u. a. Grundlagen für Gestaltungsmaßnahmen, die anhand von Erfolgskontrollen v. a. an den Tiergruppen Heuschrecken, Tagfalter und Laufkäfer gewonnen werden konnten.

- Nicht an jedem Straßenabschnitt sind **Grünbrücken** sinnvoll; die Planung erfordert Bestandsanalysen wichtiger Indikatorgruppen und die Auswahl von Zielarten (vgl. z.B. RECK & KAULE 1993).
 - Für die Gestaltung gibt es keine umfassenden Regeln: vielmehr ist die geeignetste Kombination aus Lage, Anzahl, Breite und (Umfeld-)Gestaltung im Abhängigkeit vom lokalen Schutzziel zu verwirklichen; insbesondere schmale Ausführungen können nur dann (effektiv) von Arten genutzt werden, wenn deren Gesamt(Reproduktions)- oder Teillebensräume auf der Grünbrücke entsprechend ausgebildet sind
 - Zielgerichtete Leitsysteme im Umfeld von Grünbrücken können zur Erhöhung der Effizienz beitragen, wobei selbst im optimalen Fall maximal 200-300 m Entfernung zum Hauptlebensraum vorliegen sollten; Grünbrücken müssen daher genau plaziert und die zerschnittenen Lebensräume möglichst direkt verbinden werden
 - Grünbrückenanlagen sollten einer Erfolgskontrolle unterzogen werden; sie sind dann erfolgreich, wenn sie von den Zielarten genutzt werden, und wenn die Zielarten dadurch ihre Populationen im Raum aufrechterhalten können

6.5.4. Ersatzmaßnahmen

Anlage und Gestaltung von **Autobahngewässern:**

Wenn auch die Anlage von Gewässern an Straßen im Zuge von Ausgleichsmaßnahmen sehr kritisch zu hinterfragen ist (z.B. Siedlungsfallenproblematik für Amphibien), so bestehen für

flugfähige Wirbellose Tiere durchaus positive Aspekte (Kap. 3.5.5.4.3., Straßenränder als Trittsteine). Bei der Ausgestaltung sind einige Punkte zu beachten (vgl. HÜBNER 1983).

- Einhaltung einer Mindestentfernung zur Straße von 10 m
- Abschirmung zu stärker befahrenen Straßen durch Strauch-Schutzpflanzungen
- Keine Einleitung von Straßenabwässern; Extensivierung der Umlandnutzung
- Ausreichende Besonnung
- Weitere Maßnahmen zur Gestaltung vgl. z.B. BLAB (1993) und ROTHSTEIN (1995)

6.5.5. Forschungsbedarf

Während sich v.a. in neuerer Zeit zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten mit den Auswirkungen von Straßen auf Wirbeltiere beschäftigen, sind Studien an Wirbellosen Tieren, gemessen an ihrer Artenfülle und ihrer Stellung als ökosystemare Schlüsselorganismen, bei weitem unterrepräsentiert (BENNETT 1991). Insbesondere besteht Bedarf zur Quantifizierung der Einflußfaktoren (z.B. Ermittlung von Straßen-Querungswahrscheinlichkeiten und -geschwindigkeiten), um ähnlich wie im Falle der Amphibien, mathematische Modelle für Wirkungsprognosen zur Verfügung stellen zu können (RIETZE & RECK 1997). MÜHLENBERG (1993) weist auf die notwendige Erforschung des Flächenanspruches von Tierpopulationen zumindest bedeutender Zielarten hin, um wissenschaftlich fundierte Konsequenzen für die Eingriffsplanung ableiten zu können.

Auf den Bedarf von Untersuchungen zu den Einflüssen der Salzspreuung sowie weiterer Immissionen als kumulativer Streßfaktor auf die straßenbegleitende Fauna wurde bereits hingewiesen (Kap. 3.6.2).

Schließlich sind Grünbrücken als möglicherweise bedeutende Korridore für Wirbellose Tiere zwar erkannt, aber bei weitem nicht ausreichend erforscht bzw. im Sinne einer breiteren Umsetzungsstrategie dokumentiert; hier besteht dringender Nachholbedarf!

6.6.Toxikologie

Allgemein läßt sich feststellen, daß die in der Vergangenheit getroffenen gesetzlichen Maßnahmen zur Reduktion des Schadstoffausstoßes des Straßenverkehrs (Einführung des Abgaskatalysators, Verbot des Zusatzes bleihaltiger Antiklopfmittel, Reduktion des Treibstoffverbrauches etc.) auch die Gefährdungspotentiale für geschützte und bedrohte Tierarten redu-

zierten, wobei aber zu bedenken ist, daß eine künftige starke Verkehrszunahme diese Effekte teilweise wieder abschwächen kann.

Aufgrund der oft weiträumigen Verbreitung der aus dem Verkehr stammenden Luftschadstoffe sind lokal getroffene Maßnahmen praktisch wirkungslos. Dies gilt vor allem für den – nach dem derzeitigen Wissensstand – sicherlich bedeutendsten verkehrsbedingten Luftschadstoff, für Ozon, dessen Vorläufersubstanzen insgesamt im Vergleich zu anderen Emittenten zu einem sehr hohen Anteil aus dem Kfz-Verkehr stammen. Der Ozongehalt der Luft kann in mit anderen Luftschadstoffen unbelasteten „Reinluftgebieten“ teilweise höhere Werte erreichen als in Ballungsgebieten oder Gegenden mit starkem Verkehrsaufkommen. Außerdem wurde bei Ozonbildung in Österreich bei Ozonepisoden mit Ansteigen der Ozonkonzentration über den Grenzwert der Vorwarnstufe hinaus (über $0,2 \text{ mg/m}^3$) auch festgestellt, daß diese Konzentrationen auf eine großflächige mitteleuropäische Hintergrundbelastung von bis zu $1,9 \text{ mg/m}^3$ aufsetzten, deren Absenkung nur durch Maßnahmen im kontinentalen Rahmen erzielt werden kann (UMWELTSITUATION IN ÖSTERREICH 1996). Hohe Ozonkonzentrationen in Österreich sind daher teilweise auch auf den Import ozonreicher Luft aus dem Ausland zurückzuführen und Reduktionsmaßnahmen bei den Ozonvorläufersubstanzen sind daher für ganz Mitteleuropa notwendig, um großflächige Hintergrundbelastungen abzusenken.

Abschließend läßt sich noch festhalten, daß zwar durch die einzelnen Schadstoffe, die durch den Straßenverkehr freigesetzt werden, in der Regel keine akuten Intoxikationen festgestellt werden können, doch liegen andererseits über das Zusammenwirken mehrerer dieser potentiell toxisch wirkenden Substanzen nur wenige Erkenntnisse vor. Zu den Kfz-bedingten Schadstoffen kommen in lokal unterschiedlichem Ausmaß auch Belastungen anderer Emittenten, wie z.B. Industrie, Müllverbrennungsanlagen, Pestizide oder andere Xenobiotika hinzu. Außerdem wirken Stressfaktoren wie wechselnde Wetterbedingungen, wechselndes Nahrungsangebot, Gravidität, Laktation oder verschiedene Krankheiten (Parasitenbefall) auf Wildtiere ein, wodurch es beim Zusammenwirken mehrerer solcher Faktoren zu einer Erhöhung der Empfindlichkeit gegenüber der Belastung mit verschiedenen Schadstoffen kommen kann. Daher sind in diesem Zusammenhang sicherlich auch andere Auswirkungen von Straßen wie z.B. Lebensraumverlust und –veränderung, geänderte Nahrungsqualität und –

quantität, erhöhte Beunruhigung, Barrierenbildung und Zerschneidung der Landschaft als bedeutende negative Faktoren zu sehen.

6.6.1. Natürliche Maßnahmen

Straßenränder:

- Zum Abhalten von Staub erscheinen **Sträucher und/oder Bäume am Straßenrand** unter Berücksichtigung von Hauptwindrichtung und Exposition der Straße aber als sinnvolle immissionsmindernde Maßnahme für Wildtiere.

Unter den aus dem Straßenverkehr freigesetztem Staub dominieren dabei vor allem Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe, wobei Staub im allgemeinen die unterschiedlichste Zusammensetzung aufweisen kann (global dominieren Mineralstäube bei weitem). Aus physiologischer Sicht ist dabei eine Partikelgröße von $< 5\mu\text{m}$ von besonderer Bedeutung, denn mit kleiner werdendem Durchmesser tendieren die Staubpartikel immer stärker dazu, sich gasähnlich auszubreiten. Dies bedeutet, daß sie von Flimmerhärchen der Bronchien nicht mehr aus der Atemluft herausgefiltert werden, weshalb mit abnehmender Korngröße der freigesetzten Partikel deren Gesundheitsschädlichkeit zunimmt.

6.6.2. Technische Maßnahmen

- Das Einfließen von **Straßenabwässern** in sensible Gewässer sollte jedenfalls unbedingt verhindert werden. Zu nennen sind hier vor allem kleine und stehende Gewässer. Mit geeigneten Maßnahmen können Straßenabwässer, die eine Reihe von potentiell toxisch wirkenden Substanzen enthalten, immer vorgereinigt werden.
- Vor allem Evertebraten und bodenlebende Organismen reagieren sehr sensibel, weshalb auch **Streusalz** möglichst sparsam verwendet werden sollte.
- Eine vermehrte Ausbringung von **Split** anstelle von Salz erscheint aber als problematisch, da durch Split am Straßenrand vermehrt Vögel angezogen werden können (Aufnahme von Magensteinchen) und dadurch einer erhöhten Kollisionsgefahr mit Kfz unterliegen.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Die Literaturstudie zu anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen von Straßen auf die Tierwelt, erstellt für die Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien, behandelt vordergründig folgende Fragestellungen gemäß Auftrag (Dezember 1998):

Welche Tiergruppen (*Kleinsäuger, Vögel, Reptilien, Insekten*) und welche nach der neuen Wiener Naturschutzverordnung (Entwurf) genannten Arten sind in Wien besonders durch den Straßenverkehr betroffen. Was sind die Gefährdungsursachen und wie sind sie für die verschiedenen Tiergruppen hierarchisch zu ordnen (*separate Behandlung der Toxikologie*). Welche schon umgesetzten Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungsursachen sind in den vorhandenen und verfügbaren Forschungsergebnissen enthalten.

Die anlage- und betriebsbedingten Wirkgrößen sind von vielen Faktoren wie Bauart der Straße, Verkehrsaufkommen, abiotischen und biotischen Faktoren der betroffenen Landschaft abhängig. Erst durch ihre Überlagerung kann das Ausmaß der Reaktionen abgeschätzt werden. Die gravierendsten Auswirkungen ergeben sich, wenn alle Individuen einer Population betroffen sind, Minimalareale unterschritten werden oder der betreffende Biotop ein essentieller Teillebensraum ist.

Beeinträchtigungen von Tierarten und ihren Lebensgemeinschaften durch Straßen können in direkter und indirekter Weise geschehen. Direkte Beeinträchtigungen entstehen im Zuge der Bauphase und während der Betriebsphase. Indirekte Beeinträchtigungen entstehen v.a. durch Veränderungen der abiotischen Lebensgrundlagen sowie durch Lebensraumzerschneidung und Verlust der Ressourcen.

Nur wenige Studien betreffen Arten, die in Wien als geschützt gelten. Die umfangreichsten Ergebnisse liegen für häufig vorkommende und leicht zu untersuchende Arten vor. Tiergruppen wie etwa nachtaktive Carnivore, Fledermäuse und Reptilien sind in der Literatur unterrepräsentiert. Generell überwiegen quantitative Untersuchungen zu Verkehrsunfällen, nur wenige Arten wurden im Hinblick auf Isolationswirkung, Lärm und Immissionen untersucht. Qualitative Langzeituntersuchungen, besonders auf populationsdynamischer und -ökologischer Ebene fehlen nahezu völlig.

Eine Gewichtung der Gefährdungsursachen läßt sich aus vorhandenen und verfügbaren Forschungsergebnissen, wenn überhaupt, nur grob darstellen – die vernetzte Thematik und der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand lassen nur eine vorläufige Reihung zu. Detaillierte Bewertungen sind immer nur unter den lokalen Standortbedingungen eines konkreten Einzelprojektes zu beurteilen. Nur wenige Wildtierarten wurden in Bezug auf Straße und Verkehr so weit untersucht, daß die Gewichtung verschiedener Faktoren zulässig ist.

Kleinsäuger mit Ergänzungen zu mittelgroßen und großen Säugern: Igel, Fledermäuse, Feldhasen und Marderartige werden v.a. durch Kollisionen mit Fahrzeugen gefährdet (Kap. 3.5.1.1., Kap. 4.1.). Diese resultieren aus anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen wie Lage und Linienführung der Straße, Beschaffenheit der Straßenrandbereiche und Verkehrsdichte sowie aus artspezifischen Verhaltensweisen. Barrierewirkungen von Straßen können z.T. lokale Populationen gefährden (Kap. 3.5.1.2.1., Kap. 4.1.). Für Großsäuger mit hohen Raumansprüchen, geringen Dichten und großer Mobilität stellen breite und gezäunte

Straßen Ausbreitungsbarrieren dar. Zerschnittene Kleinpopulationen sind nur durch Austausch mit benachbarten Populationen auf Dauer lebensfähig. Bei Mäusen wurde der Barriereeffekte von Straßen eingehend untersucht.

Jagdbares Wild: Überall, wo Komponenten der Jahreslebensräume und traditionelle Wildwechsel durch Straßen voneinander getrennt werden, kommt es vermehrt zu Straßenverkehrsoptern (Kap. 3.5.2., Kap. 4.1.). Ein hoher Einfluß des Straßenverkehrs zeigt sich für Marderartige und Feldhasen. Von den Vogelarten erleiden Fasane die höchsten Fallwildzahlen, unter den Schalenwildarten treten die höchsten Zahlen für Rehwild auf. In Wien sind v.a. in den „grünen Bezirken“ (14., 16., 17., 19., 21., 22.) die meisten Kollisionen zwischen Wildtieren zu verzeichnen. Die Lobau mit u.a. hohen Rotwildbeständen gilt als Kernbereich des Naturschutzgebietes und Nationalparkes Donauauen. Bei der Planung neuer Verkehrswege muß für diese großräumig lebende Wildart dringen eine Anbindung ans Umfeld gewährleistet werden.

Vögel: Kollisionen mit Fahrzeugen stellen wichtige Gefährdungsursachen für Vögel dar (Kap. 3.5.3.1., Kap. 4.2). Über die Umgebung erhöht liegende Straßen können ebenso zur Gefahr werden (v.a. für „Tiefflieger“) wie hohe Verkehrsdichte und Fahrgeschwindigkeit. Die Beschaffenheit der Straßenrandbereiche und Mittelstreifen und die teilweise bessere Nahrungsverfügbarkeit auf und nahe der Straßen locken Heckenbrüter, Greifvögel und Eulen an. Artspezifische Verhaltensweisen im Zusammenhang mit der Fortpflanzungsbiologie bestimmen ebenfalls die Unfallgefahr mit. V.a. Lärm vermindert die straßennahe Habitatqualität und kann zu Barrierewirkung und verringerter Populationsdichte in diesem Bereich führen (Kap. 3.5.3.1.5., Kap. 3.5.3.2.1., Kap. 4.2.).

Amphibien / Reptilien: Sie werden durch Straßen auf zwei Ebenen beeinflußt. Zuerst steigt die Ausrottungswahrscheinlichkeit durch steigende Mortalität auf den Straßen (Kap. 3.5.4.1., Kap. 4.3.). Verkehrsdichte, Reifenbreite und artspezifische Verhaltensweisen wie Laichwanderungen und Abwandern der Jungen bestimmen z.B. das Ausmaß der Kollisionsgefahr. Danach verringern v.a. breite und stark befahrene Straßen den Austausch von Populationen und senken die Wiederbesiedlungswahrscheinlichkeit unbesiedelter Habitate (Kap. 3.5.4.2.1.). Brutplätze gehen durch den Straßenbau verloren oder werden durch die Barrierewirkung von Straßen entwertet. Zusätzlich stellt die Attraktivität der Straßenoberfläche für die poikilothermen Tiere die optimale Umgebung zur Thermoregulation dar (Kap. 3.5.4.1.4.). Die Straße wird dadurch und durch Gullys, Schächte, Rinnsteine etc. zur gefährlichen Falle.

Wirbellose (Insekten, Schnecken, Spinnentiere): Der Bau von Straßen führt zur unmittelbaren Zerstörung der Lebensräume. Dabei kann der Flächenverlust und die Flächenveränderung im schlechtesten Fall zum Aussterben (lokaler) Populationen führen (Kap. 3.5.5.1., Kap. 4.4.). In Abhängigkeit von anderen Faktoren stellen Straßen wirkungsvolle Ausbreitungsbarrieren dar (Kap. 3.5.5.2.1.). Eine Verarmung der Wirbellosenfauna und genetische Veränderungen können stattfinden und populationsdynamische Prozesse unterbunden werden. Von den weniger negativ zu wertenden Kollisionen sind in erster Linie fliegende Insekten betroffen (Kap. 3.5.5.1.). Offenheit und Übersichtlichkeit der Straßen lockt gute Flieger an. Die Kollisionsgefahr wird durch weitere anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen (z.B. Thermik, Verkehrsdichte) sowie artspezifische Verhaltensweisen noch erhöht. Pflegemaßnahmen der Straßenrandbereiche und Straßenlaternen fordern ebenfalls viele Todesopfer.

Toxikologische Auswirkungen: Bei der Verbrennung fossiler Treibstoffe kommt es zur Freisetzung von Schadstoffen, die potentiell toxisch auf Mensch und Tier wirken können. Besonders Ozon und Blei gelten als bedeutende Schadstoffe (Kap. 5.). Bei Ozon sind die Konzentrationen in Abhängigkeit von anderen Faktoren bereits so hoch, daß beim Menschen subjektive Empfindungen ausgelöst werden. Blei wird durch das Zusatzverbot zu Treibstoffen immer weniger relevant. U.a. beeinträchtigen Kadmium, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid die Tierwelt. Beeinträchtigungen der einzelnen Tiergruppen durch Schadstoffe werden im Text ausführlich behandelt (Kap. 3.5.6.).

Maßnahmenempfehlungen zur Vermeidung bzw. Milderung von Gefährdungsursachen sind detailliert im Text angeführt (Kap. 6.). Sie sind abhängig von der jeweiligen Tiergruppe bzw. Art, betreffen jedoch im allgemeinen die Wahl der Linienführung, natürliche Maßnahmen wie Gestaltung und Management der Straßenrandbereiche, technische Maßnahmen wie Querungseinrichtungen und Zäune sowie Ersatzmaßnahmen.

8. LITERATUR

8.1. ALLGEMEINE KAPITEL (Kap. 1, Kap. 3.1 – 3.4., Kap. 6.1.)

8.1.1. Zitierte Literatur

- Bennet, A.F. 1991.** Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. *In: Natur Conservation 2: The role of corridors.* pp. 99-118. Edited by Saunders, D.A. & Hobbs, R.J. Surrey Beatty & Sons: Chipping Norton.
- Bennett, A.F. 1990. Habitat corridors and the conservation of small mammals in fragmented forest environment. *Landscape Ecology* 4 (2/3): 109-122.
- Berthoud, G., Müller, S. 1995.** Sicherheit Fauna/Verkehr. Praktisches Handbuch für Bauingenieure. École polytechnique fédéral de Lausanne. 135 S. Herausgegeben von Département de génie civil. Laboratoire des voies de circulation (LAVOC).
- Blake, D., Hutson, A.M., Racey, P.A., Rydell, J., Speakman, J.R. 1994. Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *Journal of Zoology (Lond.)* 234: 453-462.
- Ellenberg, H., Müller, K., Stottele, T. 1981.** Straßen-Ökologie. Ökologie und Straße. Broschürenreihe der Deutschen Straßenliga, Bonn. Ausgabe 3. 122 S.
- Forman, R.T.T., Friedman, D.S. et al. 1997.** Ecological effects of roads: Toward three summary indices and an overview for North America. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 40-54. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.
- Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen (Hrsg.). 1997. Straßenplanung, Umweltschutz, Wildschutz. Richtlinie RVS 3.01. Blatt 1- 5.
- Fuellhaas, U., Klemp, C. et al. 1989. Untersuchungen zum Straßentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. *Naturk. Niedersachsens* 42: 129-147.
- Haffner, M., Stutz, H. P. 1985/86. Abundance of *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus kuhlii* foraging at street-lamps. *Myotis* 23/24: 167-172.
- Holišová, V., Obrtel, R. 1986. Vertebrate casualties on a moravian road. *Acta Sc. Nat. Brno* 20 (9): 1-44. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Institut für Naturschutz und Tierökologie. 1977.** Tierwelt und Straße. Problemübersicht und Planungshinweise. *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* 26 (Sonderdruck): 91-115. Herausgegeben vom Bundesamt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn.
- Keller, V., Pfister, H.P. 1997. Wildlife passages as a means of mitigating effects of habitat fragmentation by roads and railway lines. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 70-80. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.
- Kiefer, A., Sander, U. 1993. Auswirkungen von Straßenbau und Verkehr auf Fledermäuse. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 25 (6): 211-16.

- Knolle, F. 1988. Anlage eines künstlichen Fledermaus-Winterquartiers im Zuge einer Straßenneubaumaßnahme. *Natur und Landschaft* 63 (1): 20-21.
- Korn, H., Pitzke, C. 1988. Stellen Straßen eine Ausbreitungs-Barriere für Kleinsäuger dar? *Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)* 12: 189-195.
- Kuhn, J. 1987.** Gefährdungsfaktoren. Straßenbau- und Verkehr. *In: Die Vögel Baden-Württembergs (Avifauna Baden-Württemberg). Band 1: Gefährdung und Schutz. Teil 1: Artenschutzprogramm Baden-Württemberg: Grundlagen, Biotopschutz.* pp. 51-69. Herausgegeben von Holzinger, J., Stuttgart.
- Kuitunen, M., Rossi, E., Stenroos, A. 1998. Do Highways Influence Density of Land Birds? *Environmental Management* 22: 297-302.
- Maczey, N., Boye, P. 1995.** Lärmwirkung auf Tiere - ein Naturschutzproblem? Auswertung einer Fachtagung des Bundesamtes für Naturschutz. *Natur und Landschaft* 70(11): 545-549.
- Mader, H.J. 1979.** Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. Heft 19. Herausgegeben von: Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL). Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup, Bonn-Bad Godesberg. 115 S.
- Mader, H.J. 1981.** Der Konflikt Straße - Tierwelt aus ökologischer Sicht. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 22. Herausgegeben von: Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL). Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup, Bonn-Bad Godesberg. 99 S.
- Mader, H.J. 1987. Direkte und indirekte Einflüsse des Straßennetzes auf die freilebende Tierwelt (Wirbeltiere und Wirbellose) und auf die Populationsdynamik. *In: Routes et Faune Sauvage. Actes du colloque, Conseil de l'Europe Strasbourg.* pp. 19-29.
- Meunier, F.D., Corbin, J., Verheyden, C., Jouventin, P. 1999. Effects of landscape type and extensive management on use of motorway roadsides by small mammals. *Canadian Journal of Zoology* 77 (1), in press.
- Mühlenberg, M. 1993. Die Erforschung des Flächenanspruches von Tierpopulationen - Abhängigkeiten von der Biotopqualität, Konsequenzen für die Eingriffsplanung.
- Oxley, D.J., Fenton, M.B., Carmody, G.R. 1974. The effects of roads on populations of small mammals. *Journal of Applied Ecology* 11: 51-59.
- Reck, H. 1993.** Standardprogramm zur Beurteilung der Belange des Arten- und Biotopschutzes in der Straßenplanung. *In: Forschung - Straßenbau und Straßenverkehrstechnik (Heft 636). Die Beurteilung von Landschaften für die Belange des Arten- und Biotopschutzes als Grundlage für die Bewertung von Eingriffen durch den Bau von Straßen. Tagungsband zum Symposium vom 6.-8. Februar 1990 in Bonn-Bad Godesberg.* pp. 7-37. Herausgegeben von: Bundesminister für Verkehr. Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- Reck, H., Kaule, G. 1993.** Straßen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. *Forschung - Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 654.* Herausgegeben von: Bundesminister für Verkehr. Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg. 230 S.
- Reijnen, R., Foppen, R. 1994. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. I. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway. *J. Appl. Ecology* 31: 85-94.
- Reijnen, R., Foppen, R., Braak, C.T., Thissen, J. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *J. Appl. Ecol.* 32: 187-202.

- Reijnen, R., Foppen, R., Meeuwsen, H. 1996. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation* 75: 255-260.
- Righetti, A. 1997.** Passagen für Wildtiere. Die wildtierbiologische Sanierung des Autobahnnetzes in der Schweiz. *Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz* 18. Herausgegeben von Pro Natura, Basel. 46 S.
- Rydell, J., Racey, P.A. 1995. Street lamps and the feeding ecology of insectivorous bats. *Symp. zool. Soc. Lond.* 67: 291-307.
- Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW). 1995.** Wildtiere, Strassenbau und Verkehr. Wildtierbiologische Informationen für die Praxis. 53 S.
- Sprock, C.M., Howard, W.E., Jacob, F.C. 1967. Sound as a deterrent to rats and mice. *Journal of wildlife management* 31: 729-741.
- Van Apeldoorn, R.C. 1997. Fragmented mammals; what does that mean? *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 121-126. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft. Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft.
- Van de Langevelde, F., Jaarsma C.F. 1997. Habitat fragmentation, the role of minor rural roads and their traversability. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 171-182. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.
- Van der Zande, A.N., Keurs, W.J. ter and Weijden, W.J. van der 1980. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat - evidence of a long-distance effect. *Biological Conservation* 18: 299-321.
- Völk, F., Glitzner, I. 1998. Kostenreduktion bei Grünbrücken durch rationellen Einsatz. 1. Zwischenbericht. Im Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten (Straßenforschung, Vorhaben Nr. 3.195), Wien. 31 S + Anhang.

8.1.2. Weiterführende Literatur

- Fehlberg, U., Pohlmeier, K. 1993. Impact of motorway (ecological barrier) on mammalian wildlife. *In: Proceedings of the XXI International Union of Game Biologists Congress,* Halifax, Canada. August 15-20, 1993. pp. 102-108. Edited by Ian D. Thompson.
- Gilbert, M. 1998. The Australian partnership approach to protecting roadside habitats. *In: Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation.* February 10-12, 1998. Ft. Myers, Florida. pp. 189-194. Edited by Evink, G.L., Garrett, P., Zeigler, D. & Berry, J.. Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida.
- Kirby, K.J. 1997. Habitat fragmentation and infrastructure: Problems and research. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 32-39. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.

- Knierer, W. 1967. Untersuchungen über Tierverluste durch den Straßenverkehr. *Z. Jagdwissenschaften*: 159-164.
- Korhonen, H., Nurminen, L. 1987. Traffic deaths of animal on the Kuopio-Siilinjärvi highway in eastern Finland. *Aquilo Ser. Zool.* 25: 9-15.
- Krátký, J. 1995. Vertebrate casualties on the roads of the middle elbe lowlands. *Casopis Narodniho Muzea Rada Prirodovedna* 164: 91-97.
- Mader, H.J. 1987. Straßenränder, Verkehrsnebenflächen - Elemente eines Biotopverbundsystems? *Natur und Landschaft* 62, Heft 7/8: 296-299.
- Meier, A. 1997. Strassenbau innerorts. Normen - Ökologie - Gestaltung. *In: Schriftenreihe Umwelt Nr. 280. Natur und Landschaft. Einzelideen für Natur und Landschaft. 1. Serie. Zusammenfassungen. XI: 20.* Herausgegeben von: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern. Bestellnummer: 310.130 d, Bern.
- Meunier, F., Gauriat, C., Verheyden, C., Jouventin, P. 1998. Végétation des dépendances vertes autoroutières: influences d'un mode de gestion extensif et du milieu traversé. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 53: 97-121.
- Mühlenberg, M. 1993. Die Erforschung des Flächenanspruches von Tierpopulationen - Abhängigkeiten von der Biotopqualität, Konsequenzen für die Eingriffsplanung. *In: Forschung - Straßenbau und Straßenverkehrstechnik (Heft 636). Die Beurteilung von Landschaften für die Belange des Arten- und Biotopschutzes als Grundlage für die Bewertung von Eingriffen durch den Bau von Straßen. Tagungsband zum Symposium vom 6.-8. Februar 1990 in Bonn-Bad Godesberg.* pp. 119-130. Herausgegeben von: Bundesminister für Verkehr. Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- Reck, H. 1991 (?). Verkehrsbedingte Umweltbelastung. Analysen, Prognosen, Ziele, Minderungen. Texte: 99-100. Herausgegeben von: Umwelt Bundes Amt; Fortbildungszentrum - Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V., Berlin.
- Sayer, M., Schaefer, M. 1989. Wert und Entwicklungsmöglichkeiten straßennaher Biotope für Tiere (I) *Forschung - Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 703: 17-18.* Herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr. Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- Sayer, M., Schaefer, M. 1995. Wert und Entwicklungsmöglichkeiten straßennaher Biotope für Tiere (II). Abschlußbericht FE Vorhaben 02 128 R 88 L. Herausgegeben von: Bundesminister für Verkehr, Göttingen. 381 S.
- Sayer, M., Schaefer, M. 1995. Wert und Entwicklungsmöglichkeiten straßennaher Biotope für Tiere (II) - Zusammenfassung. *Forschung - Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 703: 368-372.* Bundesminister für Verkehr. Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- Seiler, A. 1997. Project Ecoways: Evaluating landscape fragmentation due to road networks at a regional scale. Grimsö Wildlife Research Station. Dept. of Conservation Biology. pp. 5.-
- Spellerberg, I.F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 317-333.
- Swiss Federal Statistical Office (SFSO) and Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (BUWAL). 1997. The Environment in Switzerland 1997. Chapter 16: Noise: 127-138. Federal Printing and Supplies Office (EDMZ), Bern.
- Van Apeldoorn, R., Kalkhoven, J. 1991. De relatie tussen zoogdieren en infrastructuur; de effecten van habitatfragmentatie en verstoring. Rapport 91/22, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Van Wieren, S.E., Worm, B. (unpublished). The use of a wildlife overpass by large and small mammals.

- VanDruff, L. W., Bolen, E. G., San Julian, G. J. 1994. Management of urban wildlife. *In: Research and management techniques for wildlife and habitats*. 5th ed. pp. 507-530. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland. Edited by T. A. Bookhout.
- Waechter, A. 1979. Animal mortality on a high traffic road (French). *Mammalia* 43 (4): 577-579.

8.2. SÄUGETIERE

8.2.1. Zitierte Literatur

- Aaris-Sørensen, J. 1995. Road-kills of badger (*Meles meles*) in Denmark. *Ann. Zool. Fennici* 32: 31-36.
- Adamič, M., Jonozovič, M. 1996. Znacilnosti v rabi mostov in podvozov na odseku avtoceste Vrhnika-Razdrto-Cebulovica za prehajanje velikih sesalcev. *In: Slovenski kongres o cestah in prometu*, Bled, 13.-15. november 1996.
- Adams, L.W. 1984. Small mammal use of an interstate highway median strip. *Journal of Applied Ecology* 21: 175-178.
- Adams, L.W., Geis, A.D. 1983. Effects of roads on small mammals. *Journal of Applied Ecology* 20: 403-415.
- Apeldoorn, R. van, Houweling, H. & Veenbaas, G. 1995. Mitigerende maatregelen voor de Das. Een methode voor probleemdetectie en evaluatie van voorzieningen. *Landschap* 12 (5): 5-12.
- Apeldoorn, R.C. van 1997. Fragmented mammals: what does that mean? *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*. 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 121-126. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.
- Bakowski, C., Kozakiewicz, M. 1988. The effect of forest road on bank vole and yellow-necked mouse populations. *Acta Theriologica* 33, 25: 345-353.
- Bay, F., Rodi, D. 1991.** Wirksamkeitsuntersuchungen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Straßenbau - dargestellt am Beispiel B 29, Lorcher Baggerseen. *Forschung - Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 605: 128-138. Herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr. Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- Bekker, H., Canters, K.J. 1997. The continuing story of badgers and their tunnels. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 344-353. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW). NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.
- Bennet, A.F. 1991.** Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. *In: Natur Conservation 2: The role of corridors*. pp. 99-118. Edited by Saunders, D.A. & Hobbs, R.J. Surrey Beatty & Sons: Chipping Norton.
- Bennett, A.F. 1990. Habitat corridors and the conservation of small mammals in fragmented forest environment. *Landscape Ecology* 4 (2/3): 109-122.
- Berthoud, G. 1980. La Herisson (*Erinaceus europaeus* L.) et la route. *Terre Vie* 34: 363-372.

- Berthoud, G., Müller, S. 1995.** Sicherheit Fauna/Verkehr. Praktisches Handbuch für Bauingenieure. École polytechnique fédéral de Lausanne. 135 S. Herausgegeben von Département de génie civil. Laboratoire des voies de circulation (LAVOC).
- Blake, D., Hutson, A.M., Racey, P.A., Rydell, J., Speakman, J.R. 1994. Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *Journal of Zoology (Lond.)* 234: 453-462.
- Buchanan, J. B. 1987. Seasonality in the occurrence of long-tailed weasel road-kills. *The Murrelet* 68: 67-68.
- Clevenger, A.P. 1997. Highway effects on wildlife: a research, monitoring and adaptive mitigation study. Progress Report 31 April 1997 - 30 September 1997. pp. 41.
- Cole, F. R. 1978. A movement barrier useful in population studies of small mammals. *The American Midland Naturalist* 100 (2): 480-482.
- Davies, J.M., Roper, T.J., Shepherdson, D.J. 1987. Seasonal distribution of road kills in the European badger (*Meles meles*). *Journal of Zoology (Lond.)* 211: 525-529.
- De Jong, J., Ahlén, I. 1991. Factors affecting the distribution pattern of bats in Uppland, central Sweden. *Holarctic Ecology* 14: 92-96.
- Dickman, C.R. 1987. Habitat fragmentation and vertebrate species richness in an urban environment. *Journal of Applied Ecology* 24: 337-351.
- Douglass, R.J. 1977. Effects of a winter road on small mammals. *Journal of Applied Ecology* 14: 827-834.
- Ellenberg, H., Müller, K., Stottele, T. 1981. Straßen-Ökologie. Ökologie und Straße. Broschürenreihe der Deutschen Straßenliga, Bonn. Ausgabe 3. 122 S.
- Fehlberg, U. 1994. Ökologische Barrierewirkung von Straßen auf wildlebende Säugetiere - ein Tierschutzproblem. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 101 (3): 81-132.
- Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen (Hrsg.). 1997. Straßenplanung, Umweltschutz, Wildschutz. Richtlinie RVS 3.01. Blatt 1- 5.
- Freitag, B., Friedrich, C. 1996. Hohlkastenbrücken von Autobahnen und Schnellstraßen der Steiermark (Austria) als Fledermausquartiere (Mammalia, Chiroptera). *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Stmk.*: 223-226.
- Frey, H. 1999. Institut für Parasitologie und Zoologie, Vet. med. Univ. Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien.
- Fuellhaas, U., Klemp, C., Kordes, A., Ottersberg, H., Pirmann, M., Thiessen, A., Tschoetschel, C., Zucchi H. 1989. Untersuchungen zum Straßentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. *Beiträge Naturkunde Niedersachsens* 42: 129-147.
- Garland, T.jr., Bradley, W.G. 1984. Effects of a highway on Mojave desert rodent populations. *The American Midland Naturalist* 111 (1): 74-56.
- Haffner, M., Stutz, H. P. 1985/86. Abundance of *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus kuhlii* foraging at street-lamps. *Myotis* 23/24: 167-172.
- Holišová, V., Obrtel, R. 1986. Vertebrate casualties on a moravian road. *Acta Sc. Nat. Brno* 20 (9): 1-44. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Huijser, M.P. and Bergers (red.), P.J.M. 1997.** Egels en verkeer: effecten van wegen en verkeer op egelpopulaties. DWW serie, Versnipperingsreeks deel 35. Edited by Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft. Grafisch bedrijf Ponsen & Looijen bv, Wageningen. pp. 76.
- Huijser, M.P., Bergers, P.J.M. 1997. The mortality rate in a hedgehog population: The relative importance of road kills. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering. 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands.* pp. 98-103. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water

- Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.
- Huijser, M.P., Bergers, P.J.M. 1998. Hedgehog Traffic Victims: How to quantify effects on the population level and the prospects for mitigation. *In: Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. February 10-12, 1998. Ft. Myers, Florida. pp. 151-165. Edited by Evink, G.L., Garrett, P., Zeigler, D. & Berry, J. Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida.
- Institut für Naturschutz und Tierökologie. 1977. Tierwelt und Straße. Problemübersicht und Planungshinweise. *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* 26 (Sonderdruck): 91-115. Herausgegeben vom Bundesamt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn.
- Keller, V., Pfister, H.P. 1997. Wildlife passages as a means of mitigating effects of habitat fragmentation by roads and railway lines. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*. 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 70-80. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.
- Kiefer, A., Sander, U. 1993.** Auswirkungen von Straßenbau und Verkehr auf Fledermäuse. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 25 (6): 211-16.
- Knoflacher, H. M. 1981. Untersuchungen von Faktoren im Wirksystem Straßenverkehr - Wild, unter besonderer Berücksichtigung Oberösterreichs. *Naturkunde Jahrbuch der Stadt Linz* 27: 117-144.
- Knolle, F. 1988. Anlage eines künstlichen Fledermaus-Winterquartiers im Zuge einer Straßenneubaumaßnahme. *Natur und Landschaft* 63 (1): 20-21.
- Korn, H. 1991. Rapid repopulation by small mammals of an area isolated by roads. *Mammalia* 55 (4): 629-632.
- Korn, H. 1993. Detecting small mammal movements across roads with the aid of coloured bait. *Zeitschrift für angewandte Zoologie* 80 (3): 371-376.
- Korn, H., Pitzke, C. 1988.** Stellen Straßen eine Ausbreitungs-Barriere für Kleinsäuger dar? *Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)* 12: 189-195.
- Kozel, R. M., Fleharty, E. D. 1979. Movements of rodents across roads. *The Southwestern Naturalist* 24 (2): 239-248.
- Kutzer, E., Frey, H. 1979. Auswirkungen des Straßenverkehrs auf Niederwild unter besonderer Berücksichtigung des Feldhasen. *Österreichisches Weidwerk*, Heft 8: 327-331.
- Kutzer, E., Frey, H. 1979. Auswirkungen des Straßenverkehrs auf Niederwild. *Österreichisches Weidwerk*, Heft 9: 342-346; 376-377.
- Lammertsma, D.R., Broekhuizen, S., Müskens, G.J.D.M. 1994. Low reproduction rate in the beech marten *Martes foina* in the urban area of Nijmegen, the Netherlands. *Lutra* 37: 29-45.
- Langevelde, F. van de, Jaarsma C.F. 1997. Habitat fragmentation, the role of minor rural roads and their traversability. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*. 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 171-182. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft.
- Lankester, K., Apeldoorn, R. van, Meelis, E., Verboom, J. 1991. Management perspectives for populations of the Eurasian badger (*Meles meles*) in a fragmented landscape. *Journal of Applied Ecology* 28: 561-573.

- Maczey, N., Boye, P. 1995.** Lärmwirkung auf Tiere - ein Naturschutzproblem? Auswertung einer Fachtagung des Bundesamtes für Naturschutz. *Natur und Landschaft* 70(11): 545-549.
- Mader, H.J. 1979.** Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. Heft 19. Herausgegeben von: Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL). Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup, Bonn-Bad Godesberg. 115 S.
- Mader, H.J. 1981.** Der Konflikt Straße - Tierwelt aus ökologischer Sicht. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 22. Herausgegeben von: Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL). Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup, Bonn-Bad Godesberg. 99 S.
- Mader, H.J. 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* 29: 81-96.
- Mader, H.J. 1987. Straßenränder, Verkehrsnebenflächen - Elemente eines Biotopverbundsystems? *Natur und Landschaft* 62, Heft 7/8: 296-299.
- Mader, H.J., Pauritsch, G. 1981. Nachweis des Barriere-Effektes von verkehrersarmen Straßen und Forstwegen auf Kleinsäugetern der Waldbiozönose durch Markierungs- und Umsetzungsversuche. *Natur und Landschaft* 56 (12): 451-454.
- Madsen, A.B. 1996.** Otter *Lutra lutra* mortality in relation to traffic, and experience with newly established fauna passages at existing road bridges. *Lutra* 39: 76-89.
- Merriam, G., Kozakiewicz, M., Tsuchiya, E., Hawley, K. 1989. Barriers as boundaries for metapopulations and demes of *Peromyscus leucopus* in farm landscapes. *Landscape Ecology* 2 (4): 227-35. SPB Academic Publishing bv, The Hague.
- Meunier, F.D., Corbin, J., Verheyden, C., Jouventin, P. 1999. Effects of landscape type and extensive management on use of motorway roadsides by small mammals. *Canadian Journal of Zoology* 77 (1), in press.
- Mulder, J.L. 1996.** Egels en auto's: een literatuurstudie. DWW serie, Versnipperingsreeks deel 27. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft. Q! reklame-Delft. pp. 80.
- Nicolai, B. 1994. Der Hamster, *Cricetus cricetus*, als Verkehrsoffer und Beute des Uhus, *Bubo bubo*, in Sachsen-Anhalt. *Abhandlungen und Berichte aus dem Museum Heineanum Halberstadt* 2: 125-132.
- Österreichisches Statistisches Zentralamt (ÖSTAT). 1999. Jagdstatistik 1998 bzw. 1998/99. Schnellbericht. 6 S.
- Oxley, D.J., Fenton, M.B., Carmody, G.R. 1974.** The effects of roads on populations of small mammals. *Journal of Applied Ecology* 11: 51-59.
- Prinz, K. 1999. Magistratsabteilung der Stadt Wien. Forstamt und Landwirtschaftsbetrieb (MA 49), Volksgartenstraße 3, 1010 Wien.
- Reck, H., Kaule, G. 1993. Straßen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. *Forschung - Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 654. Herausgegeben von: Bundesminister für Verkehr. Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg. 230 S.
- Redl, S. 1999. Magistratsabteilung der Stadt Wien. Forstamt und Landwirtschaftsbetrieb (MA 49), Volksgartenstraße 3, 1010 Wien.
- Reichholf, J. 1981. Der Bestandstrend beim Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas 1778) und die jahreszeitliche Verteilung der Verluste im Straßenverkehr. *Zeitschrift für Jagdwissenschaften* 27: 240-246.

- Reichholf, J. 1983. Nehmen die Straßenverkehrsverluste Einfluß auf die Bestandsentwicklung des Igels (*E. europaeus*)? *Spixiana* 6 (1): 87-91.
- Reichholf, J. 1984.** Dynamik der Biotopwahl von Igel *Erinaceus europaeus* im Jahresverlauf. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 31:265-266.
- Reichholf, J. 1984. Über die Wirkung von Igelschutzzäunen im Siedlungsbereich. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 31: 267.
- Reichholf, J. 1989. Siedlungsraum. Die farbigen Naturführer. Gunter Steinbach (Hrsg.). Mosaik Verlag GmbH, München. 223 S.
- Reichholf, J., Esser, J. 1980. Daten zur Mortalität des Igels (*Erinaceus europaeus*) verursacht durch Straßenverkehr. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 46: 216-222.
- Richardson, J.H., Shore, R.F., Treweek, J.R. 1997. Are major roads a barriere to small mammals? *Journal Zool. (Lond.)* 243: 840-846.
- Righetti, A. 1997. Passagen für Wildtiere. Die wildtierbiologische Sanierung des Autobahnnetzes in der Schweiz. *Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz* 18. Herausgegeben von Pro Natura, Basel. 46 S.
- Road and Hydraulic Engineering Devison (DWW). 1995.** Wildlife Crossings for Roads and Waterways. This brochure is a summary of the Dutch report "handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water", reportnumber P-DWW-95-710. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management; Directorate General for Public Works and Water Management, Delft. pp 16.
- Rosell, C., Parpal, J., Campeny, R., Jové, S., Pasquina, A., Velasco, J.M. 1997. Mitigation of barrier effect of linear infrastructures on wildlife. *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 367-372. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft
- Rydell, J. 1991. Seasonal use of illuminated areas by foraging northern bats *Eptesicus nilssonii*. *Holarctic Ecology* 14: 203-207.
- Rydell, J., Racey, P.A. 1995.** Street lamps and the feeding ecology of insectivorous bats. *Symp. zool. Soc. Lond.* 67: 291-307.
- Schorsch, J. 1999. Wiener Landesjagdverbandes, Gartengasse 26, 1050 Wien.
- Schreiber, R.K., Graves, J.H. 1977. Powerline corridors as possible barriers to movements of small mammals. *The American Midland Naturalist* 97 (2): 504-508.
- Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW). 1995.** Wildtiere, Strassenbau und Verkehr. Wildtierbiologische Informationen für die Praxis. 53 S.
- Smettan, H.W. 1988. Wirbeltiere und Straßenverkehr - ein ökologischer Beitrag zum Straßentod von Säugern und Vögeln am Beispiel von Ostfildern/Württemberg. *Orn. Jh. Bad.-Württ.* 4: 29-55.
- Speakman, J.R. 1990. The function of daylight flying in British bats. *Journal of Zoology (London)* 220: 101-113.
- Spellerberg, I.F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 317-333.
- Spitzenberger, F. 1990. Die Fledermäuse Wiens. 71 S. J&V Edition Wien Verlagsges.m.b.H., Wien.
- Spitzenberger, F. 1999. Säugetiersammlung, Naturhistorisches Museum, Burgring 7, 1014 Wien.
- Sprock, C.M, Howard, W.E., Jacob, F.C. 1967. Sound as a deterrent to rats and mice. *Journal of wildlife management* 31: 729-741.

- Swihart, R.K., Slade, N.A. 1984.** Road crossing in *Sigmodon hispidus* and *Microtus ochrogaster*. *Journal of Mammalogy* 65 (2): 357-360.
- Van Apeldoorn, R.C. 1997. Fragmented mammals; what does that mean? *In: Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands. pp. 121-126. NIVO Drukkerij & DTP service, Delft. Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), Delft.
- Völk, F. 1999. Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft, Univ. f. Bodenkultur Wien, Peter Jordan-Straße 76, 1190 Wien.
- Völk, F., Glitzner, I. 1998. Kostenreduktion bei Grünbrücken durch rationellen Einsatz. 1. Zwischenbericht. Im Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten (Straßenforschung, Vorhaben Nr. 3.195), Wien. 31 S + Anhang.
- Walliser, G., Eichstädt, H., Roth, M. 1997. Auswirkungen von Zerschneidung und Fragmentierung der Landschaft auf Struktur und Dynamik von Dachspopulationen. *In: Proceedings, 14th Mustelid Colloquium.* Kouty near Leadec nad Sázavou, Czech Republic, September 14-17 1995. pp. 72-77.
- Weber, D. 1997.** Schräge Randsteine. *In: Schriftenreihe Umwelt Nr. 280. Natur und Landschaft. Einzelideen für Natur und Landschaft. 1. Serie. Zusammenfassungen. XI: 19/1-19/16.* Herausgegeben von: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern. Bestellnummer: 310.130 d. Bern.
- Wenk, A. 1993. Todesfalle Straße. *Naturschutz & Forschung in Anhalt.* Naumann Museum Köthen 1993. Schriftenreihe zur Weiterverbreitung des Naturschutzgedankens und Pflege der lokalen Amateurforschertätigkeit auf den Gebieten der Boden- und Standortkunde, Botanik, Zoologie und Wissenschaftsgeschichte: 7-8. Herausgegeben von Naumann Museum Köthen.
- Wilkins, K. T. 1982. Highways as barriers to rodent dispersal. *The Southwestern Naturalist* 27: 459-460.
- Wilkins, K.T., Schmidly, D.J. 1981. The effects of mowing of highway rights-of-way on small mammals. *In: Proceedings of Symposium on environmental concerns in rights-of-way management 2.* Univ. of Michigan, Ann Arbor, October 16-18, 1979. pp. 55-1 to 55-13.
- Yanes, M., Velasco, J.M, Suárez F. 1995. Permeability of roads and railways to vertebrates: The importance of culverts. *Biological Conservation* 71: 217-222.

8.2.2. Weiterführende Literatur

- Adamic, M. 1995. Highways and free-living wild animals - inevitable conflicts and possible alleviation of their effects. *Gozdarske vestnik* 52: 426-433. Ljubljana.
- Bally, A. 1997. Strassenentwässerung. Natur- und landschaftsverträgliche Gullys und Schächte. *In: Schriftenreihe Umwelt Nr. 280. Natur und Landschaft. Einzelideen für Natur und Landschaft. 1. Serie. Zusammenfassungen. XI: 21.* Herausgegeben von: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern. Bestellnummer: 310.130 d, Bern.
- Berthoud, G. 1982. Contribution à la biologie du hérisson (*Erinaceus europaeus* L.) et applications à sa protection. Proefschrift, Uni. Neuchâtel. pp. 247.

- Bontadina, F. 1991. Strassenüberquerungen von Igel (*Erinaceus europaeus*). Diplomarbeit, Zool. Institut, Uni Zürich: 1-38.
- Bontadina, F., Gloor, S., Hotz, T. 1993. Igel. Grundlagen zur Förderung der Igel in Zürich. Rapport Gartenbauamt Zürich & Kantonal Zürcher Tierschutzverein KZTV. 74 S.
- Bourquin, J.D. 1982. Greifvögel und Eulen zur Bekämpfung der Mäuse. Strasse und Verkehr 10: 1-3.
- Caletrio, J., Fernandez, J.M., Lopez, J., Roviralta, F. 1996. Spanish national inventory on road mortality of vertebrates. Global Biodiv. 5: 15-18.
- Fletcher, J.L. 1990. Review of noise and terrestrial species: 1983-1988. - Special sources and issues. In: B. Berglund, U. Berglund, J. Karlsson & T. Lindvall (Hrsg.): Noise as a public health problem, Part II, 5. Stockholm: Swedish Council for Building Research 1990: 181-188.
- Fletcher, J.L., Harvey, M.J., Blackwell, J. 1971. Effects of noise on wildlife and other animals. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Government Printing Office, pp. 74. (= Report No. NTID300.5)
- Haerle U. 1983. Möglichkeiten des Ausgleichs von Eingriffen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik in Verfahren des Strassenbaues. in: Ausgleichbarkeit von Eingriffen in den Naturhaushalt; Kolloquium Aschaffenburg; Nov. 1983, ANL Laufener Seminarbeiträge 9/83: 59-62.
- Helmer, W., Limpens, H.J.G.A. 1988. Echo's in het landschap: over vleermuizen en oecologische infrastructuur. De Levende Natuur 1: 2-5.
- Hodson, N.L. 1966. A survey of road mortality in mammals (and including data for the Grass snake and Common frog). Journal of Zool. (Lond.) 148: 576-579.
- Huey, L.M. 1941. Mammalian invasion via the highway. Journal of Mammalogy 22: 383-385.
- Jonozovic, M. 1995. Impacts of the highway Ljubljana-Razdrto on the wildlife. Bsc. Graduation thesis. Department of Forestry, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana.
- Jonozovic, M., & Adamic, M. 1994. Highway-wildlife relations: the importance of implication of existing knowledge into predictions and mitigation of potential conflicts, arising at the construction of highway network in Slovenia. pp. 405-409. Proceedings of 2nd Slovenian Road and Traffic Congress 94, Portoroz.
- Kaser, H. 1997. Gewässerdurchlässe. Natur- und landschaftsverträgliche Gewässerdurchlässe. In: Schriftenreihe Umwelt Nr. 280. Natur und Landschaft. Einzelideen für Natur und Landschaft. 1. Serie. Zusammenfassungen. XI: 23. Herausgegeben von: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern. Bestellnummer: 310.130 d, Bern.
- Kiefer, A., Merz, H., Rackow, W., Roer, H., Schlegel, D. 1994. Bats as traffic casualties in Germany. Bat Res. News 35(1):28. Abstract only.
- Kristansson, H. 1990. Population variables and causes of mortality in a hedgehog (*Erinaceus europaeus*) population in southern Sweden. Journal of Zoology (Lond.) 220: 391-404.
- Kubasch, H. 1987. Über Fischotter-Verluste im Bezirk Dresden zwischen 1945 und 1985. Veröff. d. Museums d. Westlausitz 10: 45-49.
- LeBlanc, R. 1994. Small mammal use of culverts along the Trans-Canada Highway (Phase III), Banff National Park. Report to Banff National Park Warden Service. 22 pp.
- Madsen, A.B. 1990. Oddere Luta lutra og trafik. Flora og Fauna 96 (2): 39-46.
- McLellan, B.N., Shackleton, D.M. 1988. Grizzly bears and resource extraction industries. effects of roads on behaviour, habitat use and demography. Journal of Applied Ecology 25: 451-460.

- Merz, H. 1993. Fledermäuse als Opfer des Strassenverkehrs in Baden-Württemberg. Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 75: 151-158.
- Pfister, H.P. 1979. Hasenbestand und Populationsraum (6.) u. Der Einfluß verschiedener Umweltfaktoren auf die Bestandesgröße (7.) In: Pister, H.P., Rimathe, R.: Die Schweizerische Hasenforschung. Feld, Wald, Wasser. Schweiz. Jagd-Zeitschrift 7 (2): 31-34; 37-43.
- Reest, P.J. van 1992. Small mammal fauna of road verges in the Netherlands: ecology and management. *Lutra* 35 (1): 1-27.
- Reuther, C. 1998. Ein europäisches Netzwerk für den Otter. *Naturopa* 87. Herausgegeben von: Council of Europe, Europarat, Centre Naturopa, Strasbourg, Cedex. 19 S.
- Rotar, J. 1993. Wildlife Collision on Highways. pp. 201-203. Proceedings of Slovenian Road Days 93, Rogla.
- Verboom, J. 1994. Een modelstudie naar de effecten van infrastructuur op dispersiebewegingen van dieren. Project versnippering report 23. Ministerie van Verkeer en Waterstaat/Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delf.

8.3.VÖGEL

8.3.1. Zitierte Literatur

- Bay, F., Rodi, D. 1991. Wirksamkeitsuntersuchungen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Straßenbau - dargestellt am Beispiel B 29, Lorcher Baggerseen. *Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik* Nr. 605: 1991.
- Bergmann, H.-H. 1974. Zur Phänologie und Ökologie des Straßentods der Vögel. *Die Vogelwelt* 95: 1-21.
- Blümel, H., Blümel, R. 1980. Wirbeltiere als Opfer des Straßenverkehrs. *Abhandlungen Berichte Naturkundemuseum Görlitz* 54: 19-24.
- Bosch, S. 1992. Totfunde von Greifvögeln und Eulen im Bereich des Autobahnkreuzes Weinsberg. *Orn. Jh. Baden Württemberg* 5: 109-111.
- Bräutigam, H. 1978. Vogelverluste auf einer Fernverkehrsstraße von 1974 bis 1977 in den Kreisen Altenburg und Geithain. *Ornitologische Mitteilungen* 30: 147-149.
- Butler, D. 1992. A local survey of road casualty birds in Co Tipperary. *Irland Nature Journal* 24: 82-84.
- Dougall, T.W. 1996. Movement and mortality of British-ringed Skylarks *Alauda arvensis*. *Ringling and Migration* 17: 81-92.
- Ellenberg, H., Müller, K., Stottele, T. 1981. Straßen-Ökologie. Ökologie und Straße. Broschürenreihe der Deutschen Straßenliga, Bonn. Ausgabe 3. 122 S.
- Faragó, S. (unpubl.). Influence of traffic on birds in Hungary. pp. 9.
- Foppen, R., Reijnen, R. 1994. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. II. Breeding dispersal of male willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) in relation to the proximity of a highway. *Journal Applied Ecology* 31: 95-101.
- Fuellhaas, U., Klemp, C., Kordes, A., Ottersberg, H., Pirmann, M., Thiessen, A., Tschoetschel, C., Zucchi H. 1989.** Untersuchungen zum Straßentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. *Beiträge Naturkunde Niedersachsens* 42: 129-147.
- Gochfeld, M. 1978. Terns in Traffic. *Natural History* 87: 54-61.
- Hansen, L. 1982. Roadkills in Denmark. *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 76: 97-110.

- Holisová, V., Obrtel, R. 1986. Vertebrate casualties on a moravian road. *Acta Sc. Nat. Brno* 20: 1-44.
- Illner, H. 1992a. Effect of roads with heavy traffic on grey partridge (*Perdix perdix*) density. *Gibier Faune Sauvage* 9: 467-480.
- Illner, H. 1992b. Roads deaths of Westphalian owls: methodological problems, influence of road type and possible effects on population levels. *In: The Ecology and Conservation of European Owls*. Edited by C.A. Galbraith, I.R. Taylor and S. Percival. pp. 94-100. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee.
- Institut für Naturschutz und Tierökologie. 1977. Tierwelt und Straße. Problemübersicht und Planungshinweise. *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* 26 (Sonderdruck): 91-115. Herausgegeben vom Bundesamt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn.
- Keller, V. 1995.** Auswirkungen menschlicher Störungen auf Vögel - eine Literaturübersicht. *Der Ornithologische Beobachter* 92: 3-38.
- Keller, V., Bauer, H.-G., Ley, H.-W., Pfister, H.-P. 1996.** Bedeutung von Grünbrücken über Autobahnen für Vögel. *Der Ornithologische Beobachter* 93: 249-258.
- Korhonen, H., Nurminen, L. 1987. Traffic deaths of animals on the Kuopio-Siilinjärvi highway in eastern Finland. *Aquilo Ser. Zool.* 25: 9-15.
- Krátký, J. 1995. Vertebrate casualties on the roads of the Middle Elbe lowlands. *Casopis Narodního Muzea Rada Prirodovedna* 164: 91-97.
- Kuhn, J. 1987. Gefährdungsfaktoren. Straßenbau und -verkehr. *In: Die Vögel Baden-Württembergs (Avifauna Baden-Württemberg)*. Band 1: Gefährdung und Schutz. Teil 1: Artenschutzprogramm Baden-Württemberg: Grundlagen, Biotopschutz. pp. 51-69. Edited by Holzinger, J., Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Kuitunen, M., Rossi, E., Stenroos, A. 1998. Do Highways Influence Density of Land Birds? *Environmental Management* 22: 297-302.
- Lidauer, R.M. 1983.** Knochenfrakturen bei Stadtamseln (*Turdus merula*). *Ökologie Vögel* 5: 111-126.
- Lüpke, M. 1983.** Vogelverluste an einer Fernverkehrsstraße. *Falke* 30: 58-60.
- Massemin, S., Maho, Y. le, Handrich, Y. 1998. Seasonal pattern in age, sex and body condition of Barn Owls *Tyto alba* killed on motorways. *Ibis* 140: 70-75.
- Räty, M. 1979. Effect of highway traffic on tetraonid densities. *Ornis Fennica* 56: 169-170.
- Reijnen, R., Foppen, R., Braak, C.T., Thissen, J. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *Journal Applied Ecology* 32: 187-202.
- Reijnen, R., Foppen, R. 1991. Effect of Road Traffic on the Breeding Site-tenacity of Male Willow Warblers (*Phylloscopus trochilus*). *Journal Ornithologie* 132: 291-295.
- Reijnen, R., Foppen, R. 1994.** The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. I. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway. *Journal Applied Ecology* 31: 85-94.
- Reijnen, R., Foppen, R. 1995.** The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. IV. Influence of population size on the reduction of density close to a highway. *Journal Applied Ecology* 32: 187-202.
- Reijnen, R., Foppen, R., Meeuwssen, H. 1996. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biol. Cons.* 75: 255-260.
- Reijnen, R., Foppen, R., Veenbaas, G. 1997.** Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. *Biodiversity and Conservation* 6: 567-581.

- Sayer, M., Schaeffer, M. 1995. Wert und Entwicklungsmöglichkeiten straßennaher Biotope für Tiere (II). Abschlußbericht FE Vorhaben 02 128 R 88 L - im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr. 381 S.
- Smettan, H.W. 1988. Wirbeltiere und Straßenverkehr - ein ökologischer Beitrag zum Straßentod von Säugern und Vögeln am Beispiel von Ostfildern/Württemberg - . Orn. Jh. Baden-Württemberg 4:29-55.
- Smit, G.F.J., Brandjes, G.J., Meijer, A.J.M. 1998. Evaluatie Faunaverkeersslachtoffers. Bureau Waardenburg bv, Adviseurs voor ecologie & milieu, Culemborg. Edited by Rijkswegen Zeeland.
- Spellerberg, I.F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. Global Ecology and Biogeography Letters 7: 317-333.
- Steiof, K. 1996.** Verkehrsbegleitendes Grün als Todesfalle für Vögel. Natur und Landschaft 71: 527-532.
- Straka, U. 1995. Zur Häufigkeit und Phänologie des Straßentodes von Waldohreule (*Asio otus*) und Waldkauz (*Strix aluco*). Egretta 38: 130-132.
- Svensson, S. 1998. Bird kills on roads: is this mortality factor seriously underestimated? Ornis Svecica 8: 183-187.
- Tempel, R. van den 1993.** Vogelslachtoffers in het wegverkeer. Techn. Rapport Vogelbescherming Nederland 11. Edited by Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. pp. 75.
- Vignes, J.-C. 1984. Les oiseaux victimes de la circulation routière au Pays basque français. L'Oiseau et R.F.O. 54: 137-148.
- Wäscher, S., Janisch, A., Sattler, M. 1988.** Verkehrsstraßen - Todesfalle der Avifauna. Luscinia 46: 41-55.
- Zande, A.N. van der, Keurs, W.J., Weijden, W.J. van der 1980. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat - evidence of a long-distance effect. Biological Conservation 18: 299-321.
- Zimmermann, D. 1987. Bergfinken *Fringilla montifringilla* und Strassenverkehr. Ornithologischer Beobachter 84: 66-66.

8.3.2. Weiterführende Literatur

- Bairlein, F., Sonntag, B. 1994. Zur Bedeutung von Straßenhecken für Vögel. Natur und Landschaft 69: 43-48.
- Birkan, M., Avignon, T., Reitz, F., Vignon, V. 1994. Influence d'une autoroute sur le succès reproducteur de la perdrix grise (*Perdix perdix*) en plaine de grande culture. Gibier Faune Sauvage, Game Wildlife 11: 207-218.
- Bosakowski, T., Smith, D.G., Speiser, R. 1992. Nest sites and habitat selected by Cooper's hawks, *Accipiter cooperii*, in northern New Jersey and southeastern New York. Canadian Field-Naturalist 106: 474-479.
- De Bruijn, O. 1994. Population ecology and conservation of the barn owl *Tyto alba* in Farmland habitats in Liemers and Achterhoek (The Netherlands). Ardea 82: 1-109
- Demartis, A.M. 1987. Birds killed by traffic on the roads and their density. Rivista Italiana di Ornitologia 57: 193-205.
- Fajardo, I., Pividal, V., Trigo, M., Jiménez, M. 1998. Habitat selection, activity peaks and strategies to avoid road mortality by the little owl *Athene noctua*. Alauda 66: 49-60.
- Grobe, D.W. 1989. Wasseramsel (*Cinclus cinclus*) singt an lärmender Bundesstraße. Ornithologische Mitteilungen 41: 17-18.

- Grue, C.E., O'Shea, T.J., Hoffman, D.J. 1984. Lead concentrations and reproduction in highway-nesting barn swallows. *The Condor* 86: 383-389.
- Haemig, P.D. 1978. Aztec Emperor Auitzotl and the great-tailed grackle. *Biotropica* 10: 11-17.
- Hammerich, D. 1993. Vogelopfer durch Straßenverkehr an der K 114 im Bereich des NSG Düpenwiesen, Stadt Wolfsburg. Gutachten i. Auftr. Niedersächsischen Landesverwaltungsamt, 179 S. + Anhänge.
- Harding, B.D. 1986. Short-eared Owl mortality on roads. *British Birds* 79: 403-404.
- Hernandez, M. 1988. Road mortality of the little owl (*Athene noctua*) in Spain. *raptor Research* 22: 81-84.
- Ilichev, V.D. 1995. Singing of birds in technogenic noised environment. *Diklady Akademii Nauk* 345(4), Dekabr', 559-560.
- Johnson, P.N. 1989. Annual avian and mammalian traffic mortality along a South Yorkshire road. *Maturalist (Doncaster)* 114, No. 990: 99-101.
- Kasza, F. 1994. A gulipanok (*Recurvirosta avosetta*) es az orszagut. *Madartani Tajekoztato* 1990. Jul.-Szept.: pp. 16.
- Keller, V. 1991. The effect of disturbance from roads on the distribution of feeding sites of geese (*Anser brachyrhynchus*, *A. anser*), wintering in north-east Scotland. *Ardea* 79: 229-232.
- Keller, V. 1995. Auswirkungen menschlicher Störungen auf Vögel - eine Literaturübersicht. *Der Ornithologische Beobachter* 92: 3-38.
- Kruckenbergh, H., Jaene, J., Bergmann, H.-H. 1998. Mut oder Verzweiflung am Straßenrand? Der Einfluß von Straßen auf die Raumnutzung und das Verhalten von äsenden Bleß- und Nonnengänsen am Dollart, NW-Niedersachsen. *Natur und Landschaft* 73: 3-8.
- Massemin, S., Handrich, Y. 1996. Nocturnal raptors: study of barn owls killed on motorways. *Fonds d'intervention pour les rapaces* 29: 9-10
- Meunier, F.D., Verheyden, C., Jouventin, P. 1999. Bird communities of highway verges: Influence of adjacent habitat and roadside management. *Acta Oecologia* 20: 1-13.
- Newton, I., Wyllie, I., Asher, A. 1991. Mortality causes in British Barn Owls *Tyto alba*, with a discussion of aldrin-dieldrin poisoning. *Ibis* 133: 162-169.
- Plumpton, D.L., Lutz, R.S. 1993. Influence of vehicular traffic on time budgets of nesting burrowing owls. *Journal of Wildlife Management* 57: 612-616.
- Preeseman, L.C. 1978. Traffic fatalities along a stretch of highway. *Vogeljaar* 26: 21-24.
- Purger, J.J. 1997. Accidental death of adult Red-footed Falcons *Falco vespertinus* and its effect on breeding success. *Vogelwelt* 118: 325-327.
- Reinhold, J. 1987. Traffic victims. Review of methods of road kill study. *Amoeba* 3: 21-23.
- Rich, A.S., Dobkin, D.S., Niles, L.J. 1994. Defining forest fragmentation by corridor width: the influence of narrow forest-dividing corridors on forest-nesting birds in Southern New Jersey. *Conserv. Biol.*, 8: 1109-1121.
- Seibert, H.C., Conover, J.H. 1991. Mortality of Vertebrates and Invertebrates on an Athens County, Ohio, Highway. *Ohio J. Sci.* 91: 163-166.
- Siegner, J. 1994. Brutbiologie und Dismigration oberbayerischer Schleiereulen *Tyto alba*. *Ornithologischer Anzeiger* 33: 55-62.
- Smith, J.N.M. 1988: Determinants of lifetime reproduction sucess in song sparrow. *Reproductive Sucess: Studies of Individual Variation in Contrasting Breeding System* (ed. T.H. Clutton-Brock): 154-172. University of Chicago Press, Chicago.
- Stiebel, H. 1991. Die Vogelwelt auf dem Gebiet eines geplanten Golfplatzes. *Vogelkundliche Hefte Edertal* 17: 5-14.

- Velde, E- van de, Mannaert, P. 1980. Little owl (*Athene noctua*) eating animals killed by traffic. *Veldornitologisch Tijdschrift* 3: 137-138.
- Waechter, A. 1979. Mortalité animale sur une route a grande circulation. *Mammalia* 43: 577-579.
- Walker, B. 1984. Traffic mortality of swifts and swallows. *Buckinghamshire Bird Club Newsletter* No. 33, pp. 2.
- Warner, R.E. 1992. Nest ecology of grassland passerines on road rights-of-way in central Illinois. *Biological Conservation*. 59: 1-7.

8.4.AMPHIBIEN und REPTILIEN

8.4.1. Zitierte Literatur

- Anonymus 1972. Fahrverbot, wenn Kröten wandern. *Schweizer Naturschutz*, 38: 101-102.
- Bennett, A.F. 1991. Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. *In: Saunders, D.A., Hobbs, R.J. Nature conservation II; the role of corridors*. London (Surrey Beatty & Sons), 99-118.
- Berthoud, G., Müller, S. 1987.** Amphibien-Schutzanlagen: Wirksamkeit und Nebeneffekte. Abschlußbericht über die Untersuchungen an der Anlage am Etang du Sépey (Kanton Waadt, Schweiz). Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, 41: 197-222.
- Berthoud, G., Müller, S. 1995.** Sicherheit Fauna/Verkehr. Praktisches Handbuch für Bauingenieure. École polytechnique fédéral de Lausanne. 135 S. Herausgegeben von Département de génie civil. Laboratoire des voies de circulation (LAVOC).
- Bitz, A., Thiele, R. 1996. Straßenverkehr und Amphibienwanderwege in Rheinland-Pfalz. *In: Bitz, A., Fischer, K., Simon, L., Thiele, R., Veith, M. Die Amphibien und Reptilien in Rheinland-Pfalz. Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz, Beiheft 18/19: 639-646.*
- Blab, J. 1978.** Untersuchungen zu Ökologie, Raum-Zeit-Einbindung und Funktion von Amphibienpopulationen. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 18: 1-146.
- Blab, J. 1980. Reptilienschutz. Grundlagen - Probleme - Lösungsansätze. *Salamandra* 16(2): 89-113.
- Blab, J. 1986.** Biologie, Ökologie und Schutz der Amphibien. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 18: 1-150.
- Borzer, H., Reichelt, G. 1978. Lurchwanderungen am Behlaer Weiher - ein Beitrag zur Rettung von Amphibien. *Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte Baar, Freiburg*, 32: 87-101.
- Brehm, K. 1989. The acceptance of 0.2-metre tunnels by amphibians during their migration to the breeding site. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford, 29-42
- Cabela, A. 1990a. Gelbbauchunke - *Bombina variegata variegata* (Linnaeus, 1758). *In: Tiedemann, F. (Hrsg.). Lurche und Kriechtiere Wiens. Wien (J & V), 42-51.*
- Cabela, A. 1990b. Wechselkröte - *Bufo viridis viridis* Laurenti, 1768. *In: Tiedemann, F. (Hrsg.). Lurche und Kriechtiere Wiens. Wien (J & V), 73-79.*
- Cabela, A. 1990c. Ringelnatter - *Natrix natrix natrix* (Linnaeus, 1758). *In: Tiedemann, F. (Hrsg.). Lurche und Kriechtiere Wiens. Wien (J & V), 148-154.*
- Carpenter, C.C., Delzell, D.E. 1951. Road records as indicators of differential spring migrations of amphibians. *Herpetologica*, 7: 63-64.
- Cooke, A.S. 1972. Indication of recent changes in the status in the British Isles of the frog and the toad. *Journal of Zoology*, 167: 161-178.

- Dexel, R., Kneitz, G. 1987. Zur Funktion von Amphibienschutzanlagen im Straßenbereich. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Bundesministerium für Verkehr, Bonn, 516: 1-93.
- Ehmann, H., Cogger, H. 1985. Australia's endangered herpetofauna: a review of criteria and policies. *In: Gregg, G., Shine, R., Ehmann, H. (Hrsg.). Biology of Australian frogs and reptiles*. Sydney, 435-437.
- Fahrig, L., Pedlar, J.H., Pope, S.E., Philip, D.T., Wegner, J.F. 1995. Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*, 73(3): 177-182.
- Feldmann, R. 1974. Wassergefüllte Wagenspuren auf Forstwegen als Amphibien-Laichgewässer. *Salamandra*, 10: 15-21.
- Feldmann, R. 1977. Sekundäre Lebensräume und ihre Bedeutung als ökologische Ausgleichsfläche. *Natur und Landschaftskunde Westfalens*, 13: 117-122.
- Fischer, H. 1972. Maßnahmen gegen den Massentod von Lurchen. *Schweizer Naturschutz*, 38: 100-101.
- Fröhlich, G., Oertner, J., Vogel, S. 1987. *Schützt Lurche und Kriechtiere*. Berlin (Deutscher Landwirtschaftsverlag), 324 S.
- Fuelhaas, U., Klemp, C., Kordes, A., Ottersberg, H., Pirmann, M., Thiessen, A., Tschoetschel, C., Zucchi, H. 1989.** Untersuchungen zum Straßentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. *Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens*, 42: 129-147.
- Göbel, M. 1990. Tod im Gully. *Kosmos*, Stuttgart, 1990(6): 68.
- Grillitsch, H. 1990a. Blindschleiche - *Anguis fragilis fragilis* Linnaeus, 1758. *In: Tiedemann, F. (Hrsg.). Lurche und Kriechtiere Wiens*. Wien (J & V), 125-134.
- Grillitsch, H. 1990b. Würfelnatter - *Natrix tessellata tessellata* (Laurenti, 1768). *In: Tiedemann, F. (Hrsg.). Lurche und Kriechtiere Wiens*. Wien (J & V), 155-160.
- Grosselet, O., Lodé, T. 1997. Impact des aménagements autoroutiers sur les amphibiens: l'exemple des caniveaux d'évacuation des eaux. *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, 81: 5-9.
- Grossenbacher, K. 1981. Amphibien und Verkehr. *Publikationen der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz*, Bern, 1: 1-25.
- Grossenbacher, K. 1987. Amphibien und Verkehr. *Publikationen der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz*, Bern, 1: 1-23.
- Grossenbacher, K., Ryser, J. 1989.** Amphibien und Verkehr. Teil 3: Zusammenfassung neuerer Ergebnisse. *Publikationen der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz*, Bern, 3: 1-10.
- Harris, L.D., Gallagher, P.B. 1989. New initiatives for wildlife conservation. The need for movement corridors. *In: Mackintosh, G. (Hrsg.). In defense of wildlife: preserving communities and corridors*. Washington, 11-34.
- Heine, G. 1987. Einfache Meß- und Rechenmethode zur Ermittlung der Überlebenschance wandernder Amphibien beim Überqueren von Straßen. *Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg*, 41: 473-479.
- Henle, K., Streit, B. 1990. Kritische Betrachtungen zum Artenrückgang bei Amphibien und Reptilien und zu dessen Ursachen. *Natur und Landschaft*, 65 (7/8): 347-361.
- Heusser, H. 1960. Über die Beziehungen der Erdkröte (*Bufo bufo* L.) zu ihrem Laichplatz II. *Behaviour*, 16: 93-109.
- Heusser, H. 1964. Zur Laichplatzorientierung der Erdkröte *Bufo bufo* L. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen*, 28: 101-112.
- Heusser, H. 1967. Gefährlicher als alle natürlichen Feinde zusammen: Der Straßentod. *Natur und Landschaft*, 42: 129-130.

- Heusser, H. 1968a. Die Lebensweise der Erdkröte (*Bufo bufo*); Wanderungen und Sommerquartiere. *Revue Suisse de Zoologie*, Genève, 75(48): 927-982.
- Heusser, H. 1968b. Die Lebensweise der Erdkröte (*Bufo bufo*); Größenfrequenzen und Populationsdynamik. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen*, 29: 1-29.
- Heusser, H., Honegger, R. 1963. Verhaltensforschung und Tierschutz am Beispiel der Erdkrötenpopulationen auf dem mittleren Zimmerberg. *Jahrbuch des Vereins zum Schutz des Landschaftsbildes am Zürichsee*, 1962/63: 88-99.
- Hodson, N.L. 1966. A survey of road mortality in mammals (and including data for the Grass snake and Common frog). *Journal of Zoology*, London, 148: 576-579.
- Hutter, C.-P. 1994. *Schützt die Reptilien*. Stuttgart, Wien (Weitbrecht), 118 S.
- Jackson, S., Tynning, T. 1989. Effectiveness of drift fences and tunnels for moving spotted salamanders *Ambystoma maculatum* under roads. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.) Amphibians and roads*. Shefford, 93-100.
- Kaleck, G. 1989. Amphibien- und Kfz-Aktivität auf der Aplerbecker Waldstraße während des nächtlichen Durchfahrtsverbotes Juni - Oktober 1988. *Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna*, 10: 15-23.
- Kaleck, G. 1991. Praxis des städtischen Amphibien- und Reptilienschutzes. *Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna*, 14: 3-38.
- Karthaus, G. 1985. Schutzmaßnahmen für wandernde Amphibien vor einer Gefährdung durch den Straßenverkehr - Beobachtungen und Erfahrungen. *Natur und Landschaft*, 60 (6): 242-247.
- Kereszetes, J., Zürcher, H. 1978. Schutzmaßnahmen für Lurche beim Straßenbau. *Straße und Verkehr*, 3: 162-168.
- Kneitz, S. 1998. Untersuchungen zur Populationsdynamik und zum Ausbreitungsverhalten von Amphibien in der Agrarlandschaft. Bochum (Laurenti-Verlag), 237 S.
- Kollar, R. 1990. Erdkröte - *Bufo bufo bufo* (Linnaeus, 1758). *In: Tiedemann, F. (Hrsg.) Lurche und Kriechtiere Wiens*. Wien (J & V), 67-72.
- Kromberg, A. 1989. Amphibienschutz vom Naturschutzverein Lichtendorf im Aplerbecker Wald/Ostberge. *Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna*, 10: 4-14.
- Kuhn, J. 1983. Amphibien des westlichen Ulmer Raumes 1979-1982: Verbreitung, ökologische und Naturschutz-Aspekte. *Mitteilungen des Vereins für Naturwissenschaft und Mathematik*, Ulm, 32: 22-43.
- Kuhn, J. 1984. Eine Population der Erdkröte (*Bufo bufo* L.) auf der Ulmer Alb: Wanderungen, Straßentod und Überlebensaussichten 1981. *Jahrbuch der Gesellschaft für Naturkunde Württemberg*, 139: 123-159.
- Kuhn, J. 1986. Amphibienwanderungen und Autobahnbau - eine Fallstudie zur A 96 im Raum Wangen im Allgäu. *Jahrbuch der Gesellschaft für Naturkunde Württemberg*, 141: 211-252.
- Kuhn, J. 1987a. Provisorische Amphibienschutzzäune: Aufbau - Betreuung - Datensammlung; Beobachtungen zur Wirksamkeit. *Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg*, 41: 187-195.
- Kuhn, J. 1987b. Straßentod der Erdkröte (*Bufo bufo* L.): Verlustquoten und Verkehrsaufkommen, Verhalten auf der Straße. *Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg*, 41: 175-186.
- Kyek, M. 1995. Amphibienschutz an Straßen in Österreich - Empfehlungen für den Straßenbau. *LÖBF-Mitteilungen*, Düsseldorf, 1995(1): 34-40.
- Kyek, M., Werner, S. 1993. Amphibienschutz an Straßen in Österreich - Empfehlungen für den Straßenbau. Salzburg (Institut für Ökologie, Haus der Natur), 43 S.

- Laan, R., Verboom, B. 1990. Effects of pool size and isolation of amphibian communities. *Biological Conservation*, 54: 251-262.
- Langton, T.E.S. 1989a. Reasons for preventing amphibian mortality on roads. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford, 75-80.*
- Langton, T.E.S. 1989b. Tunnels and temperature: results from a study of a drift fence and tunnel system for amphibians at Henley-on-Thames, Buckinghamshire, England. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford, 145-152.*
- Lemmel, G. 1977. Lurche und Kriechtiere Niedersachsens. *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, 1977 (5):*
- Loske, R. 1987. Vom Krötenzaun zur Öko-Offensive des Straßenbaus. *Natur- und Landschaftskunde, 23(1): 10-12.*
- Mader, H.J. 1981. Der Konflikt Straße-Tierwelt aus ökologischer Sicht. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 22: 1-104.*
- Mader, H.J. 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation, 29: 81-96.*
- Mader, H.J. 1985. Welche Bedeutung hat die Vernetzung für den Artenschutz. *Schriftenreihe des deutschen rates für Landespflege, 46: 631-634.*
- Mader, H.J., Schell, C., Kornacker, P. 1988. Feldwege - Lebensraum und Barriere. *Natur und Landschaft, 63 (6): 251-253.*
- Meinig, H. 1989. Experience and problems with a toad tunnel system in the Mittelgebirge region of West Germany. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford, 59-66.*
- Meinig, H., Weber, G. 1987. Amphibienschutz. Kostengünstige Anlage für Nebenstrecken. *LÖFL-Mitteilungen, 12(4): 59-61.*
- Moore, H.J. 1954. Some observations on the migration of the toad (*Bufo bufo bufo*). *British Journal of Herpetology, London, 1: 194-224.*
- Mouget, T. 1996. Des tunnels pour batraciens. *Le Courrier de la Nature, 155: 22-28.*
- Müller, H., Steinwarz, D. 1987. Landschaftsökologische Aspekte der Jungkrötenwanderung. - Untersuchungen an einer Erdkrötenpopulation (*Bufo bufo* L.) im Siebengebirge. *Natur und Landschaft, 62 (11): 473-476.*
- Müller, S. 1971. L'auto contre la grenouille. *Schweizer Naturschutz, 37: 157-159.*
- Münch, D. 1986. Bestand und Gefährdung der Amphibien und Reptilien im Aplerbecker Wald. *Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 6: 1-30.*
- Münch, D. 1988. Phänologische Untersuchungen zur Migration von Amphibien und Kleinsäugetern an der Aplerbecker Waldstraße in Dortmund von März bis November 1987. *Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 9: 1-42.*
- Münch, D. 1989a.** Jahresaktivität, Gefährdung und Schutz von Amphibien und Säugetieren an einer Waldstraße. - *Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 11: 1-144.*
- Münch, D. 1989b. 9. Amphibienschutzaktion Höfkerstraße 1989 - eine Bilanz des Schreckens. *Natur- und Tierschutz in Dortmund, 4(2): 11-12.*
- Münch, D. 1989d. Das 1. Amphibienmassaker auf der neugebauten OW 3a im März 1989. *Natur- und Tierschutz in Dortmund, 4(1): 38-39.*
- Münch, D. 1990b. Straßensperrungskonzept in der Natur und Amphibienschutz in einer Großstadt. *LÖLF-Mitteilungen, Düsseldorf, 15(2): 30-34.*
- Münch, D. 1991a. Amphibienschutz an den Straßen des Naturschutzgebietes Hallerey. *Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 15: 1-47.*
- Münch, D. 1991b. 10 Jahre Schutzmaßnahmen gegen den Straßentod wandernder Amphibien im NSG Hallerey in Dortmund - eine Bilanz von 1981-1990. *Natur und Landschaft, 66 (6/7): 384-391.*

- Münch, D. 1991c. Sperren, Abbauen und Renaturieren von Straßen - eine ökologische Notwendigkeit für den Naturschutz im Ballungsraum. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 23 (1): 5-9.
- Münch, D. 1994. Jahresaktivität und Gefährdung von Feuersalamander (*Salamandra salamandra terrestris* Lacépède 1788) und Bergmolch (*Triturus alpestris alpestris* Laurenti 1768) an einer Waldstraße in Dortmund, Nordrhein-Westfalen, Bundesrepublik Deutschland. *In: Bischoff, W., Böhme, W., Böttcher, I. (Hrsg.). Ökologie und Stammesgeschichte der Schwanzlurche. Abhandlungen und Berichte für Naturkunde, Museum für Naturkunde Magdeburg*, 17: 213-218.
- Podloucky, R. 1989. Protection of amphibians on roads - examples and experiences from Lower Saxony. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford: 15-28.*
- Podloucky, R. 1990. Amphibienschutz an Straßen, Beispiele und Erfahrungen aus Niedersachsen. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen*, 10(1): 1-11.
- Polivka, R., Kist, U., Gross, P., Beinlich, B. 1991. Zur Funktionsfähigkeit von ACO-Amphibienschutzanlagen an zwei Kreisstraßen im Landkreis Marburg-Biedenkopf. *Natur und Landschaft*, 66: 375-383.
- Roth, J., Klatt, M. 1991. Zum Stand der wissenschaftlichen Diskussion um sogenannte Grünbrücken. *Veröffentlichungen der Aktionsgemeinschaft Natur und Umweltschutz Baden-Württemberg*, 20: 1-31.
- Rudolph, D.C., Burgdorf, S.J., Conner, R.N., Dickson, J.G. 1998. The impact of roads on the Timber Rattlesnake, (*Crotalus horridus*), in Eastern Texas. *International conference on wildlife ecology and transportation (ICOWET). February 9-12. 1998: 236-240.*
- Ryser, J. 1985. Amphibien und Verkehr, Teil 2: Amphibienrettungsmaßnahmen an Straßen in der Schweiz - gegenwärtiger Stand. *Erfahrungen und Bedeutungen für den Artenschutz. Bern (Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz)*, 24 S.
- Ryser, J., Grossenbacher, K. 1989. A survey of amphibian preservation at roads in Switzerland. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford: 7-13.*
- Saint Girons, M.C. 1984. Impact du trafic routier sur les vertébrés dans le bocage breton. *Bull. Ecol.*, 15(3): 175-183.
- Sander, K., Hofrichter, O., Klug, E. 1977. Die Erdkrötenwanderung am Waldsee in Freiburg i. Br. *Beobachtungen 1974-1977 und Schutzvorschläge. Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg*, 46: 161-181.
- Schlupp, I., Kietz, M., Podloucky, R., Stolz, F.M. 1989. Pilot project Braken: preliminary results from the resettlement of adult toads to a substitute breeding site. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford: 127-135.*
- Sermet, E. 1971. Protection des amphibiens contre les dangers de la route. *Schweizer Naturschutz*, 37: 208-212.
- Sinsch, U. 1992. Structure and dynamics of a natterjack toad metapopulation (*Bufo calamita*). *Oecologia*, 90: 489-499.
- Sjögren, P. 1991. Extinction and isolation gradients in metapopulations - the case of the pool frog (*Rana lessonae*). *Biological Journal of the Linnean Society, London*, 42: 135-147.
- Sticht, S. 1997: Von Lurchen und Menschen: Eine Geschichte über die rätselhaften Rückgänge von Amphibienpopulationen. *In: Hödl, W., Jehle, R., Gollmann, G. Populationsbiologie von Amphibien, Eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia*, 51: 251-270.
- Stolz, F.M., Podloucky, R. 1983. Krötentunnel als Schutzmaßnahme für wandernde Amphibien, dargestellt am Beispiel von Niedersachsen. *Informationsdienst Naturschutz*, 3(1): 1-20.

- Strothotte-Moormann, M., Formen, D. 1992. Gullys als verheerende Kleintierfallen in einem Aachener Parkgelände. *In: Münch, D. StraßenSperrungen. Neue Wege im Amphibienschutz. Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna*, 18: 177-182.
- Thielcke, G., Herrn, C.-P., Hutter, C.-P., Schreiber, R.L. 1983. Rettet die Frösche. Amphibien in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Stuttgart (Pro Natur), 225 S.
- Tiedemann, F. 1990a. Bergmolch, Alpenmolch - *Triturus alpestris alpestris* (Laurenti, 1768). *In: Tiedemann, F. (Hrsg.). Lurche und Kriechtiere Wiens. Wien (J & V)*, 23-26.
- Tiedemann, F. 1990b. Feuersalamander, Gefleckter Feuersalamander - *Salamandra salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758). *In: Tiedemann, F. (Hrsg.). Lurche und Kriechtiere Wiens. Wien (J & V)*, 38-41.
- van der Sluis, T., Vos, C.C. 1996. Amphibieën en verkeerswegen; een patroonanalyse in Gelderland in Noord-Brabant. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen, rapport nr. W-DWW-96.115.
- van Gelder, J.J. 1973.** A quantitative approach to the mortality resulting from traffic in a population of *Bufo bufo* L. *Oecologia*, Berlin, 13: 93-95.
- Vos, C.C. 1997. Effects of road density: a case study of the noor frog. Wildlife. *In: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General for Public Works and Water Management. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW). Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the international conference „Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering. 17-21 september 1995, Maastricht The Hague. Delft (NIVO Drukkerij & DTP Service): 93-97.*
- Vos, C.C., Chardon, J.P. 1994. Herpetofauna en verkeerswegen; een literatuurstudie. Project versnippering deel 24. Ministerie V & W Dienst Weeg- en Waterbouwkunde.
- Vos, C.C., Stumpel, A.H.P. 1996. Comparison of habitat-isolation parameters in relation to fragmented distribution patterns in the tree frog *Hyla arborea*. *Landscape Ecology*, 11(4): 203-214.
- Yanes, M., Velasco, J.M., Suárez, F. 1995. Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation*, 71: 217-222.

8.4.2. Weiterführende Literatur

- Arbeitsgemeinschaft Amphibien und Reptilienschutz in Dortmund (AGARD) 1989. Amphibienschutz im Dortmunder Stadtbezirk Aplerbeck. *Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna*, 10: 1-53.
- Ballasina, D. 1989. 'Toads on roads' in Belgium. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. 83-87. Shefford.*
- Bauer, S. 1977. 7000 Amphibien sicher über die Straße. *Natur und Umwelt, Ausgabe Baden-Württemberg*, 1977 (2): 3-5.
- Bauer, S. 1978. Amphibienprobleme und Ergebnisse der Amphibienaktion 1977. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Naturschutz Wangen/Allgäu*, 1: 49-59.
- Bauer, S. 1987. Verbreitung und Situation der Amphibien und Reptilien in Baden-Württemberg. *Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg*, 41: 263-277.
- Bitz, A., Fischer, K., Simon, L. 1991. Amphibienschutz - Zeit zu handeln. Informationen zum Artenschutzbericht „Amphibien“ des Landes Rheinland-Pfalz. *Naturschutz bei uns, Mainz*, 3: 1-52.
- Bitz, A., Simon, L. 1996. Gefährdungsursachen und -verursacher. *In: Bitz, A., Fischer, K., Simon, L., Thiele, R., Veith, M. Die Amphibien und Reptilien in Rheinland-Pfalz. Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz, Beiheft 18/19: 587-615.*

- Blab, J. 1979. Amphibienfauna und Landschaftsplanung. *Natur und Landschaft*, 54(1): 3-7.
- Blab, J. 1985. Handlungs- und Forschungsbedarf für den Reptilienschutz. *Natur und Landschaft*, 60: 336-339.
- Blab, J., Blab, L. 1981. Quantitative Analysen zur Phänologie, Erfassbarkeit und Populationsdynamik von Molchbeständen des Kottenforstes bei Bonn. *Salamandra*, 17 (3/4): 147-172.
- Blab, J., Nowak, E. 1989a. Gefährdungscharakteristika und Rückgangsursachen bei Reptilien. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 29: 210-214.
- Blab, J., Nowak, E. 1989b. Lurche. - Versuche einer ökologischen Risikoanalyse. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 29: 215-216.
- Blanke, R., Metzger, M. 1987. Die Beziehungen zwischen Wanderverhalten und Amphibienschutz bei einer Population der Erdkröte (*Bufo bufo*) in der Umgebung des NSG „Weingartener Moor“, Landkreis Karlsruhe. Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, 41: 223-234.
- Bootz, W., Haupt, G. 1985. Erfassung der Erdkrötenwanderung (*Bufo bufo*) im Bereich Weiler-Waldalgesheim (Lkr. Mainz-Bingen) über die Landstraße L 214. *Naturschutz und Ornithologie in Rheinland-Pfalz*, 4 (1): 27-37.
- Buck-Dobrick, T., Dobrick, R. 1989. The behaviour of migrating anurans at a tunnel and fence system. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford, 137-143.
- Bundesministerium für Verkehr 1987. Merkblatt zum Amphibienschutz an Straßen. Wien. Ausgabe 1987: 1-14.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten 1991. Erlaß zum Amphibienschutz an Bundesstraßen vom 3. Juni 1991. Wien. Geschäftszahl: 910.310/I-VI/14-91.
- Clark, K.L., Lazerte, B.D. 1985. A laboratory study of the effects of aluminium and pH on amphibian eggs and tadpoles. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1544-1551.
- Corbett, K. 1989. Amphibian fencing. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford, 183-190.
- Deixler, W. 1986. Biotopvernetzung - Konzepte und Realisierung. *Natur und Landschaft*, 60(4): 131-135.
- Dexel, R. 1989. Investigations into the protection of migrant amphibians from the threats from road traffic in the Federal Republic of Germany - a summary. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford, 43-49.
- Dickman, C.R. 1987. Habitat fragmentation and vertebrate species richness in an urban environment. *Journal of Applied Ecology*, London, 24: 337-351.
- Feldmann, R., Geiger, A. 1987. Amphibienschutz an Straßen in Nordrhein-Westfalen. *LÖLF-Mitteilungen*, Düsseldorf, 12(4): 8-20.
- Feldmann, R., Geiger, A. 1989. Protection for amphibians on roads in Nordrhein-Westphalia. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford, 51-57.
- Fog, K. 1995. Amphibian conservation in Denmark. *Froglog* 13: 1-2.
- Geiger, A. 1986a. Wer rettet Amphibien vor dem Straßentod? *LÖLF-Mitteilungen*, 11(1): 45-46.
- Geiger, A. 1986b. Schutz der Amphibien an Straßen. *LÖLF-Mitteilungen*, 11(1): 46-47.
- Glandt, D. 1981. Amphibienschutz aus der Sicht der Ökologie. - Ein Beitrag zur Artenschutztheorie. *Natur und Landschaft*, 56 (9): 304-309.
- Glandt, D. 1986. Die saisonalen Wanderungen der mitteleuropäischen Amphibien. *Bonner Zoologische Beiträge*, 37 (3): 211-228.

- Gremmen, N.J.M., Kremers, J.W.P.M. 1971. Breeding activity of Anura in 16 different fens. Internal report no. 18, Department of Animal Ecology of the Zoological Institute of the Catholic University Nijmegen.
- Gruschwitz, M. 1985a. Status und Schutzproblematik der Smaragdeidechse (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) in der Bundesrepublik Deutschland. *Natur und Landschaft*, 60 (9): 345-347.
- Gruschwitz, M. 1985b. Status und Schutzproblematik der Würfelnatter (*Natrix tessellata* Laurenti, 1768) in der Bundesrepublik Deutschland. *Natur und Landschaft*, 60 (9): 353-356.
- Hallmann, G. 1982. Bilanz der Amphibienschutzaktion in Dortmund-Wischlingen. Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 1: 1-14.
- Hallmann, G. 1983. 2. Amphibienschutzaktion - eine Bilanz der Initiative 1983 in Dortmund-Wischlingen. Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 2: 1-29.
- Hallmann, G. 1984a. 3. Amphibienschutzaktion - eine Bilanz der Initiative 1984 in Dortmund-Wischlingen. Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 4: 1-28.
- Hallmann, G. 1984b. Lage, Vernetzung und Gefährdung der Amphibien- und Reptilienvorkommen. In: Blana, H.: Bioökologischer Grundlagen- und Bewertungskatalog für die Stadt Dortmund, Teil 1: 110-111.
- Hallmann, G. 1985. 4. Amphibienschutzaktion - eine Bilanz der Initiative 1985 in Dortmund-Wischlingen. Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 6: 1-28.
- Hallmann, G. 1986. 5. Amphibienschutzaktion 1986 in Dortmund-Wischlingen - eine Bilanz der Initiative. Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna, 7: 1-28.
- Hartup, B.K. 1996. Rehabilitation of native reptiles and amphibians in DuPage County, Illinois. *J.Wildl.Dis.*, 32 (1): 109-112.
- Haslinger, H. 1989. Migration of toads during the spawning season at Stallauer Weiher lake, Bad Tölz, Bavaria. In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): *Amphibians and roads*. Shefford, 181-182.
- Hellbernd, L. 1987. Zweijährige Untersuchungen am Laichplatz vom Moorfrosch (*Rana arvalis* Nilsson) und vom Grasfrosch (*Rana temporaria* L.). Schriftenreihe Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, Beiheft 19: 119-130.
- Henry, P., Epain-Henry, C. 1989. Amphibian protection on highway A 71 in Sologne, France. In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): *Amphibians and roads*. Shefford: 191-192.
- Heusser, H. 1958. Über die Beziehungen der Erdkröte (*Bufo bufo* L.) zu ihrem Laichplatz I. *Behaviour*, 12: 208-232.
- Heusser, H. 1969. Die Lebensweise der Erdkröte (*Bufo bufo*); das Orientierungsproblem. *Revue Suisse de Zoologie*, Genève, 76: 443-518.
- Heusser, H., Ott, J. 1968. Wandertrieb und populationspezifische Sollzeit der Laichwanderung bei der Erdkröte, *Bufo bufo* L. *Revue Suisse de Zoologie*, Genève, 75: 1005-1022.
- Hübner, T. 1983. Untersuchung zur Artenschutzfunktion von Autobahngewässern. *Natur und Landschaft*, 58(10): 371-373.
- Jedicke, E. 1992. Die Amphibien Hessens. Stuttgart (Ulmer).
- Jungelen, H. 1992. Amphibienschutz im Bereich der Straßenverwaltungen Rheinland-Pfalz. In: Bitz, A., Veith, M. (Hrsg.): *Herpetologie in Rheinland-Pfalz - Faunistik, Schutz und Forschung*. Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz, Beiheft 6: 31-38.
- Jungelen, H. 1996. Schutzmaßnahmen für die Herpetofauna im Rahmen der Planungen der Straßenbauverwaltung Rheinland-Pfalz. In: Bitz, A., Fischer, K., Simon, L., Thiele, R., Veith, M.: *Die Amphibien und Reptilien in Rheinland-Pfalz*. Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz, Beiheft 18/19: 707-718.

- Kaplan, H. 1990. Amphibienprojekt Nötting 1979-1989. Durchführung und Ergebnisse einer Amphibien-Umsiedlung. *Natur und Landschaft*, 65 (10): 501-506.
- Kordges, T., Thiesmeier, B., Münch, D., Bregulla, D. 1989. Die Amphibien und Reptilien des mittleren und östlichen Ruhrgebietes - Verbreitung, Bestand und Schutz der Herpetofauna im Ballungsraum. *Dortmunder Beiträge zur Landeskunde, Naturwissenschaftliche Mitteilungen*, Beiheft 1: 1-112.
- Lengauer, R. 1989. Populationsstruktur und Wanderaktivität von *Triturus cristatus* auf der nördlichen Donauinsel. Wien (Diplomarbeit, Universität Wien).
- Loos, W. 1990. Amphibienschutz an Straßen - schnell - ökonomisch - effektiv. *Natur und Landschaft*, 65 (1): 20-21.
- Luukkainen, H. 1989. Animal subways - views of an animal protectionist and green politician. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford, 81.
- Mader, H.J. 1990. Ökologische Aspekte des Waldwegebaues. *Allgemeine Forst-Zeitschrift*, 46/47: 1184-1187.
- Münch, D. 1992. Schutzmaßnahmen gegen den Straßentod wandernder Amphibien - eine Übersicht und Bewertung. *In: Münch, D. Straßensperrungen. neue Wege im Amphibienschutz. Beiträge zur Erforschung der Dortmunder Herpetofauna*, 18: 7-23.
- Münch, D., Bregulla, D. 1990. Erfahrungen mit Straßensperrungen für den Amphibienschutz. *Natur- und Landschaftskunde*, 26 (4): 84-86.
- Mund, S., Ott, H.A. 1987. Amphibienwanderungen und Straßenverkehr - ein Simulationsmodell. *Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg*, 41: 481-484.
- Noll, M., Saake, E. 1975. Erste Ergebnisse einer Untersuchung des Planktons im Bergsenkungsgewässer Dortmund-Dorstfeld. *Dortmunder Beiträge zur Landeskunde*, 8: 21-30.
- Noll, M., Saake, E. 1976. Untersuchungen im Bergsenkungsgewässer in Dortmund-Dorstfeld von Mai 1974 bis April 1975. Einflüsse des Chemismus auf die Zusammensetzung des Planktons. *Dortmunder Beiträge zur Landeskunde*, 9: 3-22.
- Nöllert, A., Nöllert, C. 1992. Die Amphibien Europas. Bestimmung, Gefährdung, Schutz. Stuttgart (Franck-Kosmos), 382 S.
- Oldham, R.S. 1989. Potential tunnel systems at road developments in England. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford: 155-174.
- Opdam, P., van Apeldoorn, R., Schotman, A., Kalkhoven, J. 1993. Population responses to landscape fragmentation. *In: Vos, C.C. Opdam, P. Landscape ecology of a stressed environment*. London (Chapman & Hall): 147-171. Säugetiersammlung
- Rathbauer, F. 1995. Amphibienschutz in Wien. Schutzkonzept für die Wechselkröte und Stellungnahme zur Situation des Donaukammolchs. Wien (Gutachten im Auftrag der MA 22), 44 S.
- Ratzel, M. 1993. Straßenentwässerung - Fallenwirkung und Entschärfung unter besonderer Berücksichtigung der Amphibien. Karlsruhe (Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege), 167 S.
- Reading, C.J. 1989. Opportunistic predation of common toads *Bufo bufo* at a drift fence in southern England. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford: 105-112.
- Reh, W. 1989. Investigations into the influence of roads on the genetic structure of populations of the common frog *Rana temporaria*. *In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads*. Shefford: 101-103.
- Reichelt, G. 1979. Landschaftsverlust durch Straßenbau *Natur und Landschaft*, 54(13): 335-338.

- Reutter, O., Reutter, U. 1989. Entsiegelung von Verkehrsflächen - der Straßenabbau Elballee. -RaumPlanung, 45: 101-108.
- Road and Hydraulic Engineering Devison (DWW). 1995. Wildlife Crossings for Roads and Waterways. This brochure is a summary of the Dutch report "handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water", reportnumber P-DWW-95-710. Edited by Ministry of Transport, Public Works and Water Management; Directorate General for Public Works and Water Management, Delft. pp 16.
- Schröder, S. 1994. Untersuchung zweier Verkehrswege hinsichtlich der Mortalitätsrate von Wirbeltieren unter besonderer Berücksichtigung der vorhandenen Biotoptypen. Fauna und Flora Rheinland-Pfalz, 7(2): 433-461.
- Sehnal, P., Tiedemann, F. 1990. Zur Bestandssituation der Lurche und Kriechtiere im Wiener Prater (Österreich). Herpetozoa, 2(3/4): 117-130.
- Sinsch, U. 1989. Migratory behaviour of the common toad *Bufo bufo* and the natterjack toad *Bufo calamita*. In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford: 113-125.
- Slater, F.M. 1989. Amphibian barriers in Mid-Wales. In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford: 175-180.
- Wasner, U., Wolff-Straub, R. 1981a. Ökologische Auswirkungen des Straßenbaus auf die Lebensräume des Waldes. Teil 1. LÖLF-Mitteilungen, 6(1): 3-10.
- Wasner, U., Wolff-Straub, R. 1981b. Ökologische Auswirkungen des Straßenbaus auf die Lebensräume des Waldes. Teil 2. LÖLF-Mitteilungen, 6(2): 45-48.
- Wederkinch, E. 1988. Population size, migration barriers, and other features of *Rana dalmatina* populations near Køge, Zealand, Denmark. Mem. Soc. Fauna Flora Fennici, 64: 101-103.
- Weißmair, W. 1996. Amphibien - Gefährdung und Schutz. Bemerkungen zur aktuellen Verbreitung einiger Arten in Oberösterreich. In: Hödl, W. Aubrecht, G. (Hrsg.). Frösche, Kröten, Unken. Aus der Welt der Amphibien. Stapfia, 47: 145-175.
- Welsh, HH., Olivier, L.M. 1998. Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: a case study from California's redwoods. Ecological Applications, 8(4): 1118-1132.
- Zimmerli, E. 1975. Freilandlabor Natur - ein Leitfaden. Zürich (WWF Schweiz).
- Zuiderwijk, A. 1989. Amphibian and reptile tunnels in the Netherlands. In: Langton, T.E.S. (Hrsg.): Amphibians and roads. Shefford: 67-74.

8.5.INSEKTEN

8.5.1. Zitierte Literatur

- Barna, O., Lüttmann, J. 1988. Einfluß einer Straßenentwässerungsrinne auf das Bewegungsmuster von Offenland-Laufkäfern. Fauna und Flora Rheinland-Pfalz 5: 173-180.
- Baur, A., Baur, B. 1990.** Are roads barriers to dispersal in the land snail *Arianta arbustorum*. Canadian Journal of Zoology 68: 613-617.
- Bennett, A.F. 1991.** Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. Nature conservation 2: 99-118.
- Berg, K., Kroog, V. 1999: Entwicklungs- und Handlungskonzept für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege an Kreisstraßen. Natur und Landschaft 74: 11-17.
- Blab, J. 1993. Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere. Kilda, Bonn-Bad Godesberg. 479 pp.
- Clark, G.M. 1992. Fluctuating Asymmetrie: a technique for measuring developmental stress of genetic and environmental origin. Acta Zoologica Fennica 191: 29-33.

- Dannenmann, H., Fründ, H.-C. 1995. Rechts-Links-Asymetrie und Größenunterschiede der Gartenameise *Lasius niger* in Stadtbiotopen Osnabrücks. *Natur und Landschaft* 70: 258-262.
- Desender, K., Van Kerckvoorde, M., Mertens, J. 1987. Habitat characteristics and the composition of the carabid beetles fauna on motorway verges across a hill on sandy soil. *Acta Phytopathologica Entomologica Hungarica* 22: 341-347.
- Donath, H. 1986. Der Straßentod als bestandsgefährdender Faktor für Hummeln (Insecta, Hymenoptera, Bombidae). *Potsdam* 22: 39-43.
- Donath, H. 1987. Insektenverluste durch Straßenverkehr im Bereich eines Rotkleefeldes im Sommer 1986. *Entomologische Nachrichten und Berichte* 31: 169-171.
- Donath, H. 1989.** Straßenverkehr und Hummeln – eine erste Bilanz. *Beiträge zur Entomologie* 39: 181-187.
- Flückiger, W., Oertli, J.J. 1978. Observations of an aphid infestation on hawthorn in the vicinity of a motorway. *Naturwissenschaften* 65: 654-655.
- Free, J.B., Gennard, D., Stevenson, J.H., Williams, I.H. 1975. Beneficial insects present on a motorway verge. *Biological Conservation* 8: 61-72.
- Fründ, H.-C. 1990.** Zur bodennahen Fauna in Straßen-Baumscheiben verschiedener Gestaltung. *Natur und Landschaft* 65: 597-599.
- Geipel, K.-H., Kegel, B. 1989. Die Ausbildung der metathoracalen Flugmuskulatur von Laufkäferpopulationen ausgewählter Straßenrandbiotope in Berlin (West). *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Göttingen) 1987: 727-732.*
- Gepp, J. 1973.** Kraftfahrzeugsverkehr und fliegende Insekten. *Natur und Land* 59: 127-129.
- Gepp, J. 1987.** Technogene und strukturbedingte Dezimierungsfaktoren der Stadttierwelt – Ein Überblick. *Tagungsbericht Stadtökologie* 3: 99-127.
- Grimm, B., Paill, W., Kaiser, H. 1999. Daily activity of the pest slug *Arion lusitanicus* Mabille. *Journal of Molluscan Studies*.
- Großkopf, J. 1988. Die Aktivitätsstruktur der Carabiden des Straßenrandes als Folge von Mulchen und Saugmähen. *Natur und Landschaft* 63: 511-516.
- Hagen, H. 1984. Unfalltod bei *Calopteryx splendens* Harris. *Libellula* 3: 100-102.
- Havelka, P. 1980.** Gefährdung des flugunfähigen Ölkäfers *Meloe violaceus* durch den Straßenverkehr. *Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg* 51/52: 399-410.
- Heusinger, G. 1988. Heuschreckenschutz im Rahmen des Bayerischen Arten- und Biotopschutzprogrammes – Erläuterungen am Beispiel des Landkreises Weißenburg-Gunzenhausen. *Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz* 83: 7-31.
- Heydemann, B. 1981. Zur Frage der Flächengröße von Biotopbeständen für den Arten- und Ökosystemschutz. *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* 31: 21-51.
- Hofmann, I. 1987. Die Spinnenfauna (Arachnida, Araneae) eines Straßenhanges bei Weidenhausen/Werra-Meißner-Kreis/Hessen. *Hessische Faunistische Briefe* 7: 62-71.
- Janeschitz-Kriegl, G. 1998. Natur und Staubsauger! *Entomologisches Nachrichtenblatt* 5. 1-2.
- Kaltenbach, T., Küppers, P.V. 1987. Kleinschmetterlinge: beobachten - bestimmen. Neumann-Neudamm, Melsungen. 287 pp.
- Kaule, G. 1991. Arten- und Biotopschutz. Ulmer, Stuttgart. 519 pp.
- Kneitz, G. 1990. Ameisen (Hym., Formicidae) als Bioindikatoren an Straßenrändern. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik* 636: 191-195.
- Koch, M. 1988. Schmetterlinge. Neumann, Leipzig. 792 pp.
- Koßler, J. 1990.** Die Arthropoda-Fauna gemähter und nichtgemähter Flächen neben einer Autobahn. *Faunistisch-ökologische Mitteilungen, Supplement* 9: 73-106.
- Krause, A. 1982. Straßenbegleitgrün. Die Chance für Flora und Vegetation in Händen der

- Straßenmeistereien. *Natur und Landschaft* 57: 57-61.
- Kurtze, W. 1974. Synökologische und experimentelle Untersuchungen zur Nachtaktivität von Insekten. *Zoologisches Jahrbuch für Systematik* 101: 297-344.
- Küster, H. 1996. *Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa*. Beck, München. 424 pp.
- LÖLF - Landanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen 1992. Leuchtende Todesfallen. Übertriebene Außenbeleuchtung gefährdet nachtaktive Insekten. 3pp.
- Mader, H.-J. 1979.** Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen, untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 19: 131 pp.
- Mader, H.-J. 1980. Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht. *Natur und Landschaft* 55: 91-96.
- Mader, H.-J. 1981.** Der Konflikt Straße - Tierwelt aus ökologischer Sicht. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 21: 104 pp.
- Mader, H.-J. 1984.** Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* 29: 81-96.
- Mader, H.-J. 1987a.** Direkte und indirekte Einflüsse des Straßennetzes auf die freilebende Tierwelt (Wirbeltiere und Wirbellose) und auf die Populationsdynamik. *In: Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports (Hrsg.): Routes et Faune Sauvage* 19-29.
- Mader, H.-J. 1987b. Straßenränder, Verkehrsnebenflächen – Elemente eines Biotopverbundsystems? *Natur und Landschaft* 62: 296-299.
- Mader, H.-J., Mühlenberg, M. 1980. Artenzusammenstzung und Ressourcenangebot einer kleinflächigen Habitatinsel, untersucht am Beispiel der Carabidenfauna. *Pedobiologia* 21: 46-59.
- Mader, H.-J., Schell, C., Kornacker, P. 1988.** Feldwege – Lebensraum und Barriere. *Natur und Landschaft* 63: 251-256.
- Martin, K., Roweck, H. 1988.** Zur anthropogenen Isolierung von Landschneckenpopulationen. *Landschaft + Stadt* 20: 151-155.
- Maurer, R. 1974.** Die Vielfalt der Käfer- und Spinnenfauna des Wiesenbodens im Einflußbereich von Verkehrs immissionen. *Oecologia* 14: 327-351.
- Meier, M. 1992. Nachtfalter: Methoden, Ergebnisse und Problematik des Lichtfanges im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen. *In: Trautner, J. (Hrsg.): Arten- und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen.* 203-218.
- Mikkola, K. 1972. Behaviourial and electrophysiological responses of night flying insects, especially Lepidoptera, to near-ultraviolet and visible light. *Annales Zoologici Fennici* 9: 225-254.
- Mols, P.J.M. 1979: Motivation and walking behaviour of the carabid beetles *Pterostichus coerulescens* L. at different densities and distributions of the prey. *In: On the evolution of behavoiur in carabid beetles. Veenman & Zonen, Wageningen.* 185-197.
- Muggleton, J., Benham, B.R. 1975. Isolation and the decline of the Large Blue Butterfly (*Maculinea arion*) in Great Britan. *Biological Conservation* 7: 119-128.
- Mühlenberg, M. 1993. Die Erforschung des Flächenanapruches von Tierpopulationen – Abhängigkeit von der Biotopqualität, Konsequenzen für die Eingriffsplanung. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrs technik* 636: 119-130.
- Mühlenberg, M., Slowik, J. 1997. *Kulturlandschaft als Lebensraum*. Quelle & Meyer, Wiesbaden. 312 pp.
- Mühlenberg, M., Werres, W. 1983. Lebensraumverkleinerung und ihre Folgen für einzelne

- Tiergemeinschaften. *Natur und Landschaft* 58: 43-50.
- Müller, J.K. 1984. Die Bedeutung der Fallenfang-Methode für die Lösung ökologischer Fragestellungen.- *Zoologisches Jahrbuch für Systematik* 111: 281-305.
- Müller-Motzfeld, G. 1994. Ein Käfer gegen die Autobahn? *Insecta, Berlin* 3: 51-65.
- Olthoff, T. 1986. Untersuchungen zur Insektenfauna Hamburger Straßenbäume. *Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg* 8: 213-229.
- Pauritsch, G. 1984.** Die Carabidengemeinschaften unterschiedlich großer Straßeninseln (Autobahneinschlüsse). *Laufener Seminarbeiträge* 7: 79-85.
- Peschel, R. 1995. Abfallkörbe als tödliche Käferfallen – Hinweise zum praktischen Naturschutz. *Entomologische Nachrichten und Berichte* 39: 64.
- Pichinot, V.B. 1990. Phytophage Wirbellose in Straßenrandbiotopen in Schleswig-Holstein. *Faunistisch-ökologische Mitteilungen, Supplement* 9: 7-45.
- Plachter, H. 1991. *Naturschutz*. Fischer, Stuttgart. 463 pp.
- Port, G.R., Thompson, J.R. 1980. Outbreaks of insect herbivores on plants along motorways in the United Kingdom. *Journal of Applied Ecology* 17: 649-656.
- Przybylski, Z. 1979. The effect of automobile exhaust gases on the arthropods of cultivated plants, meadows and orchards. *Environmental Pollution* 19:157-161.
- Rahmel, U., Ruf, A. 1994. Eine Feldmethode zum Nachweis von anthropogenem Streß auf natürliche Tierpopulationen: „Fluctuating Asymetry“. *Natur und Landschaft* 69: 104-107.
- Reck, H. 1993. Standardprogramm zur Beurteilung der Belange des Arten- und Biotopschutzes in der Straßenplanung. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrs technik* 636: 7-37.
- Reck, H., Kaule, G. 1993.** Straßen und Lebensräume. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik* 654. 230 pp.
- Reck, H., Rietze, J., Hermann, G. 1993.** Bioökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege – Zöologische Untersuchungen auf den Grünbrücken „Württembergle“, „Hohereute“, „Oberderdingen“ und „Mühlhausen 3“ – Jahresbericht 1992, Teil: Wirbellose Tierarten. Unveröffentlichter Bericht der Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung, Stuttgart. 53 pp.
- Riecken, U. 1992. Planungsbezogene Bioindikation durch Tierarten und Tiergruppen – Grundlagen und Anwendung. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 36. 187 pp.
- Riecken, U. 1993. Zur Anwendung der zooökologischen Indikation am Beispiel des tierökologischen Fachbeitrages zur Umweltverträglichkeitsprüfung. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik* 636. 51-61.
- Riecken, U., Schröder, E. 1995. Biologische Daten für die Planung. Auswertung, Aufbereitung und Flächenbewertung. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 43. 427 pp.
- Rietze, J., Reck, H. 1991.** Untersuchungen zur Besiedlung der Verkehrsnebenflächen des Autobahnkreuzes Stuttgart durch Heuschrecken (Orthoptera, Saltatoria) mit besonderer Berücksichtigung der Dispersion der Großen Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*). *Articulata* 6: 91-119.
- Rietze, J., Reck, H. 1993.** Bioökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege – Das Einzugsgebiet von Grünbrücken und der Einfluß von Lebensraum-Korridoren am Beispiel von Heuschrecken an der Grünbrücke „Württembergle“ – Jahresbericht 1993, Teil: Wirbellose Tierarten. Unveröffentlichter Bericht der Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung, Stuttgart. 36 pp.
- Rietze, J., Reck, H. 1997.** Bioökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege – Untersuchungen an der B31n und Abschlußbericht 1997, Teil: Wirbellose

- Tierarten. Unveröffentlichter Bericht der Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung, Stuttgart. 176 pp.
- Rothstein, H. 1995. Ökologischer Landschaftsbau, Grundlagen und Maßnahmen. Ulmer, Stuttgart. 266 pp.
- Samways, M.J. 1994. Insect Conservation Biology. Chapman & Hall, London. 358 pp.
- Sayer, M., Schaefer, M. 1995.** Wert und Entwicklungsmöglichkeiten straßennaher Biotope für Tiere (II). Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 70. 372 pp.
- SNB - Schweizerischer Bund für Naturschutz 1987. Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten, Gefährdung, Schutz. SBN, Basel. 516 pp.
- Selander, R.K., Kaufman, D.W. 1975. Genetic structure of populations of the brown snail (*Helix aspersa*). I. Microgeographic variation. *Evolution* 29: 385-401.
- Stottele, T., Sollman, A. 1992. Ökologisch orientierte Grünpflege an Straßen. Schriftenreihe des Hessischen Landesamtes für Straßenbau.
- Sukopp, H., Wittig, R. 1993. Stadtökologie. Fischer, Stuttgart. 402 pp.
- Tamm, J. 1976.** Choriozönosen auf und an Autostraßen. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 29: 197-202.
- Thiele, H.-U. 1977. Carabid beetles in their environments. Springer, Berlin. 369 pp.
- Trautner, J. 1991. Die Laufkäferfauna des Rosensteinparks und weiterer Grünflächen im Stadtgebiet von Stuttgart (Coleoptera, Carabidae). *Jahrbuch der Gesellschaft für Naturkunde Württemberg* 146: 233-258.
- Usher, M.B., Erz, W. 1986. Erfassen und Bewerten im Naturschutz. Quelle & Meyer, Heidelberg. 340 pp.
- Vermeulen, H.J.W. 1993. The composition of the carabid fauna on poor sandy road-side verges in relation with comparable open areas. *Biodiversity and Conservation* 2: 331-350.
- Vermeulen, H.J.W. 1994a.** Corridor function of a road verge for dispersal of stenotopic heathland ground beetles (Carabidae). *Biological Conservation* 69: 339-349.
- Vermeulen, H.J.W. 1994b. The effects of different vegetation structures on the dispersal of carabid beetles from poor sandy heaths and grasslands. *In: Carabid beetles: Ecology and Evolution*. 387-392.
- Vermeulen, H.J.W., Opdam, P.F.M. 1995: Effectiveness of road-side verges as dispersal corridors for small ground-dwelling animals: a simulation study. *Landscape and urban planning* 31: 233-248.
- Vermeulen, H.J.W., Opsteeg, T. 1994: Movements of some carabid beetles in road-side verges. Dispersal in a simulation programme. *In: Carabid beetles: Ecology and Evolution*. 393-398.
- Wasner, U. 1984.** Schonende Straßenrandpflege läßt Kleintierfauna überleben. Zwischenergebnisse einer mehrjährigen Freilandstudie. *Mitteilungen der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung* 9: 9-17.
- Wasner, U. 1987. Wirkung der Saugmähd auf den Insektenbestand am Straßenrand. *Mitteilungen der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung* 12: 34-39.
- Wasner, U. 1997. Tierartenschutz auf städtischen Grünflächen am Beispiel der Insekten – Grundsätzliches zur Anlage und Pflege. FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Symposium 1996 Bonn-Beuel. 59-67.
- Wasner, U., Wolff-Straub, R. 1987.** Ökologische Empfehlungen zur Mähd von Straßenrändern. *Mitteilungen der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung* 12. 8pp.
- Weidemann, G., Reich, M. 1995.** Auswirkungen von Straßen auf Tiergemeinschaften der Kalkmagerrasen unter besonderer Berücksichtigung der Rotflügeligen Schnarrschrecke

- (*Psophus stridulus*) und des Schachbretts (*Melanargia galathea*) (Saltatoria, Acrididae und Lepidoptera, Satyridae). Beihefte der Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 83: 407-424.
- Wollweber, K. 1990. Untersuchungen über die Abhängigkeit der Bodenfauna in Straßenrandökosystemen von der Exposition der Böschungen und den Nachbarbiotopen. Faunistisch-ökologische Mitteilungen, Supplement 9: 47-73.
- Zangger, A. 1995. Wildlife overpass over a motorway as connecting means for forest arthropod communities. Dissertation, Bern. 95 pp.
- Zöller, S. 1995. Untersuchungen zur Ökologie von *Oedipoda germanica* (Latreille, 1804) unter besonderer Berücksichtigung der Populationsstruktur und Mobilität. *Articulata* 10: 21-59.

8.5.2. Weiterführende Literatur

- Bastian, O., Schreiber, K.-F. 1994. Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. Fischer, Jena. 502 pp.
- Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 1999. Leuchtende Todesfallen. *Naturschutz und Landschaftspflege* 31: 60.
- Blab, J. 1992. Isolierte Schutzgebiete, vernetzte Systeme, flächendeckender Naturschutz? Stellenwert, Möglichkeiten und Probleme verschiedener Naturschutzstrategien. *Natur und Landschaft* 67: 419-424.
- Böhmer, K., Buresch, W., Frank, K., Holzner, W., Kriechbaum, M., Kutzenberger, H., Lazowski, W., Paar, M., Schramayr, G., Zukrigel, K. 1989. Biotoptypen in Österreich, Vorarbeiten zu einem Katalog. Umweltbundesamt, Wien. 233 pp.
- Bohn, U., Bürger, K., Mader, H.-J. 1989. Leitlinien des Naturschutzes und der Landschaftspflege. *Natur und Landschaft* 64: 379-381.
- Buser, H. 1974. Lichtfang auf der Kunsteisbahn. *Entomologische Gesellschaft Basel* 24: 127-131.
- Butovskii, R.O. 1995. The motorway influence on mass structure of carabid communities (Coleoptera, Carabidae) in the forest ecosystems of Moscow Region. *Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody Otdel Biologicheskii* 100: 48-53.
- Ellenberg, H., Müller, K., Stottele, T. 1981. Straßen-Ökologie. Auswirkungen von Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften. *In: Ökologie und Straße, Broschürenreihe der Deutschen Straßenliga* 3.122. pp
- Ewald, K.C. 1996. Traditionelle Kulturlandschaften. *In: Naturlandschaft, Kulturlandschaft. Ecomed, Landsberg.* 99-119.
- Eyholzer, R. 1995. Auswirkungen der Erschließung von Wäldern der montanen Stufe auf die Laufkäfer (Col., Carabidae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 68: 83-102.
- FIFB 1993. Bedeutung von Isolation, Flächengröße und Biotopqualität für das Überleben von Tier- und Pflanzenpopulationen in der Kulturlandschaft am Beispiel von Trockenstandorten. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 2: 58-60.
- Fliße, J., Zucchi, H. 1993. Besiedlung innerstädtischer Kleinstgrünflächen durch Spinnen und Laufkäfer (Araneae et Carabidae). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 2: 99-112.
- Forman, R.T.T. 1991. Landscape corridors: from theoretical foundation to public policy. *Nature Conservation* 2: 71-84.
- Forschungsverbund IFB 1993. Bedeutung von Isolation, Flächengröße und Biotopqualität für das Überleben von Tier- und Pflanzenpopulationen in der Kulturlandschaft am Beispiel von Trockenstandorten. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 2: 58-60.
- Gill, J.A., Sutherland, W.J., Watkinson, A.R. 1996. A method to quantify the effects of

- human disturbance on animal populations. *Journal of Applied Ecology* 33: 786-792.
- Grau, S. 1998: Überblick über Arbeiten zur Landschaftszerschneidung sowie zu unzerschnittenen Räumen in der Bundes- Landes- und Regionalplanung Deutschlands. *Natur und Landschaft* 73: 427-434.
- Greulich, L. 1982. Der Einfluß einer Biotopzerstörung durch Wegebau auf die Fauna der Trockenrasen am Bausenberg (Untersuchungen an Carabiden und Isopoden). *Decheniana Beihefte* 27: 9-46.
- Gruttke, H. 1997. Impact of landscape changes on the ground beetles fauna (Carabidae) of an agricultural countryside. *In: Habitat fragmentation & Infrastructure*. 149-159.
- Grzymala, D. 1994. Beobachtungen zum Einfluß von Umweltmaßnahmen auf die Schmetterlingsfauna entlang der Autobahn A 111 (Lep.). *Entomologische Nachrichten und Berichte* 38: 66.
- Haeck, J., Hengeveld, R., Turin, H. 1980. Colonization of road verges in three dutch polders by plants and ground beetles. *Entomologia Generalis* 6: 201-215.
- Halle, S. 1996. Metapopulationen und Naturschutz – eine Übersicht. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 5: 141-150.
- Heusser, H. 1967. Gefährlicher als alle natürlichen Feinde zusammen: Der Straßentod. *Natur und Landschaft* 42: 129-130.
- Kaule, G., Beutler, A., Haase, R., Scholl, G., Seidl, F. 1983. Trennwirkung von Flurbereinigungswegen und Bedeutung von Rainen und Banketten. *Institut für Landschaftsplanung*. 156 pp.
- Kaule, G., Beutler, A., Scholl, G., Schwenninger, H., Seidl, F. 1984. Ökologische Wirkungen unterschiedlicher Wirtschaftswegetypen. *Institut für Landschaftsplanung*. 121 pp.
- Kias, U., Mandler, S. 1995. Visualisierung der Auswirkungen von Straßenbauvorhaben. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 24: 517-552.
- Klausnitzer, B. 1987. *Ökologie der Großstadtfauna*. Fischer, Stuttgart. 225 pp.
- Klausnitzer, B., Klausnitzer, U. 1993. Städtische Brachflächen – potentiellen Naturschutzgebiete für Insekten? Ein Literaturüberblick. *Geobotanisches Kolloquium* 9: 31-44.
- Knoflacher, H., Macoun, T. 1989. *Ökologie und Straßenverkehr*. UBA Report 35. 178 pp.
- Knutson, R.M. 1993. *Flattened Fauna. A field guide to common animals of roads, streets, and highways*. Ten Speed Press, Berkeley. 88 pp.
- Lohmeyer, W., Pretschner, P. 1982. Zur Kenntnis der Flora, Vegetation und Fauna eines schützenswerten Lößhohlweges am Haupttassenabhang in Bonn-Bad Godesberg. *Natur und Landschaft* 57: 195-204.
- Maczey, N., Boye, P. 1995. Lärmwirkungen auf Tiere – ein Naturschutzproblem? *Natur und Landschaft* 70: 545-549.
- Mader, H.J. 1980. Fauna - roads: outline of a solution. *Naturopa* 36: 19-22.
- Mader, H.-J. 1981. Untersuchungen zum Einfluß der Flächengröße von Inselbiotopen auf deren Funktion als Trittstein oder Refugium. *Natur und Landschaft* 56: 235-242.
- Mader, H.-J. 1984. Inselökologie – Anwendung in der Planung des ländlichen Raums. *Laufener Seminarbeiträge* 7: 7-16.
- Mader, H.-J. 1987. Verinselung in Verdichtungsgebieten. *In: Ökologische Probleme in Verdichtungsgebieten, Hohenheimer Arbeiten*, Stuttgart. 129-138.
- Mader, H.-J. 1990. Die Isolation von Tier- und Pflanzenpopulationen als Aspekt einer europäischen Naturschutzstrategie. *Natur und Landschaft* 65: 9-12.
- Matzi, R. 1994. Auswirkungen von Straßenbauten in schutzwürdigen Gebieten Kärntens: der Klimafaktor. *Carinthia II* 184/104: 143-156.
- Maurer, R. 1980. Beiträge zur Tiergeographie und Gefährdungsproblematik schweizerischer

- Spinnen. *Rev. Suisse de Zoologie* 87: 279-299.
- Mederake, R., Schmidt, W. 1989. Pflegeversuche auf Straßenbegleitflächen. *Natur und Landschaft* 64: 499-506.
- Mühlenberg, M. 1984. Versuche zur Theorie der Inselökologie am Beispiel experimenteller Wiesenverkleinerungen. *Laufener Seminarbeiträge* 7: 25-38.
- Müller, H., Steinwarz, D. 1988. Auswirkungen unterschiedlicher Schnittvarianten auf die Arthropdenzönose einer urbanen Grünfläche. *Natur und Landschaft* 63: 335-339.
- Netz, B. 1990. Landschaftsbewertung der unzerschnittenen verkehrssarmen Räume – eine rechnergestützte Methode zur Ermittlung der Erholungsqualität von Landschaftsräumen auf Bundesebene. *Natur und Landschaft* 65: 327-330.
- Olschowy, G. 1975. Straße und Umwelt. Ökologische Gesichtspunkte beim Straßenbau. *Natur und Landschaft* 50: 337-343.
- Pauer, R. 1975. Die Ausbreitung der Carabiden in der Agrarlandschaft, unter besonderer Berücksichtigung der Grenzbereiche verschiedener Feldkulturen. *Zeitschrift für Angewandte Zoologie* 62: 457-489.
- Reichholf, J. 1983. Tierwelt. *In: Ökologie im Bau- und Planungswesen*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart. 102-128.
- Riecken, U. 1992. Grenzen der Machbarkeit aus zweiter Hand. *Natur und Landschaft* 67: 527-535.
- Riecken, U., Ries, U., Ssymank, A. 1994. Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. Kilda, Greven. 184 pp.
- Rijnsdorp, A.D. 1980. Patterns of movement in and dispersal from a Dutch forest of *Carabus problematicus* (Col., Carab.). *Oecologia* 45: 274-281.
- Rowold, W. 1994. Zur Gefährdung von Insekten durch Lichtreklamen nebst einigen bemerkenswerten Käferfunden aus dem Gebiet des Neusiedler Sees im August 1991 (Insecta: Coleoptera). *Entomologisches Nachrichtenblatt* 1: 13.
- Samhaber, J. 1998. Eine extensiv genutzte Straßenböschung als vielfältiger Lebensraum. *ÖKO L* 20: 28-32.
- Schaefer, M. 1974. Auswirkungen natürlicher und experimenteller Störungen in Grenzzonen von Ökosystemen, untersucht am Beispiel der epigäischen Arthropodenfauna. *Pedobiologia* 14: 51-60.
- Schulte, W., Fründ, H.-C., Söntgen, M., Graefe, U., Ruszkowski, B., Voggenreiter, V., Weritz, N. 1989. Zur Biologie städtischer Böden. Kilda, Greven. 184 pp.
- Schwenninger, H.R., Wolf-Schwenninger, K. 1998. Naturschutzorientierte Umgestaltung von Straßenbegleitgrün. Neuer Lebensraum für Wildbienen und Tagfalter in der Großstadt? *Natur und Landschaft* 73: 386-392.
- Spencer, H.J., Port, G.R. 1988. Effects of roadside conditions on plants and insects. II. soil conditions. *Journal of Applied Ecology* 25: 709-715.
- Terborgh, J.W. 1974. Preservation of natural diversity: the problem of extinction-prone species. *BioScience* 24: 715-722.
- Ullmann, I., Heindl, B. 1986. „Ersatzbiotop Straßenrand“, Möglichkeiten und Grenzen des Schutzes von basophilen Trockenrasen an Straßenböschungen. *Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege* Laufen 10: 103-118.
- Wahlbrink, D., Zucchi, H. 1994. Occurrence and settlement of Carabid beetles on an urban railway embankment – a contribution to urban ecology. *Zoologisches Jahrbuch für Systematik* 121: 193-201.
- Wegener, U. 1991. Schutz und Pflege von Lebensräumen. Fischer, Jena. 313 pp.
- Wohofsky, A. 1997. Die Trennwirkung von Lebensräumen durch Straßensysteme. *Carinthia II* 187/107: 267-279.

Wolf, H. 1977. Tödliche Straßen. *Naturoipa* 27: 24-26.

8.6.TOXIKOLOGIE

8.6.1. Zitierte Literatur

- Abraham, W. M. Kim, Sielczak, C. S., Eldridge, M. W., Stevenson, M., Chapman, J. S., Wanner, G. A. 1986. Postnatal maturation of mucociliary function in sheep: normal development and development after injury with ozone. *American Review of Respiratory Disease* 133 part 2, Annual Meeting of the American Lung Association and the American Thoracic Society, Kansas City, May 1986.
- Amrhein, C., Strong, J. E., Mosher, P.A. 1992. Effect of deicing salts on metal and organic matter mobilization in roadside soils. *Environmental Science & Technology* 26: 703-709.
- Anonymous 1983. Benzo(a)pyrene. IARC monographs on the Evaluation of the Carcinogenic risk of chemicals to humans 32: 211 - 224.
- Anonymous 1989.** Integrated criteria document ozone. National Institute for Public Health and Environmental Protection (RIVM), The Netherlands; Report No 758474008.
- Arndt, U. 1995.** Air pollutants and pheromones: A problem? *Chemosphere* 30: 1023-1031.
- Atwal, O. S. 1980. Ultrastructural changes of endothelium associated with platelet-thrombi in experimentally ozone induced parathyroiditis. *Anatomia Histologia Embryologia* 9: 178.
- Avery, R. A., White, A. S., Martin, M. H., Hopkin, T. 1983. Concentrations of heavy metals in common lizards (*Lacerta vivipara*) and their food and environment. *Amphibia – Reptilia* 4: 205 - 213.
- Beeby, A., Richmond, L. 1989. The shell as a site of lead deposition in *Helix aspersa*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 18: 623 - 628.
- Beeby, A., Richmond, L. 1998. Variation in the mineral composition of eggs of the snail, *Helix aspersa* between populations exposed to different levels of metal contamination. *Environmental Pollution* 101: 25 - 31.
- Bengeri, K. V., Patil, H. S. 1986. Lead induced histological changes in the liver of *Puntius arulius*. *Journal of Animal Morphology and Physiology* 33: 147 - 150.
- Bengeri, K. V., Patil, H. S. 1987. Histopathological changes in the gill of *Puntius arulius* induced by lead. *Journal of Animal Morphology and Physiology* 34: 113-116.
- Bennett, A. F. 1991.** Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. In: Saunders, D. A., Hobbs, R. J. (ed.): *Nature Conservation 2: The role of corridors*. Surrey Beatty & Sons, pp. 99 - 118.
- Berger, B., Dallinger, R. 1993. Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. *Environmental Monitoring and Assessment* 25: 65 - 84.
- Biological Reports 85 (1.11) 1987. Polycyclic aromatic hydrocarbons hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review.
- Birdsall, C. W., Grue, C. E., Anderson, A. 1986. Lead Concentrations in Bullfrog *Rana catesbeiana* and Green Frog *R. clamitans* Tadpoles Inhabiting Highway Drainages. *Environmental Pollution (Series A)* 40: 233 - 247.
- Bolsinger, M., Lier, M. E., Lansky, D. M., Hughes, P. R. 1991.** Influence of ozone air pollution on plant-herbivore interactions. Part 1: Biochemical changes in ornamental milkweed (*Asclepias curassavica* L.: Asclepiadaceae) induced by ozone. *Environmental Pollution* 72: 69 -83.
- Braun, S., Fluckiger, W. 1989. Effect of ambient ozone and acid mist on aphid development. *Environmental Pollution* 56: 177 - 188.

- Brown, V., Shurben, D., Miller, W., Crane, M. 1994. Cadmium toxicity to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum and brown trout *Salmo trutta* L. over extended periods. *Ecotoxicology Environmental Safety* 29: 38-46.
- Buchgeher, M. 1996. Straßenwässer in Oberösterreich. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung. Abteilung Wasserbau.
- Burger, J. 1992. Trace element levels in pine snake hatchlings: Tissue and temporal differences. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 22: 209 - 213.
- Burger, J., Gochfeld, M. 1993. Lead and behavioral development in young herring gulls: Effects of timing of exposure on individual recognition. *Fundamental and Applied Toxicology* 21: 187 - 195.
- Campo, G., Orsi, M., Badino, G., Giancomelli, R., Spezzano, P. 1996. Evaluation of motorway pollution in a mountain ecosystem. Pilot project: Susa Valley (Northwest Italy) years 1990-1994. *The Science of the Total Environment* 189 - 190: 161 - 166.
- Cannon, W. N. Jr. 1993. Gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) consumption and utilization of northern red oak and white oak foliage exposed to simulated acid rain and ozone. *Environmental Entomology* 22: 669-673.
- Caprino, L., Togna, G. 1998. Potential health effects of gasoline and its constituents: A review of current literature (1990 – 1997) on toxicological data. *Environmental Health Perspectives* 106: 115 – 125.
- Carey, C., Bryant, C. J. 1995. Possible interrelations among environmental toxicants, amphibian development, and decline of amphibian populations. *Environmental Health Perspectives* 103 Suppl 4: 13 - 17.
- Carru, A. M., Teil, M. J., Blanchard, M., Chevreuril, M., Chesterikoff, A. 1996.** Evaluation of the roach (*Rutilus rutilus*) and the perch (*Perca fluviatilis*) for the biomonitoring of metal pollution. *Journal of Environmental Science and Health Part A: Environmental Science and Engineering & Toxic and Hazardous Substance Control* 31: 1149 - 1158.
- Clark, D. R. Jr. 1979.** Lead Concentrations: Bats vs. Terrestrial Small Mammals Collected Near a Major Highway. *Environmental Science & Technology* 13: 338 - 340.
- Clark, D. R. Jr. 1992. Organochlorines and heavy metals in 17-year cicadas pose no apparent dietary threat to birds. *Environmental Monitoring and Assessment* 20: 47 - 54.
- Dallinger, R., Berger, B., Birkel, S. 1992. Terrestrial isopods: Useful biological indicators of urban metal pollution. *Oecologia (Heidelberg)* 89: 32 - 41.
- Egermann, F. 1996. Schwermetallbelastung, Parasitenbefall und Alter von im Straßenverkehr getöteten Weißbrust- oder Ostigel (*Erinaceus concolor* Martin, 1838) aus Niederösterreich. - Dissertation, Univ. Wien.
- Endress, A. G., Jeffords, M. R., Case, L. J., Smith, L. M. I. 1991. Ozone-induced acceptability of yellow-poplar and black cherry to gypsy moth larvae. *Journal of Environmental Horticulture* 9: 221 - 225.
- EPA 1982. An exposure and risk assessment for benzo(a)pyrene and other polycyclic aromatic hydrocarbons. Environmental Protection Agency-440/4-85-020-V1.
- Fangmeier, A., Steubing, L. 1986. Cadmium and lead in the food web of a forest ecosystem. *Atmos. Pollut. For. Areas: Their Deposition Interception*, [Proc. Symp.], 2nd; Reidel: Dordrecht, Neth, 223 - 234. Editor: Georgii, Hans-Walter.
- Fellenberg, G. 1992. *Chemie der Umweltbelastung*. B.G. Teubner Stuttgart.
- Fletcher, B. L., Tappel, A. L. 1973. Protective effects of dietary alpha-tocopherol in rats exposed to toxic levels of ozone and nitrogen dioxide. *Environmental Research* 6: 165 - 175.

- Freeman, G., Stephens, R. J., Coffin, D. L., Stara, J. F. 1973. Changes in dogs' lungs after long-term exposure to ozone. Light and electron microscopy. *Archives of Environmental Health* 26: 209 - 216.
- Fritzer, H. 1992.** Gewässerbelastung durch Straßenabflüsse. Straßenforschung Heft 406. Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten.
- Fukunaga, K., Suzuki, T., Hara, A., Takama, K. 1992 a. Effect of ozone on the activities of reactive oxygen scavenging enzymes in RBC of ozone exposed Japanese charr (*Salvelinus leucomaenis*). *Free Radical Research Communications* 17: 327 - 333.
- Fukunaga, K., Suzuki, T., Arita, M., Suzuki, S., Hara, A., Yamauchi, K., Shinriki, N., Ishizaki, K., Takama, K. 1992 b. Acute toxicity of ozone against morphology of gill and erythrocytes of Japanese charr (*Salvelinus leucomaenis*). *Comparative Biochemistry Physiology C* 101: 331-336.
- Fukunaga, K., Suzuki, T., Takama, K. 1994. In vitro oxidative damage of fish red blood cells by ozone exposure. *Frontiers of Reactive Oxygen Species in Biology and Medicine*: 189 - 190.
- Fukunaga, K., Suzuki, T., Takama, K. 1991. Effect of ozone exposure on the compositions of gill and erythrocyte membrane lipids and proteins of Japanese charr (*Salvelinus leucomaenis*). *Comparative Biochemistry Physiology B* 100: 481 - 487.
- Gill, T. S., Tewari, H., Pande, J. 1991. Effects of water-borne copper and lead on the peripheral blood in the rosy barb, *Barbus (Puntius) conchoni* Hamilton. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 46: 606 - 612.
- Gjessing, E., Lygren, E., Andersen, S., Berglund, L., Carlberg G. 1984. Acute Toxicity and Chemical Characteristics of moderately polluted Runoff from Highways. *The Science of the Total Environment* 33: 225 - 232.
- Goldsmith, C. D. Jr., Scanlon, P. F. 1977.** Lead levels in small mammals and selected invertebrates associated with highways of different traffic densities. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 17: 311 - 316.
- Graeff, S., Berkus, M., Alberti, G., Koehler, H. R. 1997. Metal accumulation strategies in saprophagous and phytophagous soil invertebrates: A quantitative comparison. *Biometals* 10: 45 - 53.
- Greville, R. W., Morgan, A. J. 1991. A comparison of lead, cadmium and zinc accumulation in terrestrial slugs maintained in microcosms: Evidence for metal tolerance. *Environmental Pollution* 74: 115 - 128.
- Grue, C. E., Hoffman, D. J., Beyer, W. N., Franson, L. P. 1986. Lead concentrations and reproductive success in European starlings *Sturnus vulgaris* nesting within highway roadside verges. *Environmental Pollution Series A: Ecological and Biological* 42: 157 - 182.
- Gutleb, A. C., Kranz, A., Nechay, G., Toman, A. 1998. Heavy metal concentrations in livers and kidneys of the otter (*Lutra lutra*) from Central Europe. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 60: 273 - 279.
- Haidacher, S., Fachbach, G. 1991. Experimental acid tolerance analyses of the embryos and larvae of European amphibians. *Salamandra* 27: 108 - 118.
- Hannus-Illnar, A. 1995. Immissionen von aromatischen Kohlenwasserstoffen im Stadtbereich von Wien. Bundesministerium für Umwelt, Umweltbundesamt.
- Herkovits, J., Perez-Coll, C. S., 1993. Stage-Dependent Susceptibility of *Bufo araneum* Embryos to Cadmium. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 50: 608 - 611.

- Hiltbrunner, E., Fluckiger, W. 1992. Altered feeding preference of beech weevil *Rhynchaenus fagi* L. for beech foliage under ambient air pollution. *Environmental Pollution* 75: 333 - 336.
- Holcombe, G. W., Phipps, G. L., Sulaiman, A. H., Hoffman, A. D., 1987. Simultaneous multiple species testing: acute toxicity of 13 chemicals to 12 diverse freshwater amphibian, fish, and invertebrate families. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 16: 697-710.
- Holopainen, J. K., Braun, S., Fluckiger, W. 1994. The response of spruce shoot aphid *Cinara pilicornis* Hartig to ambient and filtered air at two elevations and pollution climates. *Environmental Pollution* 86: 233 - 238.
- Holopainen, J. K., Kossi, S. 1998. Variable growth and reproduction of the spruce shoot aphid, *Cinara pilicornis*, to increasing ozone concentrations. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 87: 109 - 113.
- Hontela, A., Daniel, C., Ricard, A. C. 1996. Effects of acute and subacute exposures to cadmium on the interrenal and thyroid function in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Toxicology* 35: 171 - 182.
- Huckabee, J. W., Goodyear, C. P., Jones, R. D. 1975. Acid Rock in the Great Smokies: Unanticipated Impact on Aquatic Biota of Road Construction in Regions of Sulfide Mineralization. *Transactions of American Fisheries Society* 4: 677 - 684.
- Hwang, D. F., Lin, J. F., Jeng, S. S. 1996. Comparative toxicity of copper and zinc to isolated eel hepatocytes. *Chemistry and Ecology* 12: 109 - 114.
- Iivonen, P., Piepponen, S., Verta, M. 1992.** Factors affecting trace-metal bioaccumulation in Finnish headwater lakes. *Environmental Pollution* 78: 87 - 95.
- Kalas J. A., Myklebust, I. 1994. Monitoring terrestrial ecosystems: Accumulation of metals in cervids. *Nina Utredning* 0(58): 1 - 45.
- Kaminski, P., Matus, A. 1998. The impact of urban environments on the growth and histopathological changes of tree Sparrow (*Passer montanus*) nestlings. *Polish Journal of Environmental Studies* 7: 131 - 150.
- Knoflacher, H., Macoun, T. 1989. Ökologie und Straßenverkehr. Umweltbundesamt, Report UBA-89-035.
- Korte, F. 1992. Lehrbuch der ökologischen Chemie. Georg Thieme, Stuttgart, New York.
- Kostelecka-Myrcha, A., Zukowski, J., Oksiejczuk, E. 1997. Changes in the red blood indices during nestling development of the tree sparrow *Passer montanus* in an urban environment. *Ibis* 139: 92 - 96.
- Kozlov, M.V., Lovovsky, A. L., Mikkola, K. 1996 a. Abundance of day-flying lepidoptera along an air pollution gradient in the northern boreal forest zone. *Entomologica Fennica* 7: 137 - 144.
- Kozlov, M. V., Zvereva, E. L., Selikhovkin, A. V. 1996 b. Decreased performance of *Melasma lapponica* (Coleoptera: Chrysomelidae) fumigated by sulphur dioxide: Direct toxicity versus host plant quality. *Environmental Entomology* 25: 143 - 146.
- Kozlov, M.V., Selikhovkin, A. V. 1997. No effects of sulphur dioxide on larval performance of *Epirrita autumnata* (Lepidoptera: Geometridae). *Environmental Entomology* 26: 1361 - 1363.
- Krzysztofiak, L. 1992.** The effect of habitat pollution with heavy metals on ant populations and ant hill soil. *Ekologia Polska* 39: 181 - 202.
- Laskowski, R., Hopkin, S. P. 1996. Effect of Zn, Cu, Pb, and Cd on fitness in snails (*Helix aspersa*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 34: 59 - 69.
- Lefcort, H., Meguire, R. A., Wilson, L. H., Ettinger, W. F. 1998. Heavy metals alter the survival, growth metamorphosis, and antipredatory behavior of Columbia spotted frog

- (*Rana luteiventris*) tadpoles. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 35: 447-456.
- Lemaire-Gony, S., Lemaire, P. 1992. Interactive effects of cadmium and benzo(a)pyrene on cellular structure and biotransformation enzymes of the liver of the European eel *Anguilla anguilla*. Aquatic Toxicology 22: 145-160.
- Leynen, M., Duvivier, L., Girboux, P., Ollevier, F. 1998. Toxicity of ozone to fish larvae and *Daphnia magna*. Ecotoxicology and Environmental Safety 41: 176 - 179.
- Liem, A. K. D., van Zorge, J. A. 1995. Dioxins and Related Compounds: Status and Regulatory Aspects. Environmental Science & Pollution Research 2: 46 - 56.
- Lutz, W. 1985. Results of studies on roe deer (*Capreolus capreolus*) and hare (*Lepus europaeus*) for heavy metals and chlorinated hydrocarbons in North-Rhein-Westphalia (West Germany). Zeitschrift für Jagdwissenschaft 31: 153 - 175.
- Ma, W. C., Broekhuizen, S. 1989. Possible influence of the polluted forelands of the river Meuse on the heavy-metal burden of badgers *Meles meles* in the Netherlands. Lutra 32: 139-151.
- Ma, W. C., Denneman, W., Faber, J. 1991. Hazardous exposure of ground-living small mammals to cadmium and lead in contaminated terrestrial ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 20: 266 - 270.
- Mader, H. J. 1981.** Der Konflikt Straße-Tierwelt aus ökologischer Sicht. - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 22, Bonn-Bad Godesberg .
- Madigosky, S. R., Alvarez-Hernandez, X. Glass, J. 1991. Lead, Cadmium and aluminium accumulation in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* G. collected from roadside drainage ditches in Louisiana. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 20: 253 - 258.
- Magon-Vijay, K. Garg, S. K. 1991. Blood picture of house sparrow *Passer domesticus* on exposure to lead. Environmental Ecology 9: 231 - 233.
- Maletin, S., Djukic, N., Obradovic, S., Ivanc, A., Miljanovic, B., Pujin, V., Zhenjun, S. 1996.** Heavy metal content of fish communities inhabiting the Yugoslav section of the River Danube. Archiv für Hydrobiologie, Supplement 113: 535 - 540.
- Marczyk, G., Migula, P., Trzcionka, E. 1993. Physiological responses of spiders to environmental pollution in the Silesian region (southern Poland). The Science of the Total Environment 0 (Suppl. Part 2): 1315 - 1322.
- Mason, C. F. 1988. Concentrations of organochlorine residues and metals in tissues of otters *Lutra lutra* from the British Isles (UK), 1985-1986. Lutra 31: 62 - 67.
- Mason, C. F., Last, N. I., MacDonald, S. M. 1986. Mercury, cadmium, and lead in British otters. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 37: 844 - 849.
- Matschullat, J., Wyrobek, M. 1993. Controlled experimental acidification of lake sediments and resulting trace metal behavior. Water Air and Soil Pollution 69: 393 - 403.
- Mayer, F. L., Ellersieck, M.R. 1988. Experiences with Single-Species Tests for Acute Toxic Effects on Freshwater Animals. Ambio 17: 367 - 375.
- McBride, R. K., Oberdoerster, G., Marin-Matthew, G. 1991. Effects of ozone on the cholinergic secretory responsiveness of ferret tracheal glands. Environmental Research 55: 79 - 90.
- Mellick, P. W., Schwartz, L. W., Dungworth, D. L. 1975. Ozone-induced pulmonary lesions in rats and Rhesus monkeys. Veterinary Pathology 12: 61 - 62.
- Migula, P., Karpinska, B. 1988. The effect of atmospheric pollution on alpha-glycerophosphate dehydrogenase activity in the satin moth (*Leucoma salicis* (L.)). Environmental Monitoring Assessment 11: 69 - 78.

- Milanov, Z. 1995. Biological indication of the heavy metal pollution with the help of the hare (*Lepus europaeus* Pall.). *Nauka za Gorata* 32: 59 - 65.
- Minoranskij, V. A., Wojciechowski, W. 1988. The effect of exhaust gas of car transportation on the numerical force of the aphid *Protaphis artemisiae* Narz., the ladybug *Coccinella septempunctata*, L. and the ant *Lasius niger* L. within the roadside zone. *Prace Naukowe Uniwersytetu Slaskiego W Katowicach* 988: 21 - 27.
- Morita, J., Suzuki, T., Kimura, S., Hara, A., Takama, K. 1995. Effect of low level ozone exposure on the serum TBA-reactive substance (TBA-RS) level and gill superoxide dismutase and catalase activities in rainbow trout. *Fish. Sci.* 61: 890 - 891.
- Mustafa, M. G. 1975. Influence of dietary vitamin E on lung cellular sensitivity to ozone in rats. *Nutrition Reports International* 11: 473 - 476.
- Mustafa, M. G., DeLucia, J., York, G. K., Arthe, C., Cross, C. E. 1973. Ozone interaction with rodent lung. II. Effects on oxygen consumption of mitochondria. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 82: 357 - 365.
- Nowak, E. 1995. Blei und Cadmium in Leber und Nieren von Wildtieren aus Wien. Diplomarbeit Univ. Wien.
- Osborn, D., Every, W. J., Bull, K. R. 1983. The toxicity of trialkyl lead compounds to birds. *Environmental Pollution Series A: Ecological and Biological* 31: 261 - 275.
- Pankakoski, E., Koivisto, I., Hyvarinen, H., Terhivuo, J. 1994 a. Shrews as indicators of heavy metal pollution. *Carnegie Museum of Natural History Special Publication* 18: 137 - 149.
- Pankakoski, E., Koivisto, I., Hyvarinen, H., Terhivuo, J., Tahka, M. 1994 b. Experimental accumulation of lead from soil through earthworms to common shrews. *Chemosphere* 29: 1639 - 1649.
- Paquette, N. C., Zhang, L., Ellis, W. A., Scott, A. L., Kleeberger, S. R., Zhang, L. Y. 1996. Vitamin A deficiency enhances ozone-induced lung injury. *American Journal of Physiology* 270: 475 - 482.
- Perez-Coll, C. S., Herkovits, J. 1990. Stage dependent susceptibility to lead in *Bufo arenarum* embryos. *Environmental Pollution* 63: 239 - 245.
- Perez-Coll, C. S., Herkovits, J., Salibian, A. 1988. Embryotoxicity of lead on *Bufo arenarum*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 41: 247 - 252.
- Pieronek, B., Jung, J. 1992. Communities of birch-leaf-mining sawflies (Hymenoptera, Tenthredinidae) in selected areas of intensive impact of vehicular traffic in Krakow. *Acta Biologica Cracoviensia Series Zoologia* 34-35: 35 - 47.
- Pinowski, J., Romanowski, J., Barkowska, M., Sawicka-Kapusta, K., Kaminski, P., Kruszewicz, A. G. 1993. Lead and cadmium in relation to body weight and mortality of the house sparrow *Passer domesticus* and tree sparrow *Passer montanus* nestlings. *Acta Ornithologica (Warsaw)* 28: 63 - 68.
- Pinowski, J., Sawicka-Kapusta, K., Barkowska, M., Romanowski, J., Pinowska, B., Kaminski, P. 1995. Heavy metals in nestlings of *Passer spp.* in urban and suburban environments. *Arch. Ochr. Srodowiska* 2: 73 - 82.
- Porzner, A., Weigmann, G. 1991. The oribatid mite fauna on trunks of oak trees along a gradient of vehicle exhaust exposure. *Zoologische Beiträge* 34: 249 - 260.
- Quarles, H. D. III., Hanawalt, R. B., Odum, W. E. 1974.** Lead in small mammals, plants, and soil at varying distances from a highway. *Journal of Applied Ecology* 11: 937 - 949.
- Rabitsch, W. B. 1997. Tissue-specific accumulation patterns of Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, and Mn in workers of three ant species (Formicidae, Hymenoptera) from a metal-polluted site. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 32: 172 - 177.

- Reader, J. P., Everall, N. C., Sayer, M. D. J., Morris, R. 1989.** The effects of eight trace metals in acid soft water on survival, mineral uptake and skeletal calcium deposition in yolk-sac fry of brown trout, *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology* 35: 187 - 198.
- Reck, H., Kaule, G. 1993.** Straßen und Lebensräume. Forschungsberichte aus dem Forschungsprogramm des Bundesministers für Verkehr und Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. Bonn - Bad Godesberg.
- Richkind, K. E., Hacker, A.D. 1980.** Responses of natural wildlife populations to air pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 6: 1 - 10.
- Rombout, P. J. A., Dormans, J. A. M. A., Van-Bree, L., Marra, M. 1991. Structural and biochemical effects in lungs of Japanese quail following a 1-week exposure to ozone. *Environmental Research* 54: 39 - 51.
- Rosenberg, C. E., Peri S. I., Arrieta, M. A., Fink, N. E., Salibian, A. 1998. Red blood cell osmotic fragility in *Bufo arenarum* exposed to lead. *Archives of Physiology and Biochemistry* 106: 19 - 24.
- Rösgen, Ch., Gerdsmeier, J., Greven, H. 1993. Die Wirkung zweier Streusalze auf Collembolengemeinschaften eines Wiesenbodens. *Pedobiologia* 37: 107 - 120.
- Sayer, M. D. J., Reader, J. P., Morris, R. 1989.** The effect of calcium concentrations on the toxicity of copper, lead and zinc to yolk-sac fry of brown trout, *Salmo trutta* L., in soft, acid water. *Journal of Fish Biology* 35: 323 - 332.
- Sayer, M. D. J., Reader, J. P., Morris, R. 1991.** Embryonic and larval development of brown trout, *Salmo trutta* L.: Exposure to aluminum, copper, lead or zinc in soft, acid water. *Journal of Fish Biology* 38: 431 - 456.
- Scanlon, P. F. 1987.** Heavy metals in small mammals in roadside environments: implications for food chains. *The Science of the Total Environment* 59: 317 - 323.
- Scanlon, P. F. 1991.** Effects of highway pollutants upon terrestrial ecosystems. *Studies in Environmental Science* 44: 281 - 338.
- Scharenberg, W., Ebeling, E. 1996. Distribution of heavy metals in a woodland food web. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 56: 389 - 396.
- Scheepers, P. T., Bos, R. P. 1992. Combustion of diesel fuel from a toxicological perspective. II. Toxicity. *International Archive of Occupational and Environmental Health* 64: 163 - 177.
- Schmidt, J. 1980. Blei- und Cadmiumrückstände bei inner- und außerstädtischen Lacertapopulationen. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 9: 297 - 300.
- Spellerberg, I. F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 317 - 333.
- Spindler, T. 1997. Fischfauna in Österreich. Umweltbundesamt, Monographien, Band 87.
- Stamou, G. P., Argyropoulou, M. D. 1995. A preliminary study on the effect of Cu, Pb and Zn contamination of soils on community structure and certain life-history traits of oribatids from urban areas. *Experimental and Applied Acarology* 19: 381 - 390.
- Sary, P., Kubiznakova, J., Kindlmann, P. 1989. Heavy metal traffic pollutants in the small eggar, *Eriogaster lanestris* (L.) (Lepidoptera, Lasiocampidae). *Ekologia-CSSR* 8: 211 - 218.
- Summerfelt, S. T., Hochheimer J. H. 1997. Review of ozone processes and applications as an oxidizing agent in aquaculture. *Progressive Fish-Culturist* 59: 94 - 105.
- Tataruch, F. 1984. Untersuchungen zur Schwermetallbelastung der Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas in Österreich. Habilitationsschrift, Vet. Med. Univ. Wien.
- Tataruch, F. 1999. unveröffentlicht.

- Tataruch, F., Lidauer, R. 1984. Die Amsel (*Turdus merula* L.) als Bioindikator für die Umweltbelastung mit Blei, Cadmium und Quecksilber. *Ökologie der Vögel* 6: 185 – 194.
- Tewari, H., Gill, T. S., Pant, J. 1987: Impact of chronic lead poisoning on the hematological and biochemical profiles of a fish, *Barbus conchoni* (Ham). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 38: 748 - 752.
- Trapido, M., Veldre, I. 1996. On polynuclear aromatic hydrocarbons contamination levels in the ecosystem of Lake Peipsi in the 1970s-1980s. *Hydrobiologia* 338: 185 - 190.
- Trumble, J. T., Hare, J. D., Musselman, R. C., McCool, P. M. 1987. Ozone-induced changes in host-plant suitability: Interactions of *Keiferia lycopersicella* and *Lycopersicon esculentum*. *Journal of Chemical Ecology* 13: 203 - 218.
- Umweltbundesamt 1996.** Umweltsituation in Österreich. Vierter Umweltkontrollbericht des Bundesministers für Umwelt an den Nationalrat: Teil A.
- Venaelaenen, E. R., Niemi, A., Hirvi, T. 1996. Heavy metals in tissues of hares in Finland, 1980-82 and 1992-93. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 56: 251 - 258.
- Vogel, W. R. 1988.** Lead and cadmium burden in arthropods from forest areas with different levels of exposure to airborne pollution. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 61: 205 - 216.
- Wang, J. S., Huang, P. M., Liak, W. K., Hammer, U. T. 1991. Kinetics of the desorption of mercury from selected freshwater sediments as influenced by chloride. *Water Air and Soil Pollution* 56: 533 - 542.
- Ward, N. I., Savage, J. M. 1994. Elemental status of grazing animals located adjacent to the London Orbital (M25) motorway. *The Science of the Total Environment* 146-147: 185 - 189.
- Warrington, S. 1989. Ozone enhances the growth rate of cereal aphids. *Agriculture Ecosystems and Environment* 26: 65 - 68.
- Weismann, L., Rehakova, M. 1997. Toxic effect of lead on postembryonic developmental stages of *Mamestra brassicae* L. *Ekologia (Bratislava)* 16: 105 - 111.
- Whittaker, J. B., Kristiansen, L. W., Mikkelsen, T. N., Moore, R. A. 1989. Responses to ozone of insects feeding on a crop and a weed species. *Environmental Pollution* 62: 89 - 102.
- WHO-working-group 1989.** LEAD-environmental aspects. *Environmental Health Criteria* 85.
- WHO-working-group 1991. Platinum. *Environmental Health Criteria* 125.
- WHO-working-group 1993. Benzene. *Environmental Health Criteria* 150.
- Wilczek, G., Migula, P. 1996. Metal body burdens and detoxifying enzymes in spiders from industrially polluted areas. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 354: 643 - 647.
- Williamson, P., Evans, P. R. 1972.** Lead: Levels in Roadside Invertebrates and Small Mammals. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 5: 280 - 288.
- Yanai, M., Ohru, T., Aikawa, T., Okayama, H., Sekizawa, K., Maeyama, K., Sasaki, H., Takishima, T. 1990. Ozone increases susceptibility to antigen inhalation in allergic dogs. *Journal of Applied Physiology* 68: 2267 - 2273.
- Zidenberg, C. S., Han, B., Dubick, M. A., Keen, C. L. 1991. Influence of dietary-induced copper and manganese deficiency on ozone-induced changes in lung and liver antioxidant systems. *Toxicology Letters* 57: 81 - 90.
- Zielinski, H. 1997. Mobilization of pulmonary glutathione and ascorbic acid by dietary intake of antioxidants under ozone exposure in rats - short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 6: 73 - 78.

8.6.2. Weiterführende Literatur

- Alstad, D. N., Edmunds, G. F. Jr., Mittler, T. E., Radovsky, F. J., Resh, V. H. 1982. Effect of air pollutants on insect populations. *Annual Review of Entomology* 27: 369 - 384.
- Artelt, S., Kock, H., Nachtigall, D., Heinrich, U. 1998. Bioavailability of platinum emitted from automobile exhaust. *Toxicology-Letters-Shannon* 96-97: 163 - 167.
- Bishop, C. A., Gendron, A. D. 1998. Reptiles and amphibians: Shy and sensitive vertebrates of the Great Lakes Basin and St. Lawrence River. *Environmental Monitoring and Assessment* 53: 225 - 244.
- Bundy-Kirk, J., Berzins, D. 1998. Differential pulse polarographic analysis of lead and chromium content in Louisiana waters. *Environmental Geochemistry and Health* 20: 45 - 51.
- Burger, J. 1994. Heavy metals in avian eggshells: Another excretion method. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 41: 207 - 220.
- Burger, J., Gochfeld, M. 1991. Cadmium and lead in common terns (*Aves: Sterna hirundo*): Relationship between levels in parents and eggs. *Environmental Monitoring and Assessment* 16: 253 - 258.
- Chappelka, A. H., Kraemer, M. E., Mebrahtu, T., Rangappa, M., Benepal, P. S. 1988. Effects of ozone on soybean resistance to the Mexican bean beetle (*Epilachna varivestis mulsant*). *Environmental and Experimental Botany* 28: 53 - 60.
- Coleman, J. S., Jones, C. G. 1988. Acute ozone stress on eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) and the pest potential of the aphid, *Chaitophorus populicola* Thomas (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 17: 207 - 212.
- Coleman, J. S., Jones, C. G. 1988. Plant stress and insect performance: Cottonwood, ozone and a leaf beetle. *Oecologia (Heidelberg)* 76: 57 - 61.
- Esselink, H., Van der Geld, F. M., Jager, L. P., Posthuma-Trumpie, G. A., Zoun, P. E. F. Baars, A. J. 1995. Biomonitoring heavy metals using the barn owl (*Tyto alba guttata*): Sources of variation especially relating to body condition. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 28: 471 - 486.
- Fortin, M., Mauffette, Y., Albert, P. J. 1997. The effects of ozone-exposed sugar maple seedlings on the biological performance and the feeding preference of the forest tent caterpillar (*Malacosoma disstria* Hbn.). *Environmental Pollution* 97: 303 - 309.
- Fritzer, H. 1993. Grundsätze des Gewässerschutzes an Straßen. Straßenforschungsauftrag Nr. 2.501 des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten.
- Gorritz, A., Llacuna, S., Durfort, M., Nadal, J. 1994. A study of the ciliar tracheal epithelium on passerine birds and small mammals subjected to air pollution: ultrastructural study. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 27: 137 - 142.
- Gutleb, A. C., Gutleb, B. 1991. Rückstände von Cadmium in Wirbeltieren aus dem Koflachtal/ Kärnten. *Carinthia II* 181/101: 606 - 616.
- Gutleb, A. C., Gutleb, B., Gutleb, R. 1992. Blei-, Zink- und Kupfergehalte in Leber und Niere einiger Wirbeltiere aus dem Koflachtal in Kärnten. *Carinthia II* 102: 627 - 631.
- Gutleb, A. C., Nechay, G. 1993. Cadmium, Blei, Zink und Kupfer in Leber und Niere des Fischotters (*Lutra lutra* L. 1758) in Ungarn. In: Gutleb, A.C. [Ed.]: Jahrestagung der Fischottergruppe Österreich, Bad Radkersburg, 29.4 - 1.5. 1993.
- Hahn, E., Hahn, K., Stoeppler, M. 1989. Heavy metals in goshawk (*Accipiter gentilis*) feathers from differently polluted areas. *Journal für Ornithologie* 130: 303 - 310.
- Hontelez, L. C. M. P., Van den Dungen, H. M., Baars, A. J. 1992. Lead and cadmium in birds in the Netherlands: A preliminary survey. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 23: 453 - 456.

- Jager, L. P., Rijniere, F. V. J., Esselink, H., Baars, A. J. 1996. Biomonitoring with the Buzzard *Buteo buteo* in the Netherlands: Heavy metals and sources of variation. *Journal für Ornithologie* 137: 295 - 318.
- Jones, C. G., Coleman, J. S. 1988. Plant stress and insect behavior: Cottonwood, ozone and the feeding and oviposition preference of a beetle. *Oecologia (Heidelberg)* 76: 51 - 56.
- Kock, G., Triendl, M., Hofer, R. 1998. Lead (Pb) in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from oligotrophic alpine lakes: Gills versus digestive tract. *Water Air and Soil Pollution* 102: 303-312.
- Kodavanti, U. P., Costa, D. L., Dreher, K. L., Crissman, K., Hatch, G. E. 1995. Ozone-induced tissue injury and changes in antioxidant homeostasis in normal and ascorbate-deficient guinea pigs. *Biochemical Pharmacology* 50: 243 - 251.
- Koeck, M., Pichler-Semmelrock, F. P., Kosmus, W., Marth, E., Sixl, W. 1989. Accumulation of heavy metals in animals: Part 2. Heavy metal contamination of fish in Styrian waters (Austria). *Journal of Hygiene Epidemiology Microbiology and Immunology (Prague)* 33 (Suppl. 4): 529 - 535.
- Koth, T. 1983. Zum Eisen- Blei- und Zinkgehalt in Eiern von Kohlmeisen (*Parus major*), Blaumeisen (*Parus caeruleus*) und Feldsperling (*Passer montanus*). *Luscinia* 45: 23 - 61.
- Llacuna, S., Gorriz, A., Durfort, M., Nadal, J. 1993. Effects of air pollution on passerine birds and small mammals. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 24: 59 - 66.
- Levy, R., Chiu, Y. J., Cromroy, H. L. 1972. Effects of ozone on three species of Diptera. *Environmental Entomology* 1: 608 - 611.
- Martel, J. 1995. Seasonal variations in roadside conditions and the performance of a gallforming insect and its food plant. *Environmental Pollution* 88: 155 - 160.
- Mason, C. F., MacDonald, S. M. 1986. Levels of cadmium, mercury and lead in otter and mink feces from the UK. *The Science of the Total Environment* 53: 139 - 146.
- Mason, C. F., MacDonald, S. M. 1987. Acidification and otter (*Lutra lutra*) distribution on a British river. *Mammalia* 51: 81 - 88.
- Messner, B. 1991. Heavy metals in the fish of several lakes and streams in Carinthia. *Österreichische Wasserwirtschaft* 43: 234-243.
- Nicholson, J. K., Kendall, M. D., Osborn, D. 1983. Cadmium and mercury nephrotoxicity. *Nature* 304: 633-635.
- Nyholm, N. E. I., Sawicka-Kapusta, K., Swiergosz, R., Laczewska, B. 1995. Effects of environmental pollution on breeding populations of birds in southern Poland. *Water Air and Soil Pollution* 85: 829 - 834.
- Odzuck, W. 1982. Umweltbelastungen. Eugen Ulmer Stuttgart.
- Pain, D. J., Bavoux, C., Burneleau, G. 1997. Seasonal blood lead concentrations in marsh harriers *Circus aeruginosus* from Charente-Maritime, France: Relationship with the hunting season. *Biological Conservation* 81: 1 - 7.
- Robel, R. J., Howard, C. A., Udevitz, M. S., Curnutte, B. Jr. 1981. Lead contamination in vegetation, cattle dung, and dung beetles near an interstate highway, Kansas. *Environmental Entomology* 10: 262 - 263.
- Scharenberg, W. 1989. Heavy metals in tissue and feathers of gray herons (*Ardea cinerea*) and cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*). *Journal für Ornithologie* 130: 25 - 34.
- Schmidt, J. 1988. Indikatorbedeutung von *Lacerta agilis* für die Bewertung urbaner Räume. *Mertensiella* 1: 195 - 204.
- Triebskorn, R., Koehler, H. R. 1996. The impact of heavy metals on the grey garden slug, *Deroceras reticulatum* (Mueller): Metal storage, cellular effects and semi-quantitative evaluation of metal toxicity. *Environmental Pollution* 93: 327 - 343.

- Trockner, V., Albert, R. 1986. Ion distribution and pattern of chemical constituents in leaves of salt affected roadside trees in Vienna (Austria): I. Ionic equilibrium. *Flora (Jena)* 178: 369-390.
- Umweltbundesamt 1999: Emissionen der Schwermetalle Pb, Cd und Hg in Österreich, in Vorbereitung.
- V-Balogh, K., Fernandez, D. S., Salanki, J. 1988. Heavy metal concentrations of *Lymnaea stagnalis* L. in the environs of Lake Balaton (Hungary). *Water Research* 22(10): 1205 - 1210.
- Wachs, B. 1992. Accumulations of lead, chromium, and nickel in stream fish. *Zeitschrift für Angewandte Zoologie* 79: 155 - 176.
- Weyers, B., Gluck E. 1992. Erfüllt die Amsel die Voraussetzungen eines Biomonitors für bleibelastete Böden? *Voliere* 1992: 78 - 82.
- Zuber, R., Bovay, E., Luginbuhl, H. R., König, H. 1972. Die Bleiaufnahme beim Schaf durch Fütterung mit kontaminiertem Autobahngras. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 11: 45 - 55.

DANKSAGUNG

Für die Durchsicht des Vogelparts danke ich Hans-Martin Berg.

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

ANHANG

I. Auszug aus dem Entwurf der neuen Wiener Naturschutzverordnung (Stand 3. Juni 1999)

Streng geschützte Tierarten:

Kategorien für den Lebensraumschutz (Schutz der Habitate):

A - Streng geschützte Arten mit Lebensraumschutz im gesamten Stadtgebiet

B - Streng geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz, LGBl. für Wien Nr. 37/1996 und der Wiener Nationalparkverordnung, LGBl. für Wien Nr. 50/1996 in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt ist.

Geschützte Tierarten:

Kategorien für den Lebensraumschutz (Schutz der Habitate):

C - Geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz, LGBl. für Wien Nr. 37/1996 und der Wiener Nationalparkverordnung, LGBl. für Wien Nr. 50/1996 in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt ist

D - Geschützte Arten ohne Lebensraumschutz

Übersichtstabelle

		Lebensraumschutz (Schutz der Habitate)		
		Lebensraumschutz im gesamten Stadtgebiet	Lebensraumschutz in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie im Nationalpark Donau-Auen	kein Lebensraumschutz
Artenschutz	Streng geschützte Arten	A	B	
	Geschützte Arten		C	D

Hinweise:

Ein vor der Artenbezeichnung stehendes Zeichen „*“ bedeutet, daß diese Art als „prioritär bedeutend“ eingestuft ist. Für diese Arten muß gemäß § 15 Wiener Naturschutzgesetz ein Arten- und Biotopeschutzprogramm erstellt werden.

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

Abkürzungen:

ad.	= adult: erwachsene, geschlechtsreife Exemplare;
agg.	= Aggregat: Artengruppe aus einander ähnlichen, schwer unterscheidbaren Arten, benannt nach der häufigsten dieser Arten;
alle Arten	= alle Arten der entsprechenden taxonomischen Einheit (Gattung, Familie, Ordnung, Klasse);
spp.	= species: alle Arten dieser Gattung;
s. str.	= sensu stricto: = eine bestimmte Art einer Artengruppe;
subsp.	= subspecies: Unterart;

Die Aufzählung der Arten erfolgt innerhalb der systematischen Einordnung (z.B. Kriechtiere) alphabetisch nach dem deutschen Gattungsnamen. Bei zweiteiligen Namen wird der Gattungsname zuerst genannt, der die Art bezeichnende Name mit einem Beistrich nachgestellt (z.B. Sumpfschildkröte, Europäische; Schwertschrecke, Kurzflügelige oder Schillerfalter, Kleiner).

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

Streng geschützte Tierarten

1. SÄUGETIERE (MAMMALIA)

- Alpenspitzmaus (*Sorex alpinus*)
- * Biber (*Castor fiber*)
- Braunbär (*Ursus arctos*)
- Elch (*Alces alces*)
- Feldhamster (*Cricetus cricetus*)
- Feldspitzmaus (*Crocidura leucodon*)
- Fischotter (*Lutra lutra*)

A	B
---	---

X	
X	
	X
	X
	X
X	
X	

FLEDERMÄUSE (CHIROPTERA):

- * Abendsegler (*Nyctalus noctula*)
- * Bartfledermaus, Kleine (*Myotis mystacinus*)
- * Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteini*)
- * Hufeisennase, Kleine (*Rhinolophus hipposideros*)
- * Langohr, Graues (*Plecotus austriacus*)
- * Mausohr, Großes (*Myotis myotis*)
- * Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*)
- * Wimperfledermaus (*Myotis emarginatus*)
- alle weiteren Arten

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

- Goldschakal (*Canis aureus*)
- Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*)
- Luchs (*Lynx lynx*)
- * Sumpfspitzmaus (*Neomys anomalus*)
- * Wasserspitzmaus (*Neomys fodiens*)
- Weißbrustigel (*Erinaceus concolor*)
- Wildkatze (*Felis silvestris*)
- Wolf (*Canis lupus*)
- * Ziesel (*Spermophilus citellus*)
- Zwergmaus (*Micromys minutus*)
- Zwergspitzmaus (*Sorex minutus*)

X	
	X
	X
X	
X	
	X
X	
	X
X	
X	
X	

2. VÖGEL (AVES)

- * Dohle (*Corvus monedula*)
- * Eisvogel (*Alcedo atthis*)
- * Gartenrotschwanz (*Phoenicurus phoenicurus*)
- * Haubenlerche (*Galerida cristata*)
- * Hohltaube (*Columba oenas*)
- * Mehlschwalbe (*Delichon urbica*)
- * Mittelspecht (*Picoides medius*)

A	B
---	---

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

- * Neuntöter (*Lanius collurio*)
- * Schwarzmilan (*Milvus migrans*)
- * Wachtelkönig (*Crex crex*)
- * Wendehals (*Jynx torquilla*)
- * Zwergrohrdommel (*Ixobrychus minutus*)
- * Zwergschnäpper (*Ficedula parva*)
- alle weiteren Arten,

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

- ausgenommen:
- a) die jagdbaren Arten, die nicht ganzjährig geschont sind,
 - b) die Straßentaube (*Columbia livia forma domestica*),
 - c) sowie die geschützten Arten (siehe 2. Abschnitt)

3. KRIECHTIERE (REPTILIA)

- * Mauereidechse (*Podarcis muralis*)
- * Schlingnatter (*Coronella austriaca*)
- * Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*)
- * Sumpfschildkröte, Europäische (*Emys orbicularis*)
- * Würfelnatter (*Natrix tessellata*)
- alle weiteren Arten [Blindschleiche (*Anguis fragilis*), Eidechsen (*Lacertidae*) und Schlangen (*Serpentes*)]

A	B
---	---

X	
X	
X	
X	
X	
X	

4. LURCHE (AMPHIBIA)

- * Kammolch, Donau- (*Triturus dobrogicus*)
- * Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*)
- * Laubfrosch (*Hyla arborea*)
- * Teichfrosch, Kleiner (*Rana lessonae*)
- * Wechselkröte (*Bufo viridis*)
- alle weiteren Arten [Frösche (*Rana*), Kröten (*Bufo*, *Pelobates*), Molche (*Triturus*), Salamander (*Salamandra*), Unken (*Bombina*)]

A	B
---	---

X	
X	
X	
X	
X	
X	

5. FISCHE (PISCES) UND RUNDMÄULER (CYCLOSTOMATA)

- Bachneunauge (*Lampetra planeri*)
- Bitterling (*Rhodeus sericeus amarus*)
- Huchen (*Hucho hucho*)
- * Hundsfisch (*Umbra krameri*)
- Koppe (*Cottus gobio*)
- * Moderlieschen (*Leucaspius delineatus*)
- * Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*)
- Schrätzer (*Gymnocephalus schraetzer*)
- Steinbeißer (*Cobitis taenia*)
- Steingressling (*Gobio uranoscopus*)
- Sterlet (*Acipenser ruthenus*)
- Streber (*Zingel streber*)
- Zingel (*Zingel zingel*)

A	B
---	---

X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	
X	

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

6. INSEKTEN (INSECTA)

6.1. KÄFER (COLEOPTERA):

	A	B
Alpenbock (<i>Rosalia alpina</i>)	X	
* Heldbock (<i>Cerambyx cerdo</i>)	X	
Hirschkäfer (<i>Lucanus cervus</i>)		X
* Juchtenkäfer, Eremitischer (<i>Osmoderma eremita</i>)		X
* Kolbenwasserkäfer (<i>Hydrophilus piceus</i>)		X
Körnerbock (<i>Megopis scabricornis</i>)	X	
Laufkäfer, Schluchtwald- (<i>Carabus irregularis</i>)	X	
Nashornkäfer (<i>Oryctes nasicornis</i>)	X	
Ölkäfer, Violethalsiger (<i>Meloe decorus</i>)	X	
Prachtkäfer, Kirschen- (<i>Anthaxia candens</i>)	X	
Puppenräuber, Goldgepunkteter (<i>Calosoma auro-punctatum</i>)	X	
Puppenräuber, Großer (<i>Calosoma sycophanta</i>)	X	
Scharlachkäfer (<i>Cucujus cinnaberinus</i>)	X	
Schwarzkäfer, Bruch- (<i>Politophagus interruptus</i>)	X	
Schwarzkäfer, Genetzter (<i>Politophagus reticulatus</i>)	X	
Splintbock, Gepunkteter (<i>Leiopus punctulatus</i>)	X	
Wespenbock, Großer (<i>Necydalis major</i>)	X	

6.2. SCHMETTERLINGE (LEPIDOPTERA):

TAGFALTER (DIURNA):

	A	B
* Fetthennenbläuling (<i>Scolitantides orion</i>)	X	
* Feuerfalter, Großer (<i>Lycaena dispar</i>)	X	
* Fuchs, Großer (<i>Nymphalis polychloros</i>)	X	
* Osterluzeifalter (<i>Zerynthia polyxena</i>)	X	
* Schillerfalter, Kleiner (<i>Apatura ilia</i>)	X	
* Segelfalter (<i>Iphiclidus podalirius</i>)	X	
* Trauerfalter, Schwarzer (<i>Neptis rivularis</i>)	X	
* Waldportier, Blauäugiger (<i>Minois dryas</i>)	X	
* Waldportier, Weißer (<i>Brintesia circe</i>)	X	

NACHTFALTER (NOCTURNA):

Abendpfauenauge (<i>Smerinthus ocellata</i>)	X	
Bär, Russischer (<i>Callimorpha quadripunctaria</i>)	X	
Bär, Schwarzer (<i>Arctia villica</i>)	X	
* Nachtpfauenauge, Wiener (<i>Saturnia pyri</i>)	X	
Skabiosenschwärmer (<i>Hemaris tityrus</i>)	X	

6.3. FANGSCHRECKEN (MANTODEA):

	A	B
Gottesanbeterin (<i>Mantis religiosa</i>)		X

6.4. LAUBHEUSCHRECKEN (ENSIFERA):

	A	B
Ameisengrille (<i>Myrmecophilus acervorum</i>)		X
Beißschrecke, Graue (<i>Platycleis grisea</i>)		X
* Beißschrecke, Kleine (<i>Platycleis vittata</i>)		X

Beißschrecke, Kurzflügelige (<i>Metriopectera brachyptera</i>)		X
Beißschrecke, Steppen- (<i>Platycleis montana</i>)		X
* Feldgrille (<i>Gryllus campestris</i>)		X
Grille, Östliche (<i>Modicogryllus frontalis</i>)		X
Heupferd, Östliches (<i>Tettigonia caudata</i>)		X
Maulwurfsgrille (<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>)		X
Plumpschrecken (<i>Isophya</i> spp.)		X
Säbelschrecke, Laubholz- (<i>Barbitistes serricauda</i>)		X
Sägeschrecke, Große (<i>Saga pedo</i>)		X
Sattelschrecke (<i>Ephippiger ephippiger</i>)		X
Schiefkopfschrecke, Große (<i>Ruspolia nitidula</i>)		X
Schwertschrecke, Kurzflügelige (<i>Conocephalus dorsalis</i>)		X
Schwertschrecke, Langflügelige (<i>Conocephalus discolor</i>)		X
Strauschschrecke, Südliche (<i>Pholidoptera fallax</i>)		X
Sumpfgrielle (<i>Pteronemobius heydenii</i>)		X
* Wantschaftschrecke (<i>Polysarcus denticauda</i>)		X
* Warzenbeißer (<i>Decticus verrucivorus</i>)		X

6.5. KURZFÜHLERSCHRECKEN (CAELIFERA):

	A	B
Dornschröcke, Türks (<i>Tetrix tuerki</i>)		X
Grashüpfer, Buntbäuchiger (<i>Omocestus rufipes</i>)		X
Grashüpfer, Rotleibiger (<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>)		X
Grashüpfer, Schwarzfleckiger (<i>Stenobothrus nigromaculatus</i>)		X
Grashüpfer, Weißrandiger (<i>Chorthippus albomarginatus</i>)		X
Heidegrashüpfer, Kleiner (<i>Stenobothrus stigmaticus</i>)		X
* Höckerschrecke, Große (<i>Arcyptera fusca</i>)		X
Keulenschrecke, Gefleckte (<i>Myrmeleotettix maculatus</i>)		X
Ödlandschröcke, Blauflügelige (<i>Oedipoda caerulescens</i>)		X
* Sandschröcke, Blauflügelige (<i>Sphingonotus</i>)		X

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

caerulans)		
Schnarrschrecke, Rotflügelige (<i>Psophus stridulus</i>)		X
Schönschrecke, Italienische (<i>Calliptamus italicus</i>)		X
* Strandschrecke, Grüne (<i>Aiolopus thalassinus</i>)		X
Sumpfschrecke (<i>Stethophyma grossum</i>)		X
* Zwerggrashüpfer (<i>Stenobothrus crassipes</i>)		X

6.6. LIBELLEN (ODONATA):

	A	B
* Keiljungfer, Gemeine (<i>Gomphus vulgatissimus</i>)		X
* Keiljungfer, Grüne (<i>Ophiogomphus cecilia</i>)		X
* Moosjungfer, Große (<i>Leucorrhinia pectoralis</i>)		X
* Prachtlibelle, Dunkle (<i>Calopteryx virgo</i>)		X
* Quelljungfer, Zweigestreifte (<i>Cordulegaster boltonii</i>)		X
* Zweifleck (<i>Epitheca bimaculata</i>)		X

6.7. ZIKADEN (CICADINA):

	A	B
Eschenzikade (<i>Cicada orni</i>)		X
Weinbergzikade (<i>Tibicina haematodes</i>)		X

7. SPINNEN (ARACHNIDA)

	A	B
Röhrenspinne (<i>Eresus cinaberinus</i>)		X
Zebraspinne (<i>Argiope bruennichi</i>)		X

8. ZEHNFUßKREBSE (DECAPODA)

	A	B
* Steinkrebs (<i>Austropotamobius torrentium</i>)	X	
* Sumpfkrebs (<i>Astacus leptodactylus</i>)	X	

9. WEICHTIERE (MOLLUSCA)

9.1. SCHNECKEN (GASTROPODA):

	A	B
GEWÄSSERSCHNECKEN:		
Posthornschnecke (<i>Planorbium corneus</i>)	X	
Quellschnecke, Stumpfe (<i>Bythinella austriaca</i>)	X	
Sumpfschnecke, Spitze (<i>Viviparus contectus</i>)	X	
Sumpfschnecke, Schlanke (<i>Stagnicola palustris</i>)	X	
Tellerschnecke, Scharfe (<i>Anisus vortex</i>)	X	

LANDSCHNECKEN:

Glanzschnecke, Große (<i>Aegopis verticillus</i>)	X	
Haarschnecke, Donau- (<i>Trichia striolata danubialis</i>)	X	
Kartäuserschnecke (<i>Monacha cartusiana</i>)		X
Laubschnecke, Behaarte (<i>Pseudotrachia rubiginosa</i>)	X	
Roggenkornschnecke (<i>Granaria frumentum</i>)		X
* Schnirkelschnecke, Wiener (<i>Cepea vindobonensis</i>)	X	
* Zebraschnecke (<i>Zebrina detrita</i>)	X	

9.2. MUSCHELN (BIVALVIA):

	A	B
* Große Flußmuschel (<i>Unio tumidus</i>)	X	
Malermuschel (<i>Unio pictorum</i>)		X
Häubchenmuschel (<i>Musculium lacustre</i>)		X
Kugelmuschel, Fluß- (<i>Sphaerium rivicola</i>)	X	
Teichmuschel, Große (<i>Anodonta cygnea</i>)		X

Geschützte Tierarten

1. SÄUGETIERE (MAMMALIA)

Dachs (<i>Meles meles</i>)
Feldhase (<i>Lepus europaeus</i>)
Gartenspitzmaus (<i>Crocicidura suaveolens</i>)
Steppeniltis (<i>Mustela eversmanni</i>)
Waldiltis (<i>Mustela putorius</i>)
Waldspitzmaus (<i>Sorex araneus</i>)

C	D
X	
X	
X	
X	
X	
X	

Zeit, in der der Arten- u. Lebensraumschutz gilt:

1. Jänner - 31. Mai
1. Februar - 30. September
1. März - 31. Oktober
1. April - 31. August
1. April - 31. August
1. März - 30. November

2. VÖGEL (AVES)

Amsel (<i>Turdus merula</i>)
Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>)
Grünling (<i>Carduelis chloris</i>)
Hausrotschwanz (<i>Phoenicurus ochrurus</i>)
Haussperling (<i>Passer domesticus</i>)
Kohlmeise (<i>Parus major</i>)
Rebhuhn (<i>Perdix perdix</i>)
Star (<i>Sturnus vulgaris</i>)
Waldschnepfe (<i>Scolopax rusticola</i>)

C	D
	X
	X
	X
	X
	X
	X
X	
	X
X	

15. März -15. Juli
1. November - 31. August
16. April - 31. Juli
16. April - 15. Oktober

3. FISCH (PISCES)

Äsche (<i>Thymallus thymallus</i>)
Bachforelle (<i>Salmo trutta forma fario</i>)
Barbe (<i>Barbus barbus</i>)
Frauennerfling (<i>Rutilus pigus virgo</i>)
Schied (<i>Aspius aspius</i>)
Wels (<i>Silurus glanis</i>)

C	D
X	
X	
X	
X	
X	
X	

16. März - 30. April
1. September - 15. März
1. Mai - 15. Juni
1. Mai - 31. Mai
15. April - 31. Mai
1. Juni - 30. Juni

4. INSEKTEN (INSECTA)

4.1. SCHMETTERLINGE (LEPIDOPTERA):

TAGFALTER (DIURNA):

Admiral (<i>Vanessa atalanta</i>)
Aurorafalter (<i>Anthocharis cardamines</i>)
C-Falter (<i>Polygonia c-album</i>)
Distelfalter (<i>Cynthia cardui</i>)
Fuchs, Kleiner (<i>Aglais urticae</i>)
Hauhechelbläuling (<i>Polyommatus icarus</i>)
Kohlweißling, Großer (<i>Pieris brassicae</i>)
Kohlweißling, Kleiner (<i>Pieris rapae</i>)
Ochsenauge (<i>Maiola jurtina</i>)
Rapsweißling (<i>Pieris napi</i>)
Schachbrett (<i>Melanargia galathea</i>)
Schornsteinfeger (<i>Aphantopus hyperanthus</i>)
Tagpfauenauge (<i>Inachis io</i>)

C	D
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X
	X

Entwicklungsstadium, in dem der Arten- u. Lebensraumschutz gilt:

Imago = voll entwickeltes Insekt (Falter)

Literaturstudie Auswirkungen von Straßenverkehr auf die Tierwelt - Endbericht

Waldbrettspiel (<i>Pararge aegeria</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Falter)
Wiesenvögelchen, Kleines (<i>Coenonympha pamphilus</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Falter)
Zitronenfalter (<i>Gonepteryx rhamni</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Falter)
alle weiteren Arten, sofern nicht im 1. Abschnitt der Anlage genannt	X		Imago = voll entwickeltes Insekt (Falter)
WIDDERCHEN (ZYGAENIDAE):	C	D	
alle Arten, ausgenommen das Blutströpfchen (<i>Zygaena filipendulae</i>)	X		Imago = voll entwickeltes Insekt (Falter)
EULENFALTER (NOCTUIDAE):	C	D	
Ordensbänder (<i>Catocala</i> sp.); alle Arten	X		Imago = voll entwickeltes Insekt (Falter)
4.2. AMEISEN (FORMICIDAE):	C	D	
Hügelbauende Waldameisen (<i>Formica</i> sp.); alle Arten	X		Imago = voll entwickeltes Insekt (Ameise)
4.3. LIBELLEN (ODONATA):	C	D	
Azurjungfer, Becher- (<i>Enallagma cyathigerum</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Libelle)
Federlibelle, Gemeine (<i>Platynemis pennipes</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Libelle)
Heidelibelle, Blutrote (<i>Sympetrum sanguineum</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Libelle)
Heidelibelle, Gemeine (<i>Sympetrum vulgatum</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Libelle)
Mosaikjungfer, Blaugrüne (<i>Aeshna cyanea</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Libelle)
Pechlibelle, Große (<i>Ischnura elegans</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Libelle)
Plattbauch (<i>Libellula depressa</i>)		X	Imago = voll entwickeltes Insekt (Libelle)
alle weiteren Arten, sofern nicht im 1. Abschnitt der Anlage genannt	X		Imago = voll entwickeltes Insekt (Libelle)
5. SCHNECKEN (GASTROPODA)	C	D	Zeit, in der der Arten- u. Lebensraumschutz gilt:
Weinbergschnecke (<i>Helix pomatia</i>)	X		1. Februar - 31. August

II. Liste mit deutschen und wissenschaftlichen Tiernamen

- Säugetiernamen, incl. jagdbare Wildtiere

SÄUGETIERE

Insektenfressende Säuger

Braunbrustigel
Spitzmäuse
Sumpfspitzmaus
Wasserspitzmaus
Weißbrustigel

Flattertiere

Braunes Langohr
Graues Langohr
Große Bartfledermaus
Großer Abensegler
Großes Mausohr
Kleine Bartfledermaus
Nordfledermaus
Rauhhaufledermaus
Wasserfledermaus
Zwergfledermaus

Hasentiere

Feldhase
Wildkaninchen

Nager

Feldhamster
Rötelmaus
Waldmäuse

Fleischfresser

Baummarder
Dachs
Fischotter
Fuchs
Grizzly
Hermelin
Iltis, Waldiltis
Langschwanzwiesel
Schwarzbär
Waschbär
Wildkatze
Wolf

MAMMALIA

Insectivora

Erinaceus europaeus
Sorex sp.
Neomys anomalus
Neomys fodiens
Erinaceus concolor

Chiroptera

Plecotus auritus
Plecotus austriacus
Myotis brandti
Nyctalus noctula
Myotis myotis
Myotis mystacinus
Eptesicus nilssoni
Pipistrellus nathusii
Myotis daubentoni
Pipistrellus pipistrellus

Lagomorpha

Lepus europaeus
Oryctolagus cuniculus

Rodentia

Cricetus cricetus
Clethrionomys glareolus
Apodemus sp.

Carnivora

Martes martes
Meles meles
Lutra lutra
Vulpes vulpes
Ursus arctos
Mustela erminea
Mustela putorius
Mustela frenata
Ursus americanus
Procyon lotor
Felis sylvestris
Canis lupus

Paarhuftiere

Elch
Reh
Rothirsch
Weißwedelhirsch

Artiodactyla

Alces alces
Capreolus capreolus
Cervus elaphus
Odocoileus virginianus

JAGDBARE VÖGEL

Greifvögel

Baumfalke
Turmfalke

AVES

Falconiformes

Falco subbuteo
Falco tinnunculus

Hühnervögel

Fasan
Rebhuhn

Galliformes

Phasianus colchicus
Perdix perdix

- Vogelnamen

VÖGEL

Hühnervögel

Auerhuhn
Birkhuhn
Haselhuhn
Moorschneehuhn
Rebhuhn

AVES

Galliformes

Tetrao urogallus
Tetrao tetrix
Bonasia bonasia
Lagopus lagopus
Perdix perdix

Gänsevögel

Löffelente

Anseriformes

Anas clypeata

Greifvögel

Mäusebussard
Rotmilan
Turmfalke

Falconiformes

Buteo buteo
Milvus milvus
Falco tinnunculus

Regenpfeifervögel

Austernfischer
Kiebitz
Säbelschnäbler
Uferschnepfe

Charadriiformes

Haematopus ostralegus
Vanellus vanellus
Recurvirostra avosetta
Limosa limosa

Taubenvögel

Ringeltaube
Türkentaube
Straßentaube

Columbiformes

Columba palumbus
Streptopelia decaocto
Columba livia sp. forma domestica

Eulenvögel

Schleiereule
Steinkauz
Uhu
Waldkauz
Waldohreule

Strigiformes

Tyto alba
Athene noctua
Bubo bubo
Strix aluco
Asio otus

Schwalmvögel

Ziegenmelker

Caprimulgiformes

Caprimulgus europaeus

Seglerartige

Mauersegler

Apodiformes

Apus apus

Sperlingsvögel

Amsel
Bachstelze
Baumpieper
Bergfink
Blaumeise
Buchfink
Dorngrasmücke
Elster
Feldlerche
Feldsperling
Fitis
Gartengrasmücke
Goldammer
Grünling
Haussperling
Kohlmeise
Kreuzschnabel
Mehlschwalbe
Mönchsgrasmücke
Nachtigall
Nebelkrähe
Rabenkrähe
Rauchschwalbe
Rotkehlchen
Saatkrähe
Stieglitz
Sumpfrohrsänger
Teichrohrsänger
Klappergrasmücke
Zilpzalp

Passeriformes

Turdus merula
Motacilla alba
Anthus trivialis
Fringilla montifringilla
Parus caeruleus
Fringilla coelebs
Sylvia communis
Pica pica
Alauda arvensis
Passer montanus
Phylloscopus trochilus
Sylvia borin
Emberiza citrinella
Carduelis chloris
Passer domesticus
Parus major
Loxia sp.
Delichon urbica
Sylvia atricapilla
Luscinia megarhynchos
Corvus corone cornix
Corvus corone corone
Hirundo rustica
Erithacus rubecula
Corvus frugilegus
Carduelis carduelis
Acrocephalus palustris
Acrocephalus scirpaceus
Sylvia curruca
Phylloscopus collybita

- Amphibien- und Reptiliennamen

LURCHE

Schwanzlurche

Feuersalamander
Bergmolch
Teichmolch
Kammolch

Froschlurche

Geburtshelferkröte
Rotbauchunke
Gelbbauchunke
Erdkröte
Wechselkröte
Laubfrosch
Knoblauchkröte
Balkan-Moorfrosch
Springfrosch
Seefrosch
Grasfrosch
Teich- und Wasserfrosch

KRIECHTIERE

Schildkröten

Europäische Sumpfschildkröte

Schuppenkriechtiere

Blindschleiche
Zauneidechse
Smaragdeidechse
Bergeidechse
Mauereidechse
Schlingnatter
Äskulapnatter
Ringelnatter
Würfelnatter

KERBTIERE

Hautflügler

Furchenbiene

AMPHIBIA

Caudata

Salamandra salamandra
Triturus alpestris
Triturus vulgaris
Triturus-cristatus-Komplex

Salientia

Alytes obstetricans
Bombina bombina
Bombina variegata
Bufo bufo
Bufo viridis
Hyla arborea
Pelobates fuscus
Rana arvalis wolterstorffi
Rana dalmatina
Rana ridibunda
Rana temporaria
Rana-lessonae/esculenta-Komplex

REPTILIA

Testudines

Emys orbicularis

Squamata

Anguis fragilis
Lacerta agilis
Lacerta viridis
Lacerta vivipara
Podarcis muralis
Coronella austriaca
Elaphe longissima
Natrix natrix
Natrix tessellata

- Insekten-, Schnecken- und Spinnennamen

INSECTA

Hymenoptera

Halictus simplex

Heu- oder Springschrecken

Große Goldschrecke
Rote Keulenschrecke
Rotflügelige Schnarrschrecke
Sichelschrecke

Orthoptera

Chrysochraon dispar
Gomphocerus rufus
Psophus stridulus
Phaneroptera falcata

Käfer

Feld-Sandlaufkäfer
Gewöhnlicher Waldgräbläuter
Großer Brettläufer
Großer Grablaufkäfer
Großer Kolbenwasserkäfer
Kleiner Striemenlaufkäfer
Rundlicher Brettläufer

Coleoptera

Cicindela campestris
Pterostichus oblongopunctatus
Abax parallelepipedus
Pterostichus niger
Hydrophilus piceus
Molops piceus
Abax ovalis

Schmetterlinge

Schachbrettfalter
Schwalbenschwanz
Schwarzfleckiger Ameisenbläuling
Segelfalter

Lepidoptera

Melanargia galathea
Papilio machaon
Maculinea arion
Iphiclides podalirius

SCHNECKEN

Landlungenschnecken

Gefleckte Schnirkelschnecke
Gefleckte Weinbergschnecke
Schwarzmündige Bänderschnecke
Spanische Wegschnecke
Weinbergschnecke
Weißmündige Bänderschnecke

GASTROPODA

Stylommatophora

Arianta arbustorum
Helix aspersa
Cepaea nemoralis
Arion lusitanicus
Helix pomatia
Cepaea hortensis

SPINNENTIERE

Webespinnen

Wolfsspinnne

ARACHNIDA

Araneae

Pardosa armentata

- Tiernamen, Toxikologieteil

SÄUGETIERE

Insektenfressende Säuger

Waldspitzmaus
Weißbrustigel

MAMMALIA

Insectivora

Sorex araneus
Erinaceus concolor

Primaten

Rhesusaffe

Primates

Rhesus sp.

Hasentiere

Feldhase

Lagomorpha

Lepus europaeus

Nagetiere

Feldhamster

Ratten

Rodentia

Cricetus cricetus

Rattus sp.

Fleischfresser

Dachs

Fischotter

Frettchen

Carnivora

Meles meles

Lutra lutra

Mustela putorius f. furo

Paarhuftiere

Elch

Artiodactyla

Alces alces

VÖGEL

AVES

Hühnervögel

Japanische Wachtel

Galliformes

Coturnix coturnix japonica

Regenpfeifervögel

Silbermöwe

Charadriiformes

Larus argentatus

Sperlingsvögel

Amsel

Feldsperling

Haussperling

Rauchschnalze

Star

Passeriformes

Turdus merula

Passer montanus

Passer domesticus

Hirundo rustica

Sturnus vulgaris

LURCHE

AMPHIBIA

Froschlurche

Ochsenfrosch

Schneifrosch

Salientia

Rana catesbeiana

Rana clamitans

KRIECHTIERE

REPTILIA

Schuppenkriechtiere

Zauneidechse

Waldeidechse

Squamata

Lacerta agilis

Lacerta vivipara

KERBTIERE

Pflanzensauger

Schwarze Bohnenlaus

Käfer

Buchenrüsselkäfer

Siebenpunkt-Marienkäfer

Goldschmied

Hautflügler

Schwarze Gartenameise

Ameisen

Roßameise

Zweiflügler

Gelbfiebermücke

Schmetterlinge

Birkennestspinner

Kohleule

Schwammspinner

MUSCHELN

Große Teichmuschel

Flußperlmuschel

SCHNECKEN

Landlungenschnecken

Netz-Ackerschnecke

Braune Wegschnecke

Gefleckte Weinbergschnecke

Gefleckte Schnirkelschnecke

KNOCHENKIEFERTIERE

Karpfenartige

Karpfen

Laube

Plötze

Prachtbarbe

Schleie

Silberkarausche

Wels

INSECTA

Sternorrhyncha

Aphis fabae

Coleoptera

Rhynchaenus fagi

Coccinella septempunctata

Carabus auratus

Hymenoptera

Lasius niger

Formica sp.

Camponotus ligniperda

Diptera

Aedes aegypti

Lepidoptera

Eriogaster lanestris

Mamestra brassica

Lymantria dispar

BIVALVIA, LAMELLIBRANCHIATA

Schizodonta

Anodonta cygnea

Margaritifera margaritifera

GASTROPODA

Stylommatophora

Deroceras reticulatum

Arion subfuscus

Helix aspersa

Ariantia arbustorum

OSTEOGNATHOSTOMATA

Cypriniformes

Cyprinus caprio

Alburnus alburnus

Rutilus rutilus

Barbus conchoni

Tinca tinca

Crassius auratus

Silurus glanis

Barschartige

Flußbarsch
Forellenbarsch
Zander

Aalartige

Aal

Hechtartige

Hecht

Lachsartige

Pazifiklachse
Regenbogenforelle

Perciformes

Perca fluviatilis
Micropterus salmoides
Stizostedion lucioperca

Anguilliformes

Anguilla anguilla

Esociformes

Esox lucius

Salmoniformes

Oncorhynchus sp.
Salmo gairdneri

III. Tabellarische Übersichten zu Gefährdungen Wirbeltiere und Wirbelloser durch den Straßenverkehr (unter Berücksichtigung von in im Entwurf der neuen Wiener Naturschutzverordnung geschützten Arten)

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf Kleinsäuger mit Ergänzungen zu mittelgroßen Säugetieren

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf Vögel

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf Amphibien und Reptilien

Tabelle 4: Auswirkungen von Straßen auf Wirbellose (Insekten, Schnecken, Spinnentiere)

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

Abkürzungen

Wr.NschVO Wiener Naturschutzverordnung
 (Schutzstatus) Schutzstatus in Klammer bedeutet, daß bestimmte Arten der Familie in Wien in verschiedenen Kategorien geschützt sind

Kategorien nach dem Entwurf der Wiener Naturschutzverordnung, Stand 3. Juni 1999:

- A Streng geschützte Arten mit Lebensraumschutz im gesamten Stadtgebiet
 B Streng geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz und der Wiener Nationalparkverordnung in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt sind.
 C Geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz und der Wiener Nationalparkverordnung in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt sind.
 D Geschützte Arten ohne Lebensraumschutz

ROW Right-of-way: entspricht Distanz vom angrenzenden Waldtrand (bzw. Deckung) bis zum Beginn der Straße
 GIS Geographical Information System
 CMR Capture-Mark-Recapture (Lebendfang, Markierung, Wiederfang)
 div. diverse
 Str. Straßen
 Pop. Population

1. Direkte Gefährdungsursachen									
1.1. Straßenrandbereiche									
Randsteine	Kleinsäuger, div.	(ABC)				Einzelidee für Natur und Landschaft	Bewegungsbarriere "Todesfalle"	flache, schwache geneigte Übergänge Straße- Gehsteig "Fluchtritzen" Sicherung d. Gullydeckel kleintierfreundlichste = billigste Lösung	Weber 1997
1.2. Kollisionen mit Fahrzeugen									
1.2.1. Forstweg / Wirtschaftsweg / Gemeindestraße / Landesstraße (5 - 10 m)									
Tod durch Kollision; befestigte Feldwege, Anliegerstraßen, Landstraße, Ortsrandstraße	Wühlmäuse, div.	-	Cricetidae		1973 - 1975	Erfassung d. Verkehrsoffer	Verkehrsdichte und - geschwindigkeit wichtig; Maximum an Verlusten im Spätsommer; Str. erzeugen Isolationseffekt, haben keinen Einfluß auf Pop.dichte		Smettan 1988

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Tod durch Kollision; befestigte Feldwege, Anliegerstraßen, Landstraße, Ortsrandstraße	Braunbrustigel (Westigel)	-	Erinaceidae	<i>Erinaceus europaeus</i>	1973 - 1975	Erfassung d. Verkehrsofper	Verkehrsdichte und - geschwindigkeit wichtig; Maximum an Verlusten im Juli; Str.verkehr größte Gefahr in dicht besiedelten Gebieten; Str. erzeugen Isolationseffekt		Smettan 1988
Tod durch Kollision; befestigte Feldwege, Anliegerstraßen, Landstraße, Ortsrandstraße	Echte Mäuse, div.	-	Muridae		1973 - 1975	Erfassung d. Verkehrsofper	Verkehrsdichte und - geschwindigkeit wichtig; Maximum im Spätsommer; Str. erzeugen Isolationseffekt, haben keinen Einfluß auf Pop.dichte		Smettan 1988
1.2.2. Bundesstraße (10 -20 m breit)									
Tod durch Kollision; Bundesstraße (?)	Feldhamster	B	Cricetidae	<i>Cricetus cricetus</i>	1981 - 1994	Erfassung der Verkehrsofper	Funde nur von Juli - September, hier besonders im August		Nicolai 1994
Tod durch Kollision; 2 Straßen (Bundes-, od. Landes-) mit unterschiedl. Geschwindigkeit u. Verkehrsdichte	Wühlmäuse	-	Cricetidae	<i>Microtus sp.</i>	März 1987- April 1988	Erfassung der Verkehrsofper	Hauptfunde in offener Kulturlandschaft, wenig in bebautem Gebiet; Gipfel der Funde im August, Jänner	Geschwindigkeits- beschränkungen	Fuellhaas et al. 1989
Tod durch Kollision mit Fahrzeugen; Bundesstraße + angrenzende Verbindungsstrecken, stark befahren	Braunbrustigel (Westigel)	-	Erinaceidae	<i>Erinaceus europaeus</i>	1976 - 1980	Erfassg. der Verkehrsofper	Jahreszeitl. Verteilung der Todesopfer; meisten Opfer in kleinen Siedlungen und Randzonen größerer Siedlungen (Gefährdung lokaler Pop. möglich) Abhängigkeit Verlustquote - Siedlungsdichte		Reichhoff & Esser 1980
Tod durch Kollision, Straße 1. und 2. Ordnung	Igel	(B)	Erinaceidae	<i>Erinaceus sp.</i>	1977 - 1978	Erfassung der Verkehrsofper	größte Zahl getöteter Igel im Mai und Juli bis September - im Sommer sind v.a. Weibchen betroffen		Kutzer & Frey 1979
Tod durch Kollision; Bundesstraße + angrenzende Verbindungsstrecken, stark befahren	Braunbrustigel (Westigel)	-	Erinaceidae	<i>Erinaceus europaeus</i>	1981 - 1982	Erfassg. der Verkehrsofper , Unterscheidung Alt- u. Jungigel, Trennung kleine/große Dörfer	Jungigel im Spätherbst, Igel auf Suche nach Winterquartier; hohe Verlustrate nach Regen, hohe Verlustrate in kleinen Siedlungen und Randzonen größerer Siedlungen; Beeinflussung örtl. Pop.		Reichhoff 1983
Tod durch Kollision; Bundesstraßenabschnitt	Braunbrustigel (Westigel)	-	Erinaceidae	<i>Erinaceus europaeus</i>	1981 - 1984	Kontrolle der Schutzzaun- strecke	Verkehrsverluste v.a. im Siedlungsbereich	kniehohes Schutzzaun; Abzäunung funktionierte in ersten	Reichhoff 1984

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
								beiden Jahren gut, Zäune sehr anfällig - Hauptproblem: Unterhaltskosten	
Tod durch Kollision; 2 lokale Straßen mit unterschiedl. Geschwindigkeit u. Verkehrsdichte	Braunbrustigel (Westigel)	-	Erinaceidae	<i>Erinaceus europaeus</i>	März 1987- April 1988	Erfassung der Verkehrsofper	Funde in der Nähe von Gehöften		Fuellhaas et al. 1989
Tod durch Kollision; Straße 1. und 2. Ordnung	Feldhase	C	Leporidae	<i>Lepus europaeus</i>	1975 - 1978	Erfassung der Verkehrs- opfer	10-15% der Nachkommen jährlich durch Verkehr getötet; im Frühjahr mehr Männchen getötet, Junghasen sind besonders gefährdet		Kutzer & Frey 1979
Tod durch Kollision; Bundesstraße	Feldhase	C	Leporidae	<i>Lepus europaeus</i>	1976 -1980	Erfassung der Verkehrsofper	Verluste sind dichteabhängig; größten Verluste im Frühjahr und Herbst; Zusammenhang der Verteilung der Opfer mit Bejagung		Reichholf 1981
Tod durch Kollision; 2 Straßen (Bundes-, od. Landes-) mit unterschiedl. Geschwindigkeit u. Verkehrsdichte	Waldmaus	-	Muridae	<i>Apodemus sylvaticus</i>	März 1987- April 1988	Erfassung der Verkehrsofper	Hauptfunde in Waldgebiet, wenig in bebautem Gebiet; Gipfel Juli/August		Fuellhaas et al. 1989
Tod durch Kollision; Highways und Secondary Roads	Langschwanz- wiesel	-	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	1982 - 1986	Erfassung der Verkehrsofper	Männliche Tiere von Mai bis August betroffen; korreliert mit sex. Aktivität und größeren Streifgebieten		Buchanan 1987
1.2.3. Autobahn / Interstate Road / Schnellstraße / Highway (20 - 40 m)									
Tod durch Kollision; Autobahn	Braunbrustigel (Westigel)	-	Erinaceidae	<i>Erinaceus europaeus</i>	1964-1978	Analyse von Verkehrsofpern	Hinweise auf Perioden, Wetterverhältnisse und Stellen, die für Igelwanderung besonders günstig sind		Berthoud 1980
Interstate Highways; u.a. Tod durch Kollision	Kleinsäuger, div.	(ABC)			März - Mai 1978 und 1979	Totfallen, Erfassung von Verkehrsofpern	Querungshäufigkeit ist artenabhängig, höchste Mortalitätsrate bei Arten deren Dichte im ROW hoch ist		Adams & Geis 1983
Tod durch Kollision; Autobahn	Säuger, div.	(ABC)			Mai 1992 - April 1993	Erfassung der Verkehrsofper, Überwachung der Autobahn-	starke Barriere für Wildtiere	Wildsperrzaun mit geringer Maschenweite, Überführungen, durchgehende	Fehlberg 1994

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

						unterführungen		Veg.decke, Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmer	
1.2.4. Diverse Strassentypen									
Tod durch Kollision; Autobahn, Schnellstraße, Bundesstraße	Igel	(B)	Erinaceidae	<i>Erinaceus sp.</i>	1976 - 1978 1980 - 1985	Erfassung von Verkehrsoffern	die Zahl der Totfunde schwankte von in den Jahren von 0,05 - 0,25 /100km; meisten Funde kurz nach Winterschlaf; fressen Insekten und Regenwürmer von warmer Straße		Holisová & Obertel 1986
Tod durch Kollision	Braunbrüstigel (Westigel)	-	Erinaceidae	<i>Erinaceus europaeus</i>	Jänner - Sept. 1992	Verkehrs- opferzählung	saisonale Unterschiede in Mortalitätsrate - beim Auftreten der Jungtiere bes. hoch		Wenk 1993
Tod durch Kollision	Igel	(B)	Erinaceidae	<i>Erinaceus sp.</i>		Literaturstudie	umfassende Zusammenfassung von Publikationen zum Straßentod bei Igel		Mulder 1996
Tod durch Kollision	Mäuse, div.	-	Muridae, Cricetidae		Jänner - Sept. 1992	Verkehrs- opferzählung	saisonale Unterschiede in Mortalitätsrate - beim Auftreten der Jungtiere bes. hoch		Wenk 1993
Tod durch Kollision	Fischotter	A	Mustelidae	<i>Lutra lutra</i>	1980 - 1995	Untersuchung von Verkehrsoffern; Kartierung; Monitoring von Faunapassagen	Unfallhäufigkeit geschlechts- und altersabhängig; Otter auf Brücken/Tunneln und Unterführung getötet, sowie in d. Nähe v. Feuchtgebieten; können Geschwindigkeit nicht abschätzen u. Verkehr nicht vermeiden	wirksame Fauna- Passagen; Zäunung der Straße bei Feuchtgebieten und Dämmen würde Mortalität reduzieren	Madsen 1996
Tod durch Kollision	Steinmarder	-	Mustelidae	<i>Martes foina</i>	Juni 1986 - Mai 1992	Radiotelemetrie	unter Verkehrsoffern wurden nicht-reproduktive Weibchen nur in einem Areal gefunden, das in diesem Jahrhundert nicht besiedelt wurde (möglw. hat Pop. dort zugenommen)		Lammertsma & Broekhuizen & Müskens 1994
Tod durch Kollision	Steinmarder	-	Mustelidae	<i>Martes foina</i>	Jänner - Sept. 1992	Verkehrs- opferzählung	saisonale Unterschiede in Mortalitätsrate - beim Auftreten der Jungtiere bes. hoch		Wenk 1993
Tod durch Kollision	Dachs	C	Mustelidae	<i>Meles meles</i>	1981-1989	Information über Infrastruktur und Opfer (GIS)	Zahl der Verkehrsoffern gefährdet Überleben lokaler Pop.; niedrigere Überlebensrate bei Jungen durch Tod der Mütter	Tunnel und Zäune, unbedingt notwendig, vorher den richtigen Standort zu wählen. Statistische Methode zur Dichteschätzung,	van Apeldoorn & Houweling & Veenbaas 1995

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

								GIS-Daten von Opfern und Straßen	
Tod durch Kollision; großflächige Erhebung	Dachs	C	Mustelidae	<i>Meles meles</i>	1984	Untersuchung der Verkehrsoffer	saisonale Unterschiede und geschlechtsspezifische Unterschied in Mortalität Höhen im frühen Frühling, Abwanderung der Jungen		Davies & Roper & Shepherdson 1987
Tod durch Kollision	Dachs	C	Mustelidae	<i>Meles meles</i>	1990-1995	Erfassung der Verkehrsoffer	viele säugende Weibchen unter Opfern	Dachstunnel und ihre technische Entwicklung	Bekker & Canter 1997
Tod durch Kollision; unterschiedl. Str.typen	Dachs	C	Mustelidae	<i>Meles meles</i>	1991 1992, 1993	Auswertungen von Mitteilungen toter Dachse	Höhen im Frühsommer + Herbst; höchstes Risiko auf kleinen Straßen in Waldgebieten nahe großen Städten; Umgebung der Str. wichtig	gebaute Fauna-Tunnel haben nicht funktioniert	Aaris-Sorensen 1995
Tod durch Kollision	Dachs	C	Mustelidae	<i>Meles meles</i>	Jänner - Sept. 1992	Verkehrs- opferzählung	saisonale Unterschiede in Mortalitätsrate - beim Auftreten der Jungtiere bes. hoch		Wenk 1993
Tod durch Kollision; landesweite Erhebung	Dachs	C	Mustelidae	<i>Meles meles</i>	April 1994 - Juli 1995	Erfassung von Verkehrsoffern	meisten Totfunde zur Hauptpaarungszeit: Frühjahr und Spätsommer; Opfer v.a. auf Bundesstraßen; im Spätsommer und Winter v.a. Rüden; nahe bei Siedlungen		Walliser & Eichstädt & Roth 1995
fragmentierte Landschaft, Kollision mit Fahrzeugen	Dachs	C	Mustelidae	<i>Meles meles</i>		stochastisches Modell für einen Dachs Clan	viele Verkehrsoffer	Dachstunnel, Straßenzäune, Gebüsche und Hecken, Reduktion der Fahrgeschwindigkeit	Lankester & van Apeldoorn & Meelis & Verboom 1991
Tod durch Kollision	Eichhörnchen	-	Sciuridae	<i>Sciurus vulgaris</i>	Jänner - Sept. 1992	Verkehrs- opferzählung	saisonale Unterschiede in Mortalitätsrate - beim Auftreten der Jungtiere bes. hoch		Wenk 1993
Tod durch Kollision	Spitzmäuse, div.	(AC)	Soricidae		Jänner - Sept. 1992	Verkehrs- opferzählung	saisonale Unterschiede in Mortalitätsrate - beim Auftreten der Jungtiere bes. hoch		Wenk 1993
Tod durch Kollision; Autobahn, Schnellstraße, Bundesstraße	Kleinsäuger, div.	(ABC)			1976 - 1978 1980 - 1985	Erfassung von Verkehrsoffern	Zahl der beobachteten lebenden Tiere, die die Straße kreuzten war höher als die der toten.		Holisová & Obertel 1986

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

2. Indirekte Gefährdungsursachen

2.1. Verlust und Zerschneidung von Lebensräumen

2.1.1. Forstweg / Wirtschaftsweg / Gemeindestraße / Landesstraße (5 - 10 m)

2-spurige Straße, kleine asphaltierte Straße, Forststraße	Rötelmaus	-	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i>	1977 - 1978, 1979 - 1981	Lebendfang	keine einzige Straßenquerung über 2-spurige Straße konnte nachgewiesen werden; auch Forststraße stellt Barriere dar; Zahl von biotischen und abiotischen Faktoren machen Barriere-Effekt aus		Mader 1984
Kreisstraße, Landstraße	Rötelmaus	-	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i>	1977 und 1978	Lebendfang	keine einzige Straßenquerung konnte nachgewiesen werden: biotische und abiotische Barriere	synökologische Untersuchung vor künftigen Straßenbauvorhaben, Ausbau statt Neubau, Bündelung von Verkehrswegen, Verbindungswege quer zur Fahrbahn, Pufferung, Ausgleichsmaßnahmen	Mader 1979 (Mader 1981, 1987)
schmale, wenig befahrene Asphaltstraßen	Rötelmaus	-	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i>	Juli - Sept. 1980	mit Umsetzung ¹ -versuch	mehr od. weniger keine Straßenquerungen, starke Trennwirkung der Straße		Mader & Pauritsch 1981
geschotterte Forststraße	Rötelmaus	-	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i>	Aug. 1985	Lebendfang, indiv. Markierung, Umsetzung	Straße kann Barriere sein (quantitative); "umgesetzten" Indiv. queren häufig (v.a. Weibchen - sind ortstreu) keine gr. Unterschiede auf beiden Str.seiten in Pop.dichte, Geschl.verhältnis, sex. Aktivität, Körpergewicht		Bakowski & Kozakiewicz 1988
schmale, wenig befahrene Straße	Präriewühlmaus	-	Cricetidae	<i>Microtus ochrogaster</i>	Aug. 1973 - Dez. 1981	Lebendfang, indiv. Markierung	wenig Straßenquerungen - Bewegungsbarriere; bedeutende Auswirkung auf genet. Diversität		Swihart & Slade 1984

¹ durch "Umsetzung" der Tiere auf die andere Straßenseite wird auf jener Seite die Populationsdichte künstlich erhöht

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Kreisstraße, Landstraße	Gelbhalsmaus	-	Muridae	<i>Apodemus flavicollis</i>	1977 und 1978	Lebendfang	keine einzige Straßenquerung konnte nachgewiesen werden: biot. und abiot. Barriere	synökolog. Untersuchung vor künftigen Straßenbauvorhaben, Ausbau statt Neubau, Bündelung von Verkehrswegen, Verbindungswege quer zur Fahrbahn, Pufferung, Ausgleichsmaßnahmen	Mader 1979 (Mader 1981, 1987))
2-spurige Straße, kleine asphaltierte Straße, Forststraße	Gelbhalsmaus	-	Muridae	<i>Apodemus flavicollis</i>	1977 - 1978, 1979 - 1981	Lebendfang	keine einzige Straßenquerung über 2-spurige Straße konnte nachgewiesen werden; auch Forststraße stellt Barriere dar; Zahl von biotischen und abiotischen Faktoren machen Barriere-Effekt aus		Mader 1984
schmale, wenig befahrene Asphaltstraßen	Gelbhalsmaus	-	Muridae	<i>Apodemus flavicollis</i>	Juli - Sept. 1980	mit Umsetzungsversuch	mehr od. weniger keine Straßenquerungen, starke Trennwirkung der Straße		Mader & Pauritsch 1981
geschotterte Forststraße	Gelbhalsmaus	-	Muridae	<i>Apodemus flavicollis</i>	Aug. 1985	Lebendfang, indiv. Markierung, Umsetzung	Straße ist keine Barriere; "umgesetzten" Individuen queren häufig		Bakowski & Kozakiewicz 1988
schmale Schotterstraße, wenig Verkehr	Weißfußmäuse	-	Cricetidae	<i>Peromyscus leucopus</i>	Sept, Okt. 1987	Lebendfang + indiv. Markierung, Tracking durch Farbköder, genet. Studie	quantitative Barriere u. qualitativer Filter, aber keine absolute Barriere; selten Querungen; kein Zusammenhang zw. Str.breite od. Pop.dichte zu Querungsfrequenz		Merriam et al. 1989
schmale, wenig befahrene Straße	Baumwollratte	-	Cricetidae	<i>Sigmodon hispidus</i>	Aug. 1973 - Dez. 1981	Lebendfang, indiv. Markierung	Straßenquerungen dichteabhängig		Swihart & Slade 1984
Semi-natürliches Habitatinseln nahe Oxford, umgeben von Straßen	Kleinsäuger, div.	(A)			Apr.-Okt. 1983, März-Juni 1984	Haarsammelröhren, Lebendfang	Rückgang des Artenreichtums mit zunehmender Zahl an Wegen und deckungslosem Grund		Dickman 1987
2.1.2. Bundesstraße (10 -20 m breit)									
3 schmale Straßen (5-12m), wenig	Rötelmaus	-	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i>	Mai, Juni 1986, Mai, Juni 1987	Tracking ² durch farbigen Köder,	kein Zusammenhang zw. Str.querungsfrequenz u.		Korn 1993

² Aufnahmen der Spur

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Nachtverkehr; 4-spurige Straße mit rel. wenig Verkehr						(Lebfang + individ. Markierung)	Str.charakteristika, häufige Querungen (v.a. über 4- spurige Str.)		
3 schmale Straßen (5- 12m), wenig Nachtverkehr; 4-spurige Straße mit rel. wenig Verkehr	Gelbhalsmaus	-	Muridae	<i>Apodemus flavicollis</i>	Mai, Juni 1986, Mai, Juni 1987	Tracking durch färbigen Köder, (Lebfang + individ. Markierung)	kein Zshang zw. Str.querungsfrequenz u. Str.- charakteristika, häufige Querung (v.a. über 4- spurige Str.)		Korn 1993
2.1.3. Autobahn / Interstate Road / Schnellstraße / Highway (20 - 40 m)									
Schnellstraße, asphaltierte Fußwege	Rötelmaus	-	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i>	Dez. 1984 - Aug. 1985	Lebdfang, individ. Markierung	Zusammenhang Straßenbreite - Überquerungshäufigkeit; nur sehr breite Str. spalten Pop. auf; Artenunterschiede, Geschlechtsunterschiede		Korn & Pitzke 1988
20 -30m breite Straße, Stau am Tag	Rötelmaus	-	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i>	Juli-Aug. 1994	Lebdfang, individ. Markierung, Umsetzung	Barriere - aber permeabel, kein selektiver Filter; queren Str. selten, Verkehrsdichte und Straßenrand wichtig; wahrschl. keine genet. Isolation	Langzeitstudien und umfassendere Studie notwendig (Querungsfrequenz von Kleinsäugern)	Richardson et al. 1997
20 -30m breite Straße, Stau am Tag	Erdmaus	-	Cricetidae	<i>Microtus agrestis</i>	Juli-Aug. 1994	Lebdfang, individ. Markierung, Umsetzung	Barriere - aber permeabel, kein selektiver Filter; queren Str. selten, Verkehrsdichte und Straßenrand wichtig; wahrschl. keine genet. Isolation	Langzeitstudien und umfassendere Studie notwendig (Querungsfrequenz von Kleinsäugern)	Richardson et al. 1997
Autobahn und Verbindungsstraßen, wenig Nachtverkehr	Rötelmaus	-	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i>	März 1986 - Juli 1987	Totfallen. Leerfang der "Insel"	Straße selbst ist keine Ausbreitungsbarriere, bei Autobahnen mit starkem Nachtverkehr ist der Barriereeffekt stärker		Korn 1991
Autobahn und Verbindungsstraßen, wenig Nachtverkehr	Erdmaus	-	Cricetidae	<i>Microtus agrestis</i>	März 1986 - Juli 1987	Totfallen. Leerfang der "Insel"	Straße selbst ist keine Ausbreitungsbarriere, bei Autobahnen mit starkem Nachtverkehr ist der Barriereeffekt stärker		Korn 1991
Landstraßen und 2- spurige Autobahn (v.a. dort, wo Waldränder od. Hecken die Str. "kreuzen")	Braunbrüstigel (Westigel)	-	Erinaceidae	<i>Erinaceus europaeus</i>	1994 - 1995	CMR, Spuren-anlyse mittels "Spurentun-nel" Erfassung der Verkehrsofper	meist sind subadulte Männchen Verkehrsofper; durch Mähen der Vegetation und Reinigen der Str.gräben werden Nester zerstört	Rücksichtnahme auf ruhende Igel beim Mähen von Straßenrändern	Huijser & Bergers 1997

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Schnellstraße, asphaltierte Fußwege	Waldmaus	-	Muridae	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Dez. 1984 - Aug. 1985	Lebendfang, indiv. Markierung	Zusammenhang Straßenbreite - Überquerungshäufigkeit; nur sehr breite Str. spalten Pop. auf; Artenunterschiede, Geschlechtsunterschiede		Korn & Pitzke 1988
20 -30m breite Straße, Stau am Tag	Waldmaus	-	Muridae	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Juli-Aug. 1994	Lebendfang, indiv. Markierung, Umsetzung	Barriere - aber permeabel, kein selektiver Filter; queren Str. selten, Verkehrsdichte und Straßenrand wichtig; wahrschl. keine genet. Isolation	Langzeitstudien und umfassendere Studie notwendig (Querungsfrequenz von Kleinsäufern)	Richardson et al. 1997
4-spuriger Highway (137 Fahrzeuge / h)	Taschenmäuse	-	Hetero- myidae	<i>Perognathus formosus</i>	April 1979 -Febr. 1980	Lebendfang, indiv. Markierung	wenig Straßenquerungen, Verkehrstod jedoch kein großes Problem		Garland & Bradley 1984
4-spuriger Highway (137 Fahrzeuge / h)	Taschenspringer	-	Hetero- myidae	<i>Dipodomys merriami</i>	April 1979 -Febr. 1980	Lebendfang, indiv. Markierung	wenig Straßenquerungen, Verkehrstod jedoch kein großes Problem		Garland & Bradley 1984
Autobahn und Verbindungsstraßen, wenig Nachtverkehr	Gelbhalsmaus Waldmaus	-	Muridae	<i>A.flavicollis</i> <i>A. sylvaticus</i>	März 1986 - Juli 1987	Totfallen. Leerfang der "Insel"	Straße selbst ist keine Ausbreitungsbarriere, bei Autobahnen mit starkem Nachtverkehr ist der Barriereeffekt stärker		Korn 1991
Autobahn und Verbindungsstraßen, wenig Nachtverkehr	Waldspitzmaus	C	Soricidae	<i>Sorex araneus</i>	März 1986 - Juli 1987	Totfallen. Leerfang der "Insel"	Straße selbst ist keine Ausbreitungsbarriere, bei Autobahnen mit starkem Nachtverkehr ist der Barriereeffekt stärker		Korn 1991
Autobahn und Verbindungsstraßen, wenig Nachtverkehr	Zwergspitzmaus	A	Soricidae	<i>Sorex minutus</i>	März 1986 - Juli 1987	Totfallen. Leerfang der "Insel"	Straße selbst ist keine Ausbreitungsbarriere, bei Autobahnen mit starkem Nachtverkehr ist der Barriereeffekt stärker		Korn 1991
Autobahn und Verbindungsstraßen, wenig Nachtverkehr	Maulwurf	-	Talpidae	<i>Talpa europaea</i>	März 1986 - Juli 1987	Totfallen. Leerfang der "Insel"	Straße selbst ist keine Ausbreitungsbarriere, bei Autobahnen mit starkem Nachtverkehr ist der Barriereeffekt stärker		Korn 1991
Highway	Kleinsäuger, div.	(A)			Apr - Sept. 1997	CMR	Highway ist potentielle Barriere, nur wenige Querungen; größter Fangerfolg im Mittelstreifen, geringster am Straßenrand		Clevenger 1997

Tabelle 1: Auswirkungen von Straßen auf KLEINSÄUGER mit Ergänzungen zu MITTELGROSSEN SÄUGERN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
4- spuriger Highway und Interstate road	Kleinsäuger, div.	(ABC)			1975 - 1976	Lebendfang	Tendenz der Straßenquerungen ist von der Art, Population, Nahrungsverfügbarkeit etc. abhängig; Straßen unterbinden Verbreitung bestimmter Nager nicht völlig		Wilkins 1982
2-spuriger Highway, 4- spurige Interstate road, Schotterstraße, Lehmstraße	Kleinsäuger, div.	(ABC)			1976	Lebendfang	nur 6 adulte Tier querten Straßen; Straßen sind "Inhibitoren", die weniger gequert werden als andere Areale gleicher Distanz		Kozel & Fleharty 1979
2.1.4. Diverse Strassentypen									
Schotterstraßen, Asphaltstraßen, Highways	Kleinsäuger, div. + mittelgroße Säuger, div.	(ABC)			Juni - Sept. 1971, Juni - Sept. 1972	Lebendfang + z.T. indiv. Markierung, Verkehrs- dichtemes- sungen	Str. ist Barriere für im Wald lebende Kleinsäuger; hohe Verkehrsdichte u. - geschwindigkeit = erhöhte Mortalität; Str.ränder ("clearance") haben den größten Einfluß; 4-spurige Str.: wenig Querungen		Oxley & Fenton & Carmody 1974
Gemähter Wiesenstreifen als Barriere	Präriewühlmaus	-	Cricetidae	<i>Microtus ochrogaster</i>	Mai 1975- Okt. 1976	Lebendfang	gemähte Streifen stellt eine effektive Ausbreitungsbarriere dar		Cole 1978
3. Reaktionen auf hochfrequente Signale									
hochfrequente Signale im Ultraschallbereich	Echte Mäuse, div.	-	Muridae		?	Laborunter- suchungen	Epileptische Anfälle, Tod		Sprock & Howard & Jacob 1967

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

Abkürzungen

Wr.NschVO Wiener Naturschutzverordnung
 (Schutzstatus) Schutzstatus in Klammer bedeutet: bestimmte Arten der Familie sind in Wien geschützt

Kategorien nach dem Entwurf der Wiener Naturschutzverordnung, Stand 3. Juni 1999:

- A Streng geschützte Arten mit Lebensraumschutz im gesamten Stadtgebiet
 B Streng geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz und der Wiener Nationalparkverordnung in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt sind.
 C Geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz und der Wiener Nationalparkverordnung in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt sind.
 D Geschützte Arten ohne Lebensraumschutz

div. diverse
 Str. Straßen
 Pop. Population

1. Direkte Gefährdungsursachen									
1.1. Kollisionen mit Fahrzeugen									
1.1.1. Forstweg / Wirtschaftsweg / Gemeindestraße / Landesstraße (5 - 10 m)									
Tod durch Kollision; Anlieger-, Land- und Ortsstraßen	Gartenbaum- läufer	A	Certhiidae	<i>Certhia brachydactyla</i>	1973 - 1976	Erfassung der Verkehrsofopfern	während Brut- und Zugzeit; während Nahrungssuche; Jungvögel; aber keine Auswirkung auf Populationsdichte!		Smettan 1988
Kollision mit Fahrzeugen auf einer Straße 3. Ordnung	Dohle	A	Corvidae	<i>Corvus monedula</i>	Juni 1986 - Juni 1987	Erfassung von Vekehrsofopfern	nicht untersucht		Butler 1992
Kollision mit Fahrzeugen auf einer Straße 3. Ordnung	Elster	D	Corvidae	<i>Pica pica</i>	Juni 1986 - Juni 1987	Erfassung von Verkehrsofopfern	nicht untersucht		Butler 1992
Tod durch Kollision; Fahrweg mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Habitatstruktur	Goldammer	A	Emberizidae	<i>Emberiza citrinella</i>	Sept. 1988 - Sept 1991	Erfassung der Verkehrsofopfer			Krátký 1995
Tod durch Kollision; Anlieger-, Land- und Ortsstraßen	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	1973 - 1976	Erfassung von Verkehrsofopfern	während Brut- und Zugzeit; während Nahrungssuche; Jungvögel; aber keine Auswirkung auf Populationsdichte!		Smettan 1988
Tod durch Kollision; Straße 2. Ordnung	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	1973 - 1978	Erfassung von Verkehrsofopfern	während Sommer- und Zugzeit; Regen und Wind haben Einfluß		Vignes 1984

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Kollision mit Fahrzeugen auf einer Straße 3. Ordnung	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	Juni 1986 - Juni 1987	Erfassung von Verkehrsoffern	auf Anzahl der Todesfälle nicht untersucht		Butler 1992
Tod durch Kollision; Fahrweg mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Habitatstruktur	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	Sept. 1988 - Sept 1991	Erfassung von Verkehrsoffern			Krátký 1995
Tod durch Kollision; Straße 2. Ordnung	Gimpel	A	Fringillidae	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	1973 - 1978	Erfassung von Verkehrsoffern	während Sommer- und Zugzeit; Regen und Wind haben Einfluß auf Anzahl der Todesfälle		Vignes 1984
Kollision mit Fahrzeugen auf einer Straße 3. Ordnung	Gimpel	A	Fringillidae	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Juni 1986 - Juni 1987	Erfassung von Verkehrsoffern	nicht untersucht		Butler 1992
Tod durch Kollision; Anlieger-, Land- und Ortsstraßen	Bachstelze	A	Motacillidae	<i>Motacilla alba</i>	1973 - 1976	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brut- und Zugzeit; während Nahrungssuche; Jungvögel; aber keine Auswirkung auf Populationsdichte!		Smettan 1988
Tod durch Kollision; Straße 2. Ordnung	Bachstelze	A	Motacillidae	<i>Motacilla alba</i>	1973 - 1978	Erfassung der Verkehrsoffer	während Sommer- und Zugzeit; Regen und Wind haben Einfluß auf Anzahl der Todesfälle		Vignes 1984
Tod durch Kollision; Anlieger-, Land- und Ortsstraßen	Baumpieper	A	Motacillidae	<i>Anthus trivialis</i>	1973 - 1976	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brut- und Zugzeit; während Nahrungssuche; Jungvögel; aber keine Auswirkung auf Populationsdichte!		Smettan 1988
Kollision mit Fahrzeugen auf einer Straße 3. Ordnung	Bachstelze	A	Motacillidae	<i>Motacilla alba</i>	Juni 86 - Juni 1987	Erfassung von Verkehrsoffern	nicht untersucht		Butler 1992
Tod durch Kollision; Anlieger-, Land- und Ortsstraßen	Blaumeise	A	Paridae	<i>Parus caeruleus</i>	1973 - 1976	Erfassung der Verkehrsoffern	während Brut- und Zugzeit; während Nahrungssuche; Jungvögel; aber keine Auswirkung auf Populationsdichte!		Smettan 1988
Tod durch Kollision; Fahrweg mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Habitatstruktur	Blaumeise	A	Paridae	<i>Parus caeruleus</i>	Sept. 1988 - Sept 1991	Erfassung von Verkehrsoffern			Krátký 1995
Tod durch Kollision; Anlieger-, Land- und Ortsstraßen	Feldsperling	A	Passeridae	<i>Passer montanus</i>	1973 - 1976	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brut- und Zugzeit; während Nahrungssuche; Jungvögel; aber keine		Smettan 1988

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
							Auswirkung auf Populationsdichte!		
Tod durch Kollision; Straße 2. Ordnung	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	1973 - 1978	Erfassung von Verkehrsoffern	während Sommer- und Zugzeit; Regen und Wind haben Einfluß auf Anzahl der Todesfälle		Vignes 1984
Kollision mit Fahrzeugen auf einer Straße 3. Ordnung	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	Juni 1986 - Juni 1987	Erfassung von Verkehrsoffern	nicht untersucht		Butler 1992
Tod durch Kollision; Fahrweg mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Habitatstruktur	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	Sept. 1988 - Sept 1991	Erfassung der Verkehrsoffer			Krátký 1995
Tod durch Kollision; Anlieger-, Land- und Ortsstraßen	Buntspecht	A	Picidae	<i>Picoides major</i>	1973 - 1976	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brut- und Zugzeit; während Nahrungssuche; Jungvögel; aber keine Auswirkung auf Populationsdichte!		Smettan 1988
Tod durch Kollision; Anlieger-, Land- und Ortsstraßen	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	1973 - 1976	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brut- und Zugzeit; während Nahrungssuche; Jungvögel; aber keine Auswirkung auf Populationsdichte!		Smettan 1988
Tod durch Kollision; Straße 2. Ordnung	Gartengrasmücke	A	Sylviidae	<i>Sylvia borin</i>	1973 - 1978	Erfassung von Verkehrsoffern	während Sommer- und Zugzeit; Regen und Wind haben Einfluß auf Anzahl der Todesfälle		Vignes 1984
Tod durch Kollision; Straße 2. Ordnung	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	1973 - 1978	Erfassung von Verkehrsoffern	während Sommer- und Zugzeit; Regen und Wind haben Einfluß auf Anzahl der Todesfälle		Vignes 1984
Kollision mit Fahrzeugen auf einer Straße 3. Ordnung	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	Juni 1986 - Juni 1987	Erfassung von Verkehrsoffern	nicht untersucht		Butler 1992
Tod durch Kollision; Fahrweg mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Habitatstruktur	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	Sept. 1988 - Sept 1991	Erfassung von Verkehrsoffern			Krátký 1995
1.1.2. Bundesstraße (10 - 20 m)									
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Feldlerche	A	Alaudidae	<i>Alauda arvensis</i>	Juli 74 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; Landes- od.	Eichelhäher	A	Corvidae	<i>Garrulus glandarius</i>	Juli 1974 - Aug. 1974	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Bundesstraße									
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Elster	D	Corvidae	<i>Pica pica</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Bluthänfling	A	Fringillidae	<i>Acanthis cannabina</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; 2 lokale Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Geschwindigkeit	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	1987-1988	Erfassung von Verkehrsoffern	Gefährdung hauptsächlich während Zugzeit, Revierkämpfen, zur Brutzeit, Jungvögel, während Nahrungssuche	Geschwindigkeits- begrenzungen	Fuellhaas et al. 1989
kein Fluchtverhalten auf Straße - Tod durch Kollision	Bergfink	A	Fringillidae	<i>Fringilla montifringilla</i>	22. Dez 1986	Sichtbeob- achtung	Scharen von Finken auf einer Straße: zeigten kein Fluchtverhalten - zahlreiche Verkehrsoffer	Fahrtempo reduzieren, hupen	Zimmermann 1987
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Baumpieper	A	Motacillidae	<i>Anthus trivialis</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Bachstelze	A	Motacillidae	<i>Motacilla alba</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Blaumeise	A	Paridae	<i>Parus caeruleus</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; 2 lokale Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Geschwindigkeit	Blaumeise	A	Paridae	<i>Parus caeruleus</i>	1987-1988	Erfassung von Verkehrsoffern	Gefährdung hauptsächlich während Zugzeit, Revierkämpfen, zur Brutzeit, Jungvögel, während Nahrungssuche	Geschwindigkeitsbegre- nzungen	Fuellhaas et al. 1989
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Feldsperling	A	Passeridae	<i>Passer montanus</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; 2 lokale Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Geschwindigkeit	Feldsperling	A	Passeridae	<i>Passer montanus</i>	1987-1988	Erfassung von Verkehrsoffern	Gefährdung hauptsächlich während Zugzeit, Revierkämpfen, zur Brutzeit, Jungvögel, während Nahrungssuche	Geschwindigkeitsbegre- nzungen	Fuellhaas et al. 1989
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Buntspecht	A	Picidae	<i>Picoides major</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; 2 lokale Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Geschwindigkeit	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	1987-1988	Erfassung von Verkehrsoffern	Gefährdung hauptsächlich während Zugzeit, Revierkämpfen, zur Brutzeit, Jungvögel, während Nahrungssuche	Geschwindigkeitsbegre- nzungen	Fuellhaas et al. 1989
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Bleßralle	A	Rallidae	<i>Fulica atra</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; Straße nahe Strand	Flußseeschwalbe	A	Sternidae	<i>Sterna hirundo</i>			Abwanderung; reduzierter Bruterfolg; Tod oder Verletzung von bis zu 30 Juvenilen pro Tag!	Errichtung von Driftzäunen, oder Hindernissen entlang der Straße um die Fahrgeschwindigkeit zu reduzieren!	Gochfeld 1978
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Fitis	A	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; 2 lokale Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Geschwindigkeit	Fitis	A	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	1987-1988	Erfassung von Verkehrsoffern	Gefährdung hauptsächlich während Zugzeit, Revierkämpfen, zur Brutzeit, Jungvögel, während Nahrungssuche	Geschwindigkeitsbegre- nzungen	Fuellhaas et al. 1989
Tod durch Kollision; 2 lokale Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Geschwindigkeit	Dorngrasmücke	A	Sylviidae	<i>Sylvia communis</i>	1987-1988	Erfassung von Verkehrsoffern	Gefährdung hauptsächlich während Zugzeit, Revierkämpfen, zur Brutzeit, Jungvögel, während Nahrungssuche	Geschwindigkeits- begrenzungen	Fuellhaas et al. 1989
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Dorngrasmücke	A	Sylviidae	<i>Sylvia communis</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Tod durch Kollision; Landes- od. Bundesstraße	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	Juli 1974 - Aug. 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	während Brutzeit, bei Nahrungssuche sowie Jungtiere		Blümel 1980
Verkehrsoffer auf Landstraßen	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	Okt. 1979 - Mai 1982	Erfassung von Verkehrsoffern	wenn nicht tot, dann Frakturen mit synostotischer Kallusbildung; während Nahrungssuche		Lidauer 1983
Tod durch Kollision; schnell befahrene Straßen in Wien, von Rasen oder Sträuchern	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	Okt. 1979 - Mai 1982	Erfassung von Verkehrsoffern	Gefahr durch Nahrungssuche am Boden, kurze Flugstrecken im Tiefflug; wenn nicht tot, dann Frakturen mit synostotischer		Lidauer 1983

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
begleitet;							Kallusbildung; während Nahrungssuche		
Tod durch Kollision; 2 lokale Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsdichte und Geschwindigkeit	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	1987-1988	Erfassung von Verkehrsoffern	Gefährdung hauptsächlich während Zugzeit, Revierkämpfen, zur Brutzeit, Jungvögel, während Nahrungssuche	Geschwindigkeits- begrenzungen	Fuellhaas et al. 1989
1.1.3. Autobahn / Interstate Road / Schnellstraße / Highway (20 - 40 m)									
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Feldlerche	A	Alaudidae	<i>Alauda arvensis</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; Autobahn	Elster	D	Corvidae	<i>Pica pica</i>	Juni 1982 - Okt. 1982 und April 1983 - Okt. 1984	Erfassung von Verkehrsoffern	meisten Todesfälle während der Brutzeit, durch verringerte Aufmerksamkeit und unerfahrene Jungvögel		Korhonen 1987
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; auf Fernverkehrsstraße	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	Mai - Aug. 1979	Erfassung von Verkehrsoffern	bei Nahrungssuche; Jungvögel	stark befahrene Straßen sollten nicht beidseitig mit Hecken bepflanzt werden, da diese gerne als Brutplatz verwendet werden	Lüpke 1983
Tod durch Kollision; Autobahn	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	Juni 1982 - Okt. 1982 und April 1983 - Okt. 1984	Erfassung von Verkehrsoffern	meisten Todesfälle während der Brutzeit, durch verringerte Aufmerksamkeit und unerfahrene Jungvögel		Korhonen 1987
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Bergfink	A	Fringillidae	<i>Fringilla montifringilla</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Gimpel	A	Fringillidae	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Bachstelze	A	Motacillidae	<i>Motacilla alba</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; Autobahn	Bachstelze	A	Motacillidae	<i>Motacilla alba</i>	Juni 1982 - Okt. 1982 und April 1983 - Okt. 1984	Erfassung von Verkehrsoffern	meisten Todesfälle während der Brutzeit, durch verringerte Aufmerksamkeit und unerfahrene Jungvögel		Korhonen 1987
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Blaumeise	A	Paridae	<i>Parus caeruleus</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; auf Fernverkehrsstraße	Blaumeise	A	Paridae	<i>Parus caeruleus</i>	Mai - Aug. 79	Erfassung von Verkehrsoffern	bei Nahrungssuche; Jungvögel	stark befahrene Straßen sollten nicht beidseitig mit Hecken bepflanzt werden, da diese gerne als Brutplatz verwendet	Lüpke 1983

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
								werden	
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Feldsperling	A	Passeridae	<i>Passer montanus</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; auf Fernverkehrsstraße	Feldsperling	A	Passeridae	<i>Passer montanus</i>	Mai - Aug. 79	Erfassung von Verkehrsoffern	bei Nahrungssuche; Jungvögel	stark befahrene Straßen sollten nicht beidseitig mit Hecken bepflanzt werden, da diese gerne als Brutplatz verwendet werden	Lüpke 1983
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Buntspecht	A	Picidae	<i>Picoides major</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Bleßralle	A	Rallidae	<i>Fulica atra</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Fitis	A	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; auf Fernverkehrsstraße	Fitis	A	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Mai - Aug. 1979	Erfassung von Verkehrsoffern	bei Nahrungssuche; Jungvögel	stark befahrene Straßen sollten nicht beidseitig mit Hecken bepflanzt werden, da diese gerne als Brutplatz verwendet werden	Lüpke 1983
Tod durch Kollision; auf Fernverkehrsstraße	Gartengrasmücke	A	Sylviidae	<i>Sylvia borin</i>	Mai - Aug. 1979	Erfassung von Verkehrsoffern	bei Nahrungssuche; Jungvögel	stark befahrene Straßen sollten nicht beidseitig mit Hecken bepflanzt werden, da diese gerne als Brutplatz verwendet werden	Lüpke 1983
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Dorngrasmücke	A	Sylviidae	<i>Sylvia communis</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; auf Fernverkehrsstraße	Dorngrasmücke	A	Sylviidae	<i>Sylvia communis</i>	Mai - Aug. 1979	Erfassung von Verkehrsoffern	bei Nahrungssuche; Jungvögel	stark befahrene Straßen sollten nicht beidseitig mit Hecken bepflanzt werden, da diese gerne als Brutplatz verwendet werden	Lüpke 1983
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	1974 - 1977	Erfassung von Verkehrsoffern	besonders während Brut- und Zugzeit		Bräutigam 1978
Tod durch Kollision; Fernverkehrsstraße	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	Mai - Aug. 1979	Erfassung von Verkehrsoffern	bei Nahrungssuche; Jungvögel	stark befahrene Straßen sollten nicht beidseitig mit Hecken bepflanzt werden, da diese gerne als Brutplatz verwendet	Lüpke 1983

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
								werden	
1.1.4. Diverse Strassentypen									
u.a. Tod durch Kollision mit Fahrzeugen	Feldlerche	A	Alaudidae	<i>Alauda arvensis</i>	Datenanalyse von 1909 - 1992	Analyse von Distanz, Richtung und Mortalität beringter Tiere	meisten Opfer im ersten Jahr u.a. durch Kollision mit Fahrzeugen		Dougall 1996
Totfunde auf Hauptstraßen, Autobahnen, Nebenstraßen	Feldlerche	A	Alaudidae	<i>Alauda arvensis</i>	1957 - 1958 1964 - 1965 1979 - 1981	Erfassung von Verkehrsoffern	meisten Todesfälle während der Brutzeit und Juvenile		Hansen 1982
Totfunde auf Hauptstraßen, Autobahnen, Nebenstraßen	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	1957 - 1958 1964 - 1965 1979 - 1981	Erfassung von Verkehrsoffern	meisten Todesfälle während der Brutzeit und Juvenile		Hansen 1982
Verkehrsoffer	Buchfink	D	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	1961 - 1990	Literaturstudie			Tempel 1993
Tod durch Kollision; auf Fernverkehrsstraße	Bachstelze	A	Motacillidae	<i>Motacilla alba</i>	Mai - Aug. 1979	Erfassung von Verkehrsoffern	bei Nahrungssuche; Jungvögel	stark befahrene Straßen sollten nicht beidseitig mit Hecken bepflanzt werden, da diese gerne als Brutplatz verwendet werden	Lüpke 1983
Verkehrsoffer	Blaumeise	A	Paridae	<i>Parus caeruleus</i>	1961 - 1990	Literaturstudie			Tempel 1993
Totfunde auf Hauptstraßen, Autobahnen, Nebenstraßen	Feldsperling	A	Passeridae	<i>Passer montanus</i>	1957 - 1958 1964 - 1965 1979 - 1981	Erfassung von Verkehrsoffern	meisten Todesfälle während der Brutzeit und Juvenile		Hansen 1982
Totfunde auf Hauptstraßen, Autobahnen, Nebenstraßen	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	1957 - 1958 1964 - 1965 1979 - 1981	Erfassung von Verkehrsoffern	meisten Todesfälle während der Brutzeit und Juvenile		Hansen 1982
Verkehrsoffer	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	1973 - 1974	Literaturstudie			Tempel 1993
Kollision mit Fahrzeugen; Bundes- od. Landesstraße, Autobahn;	Fasan	-	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i>	1976 - 1978 1980 - 1985	Erfassung von Verkehrsoffern	Totfunde am höchsten im August und September; Weibchen: während Dez., Jän., März und Mai; Männchen: besonders während April, Juni, Juli, August, September und November; V.a. Vogelarten, die sich am Boden bewegen od. dort nach Nahrung suchen, sind als Opfer betroffen		Holisová 1986

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

Verkehrsofper	Bläßhuhn	-	Rallidae	<i>Fulica atra</i>	1973 - 1974	Literaturstudie			Tempel 1993
Verkehrsofper	Fitis	A	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	1961 - 1990	Literaturstudie			Tempel 1993
Totfunde auf Hauptstraßen, Autobahnen, Nebenstraßen	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	1957 - 1958 1964 - 1965 1979 - 1981	Erfassung von Verkehrsofpern	meisten Todesfälle während der Brutzeit und Juvenile		Hansen 1982
Verkehrsofper	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	1961 - 1990	Literaturstudie			Tempel 1993
Verkehrsofper	Amsel	D	Turdidae	<i>Turdus merula</i>	1973 - 1974	Literaturstudie			Tempel 1993

1.2. Beeinträchtigung durch Lärm

Verminderte Pop.dichte durch Lärm; Hauptstraßen mit 120 km/h; 5000 bis 50.000 Autos pro Tag	Feldlerche	A	Alaudidae	<i>Alauda arvensis</i>	1989	Untersuchungen an 15 Transekten entlang von Hauptstraßen	Störungsdistanz liegt zw. 20 bis 1700 m bei 5000 Autos und zw. 75 und 3530 m bei 50.000 Autos pro Tag	Umsichtige Planung neuer Straßen mit Rücksicht auf Bruthabitate; Lärmschutz; Verbesserung von Habitaten abseits der Autobahn	Reijnen et al. 1996
Verminderte Pop.dichte durch Lärm; Hauptstraßen mit 120 km/h; 5000 bis 50.000 Autos pro Tag	Austernfischer	A	Haemato- podidae	<i>Haematopus ostralegus</i>	1989	Untersuchungen an 15 Transekten entlang von Hauptstraßen	Störungsdistanz liegt zw. 20 bis 1700 m bei 5000 Autos und zw. 75 und 3530 m bei 50.000 Autos pro Tag	Umsichtige Planung neuer Straßen mit Rücksicht auf Bruthabitate; Lärmschutz; Verbesserung von Habitaten abseits der Autobahn	Reijnen et al. 1996
Verminderte Pop.dichte durch Lärm; Hauptstraßen mit 120 km/h; 5000 bis 50.000 Autos pro Tag	Bläßhuhn	-	Rallidae	<i>Fulica atra</i>	1989	Untersuchungen an 15 Transekten entlang von Hauptstraßen	Störungsdistanz liegt zw. 20 bis 1700 m bei 5000 Autos und zw. 75 und 3530 m bei 50.000 Autos pro Tag	Umsichtige Planung neuer Straßen mit Rücksicht auf Bruthabitate; Lärmschutz; Verbesserung von Habitaten abseits der Autobahn	Reijnen et al. 1996
Verzerrung der männlichen Balzgesänge durch Straßenlärm, Aufreten von Stress	Fitis	A	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	1988-1991	Untersuchung in 2 Habitattypen; Beringung von Männchen; Kartierung; Rückkehraten	entlang der Autobahn 0-200 m ist Revierdichte geringer; 50% Jungmännchen in dieser Zone mit 50% weniger Reproduktionserfolg; Habitate nächst der Autobahn haben meist geringere Qualität; Nistdistanzen einjähriger		Reijnen & Foppen 1994

Tabelle 2: Auswirkungen von Straßen auf VÖGEL (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
							Männchen nahe der Autobahn sind größer, erfolglose Männchen bewegen sich öfter und weiter weg als Flucht aus schlechtem Habitat		
2. Indirekte Gefährdungsursachen									
2.1. Zerschneidung von Lebensräumen									
Herabgesetzte Habitatqualität Störung durch Verkehr auf Autobahn	Fitis	A	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	1988 - 1989	Beringung und Kartierung der Männchen	Brutdichte ist höher je weiter von Autobahn entfernt; entlang dieser brüten eher 1-jährige Männchen, da gute Habitate bereits von Älteren besetzt sind		Reijnen 1991
3. Diverse Gefährdungsursachen									
Beeinträchtigung durch Lärm und Verkehr auf Autobahnen	Auerhuhn	A	Tetraonidae	<i>Tetrao urogallus</i>		Sichtbeobachtungen	werden beeinflusst durch Lärm und Verkehrsunfälle, aber wenig Verkehrstopfer auf Autobahn; sehr geringe Populationsdichte zw. 0 und 250 m von Autobahn entfernt		Räty 1979
Beeinträchtigung durch Lärm und Verkehr auf Autobahnen	Birkhuhn	A	Tetraonidae	<i>Tetrao tetrix</i>		Sichtbeobachtungen	werden beeinflusst durch Lärm und Verkehrsunfälle, aber wenig Verkehrstopfer auf Autobahn; sehr geringe Populationsdichte zw. 0 und 250 m von Autobahn entfernt		Räty 1979
Beeinträchtigung durch Lärm, Abgase, menschliche Störungen, Verkehrstopfer, erhöhte Gefahr durch Räuber Autobahn	Baumpieper	A	Motacillidae	<i>Anthus trivialis</i>	Juni 1992	line transect census method	Populationsdichte in Nähe der Autobahn geringer, Hauptstörungsgrund ist Lärm; behindert Kommunikation		Kuitunen et al. 1998
Beeinträchtigung durch Lärm, Abgase, menschliche Störungen, Verkehrstopfer, erhöhte Gefahr durch Räuber	Fitis	A	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Juni 1992	line transect census method	Populationsdichte in Nähe der Autobahn geringer, Hauptstörungsgrund ist Lärm; behindert Kommunikation		Kuitunen et al. 1998

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

Abkürzungen

Wr.NschVO Wiener Naturschutzverordnung
(Schutzstatus) Schutzstatus in Klammer bedeutet, daß bestimmte Arten der Familie in Wien geschützt sind

Kategorien nach dem Entwurf der Wiener Naturschutzverordnung, Stand 3. Juni 1999:

- A Streng geschützte Arten mit Lebensraumschutz im gesamten Stadtgebiet
 B Streng geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz und der Wiener Nationalparkverordnung in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt sind.
 C Geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz und der Wiener Nationalparkverordnung in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt sind.
 D Geschützte Arten ohne Lebensraumschutz

allg. allgemein
div. diverse

1. Direkte Ursachen									
1.1. Beschaffenheit der Straßenoberfläche									
1.1.1. Straßenbelag									
Straßenbelag	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>			regennasser Straßenbelag für Jungkröten schwer überwindbar		Müller & Steinwarz 1987
1.1.2. Gullys, Schächte									
1.1.2.1. Autobahn (20 - 40 m breit)									
Schächte, Gullys einer Autobahn	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983
Schächte, Gullys einer Autobahn	Kreuzkröte	-	Bufoidea	<i>Bufo calamita</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983
Schächte, Gullys einer Autobahn	Geburtshelferkröte	-	Discoglossidae	<i>Alytes obstetricans</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983
Schächte, Gullys einer Autobahn	Unke	A	Discoglossidae	<i>Bombina sp.</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983
Schächte, Gullys einer Autobahn	Laubfrosch	A	Hylidae	<i>Hyla arborea</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983
Schächte, Gullys einer Autobahn	Seefrosch	A	Ranidae	<i>Rana ridibunda</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983
Schächte, Gullys einer Autobahn	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983
Schächte, Gullys einer Autobahn	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983
Schächte, Gullys einer Autobahn	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>		Beobachtung zur Laichzeit	Tiere können sich nicht befreien und verenden		Thielcke et al. 1983

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

1.1.2.2. Diverse Straßentypen

Gullys, Randsteine	echte Kröten	(A)	Bufo	<i>Bufo sp.</i>		Beobachtung	Randsteine unüberwindbar, leiten Tiere in Gully, wo sie ertrinken, erfrieren, verhungern, in Kläranlage abdriften	Flachbordsteine, feinere Gullygitter, Schotterdrainagerinnen	Göbel 1990
Gullys, Randsteine	echte Frösche	(A)	Rana	<i>Rana sp.</i>		Beobachtung	Randsteine unüberwindbar, leiten Tiere in Gully, wo sie ertrinken, erfrieren, verhungern, in Kläranlage abdriften	Flachbordsteine, feinere Gullygitter, Schotterdrainagerinnen	Göbel 1990
Gullys, Randsteine	Molche	(A)	Salamandridae	<i>Triturus sp.</i>		Beobachtung	Randsteine unüberwindbar, leiten Tiere in Gully, wo sie ertrinken, erfrieren, verhungern, in Kläranlage abdriften	Flachbordsteine, feinere Gullygitter, Schotterdrainagerinnen	Göbel 1990
Gullys	Amphibien allg.	(A)	Amphibia			Beobachtung	Vertrocknen, Erfrieren		Strothotte-Moormann & Formen 1992
Gullys	Amphibien allg.	(A)	Amphibia			Beobachtung	Falle, in der die Tiere vertrocknen		Bitz & Thiele 1996
Gullys, Randsteine	Eidechsen	(A)	Reptilia/ Lacertidae			Beobachtung	Randsteine unüberwindbar, leiten Tiere in Gully, wo sie ertrinken, erfrieren, verhungern, in Kläranlage abdriften	Flachbordsteine, feinere Gullygitter, Schotterdrainagerinnen	Göbel 1990

1.2. Beschaffenheit der Straßenrandbereiche

1.2.1. Randsteine, Rinnsteine

Abwasserkanäle	Blindschleiche	A	Anguilla	<i>Anguis fragilis</i>		Beobachtung	Höhenunterschiede unüberwindbar, Tiere sind gefangen		Hutter 1994
Randsteine	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	Juni-Oktober 1988	Beobachtung	Unüberwindbarer Randstein als Ausbreitungsbarriere		Kaleck 1989
Rinnsteine	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	Sept.- Nov. 1994	Beobachtung	Todesfalle, besonders juv.	Rinnsteine werden mit Vorrichtung zum Herausklettern versehen	Grosselet & Lodé 1997
Randsteine, Gullys	echte Kröten	(A)	Bufo	<i>Bufo sp.</i>		Beobachtung	Randsteine unüberwindbar, leiten Tiere in Gully, wo sie ertrinken, erfrieren, verhungern, in Kläranlage	Flachbordsteine, feinere Gullygitter, Schotterdrainagerinnen	Göbel 1990

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
							abdriften		
Randsteine, Gullys	echte Frösche	(A)	Ranidae	<i>Rana sp.</i>		Beobachtung	Randsteine unüberwindbar, leiten Tiere in Gully, wo sie ertrinken, erfrieren, verhungern, in Kläranlage abdriften	Flachbordsteine, feinere Gullygitter, Schotterdrainagerinnen	Göbel 1990
Rinnsteine	Wasserfrosch	A	Salamandridae	<i>Rana esculenta</i>	Sept.- Nov. 1994	Beobachtung	Todesfalle, besonders juv.	Rinnsteine werden mit Vorrichtung zum Herausklettern versehen	Grosselet & Lodé 1997
Rinnsteine	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	Sept.- Nov. 1994	Beobachtung	Todesfalle, besonders juv.	Rinnsteine werden mit Vorrichtung zum Herausklettern versehen	Grosselet & Lodé 1997
Rinnsteine	Kammolch	A	Salamandridae	<i>Triturus cristatus</i>	Sept.- Nov. 1994	Beobachtung	Todesfalle	Rinnsteine werden mit Vorrichtung zum Herausklettern versehen	Grosselet & Lodé 1997
Randsteine	Fadenmolch	-	Salamandridae	<i>Triturus helveticus</i>		Beobachtung	Todesfalle		Saint Girons 1984
Rinnsteine	Fadenmolch	-	Salamandridae	<i>Triturus helveticus</i>	Sept.- Nov. 1994	Beobachtung	Todesfalle	Rinnsteine werden mit Vorrichtung zum Herausklettern versehen	Grosselet & Lodé 1997
Rinnsteine	Marmorolch	-	Salamandridae	<i>Triturus marmoratus</i>	Sept.- Nov. 1994	Beobachtung	Todesfalle, besonders juv.	Rinnsteine werden mit Vorrichtung zum Herausklettern versehen	Grosselet & Lodé 1997
Randsteine, Gullys	Molche	(A)	Salamandridae	<i>Triturus sp.</i>		Beobachtung	Randsteine unüberwindbar, leiten Tiere in Gully, wo sie ertrinken, erfrieren, verhungern, in Kläranlage abdriften	Flachbordsteine, feinere Gullygitter, Schotterdrainagerinnen	Göbel 1990
Randsteine	Amphibien allg.	(A)	Amphibia			Beobachtungen	Randstein unüberwindbar, Tiere wandern daran entlang bis zum Gully		Thielcke et al. 1983
Rinnsteine	kleine Amphibien	(A)	Amphibia				Todesfalle, "Futternapf" für Prädatoren, Ausbreitungsbarriere	Rinnsteine werden mit Vorrichtung zum Herausklettern versehen	Grosselet & Lodé 1997
Randsteine, Gullys	Eidechsen	(A)	Reptilia/ Lacertidae			Beobachtung	Randsteine unüberwindbar, leiten Tiere in Gully, wo sie ertrinken, erfrieren, verhungern, in Kläranlage abdriften	Flachbordsteine, feinere Gullygitter, Schotterdrainagerinnen	Göbel 1990
Abwasserkanäle	kleine Schlangen	(A)	Reptilia/ Serpentes			Beobachtung	Höhenunterschiede unüberwindbar, Tiere sind gefangen		Hutter 1994

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
1.3. Kollisionen mit Fahrzeugen									
1.3.1. Bundesstraße (10 - 20 m breit)									
Kollision mit Fahrzeugen, Bundesstraße	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>	1977-1978	Fang/ Beobachtung			Borzer & Reichelt 1978
Kollision mit Fahrzeugen, Bundesstraße	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	1977-1978	Fang/ Beobachtung			Borzer & Reichelt 1978
Kollision mit Fahrzeugen, Bundesstraße	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	1977-1978	Fang/ Beobachtung			Borzer & Reichelt 1978
Kollision mit Fahrzeugen, Bundesstraße	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	1977-1978	Fang/ Beobachtung			Borzer & Reichelt 1978
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Fahrverbot effektivste Maßnahme	Anonymus 1972
1.3.2. Autobahn / Schnellstraße (20 - 40 m breit)									
Kollision mit Fahrzeugen, Nationalstraße	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	Feb.-Nov. 1959	Beobachtung, Teilstück: 2 Meilen	Straßentod		Hodson 1966
Kollision mit Fahrzeugen, Nationalstraße	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	Feb.-Nov. 1960	Beobachtung, Teilstück: 2 Meilen	Straßentod		Hodson 1966
Kollision mit Fahrzeugen, Nationalstraße	Ringelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix natrix</i>	Sep. 1960	Beobachtung, Teilstück: 2 Meilen	Straßentod		Hodson 1966
1.3.3. Diverse Straßentypen									
1.3.3.1. < 10 Kfz/h									
Kollision mit Fahrzeugen, 10Kfz/h	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>	Frühjahr 1971	Beobachtungen, Laichzählungen	Beträchtliche Dezimierung der Population		van Gelder 1973
Kollision mit Fahrzeugen, 4-12 Kfz/h	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>					Kuhn 1984
Kollision mit Fahrzeugen, 1 Kfz/h	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>					Kuhn 1987b
1.3.3.2. 10 - 40 Kfz/h									
Kollision mit Fahrzeugen, 24-40 Kfz/h	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>			Straßenverkehr bedroht Population		Kuhn 1987b

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

1.3.3.3. > 40 Kfz/h									
Kollision mit Fahrzeugen, 60Kfz/h	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	Frühjahr 1971	Beobachtungen, Laichzählungen	Auslöschung der Population		van Gelder 1973
Kollision mit Fahrzeugen, 40-60 Kfz/h	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	18.3.-27.4.1986	Fang	Hohe Ausfallraten trotz Absammelns der Tiere von der Straße	Absammeln nicht ausreichend	Münch 1986
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	1988	Fang	Ausfallraten trotz Schutzzaunes	Auch Schutzzaun bringt keine 100%ige Sicherheit,	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	März-Dezember 1987	Fang	kann unter herrschenden Bedingungen nicht überleben		Münch 1988
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	23.-25.3.1987	Fang, Beobachtung	Hohe Ausfallraten trotz Absammelns der Tiere von der Straße	Absammeln nicht ausreichend,	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	1988	Fang			Kromberg 1989
Kollision mit Fahrzeugen, 60 Kfz/h	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>			Totalausfall und Vernichtung der Population		Karthaus 1985
Kollision mit Fahrzeugen, 44-60 Kfz/h	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>			Straßenverkehr löscht Population aus		Kuhn 1987b
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Geburtshelferkröte	-	Discoglossidae	<i>Alytes obstetricans</i>	1988	Fang			Kromberg 1989
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Geburtshelferkröte	-	Discoglossidae	<i>Alytes obstetricans</i>	März-Dezember 1987	Fang	Straßentod limitierender Faktor, bedingt durch geringe Fortpflanzungsrate, massiv bedroht		Münch 1988
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Geburtshelferkröte	-	Discoglossidae	<i>Alytes obstetricans</i>	1988	Fang	Ausfallraten trotz Schutzzaunes	Auch Schutzzaun bringt keine 100%ige Sicherheit,	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 40-60 Kfz/h	Grasfrosch	A	Rana	<i>Rana temporaria</i>	18.3.-27.4.1986	Fang	Hohe Ausfallraten trotz Absammelns der Tiere von der Straße	Absammeln nicht ausreichend	Münch 1986
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Grasfrosch	A	Rana	<i>Rana temporaria</i>	März-Dezember 1987	Fang			Münch 1988
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Grasfrosch	A	Rana	<i>Rana temporaria</i>	23.-25.3.1987	Fang, Beobachtung	Hohe Ausfallraten trotz Absammelns der Tiere von der Straße	Absammeln nicht ausreichend,	Münch 1989a
Kollision mit	Grasfrosch	A	Rana	<i>Rana temporaria</i>	1988	Fang	sehr hohe Verlustrate		Kromberg 1989

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag									
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	1988	Fang	Ausfallraten trotz Schutzzaunes	Auch Schutzzaun bringt keine 100%ige Sicherheit,	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	März-Dezember 1987	Fang	Straßentod limitierender Faktor, bedingt durch geringe Fortpflanzungsrate		Münch 1988
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	1988	Fang	Ausfallraten trotz Schutzzaunes	Auch Schutzzaun bringt keine 100%ige Sicherheit,	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 40-60 Kfz/h	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	18.3.-27.4.1986	Fang	Hohe Ausfallraten trotz Absammelns der Tiere von der Straße	Absammeln nicht ausreichend	Münch 1986
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	März-Dezember 1987	Fang			Münch 1988
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	23.-25.3.1987	Fang, Beobachtung	Hohe Ausfallraten trotz Absammelns der Tiere von der Straße	Absammeln nicht ausreichend	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	1988	Fang			Kromberg 1989
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	1988	Fang	Ausfallraten trotz Schutzzaunes	Auch Schutzzaun bringt keine 100%ige Sicherheit,	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 40-60 Kfz/h	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	18.3.-27.4.1986	Fang	Hohe Ausfallraten trotz Absammelns der Tiere von der Straße	Absammeln nicht ausreichend	Münch 1986
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	März-Dezember 1987	Fang			Münch 1988
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	23.-25.3.1987	Fang, Beobachtung	Hohe Ausfallraten trotz Absammelns der Tiere von der Straße	Absammeln nicht ausreichend,	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	1988	Fang			Kromberg 1989
Kollision mit Fahrzeugen, 38-62 Kfz/h	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	1988	Fang	Ausfallraten trotz Schutzzaunes	Auch Schutzzaun bringt keine 100%ige Sicherheit,	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Amphibien, div.	(A)	Amphibia		1988	Fang	Bereich ohne Zaun mit hoher Mortalität		Kromberg 1989

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Kollision mit Fahrzeugen, 1826 Kfz/Tag	Amphibien, div.	(A)	Amphibia		1988	Fang	Bereich mit Zaun mit geringerer Mortalität	Zaun senkt die Verlustquote erheblich	Kromberg 1989
1.3.3.4. Diverse Straßentypen, diverse Verkehrsfrequenzen									
Kollision mit Fahrzeugen		-	Ambystomatidae	<i>Ambystoma jeffersianum</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen		-	Ambystomatidae	<i>Ambystoma tigrinum</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen		-	Bufo	<i>Bufo americanus</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	1938-1954	Beobachtung	Mortalitätsrate oft so hoch, daß Population erlischt		Moore 1954
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>			Große Verlustraten		Sermet 1970
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	1972	Fang			Anonymus 1972
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>			Vernichtung der Population		Sander et al. 1977
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	1972-1988	Fang	Einfluß auf die Population abhängig davon, welcher Anteil der Population die Straße quert		Ryser & Grossenbacher 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	1983-1989	Fang			Brehm 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	Mrz-Dez. 1987	Fang	Straßentod	Schutzzaun	Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen,	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	1987-1988	Fang/ Beobachtung	besonders betroffen, 89,4% der getöteten Amphibien		Fuellhaas et al. 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	Juni-Oktober 1988	Fang			Kaleck 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	1988-1992	Beobachtung	Straßentod		Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>		Beobachtung	Bedrohung der Populationen durch Straßenverkehr		Heusser 1960
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>		Beobachtung	Bedrohung der Populationen durch Straßenverkehr		Heusser 1964
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>		Beobachtung	verharren im Scheinwerferlicht, anstatt zu fliehen		Blab 1986
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>			Tiere mit großen Jahreslebensräumen extrem gefährdet, Mortalitätsrate z.T. so hoch, daß Population gefährdet		Blab 1986
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>			Erdkröte Hauptverkehrsoffer		Kuhn 1986

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>			Jungkröten bei Abwanderung vom Laichgewässer extrem gefährdet		Müller & Steinwarz 1987
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>				Für Jungkröten bieten Schutzzäune in der Regel keinen Schutz, da für die Jungtiere durchlässig	Müller & Steinwarz 1987
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>		Rechenmodell	Straßentod als Gefährdungsursache		Heine 1987
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>			Straßentod		Podloucky 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>			Prozentsatz der getöteten Tiere entspricht meist schon bei 10 Kfz/h der natürlichen jährlichen Mortalität; Tendenz, bei Störung zu verharren, steigert Gefährdung		Henle & Streit 1990
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>			durch große Laichplatztreue und weite Wanderungen besonders gefährdet		Kollar 1990a
Kollision mit Fahrzeugen	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>			Selbst an schwach frequentierten Straßen Verluste oft beträchtlich		Sticht 1997
Kollision mit Fahrzeugen	Wechselkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo viridis</i>			häufige Straßenverkehrsoffer		Cabela 1990b
Kollision mit Fahrzeugen	Geburtshelfer- kröte	-	Discoglossidae	<i>Alytes obstetricans</i>	Mrz-Dez. 1987	Fang	Straßentod	Schutzzaun	Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen	Geburtshelfer- kröte	-	Discoglossidae	<i>Alytes obstetricans</i>	1988-1992	Beobachtung	Straßentod		Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen		-	Hylidae	<i>Hyla crucifer</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen		-	Hylidae	<i>Hyla versicolor</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen	Knoblauchkröte	A	Pelobatidae	<i>Pelobates fuscus</i>	1983-1989	Fang			Brehm 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Moorfrosch	A	Ranidae	<i>Rana arvalis</i>	1983-1989	Fang			Brehm 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Amerikanischer Ochsenfrosch	-	Ranidae	<i>Rana catesbeiana</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen		-	Ranidae	<i>Rana clamitans</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen	Springfrosch	A	Ranidae	<i>Rana dalmatina</i>			Tiere mit großen Jahreslebensräumen extrem gefährdet, Mortalitätsrate z.T. so		Blab 1986

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
							hoch, daß Population gefährdet		
Kollision mit Fahrzeugen	Springfrosch	A	Ranidae	<i>Rana dalmatina</i>			Hohe Mortalitätsraten		Kneitz 1988
Kollision mit Fahrzeugen	Springfrosch	A	Ranidae	<i>Rana dalmatina</i>			Tendenz, bei Störung zu verharren, steigert Gefährdung		Henle & Streit 1990
Kollision mit Fahrzeugen	Wasserfrosch	A	Ranidae	<i>Rana esculenta</i>	1983-1989	Fang			Brehm 1989
Kollision mit Fahrzeugen,	Wasserfrosch'	A	Ranidae	<i>Rana esculenta</i>	1987-1988	Fang/ Beobachtung			Fuellhaas et al. 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Leopardfrosch	-	Ranidae	<i>Rana pipiens</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen		-	Ranidae	<i>Rana sylvatica</i>			Verkehr als limitierender Faktor		Carpenter & Delzell 1951
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	1972	Fang			Anonymus 1972
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	1972-1988	Fang			Ryser & Grossenbacher 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	1983-1989	Fang			Brehm 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	Mrz-Dez. 1987	Fang	Straßentod	Schutzzaun	Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen,	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	1987-1988	Fang/ Beobachtung			Fuellhaas et al. 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	Juni-Oktober 1988	Fang	Tiere verharren bei Erschütterung oder Licht reglos auf der Straße		Kaleck 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>	1988-1992	Beobachtung	Straßentod		Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>		Beobachtung	Bedrohung der Populationen durch Straßenverkehr		Heusser 1960
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>		Beobachtung	Bedrohung der Populationen durch Straßenverkehr		Heusser 1964
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>			Tiere mit großen Jahreslebensräumen extrem gefährdet, Mortalitätsrate z.T. so hoch, daß Population gefährdet		Blab 1986
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>			Hohe Mortalitätsraten		Kneitz 1988
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>			Tendenz, bei Störung zu verharren, steigert Gefährdung		Henle & Streit 1990
Kollision mit Fahrzeugen	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>		Fang/ Beobachtung	Hohe Verluste	Komplexes Wanderverhalten auch	Kaleck 1991

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
								außerhalb der großen Wanderungen erschwert Schutzmanagement	
Kollision mit Fahrzeugen	Alpensalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra atra</i>		Beobachtung	verharren im Scheinwerferlicht, anstatt zu fliehen		Blab 1986
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	1972	Fang			Anonymus 1972
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	März-Dezember 1987	Fang	Straßentod limitierender Faktor, bedingt durch geringe Fortpflanzungsrate		Grossenbacher 1981
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	Mrz-Dez. 1987	Fang	Straßentod als limitierender Faktor, Tiere bleiben bei Licht und Erschütterung reglos sitzen	Schutzzaun	Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen,	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	1987-1988	Fang/ Beobachtung			Fuellhaas et al. 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	Juni-Oktober 1988	Fang	Tiere verharren bei Erschütterung oder Licht reglos auf der Straße		Kaleck 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	1988-1992	Beobachtung	Straßentod		Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>			Tiere mit großen Jahreslebensräumen extrem gefährdet, Mortalitätsrate z.T. so hoch, daß Population gefährdet		Blab 1986
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>		Beobachtung	verharren im Scheinwerferlicht, anstatt zu fliehen		Blab 1986
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>			Straßentod		Podloucky 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>			Tendenz, bei Störung zu verharren, steigert Gefährdung		Henle & Streit 1990
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>			besonders wandernde Weibchen bedroht		Tiedemann 1990b
Kollision mit Fahrzeugen	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>		Fang/ Beobachtung	Hohe Verluste	Komplexes Wanderverhalten auch außerhalb der großen Wanderungen erschwert Schutzmanagement	Kaleck 1991
Kollision mit Fahrzeugen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	1975-1988	Fang			Ryser & Grossenbacher 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	1981-1988		Straßentod Hauptursache für Rückgang um 69%		Münch 1991b
Kollision mit Fahrzeugen,	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	1987-1988	Fang/ Beobachtung			Fuellhaas et al. 1989

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Kollision mit Fahrzeugen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	Juni-Oktober 1988	Fang	Tiere verharren bei Erschütterung oder Licht reglos auf der Straße		Kaleck 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	Mrz-Dez. 1987	Fang	Straßentod bedroht Population, Tiere bleiben bei Licht und Erschütterung reglos sitzen	Schutzzaun	Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	1988-1992	Beobachtung	Straßentod		Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>		Beobachtung	Bedrohung der Populationen durch Straßenverkehr		Heusser 1960
Kollision mit Fahrzeugen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>		Beobachtung	Bedrohung der Populationen durch Straßenverkehr		Heusser 1964
Kollision mit Fahrzeugen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>		Fang/ Beobachtung	Hohe Verluste	Komplexes Wanderverhalten auch außerhalb der großen Wanderungen erschwert Schutzmanagement	Kaleck 1991
Kollision mit Fahrzeugen	Kammolch	A	Salamandridae	<i>Triturus cristatus</i>	1981-1988		Straßentod Hauptursache für Rückgang um 96%		Münch 1991b
Kollision mit Fahrzeugen	Kammolch	A	Salamandridae	<i>Triturus cristatus</i>	1983-1989	Fang			Brehm 1989
Kollision mit Fahrzeugen,	Kammolch	A	Salamandridae	<i>Triturus cristatus</i>	1987-1988	Fang/ Beobachtung			Fuellhaas et al. 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	1983-1989	Fang			Brehm 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	Mrz-Dez. 1987	Fang	Straßentod	Schutzzaun	Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	Juni-Oktober 1988	Fang	Tiere verharren bei Erschütterung oder Licht reglos auf der Straße		Kaleck 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	1988-1992	Beobachtung	Straßentod		Münch 1994
Kollision mit Fahrzeugen	Molche	A	Salamandridae	<i>Triturus sp.</i>		Beobachtung	verharren im Scheinwerferlicht, anstatt zu fliehen		Blab 1986
Kollision mit Fahrzeugen	Froschlurche	(A)	Amphibia/ Anura			Beobachtung	Auch Tiere bei ungerichteten Wanderungen betroffen		Blab 1978
Kollision mit Fahrzeugen	Froschlurche	(A)	Amphibia/ Anura			Beobachtung	Opfer bei allen Wanderbewegungen, in sehr starkem Maße auch juv. nach Abwanderung vom Laichgewässer	Bis zu gewissem Niveau werden Straßentote durch Populationsregulation über Laichgewässergröße ausgeglichen	Grossenbacher 1981

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien, div.	(A)	Amphibia			Beobachtung	Bedrohung der Populationen durch Straßenverkehr		Heusser 1960
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia			Beobachtung			Heusser & Honegger 1963
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien, div.	(A)	Amphibia			Beobachtung	Bedrohung der Populationen durch Straßenverkehr		Heusser 1964
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia			Beobachtung			Heusser 1967
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia			Beobachtung	Mortalitätsrate oft so hoch, daß Population erlischt. Population kann nicht überleben, wenn mehr als 20-25% der Adulti überfahren werden		Heusser 1968b
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Straßensperrung zu favorisieren	Müller 1971
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Fangzäune mit Kübeln als erster Schritt, Tunnelanlagen mit Dauerzäunen als Dauerlösung, Warnschilder ineffektiv, Sperrungen oft nicht möglich, obwohl am effektivsten	Fischer 1972
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Straßensperrung als ideale Maßnahme, wo nicht möglich, Anlage von Tunnels	van Gelder 1973
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Krötentunnel, Ersatzlaichgewässer	Borzer & Reichelt 1978
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Schutzzäune müssen an die Wanderrichtung angepaßt werden, zu starke Ablenkung irritiert die Tiere zu stark, sodaß die Anlage nicht angenommen wird	Keresztes & Zürcher 1978
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Sperrung effektivste Maßnahme, Hinweistafeln allein werden ignoriert. Bei Schutzzäunen ist zu beachten, daß der Aufreffwinkel klein ist,	Thielcke et al. 1983

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
								sonst wird die Anlage nicht angenommen	
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Gute Erfahrungen mit Tunnelanlagen	Karthaus 1985
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Straßensperrung billigste und effizienteste Methode, nur an unwichtigen Straßen möglich, Schutzzaune führen zu Akkumulation von Amphibien, die von Prädatoren genutzt werden kann	Kyek 1985
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Aufstellen von Gefahrensignalen im Verbund mit Geschwindigkeits- beschränkungen ungeeignet. Straßensperrungen werden nur bei Abriegelung beachtet. Tunnelsysteme effektiv, müssen allerdings genau den örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden	Blab 1986
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Krötentunnel beste Alternative, wenn Sperrung nicht möglich	Dexel & Kneitz 1987
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Tunnelanlagen werden dazu mißbraucht, ökologische Unbedenklichkeit von Straßenbauprojekten zu bescheinigen	Loske 1987
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Kübelfallen bergen Gefahren des Erfrierens und der Schutzlosigkeit gegen Prädation	Münch 1988
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Tunnelanlagen werden besser akzeptiert, je näher sie am	Brehm 1989

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
								Laichgewässer sind	
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Vollständige Nachtspernung wird favorisiert, wenn nicht möglich, Tunnel beste Methode	Fuellhaas et al. 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Tunnelanlagen zu favorisieren	Jackson & Tynning 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Fahrverbotstafeln werden ignoriert, nur Abschränkung sinnvoll	Kaleck 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Tunnelanlagen zu favorisieren	Langton 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Tunnelanlagen zu favorisieren	Meinig 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien, allg.	(A)	Amphibia					Vollsperrung wirksamste Methode, in Kübeln hohe Sterblichkeit durch Erfrieren oder Prädation, Tunnel bessere Alternative, wenn Sperrung nicht möglich	Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Sperrung am effektivsten, Barrieren müssen fix sein. Tunnelanlagen müssen sehr genau an die örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden	Podloucky 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Sperrungen am effektivsten, jedoch oft nicht möglich. Tunnel werden oft nicht angenommen	Ryser & Grossenbacher 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Tunnel müssen sehr genau den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden	Polivka et al. 1991
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Vollständige Nachtspernung wahren	Münch 1994

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
								des gesamten Jahres favorisiert	
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien, div.	(A)	Amphibia			Beobachtung			Yanes et al. 1995
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien, Reptilien	(A)	Amphibia, Reptilia			Beobachtung	jährlich sterben 5 Mio. Amphibien und Reptilien auf Australiens Straßen		Ehmann & Cogger 1985
Kollision mit Fahrzeugen	Amphibien, Reptilien allg.	(A)	Amphibia, Reptilia					Tunnel erlauben Wechsel auf die andere Straßenseite	Yanes et al. 1995
Kollision mit Fahrzeugen	Blindschleiche	A	Reptilia/ Anguidae	<i>Anguis fragilis</i>		Beobachtung	Straßenverkehr als Gefährdungsursache		Lemmel 1977
Kollision mit Fahrzeugen,	Blindschleiche	A	Reptilia/ Anguidae	<i>Anguis fragilis</i>	1987-1988	Fang/ Beobachtung			Fuellhaas et al. 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Blindschleiche	A	Reptilia/ Anguidae	<i>Anguis fragilis</i>		Fang			Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen	Blindschleiche	A	Reptilia/ Anguidae	<i>Anguis fragilis</i>			häufiges Verkehrsopfer		Grillitsch 1990a
Kollision mit Fahrzeugen	Äskulapnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Elaphe longissima</i>			Saisonale Wanderungen führen zu Konfrontation mit Straßenverkehr		Blab 1980
Kollision mit Fahrzeugen	Äskulapnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Elaphe longissima</i>			erleidet z.T. hohe Verluste durch Straßentod, da sehr agil		Fröhlich et al. 1987
Kollision mit Fahrzeugen, Nationalstraße	Ringelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix natrix</i>	Mai 1959	Beobachtung, Teilstück: 2 Meilen	Straßentod		Hodson 1966
Kollision mit Fahrzeugen	Würfelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix tessellata</i>			Saisonale Wanderungen führen zu Konfrontation mit Straßenverkehr		Blab 1980
Kollision mit Fahrzeugen		-	Reptilia/ Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>			Straßentod häufigste bekannte Todesursache		Harris & Gallagher 1989
Kollision mit Fahrzeugen	Waldklapper- schlange	-	Reptilia/ Crotalidae	<i>Crotalus horridus</i>			Provoziert Straßentod durch Vorliebe fürs Sonnen auf warmem Asphalt und durch intensive Wanderungen, hohe Verlusten		Rudolph et al. 1998
Kollision mit Fahrzeugen	Perleidechse	-	Reptilia/ Lacertidae	<i>Timon lepidus</i>		Beobachtung			Yanes et al. 1995
Kollision mit Fahrzeugen	Bergeidechse	A	Reptilia/ Lacertidae	<i>Zootoca vivipara</i>		Fang			Münch 1989a
Kollision mit Fahrzeugen	Echsen, div.	(A)	Reptilia/ Lacertidae			Beobachtung			Yanes et al. 1995
Kollision mit Fahrzeugen	Schlangen, div.	(A)	Reptilia/ Serpentes			Beobachtung			Yanes et al. 1995

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Kollision mit Fahrzeugen	Reptilien div.	(A)	Reptilia			Beobachtung	Bedeutung für den Fortbestand von Populationen		Blab 1980
1.4. Attraktivität von Straßen									
Straße als Jagdrevier	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>			aktives Aufsuchen der Straße führt zu zusätzlichen Verlusten		Blab 1986
Thermoregulation	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>			Tier pressen sich an den Asphalt, um sich aufzuwärmen; zusätzliche Gefährdung		Blab 1986
Straße als Barriere	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>	Juni-Oktober 1988	Beobachtung	Tiere wandern an der Straße entlang, statt sie zu überqueren		Kaleck 1989
Thermoregulation	Knoblauchkröte	A	Pelobatidae	<i>Pelobates fuscus</i>			Tier pressen sich an den Asphalt, um sich aufzuwärmen; zusätzliche Gefährdung		Blab 1986
Thermoregulation	Springfrosch	A	Ranidae	<i>Rana dalmatina</i>			Tier pressen sich an den Asphalt, um sich aufzuwärmen; zusätzliche Gefährdung		Blab 1986
Thermoregulation	Grasfrosch	A	Ranidae	<i>Rana temporaria</i>			Tier pressen sich an den Asphalt, um sich aufzuwärmen; zusätzliche Gefährdung		Blab 1986
Straße als Jagdrevier	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>			aktives Aufsuchen der Straße führt zu zusätzlichen Verlusten		Blab 1986
Straße als Jagdgrund	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>			Tiere suchen Straße gezielt zur Nahrungsaufnahme auf; zusätzliche Gefährdung		Fuellhaas et al. 1989
Straße als Jagdgrund	Feuersalamander	A	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>			Tiere suchen Straße gezielt zur Nahrungsaufnahme auf; zusätzliche Gefährdung		Münch 1994
Straße als Jagdgrund	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>			Tiere suchen Straße gezielt zur Nahrungsaufnahme auf; zusätzliche Gefährdung		Münch 1994
Thermoregulation	Waldklapperschlange	-	Reptilia/ Crotalidae	<i>Crotalus horridus</i>			Vorliebe, sich auf Straßen zu sonnen, zusätzliche Gefahrenquelle		Rudolph et al. 1998
2. Indirekte Ursachen									
2.1. Verlust von Lebensräumen									
2.1.1. Forststraße									
Verlust von Laichgewässern durch Ausbau von	Gelbbauchunke	A	Discoglossidae	<i>Bombina variegata</i>			Wagenspuren dienen als bedeutendes Laichgewässer, Forstwegeausbau vernichtet sie		Feldmann 1974

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Forststraßen									
Verlust von Laichgewässern durch Ausbau von Forststraßen	Gelbbauchunke	A	Discoglossidae	<i>Bombina variegata</i>			Wagenspuren dienen als bedeutendes Laichgewässer, Forstwegeausbau vernichtet sie	Erhaltung unbefestigter Forstwege	Kuhn 1983
Verlust von Laichgewässern durch Ausbau von Forststraßen	Gelbbauchunke	A	Discoglossidae	<i>Bombina variegata</i>			Wagenspuren dienen als bedeutendes Laichgewässer, Forstwegeausbau vernichtet sie	Erhaltung unbefestigter Forstwege	Cabela 1990a
Verlust von Laichgewässern durch Ausbau von Forststraßen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>			Wagenspuren dienen als bedeutendes Laichgewässer, Forstwegeausbau vernichtet sie		Feldmann 1974
Verlust von Laichgewässern durch Ausbau von Forststraßen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>			Wagenspuren dienen als bedeutendes Laichgewässer, Forstwegeausbau vernichtet sie	Erhaltung unbefestigter Forstwege	Kuhn 1983
Verlust von Laichgewässern durch Ausbau von Forststraßen	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>			Wagenspuren dienen als bedeutendes Laichgewässer, Forstwegeausbau vernichtet sie		Tiedemann 1990a
2.1.2. Diverse Straßentypen									
Habitatverlust	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straßenbau führt zu Bestandseinbußen durch Brutgewässerverlust		Cooke 1972
Habitatverlust	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straßenbau führt zu Bestandseinbußen durch Brutgewässerverlust		Feldmann 1976
Habitatverlust	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straßenbau führt zu Verlust von Laichgewässer (limitierender Faktor zum Bestand der Arten)		Blab 1986
Habitatverlust	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Biotopverlust durch Straßenbau gefährdet Bestände		Kyek 1995
Habitatzerstörung	Ringelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix natrix</i>			Zerstörung der Lebensräume durch Straßen in Ufernähe		Fröhlich et al. 1987
Habitatzerstörung	Ringelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix natrix</i>			Biotopzerstörung durch ufernahe Trassierung von Straßen		Cabela 1990c
Habitatzerstörung	Würfelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix tessellata</i>			Biotopzerstörung durch ufernahe Trassierung von Straßen		Blab 1980
Habitatzerstörung	Würfelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix tessellata</i>			Biotopzerstörung durch ufernahe Trassierung von Straßen		Fröhlich et al. 1987
Habitatzerstörung	Würfelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix tessellata</i>			Zerstörung der Lebensräume durch Straßen in Ufernähe		Fröhlich et al. 1987

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Habitatzerstörung	Würfelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix tessellata</i>			Biotopzerstörung durch ufernahe Trassierung von Straßen		Grillitsch 1990d
2.2. Zerschneidung von Lebensräumen									
2.2.1. Forstweg / Wirtschaftsweg / Gemeindestraße (5 - 10 m breit)									
Barriere, 6 m breite Straße	Erdkröte	A	Bufo	<i>Bufo bufo</i>		Beobachtung	Jungkröten meiden trockene Straße und setzen Wanderung in die Sommerquartiere entlang der Straße fort, Straße wird nur bei günstigen Klimabedingungen überschritten, Tiere stauen sich am Straßenrand und sind leichte Beute für Prädatoren		Müller & Steinwarz 1987
2.2.2. Diverse Straßentypen									
Isolation, Barriereeffekt	Erdkröte	A	Bufo		1992/1993	Beobachtung			van der Sluis & Vos 1996
Isolation, Barriereeffekt	Moorfrosch	A	Rana	<i>Rana arvalis</i>	1993	Beobachtung		Vernetzung, Verbesserung der Habitatqualität	Vos 1997
Verinselung	Springfrosch	A	Rana	<i>Rana dalmatina</i>			Durch Straßentod wird Austausch zwischen Populationen verhindert		Kneitz 1988
Isolation, Barriereeffekt	Grasfrosch	A	Rana	<i>Rana temporaria</i>	1992/1993	Beobachtung			van der Sluis & Vos 1996
Verinselung	Grasfrosch	A	Rana	<i>Rana temporaria</i>			Durch Straßentod wird Austausch zwischen Populationen verhindert		Kneitz 1988
Isolation, Barriereeffekt	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>	1992/1993	Beobachtung			van der Sluis & Vos 1996
Isolation, Barriereeffekt	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>	1992/1993	Beobachtung			van der Sluis & Vos 1996
Verinselung, Ausbreitungsbarriere	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Zunahme des Risikos der lokalen Auslöschung, kaum Möglichkeit zur Neubesiedlung		van Gelder 1973
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Keine Pufferwirkung durch andere Populationen, keine Rückzugsräume, daher größeres Risiko lokalen Aussterbens		Grossenbacher 1981
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straße als Barriere, Genfluß wird verhindert, Habitate verinseln		Mader 1981

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straße bildet Barriere, die Habitat in Isolate zerschneidet		Mader 1984
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straßenbau führt zu Verinselung; keine Ausweichmöglichkeit bei Schadeinflüssen, keine Möglichkeit zur Kompensation durch Neubesiedlung		Mader 1985
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Übergänge oder Unterführungen sind basale Korrekturmethode gegen Barriereeffekt	Ryser 1985
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straßenbau führt zu Verinselung; keine Ausweichmöglichkeit bei Schadeinflüssen, keine Möglichkeit zur Kompensation durch Neubesiedlung		Blab 1986
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia		März-Dezember 1987		Schwer überwindbare Straße zerschneidet Lebensraum		Münch 1988
Verinselung	Amphibien, allg.	(A)	Amphibia				Barrierewirkung der Straße führt zur Verinselung mit den Folgen: Verminderung der Populationsgröße bis hin zur Ausrottung		Münch 1989a
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia					Übergänge oder Unterführungen sind basale Korrekturmethode gegen Barriereeffekt	Brehm 1989
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straße bildet Barriere, die Habitat in Isolate zerschneidet		Laan & Verboom 1990
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straße bildet Barriere, die Habitat in Isolate zerschneidet, Population verliert Toleranz gegenüber negativen Einflüssen		Bennett 1991
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Habitatfragmentierung erhöht Risiko des lokalen Aussterbens		Sjögren 1991
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Vermehrter Straßenbau führt zur Isolierung von Populationen		Schlupp & Podlucky 1994
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straße bildet Barriere, die Habitat in Isolate zerschneidet		Fahrig et al. 1995
Verinselung,	Amphibien, div.	(A)	Amphibia			Beobachtung	Straßen bedeutendstes		Yanes et al. 1995

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle
Ausbreitungsbarriere							Ausbreitungshindernis, Zunahme des Risikos lokaler Auslöschung		
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Zerschneidung durch Straßen gefährdet Bestände		Kyek 1995
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Vermehrter Straßenbau führt zur Isolierung von Populationen		Sticht 1997
Verinselung	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				Straße bildet Barriere, die Habitat in Isolate zerschneidet, besonders dramatisch aufgrund der unterschiedlichen Ansprüche im Jahresverlauf	Rinnsteine werden mit Vorrichtung zum Herausklettern versehen	Grosselet & Lodé 1997
Verinselung	Amphibien/ Reptilien allg.	(A)	Amphibia, Reptilia				Zerschneidung von Lebensräumen durch Straßen führt zu labilen Populationen		Podloucky 1989
Zerschneidung des Jahreslebensraumes	Äskulapnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Elaphe longissima</i>			Stark befahrene Straßen verhindern saisonale Wanderungen		Blab 1980
Habitatfragmentierung	Ringelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix natrix</i>			Zerschneidung der Jahreslebensräume durch ufernahe Straßen		Cabela 1990c
Zerschneidung des Jahreslebensraumes	Würfelnatter	A	Reptilia/ Colubridae	<i>Natrix tessellata</i>			Stark befahrene Straßen verhindern saisonale Wanderungen		Blab 1980
Verinselung	Waldklappers- schlange	-	Reptilia/ Crotalidae	<i>Crotalus horridus</i>			Hohe Verlustraten auf der Straße führen zu Behinderung des Austausches zwischen Populationen		Rudolph et al. 1998
Verinselung, Ausbreitungsbarriere	Perleidechse	-	Reptilia/ Lacertidae	<i>Timon lepidus</i>		Beobachtung	Straßen bedeutendstes Ausbreitungshindernis, Zunahme des Risikos lokaler Auslöschung		Yanes et al. 1995
Verinselung, Ausbreitungsbarriere	Echsen, div.	(A)	Reptilia/ Lacertidae			Beobachtung	Straßen bedeutendstes Ausbreitungshindernis, Zunahme des Risikos lokaler Auslöschung		Yanes et al. 1995
Verinselung, Ausbreitungsbarriere	Schlangen, div.	(A)	Reptilia/ Serpentes			Beobachtung	Straßen bedeutendstes Ausbreitungshindernis, Zunahme des Risikos lokaler Auslöschung		Yanes et al. 1995

Tabelle 3: Auswirkungen von Straßen auf AMPHIBIEN und REPTILIEN (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)									
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.Nsch VO	Familie	wissenschaftl. Name	Jahreszeit/ Zeitraum der Unter- suchung	Methode	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung/ Verhalten	Maßnahmen/ Erfahrungen/ Vorschlag	Quelle

2.3. Veränderungen des Mikroklimas

Mikroklima	Erdkröte	A	Bufoidea	<i>Bufo bufo</i>			Jungtiere vertrocknen auf Weg über 6 m breite Straße, da Temperaturdifferenz zur Umgebung von 20°C		Müller & Steinwarz 1987
Mikroklima	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>			Tiere frieren bei plötzlichem Kälteeinbruch an der feuchten Asphaltstraße fest und sterben	Verzicht auf Asphaltdecke bei Waldstraßen	Münch 1989b
Mikroklima	Bergmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus alpestris</i>			Tiere frieren bei plötzlichem Kälteeinbruch an der feuchten Asphaltstraße fest und sterben	Verzicht auf Asphaltdecke bei Waldstraßen	Münch 1989c
Mikroklima	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>			Tiere frieren bei plötzlichem Kälteeinbruch an der feuchten Asphaltstraße fest und sterben		Münch 1989b
Mikroklima	Teichmolch	A	Salamandridae	<i>Triturus vulgaris</i>			Tiere frieren bei plötzlichem Kälteeinbruch an der feuchten Asphaltstraße fest und sterben	Verzicht auf Asphaltdecke bei Waldstraßen	Münch 1989c
Mikroklima	Amphibien allg.	(A)	Amphibia				asphaltierte Straßen werden durch verändertes Mikroklima im Vergleich zur Umgebung zu unüberwindbarem Hindernis		Mader et al. 1988

Tabelle 4: Auswirkungen von Straßen auf INSEKTEN, SCHNECKEN und SPINNENTIERE (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)						
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.NschVO	Familie / Überfamilie	wissenschaftl. Name	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung / Verhalten	Quelle

Abkürzungen

Wr.NschVO Wiener Naturschutzverordnung

Kategorien nach dem Entwurf der Wiener Naturschutzverordnung, Stand 3. Juni 1999:

- A Streng geschützte Arten mit Lebensraumschutz im gesamten Stadtgebiet
 B Streng geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz und der Wiener Nationalparkverordnung in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt sind.
 C Geschützte Arten, deren Lebensraum in allen nach dem Wiener Naturschutzgesetz geschützten Objekten, Flächen und Gebieten sowie in jenen Bereichen, die nach dem Wiener Nationalparkgesetz und der Wiener Nationalparkverordnung in deren jeweils geltenden Fassung zum Nationalpark Donau-Auen erklärt wurden, geschützt sind.
 D Geschützte Arten ohne Lebensraumschutz

div. diverse
 Ind. Individuen

1. Direkte Gefährdungsursachen						
1.1. Kollisionen mit Fahrzeugen						
1.1.1. Forstweg / Wirtschaftsweg / Gemeindestraße (5 - 10 m breit)						
Verkehrstod, einspurig wenig befahren	Ölkäfer	-	Meloidae	<i>Meloe violaceus</i>	Verlustrate von 80% der insgesamt beobachteten Individuen	Havelka 1980
1.1.2. Bundesstraße / Landesstraße (10 - 20 m breit)						
Verkehrstod, zweispurig stark befahren	Rotflügelige Schnarrschrecke	B	Acrididae	<i>Psophus stridulus</i>	Verluste im Bereich von 15-20 % der Populationsgröße	Weidemann & Reich 1995
Verkehrstod, zweispurig stark befahren	Schachbrettfalter	D	Satyridae	<i>Melanargia galathea</i>	einzelne tote Falter, jedoch kein Einfluß auf die Populationsgröße	Weidemann & Reich 1995
1.1.3. Autobahn / Schnellstraße (20 - 40 m breit)						
Verkehrstod, „Autobahn“	div. Schmetterlinge	(ACD)			2000 tote Tiere auf einer Strecke von einem km während einer Sommernacht	SBN 1987
1.1.4. Diverse Straßentypen						
1.1.4.1. < 200 Kfz/h						
Verkehrstod, 150 KFZ/h	Steinhummel	-	Vespidae	<i>Bombus lapidarius</i>	1 - 1,4 tote Ind./m /Tag langfristige (4 Jahre) Beobachtung ergab Rückgang der Populationen	Donath 1987, 1989
Verkehrstod, 150 KFZ/h	Helle Erdhummel	-	Vespidae	<i>Bombus lucorum</i>	1 - 1,4 tote Ind./m /Tag langfristige (4 Jahre) Beobachtung ergab Rückgang der Populationen	Donath 1987, 1989
Verkehrstod, 4000 KFZ/d	div. laufende Käfer	(AB)			10% der Straßenüberquerungen tödlich	Mader 1979
Verkehrstod, 150 KFZ/h	Erdhummel	-	Vespidae	<i>Bombus terrestris</i>	1 - 1,4 tote Ind./m /Tag langfristige (4 Jahre) Beobachtung ergab Rückgang der Populationen	Donath 1987, 1989
Verkehrstod, 150 KFZ/h	Hummeln, div.	-	Vespidae	<i>Bombus sp.</i>	1 - 1,4 tote Ind./m /Tag langfristige (4 Jahre) Beobachtung ergab Rückgang der Populationen	Donath 1987, 1989

Tabelle 4: Auswirkungen von Straßen auf INSEKTEN, SCHNECKEN und SPINNENTIERE (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)						
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.NschVO	Familie / Überfamilie	wissenschaftl. Name	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung / Verhalten	Quelle
1.1.4.2. 200 - 2000 Kfz/h						
Verkehrstod, 1500 Kfz/h	div. kriechende und laufende Wirbellose	(ABCD)			100% Verluste bei langsamer Fortbewegung unter 12cm/s	Mader 1981
1.1.4.3. 2000 - 5000 Kfz/h						
1.1.4.4. Diverse Straßentypen, diverse Frequenzen						
Verkehrstod, verschiedene Breiten und Frequenzen (in Summe 10.000 km)	div. fliegende Insekten	(ABCD)			durchschnittlich 116 (0,15 g) getötete Insekten/Auto/km mit Maximalwerten von 3000 (5 g) Insekten/Auto/km	Gepp 1973
2. Indirekte Gefährdungsursachen						
2.1. Zerschneidung von Lebensräumen, Barriereeffekt						
2.1.1. Weg (< 5 m breit)						
zweispurig wenig befahren	Gefleckte Schüsselschnecke	-	Endodontoidea	<i>Discus rotundatus</i>	keine Überquerung innerhalb von 35 Jahren	Martin & Roweck 1988
3 m nur Räder und Fußgänger, kein Asphalt	Gefleckte Schnirkelschnecke	-	Helicoidea	<i>Arianta arbustorum</i>	Überquerungsrate: 2 % der wiedergefangenen Ind.	Baur & Baur 1990
0,3 m bewachsener Weg	Gefleckte Schnirkelschnecke	-	Helicoidea	<i>Arianta arbustorum</i>	Überquerungsrate: 10 % der wiedergefangenen Ind.	Baur & Baur 1990
3 m	Wolfsspinne	-	Lycosidae	<i>Pardosa amentata</i>	Überquerungsrate: 10 % der ausgesetzten Tiere	Mader et al. 1988
2 m teilweise bewachsener Kiesweg	Wolfsspinne	-	Lycosidae	<i>Pardosa amentata</i>	Überquerungsrate: < 50 % der ausgesetzten Tiere	Mader et al. 1988
2.1.2. Forstweg / Wirtschaftsweg / Gemeindestraße (5 - 10 m breit)						
8 m 500 Kfz/d	Gefleckte Schnirkelschnecke	-	Helicoidea	<i>Arianta arbustorum</i>	Überquerungsrate nach dreimonatiger Beobachtung: < 1 % der wiedergefangenen Ind.	Baur & Baur 1990
6 m 200 Kfz/h	Goldleiste	-	Carabidae	<i>Carabus violaceus</i>	Überquerungsrate: 8 % der wiedergefangenen Ind.	Mader 1979
6 m 200 Kfz/h	Großer Grablaufkäfer	-	Carabidae	<i>Pterostichus niger</i>	Überquerungsrate: 5 % der wiedergefangenen Ind.	Mader 1979
6 m 200 Kfz/h		-	Carabidae	<i>Abax parallelus</i>	Überquerungsrate: 3 % der wiedergefangenen Ind.	Mader 1979
6 m 200 Kfz/h	Hain-Laufkäfer	-	Carabidae	<i>Carabus nemoralis</i>	Überquerungsrate: 3 % der wiedergefangenen Ind.	Mader 1979
6 m 200 Kfz/h	Großer Brettläufer	-	Carabidae	<i>Abax parallelepipedus</i>	Überquerungsrate: 0,5 % der wiedergefangenen Ind.	Mader 1979
6 m 200 Kfz/h		-	Carabidae	<i>Carabus auronitens</i>	keine Überquerungen	Mader 1979
6 m 200 Kfz/h	Gewöhnlicher Waldgrabläufer	-	Carabidae	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	keine Überquerungen	Mader 1979
6 m		-	Carabidae	<i>Pterostichus madidus</i>	keine Überquerungen	Mader 1979

Tabelle 4: Auswirkungen von Straßen auf INSEKTEN, SCHNECKEN und SPINNENTIERE (unter besonderer Berücksichtigung von in der neuen Wr.NschVO geschützten Arten)						
Beeinträchtigung/ Todesursache	deutscher Name	Status/ Wr.NschVO	Familie / Überfamilie	wissenschaftl. Name	Bedeutung und Auswirkungen der Beeinträchtigung / Verhalten	Quelle
200 KFZ/h						
6 m 200 KFZ/h		-	Carabidae	<i>Molops piceus</i>	keine Überquerungen	Mader 1979
6 m 200 KFZ/h		-	Carabidae	<i>Molops ovalis</i>	keine Überquerungen	Mader 1979
6 m 200 KFZ/h	Laufkäfer, div.	-	Carabidae		keine Überquerungen	Mader 1979
2.1.3. Autobahn / Schnellstraße (20 - 40 m breit)						
50 m „Autobahn“ 110.000 KFZ/d	Waldgrille	-	Gryllidae	<i>Nemobius sylvestris</i>	Ausbreitungsbarriere über einen Zeitraum von bereits mindestens 20 Jahren	Rietze & Reck 1991 bzw. Reck & Kaule 1993
50 m „Autobahn“ 110.000 KFZ/d	Sichelschrecke	-	Tettigoniidae	<i>Phaneroptera falcata</i>	Ausbreitungsbarriere über einen Zeitraum von bereits mindestens 20 Jahren	Rietze & Reck 1991 bzw. Reck & Kaule 1993
50 m „Autobahn“ 110.000 KFZ/d	Rote Keulenschrecke	-	Acrididae	<i>Gomphocerus rufus</i>	Ausbreitungsbarriere über einen Zeitraum von bereits mindestens 20 Jahren	Rietze & Reck 1991 bzw. Reck & Kaule 1993
50 m „Autobahn“ 110.000 KFZ/d		-	Acrididae	<i>Chorthippus dorsatus</i>	Ausbreitungsbarriere über einen Zeitraum von bereits mindestens 20 Jahren	Rietze & Reck 1991 bzw. Reck & Kaule 1993
50 m „Autobahn“ 110.000 KFZ/d	Große Goldschrecke	-	Acrididae	<i>Chrysochraon dispar</i>	Ausbreitungsbarriere über einen Zeitraum von bereits mindestens 20 Jahren	Rietze & Reck 1991 bzw. Reck & Kaule 1993