

# Literaturstudie: Schlagopfer von Vögeln insbeson- dere Greifvögeln und Eulen an deutschen Straßen und Autobah- nen



**Forschungsinstitut für  
Ökosystemanalyse und -bewertung e.V.**  
an der RWTH Aachen University

**Autoren**

Dipl. Biol. A. Fürste, Dipl. Biol. S. Peeters,  
Dr. Jürgen Prell, Dr. A. Toschki

**Auftraggeber**

Bündnis 90/Die Grünen

Aachen, Juni 2017

**Auftraggeber**

Bündnis 90/Die Grünen  
Dorotheenstr. 101  
10117 Berlin

**Auftragnehmer**

gaiac – Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und -bewertung e.V.  
Kackertstr. 10  
52072 Aachen  
Deutschland

## Inhalt

Zusammenfassung .....	4
1 Einleitung .....	5
2 Methode .....	8
3 Angaben zu Vogel-Schlagopfern in der Literatur .....	10
4 Faktoren für erhöhte Kollisionshäufigkeiten .....	14
5 Maßnahmen zur Verminderung des Tötungsrisikos von Greifvögeln und Eulen .....	18
6 Literaturverzeichnis .....	19

## Zusammenfassung

Gemäß §7 BNatSchG sind alle europäischen Vogelarten geschützt. Greifvögel und Eulen werden zudem durch die Bundesartenschutzverordnung als „streng geschützt“ eingestuft. Das Töten oder Verletzen streng geschützter Art ist nach §44 BNatSchG verboten und somit ist die Tötung von Greifvögeln und Eulen auf deutschen Straßen als Verbotstatbestand zu werten. Ausnahmen werden im §45 BNatSchG bei „zwingenden Gründen des überwiegen–den öffentlichen Interesses einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art“ eingeräumt sowie wenn sich der „Erhaltungszustand der Populationen einer Art nicht ver–schlechtert“. Eine Ausnahme darf nur zugelassen werden, wenn „zumutbare Alternativen nicht gegeben sind“. Mit diesem Hintergrund wurden Daten zu Schlagopferzahlen aus der Literatur zusammenfassend dargestellt, insbesondere für Greifvögel und Eulen. Faktoren für die Erhöhung des Tötungsrisikos werden diskutiert.

Straßen haben für viele Vögel insbesondere für Greifvögel und Eulen eine anziehende Wirkung. Das Futterangebot durch totgefahrene Tiere (Aas) sowie entsprechende Ansitzwarten entlang der Straßen werden als anlockende Faktoren erachtet. Für Vögel in Deutschland wird eine Schlagopferzahl von ca. 9,4 Millionen Tieren (ca. 10 % des deutschen Brutvogelbestandes) geschätzt. Für Greifvögel ist von einer Schlagopferzahl pro 100 km Autobahn von ca. 98 Tieren/Jahr, für Eulen von 47 Tieren/Jahr auszugehen. Dabei werden die höchsten Opferraten in den Wintermonaten notiert. Nach Literatur ist die Schlagopferzahl an Bundes-, Land- und Ortsstraßen anteilig höher einzustufen. Ein erhöhtes Risiko des Vogelschlages besteht u.a. bei: hoher Verkehrsdichte, zunehmender Fahrtgeschwindigkeit der Fahrzeuge, hohen Populationsgrößen der Vögel und strukturreichem Habitaten entlang der Straßen (Wald-Hecken). Der Einsatz von Ansitzwarten (Greifvogeljulen) zum Schutz von Anpflanzungen sowie zur Kontrolle der Nagerpopulationen erhöht ebenso das Tötungsrisiko von Greifvögeln an Straßen.

Das (Lern-) Verhalten der Tiere ist ein weiterer wesentlicher bestimmender Faktor. Das Verhalten ist art- und altersabhängig und kann für vorsorgende Maßnahmen zur Reduzierung der Schlagopferzahlen genutzt werden. Maßnahmen sollten vorrangig an Stellen mit hohen Populationsdichten streng geschützter Arten sowie an Straßenabschnitten mit strukturreichem Habitaten durchgeführt werden. Um das Tötungsrisiko von Greifvögel und Eulen auf deutschen Straßen zu reduzieren können folgende Maßnahmen abgeleitet werden: Reduzierung der Verkehrsdichte, Verringerung der Fahrtgeschwindigkeit, kein Einsatz von Greifvogeljulen an Straßenböschungen, Säuberung der Straßen von Aas insbesondere in den Wintermonaten, ggf. entsprechende Fütterung zur Weglockung von Gefahrenstellen, Einsenkung von Fahrbahnen in die Landschaft. Aufgrund der spärlichen Datenlage zu Schlagopferzahlen von Vögeln auf deutschen Autobahnen ist ein regelmäßiges und repräsentatives Monitoring der Schlagzahlen zur Einschätzung der Gefährdung sowie der Kontrolle der entsprechenden Maßnahmen ratsam.

## 1 Einleitung

Seit dem Erlass der europäischen Vogelschutzrichtlinie, die vom Rat der Europäischen Gemeinschaft im Jahre 1979 herausgebracht wurde und im Jahre 2009 kodifiziert wurde (Richtlinie 2009/147/EG) gilt für sämtliche im Gebiet der EU-Staaten natürlicherweise vorkommenden Vogelarten einschließlich der Zugvogelarten, ein besonderer gesetzlicher Schutz zur dauerhaften Erhaltung des Vogelbestandes. Die Umsetzung der europaweit geltenden Vogelschutzrichtlinie erfolgt in Deutschland vornehmlich durch das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und die Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV), sowie durch einige Bestimmungen des Jagdrechts. Gemäß § 7 BNatSchG sind alle europäischen Vogelarten im Sinne der Vogelschutzrichtlinie besonders geschützt. Einige Arten sind daneben aufgrund der BArtSchV (Anlage 1, Spalte 3 der BArtSchV) oder der EG-ArtSchVO (Anhang A der EG-ArtSchVO) auch streng geschützt. Hierzu zählen unter anderem alle Greifvögel und Eulen.

Zur Gewährung des Schutzes wurden in § 44 Abs. 1 BNatSchG Verbotstatbestände formuliert (die aus der Richtlinie 2009/147/EG, Artikel 5 abgeleitet wurden). Danach ist unter anderem ein Töten oder Verletzen wildlebender Tiere der besonders geschützten Arten streng verboten. Das Töten von Vögeln durch Kollisionen mit Fahrzeugen ist daher als Verbotstatbestand zu werten.

Der Bau von Straßen wird jedoch meist aufgrund der Ausnahmekriterien nach § 45 Abs. 7 BNatSchG genehmigt. Danach gelten Ausnahmen der Verbote bei „anderen zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art“ sowie wenn sich der „Erhaltungszustand der Populationen einer Art nicht verschlechtert“. Eine Ausnahme darf zudem nur zugelassen werden, wenn „zumutbare Alternativen nicht gegeben sind“.

In NRW werden Tötungen durch Kollisionen in der Verwaltungsvorschrift Artenschutz (VV 2010) sogar konkret als Ausnahme formuliert. Danach erfüllen unabwendbare Verletzungen oder Tötungen, bei nicht signifikant erhöhtem Tötungsrisiko, nicht die Verbotstatbestände (VV, Kapitel 2.3.1).

Die Greifvogel-Population wird in Deutschland auf 185.000 bis 312.000 Brutpaare geschätzt (GEDEON ET AL. 2014). Die häufigste in Deutschland vorkommende Greifvogelart ist der Mäusebussard mit 80.000 bis 135.000 Brutpaaren. Dieser Bestand entspricht ca. 10 % der europäischen und somit weltweiten Population. Der Turmfalke ist mit 44.000 bis 74.000 Brutpaaren die zweithäufigste Art. Die deutsche Population von 12.000 bis 18.000 Brutpaaren des Rotmilans stellt etwa 50 % des europäischen und damit weltweiten Bestandes dar. Aufgrund ihrer allein mitteleuropäischen Verbreitung sowie dem hohen Anteil der deutschen Population an der weltweiten Population kommt Deutschland eine besondere Rolle beim Schutz dieser Tierarten zu.

Die drei häufigsten Eulenarten in Deutschland sind der Waldkauz (43.000-75.000 Reviere), die Waldohreule (26.000-43.000 Reviere) und die Schleiereule (16.500-29.000 Reviere). Insgesamt werden in Deutschland 102.205 bis 170.700 Eulen-Reviere geschätzt.

Der deutsche Vogelbestand wird auf 74 bis 89 Millionen Brutvögel beziffert (GEDEON ET AL. 2014). Nach einer Studie von MOLLER ET AL (2011) sind Fahrzeugkollisionen für 5-10 % der Todesfälle verantwortlich.

Tabelle 1: Verkehrsinfrastruktur in Deutschland (1000 km)

Verkehrsinfrastruktur	Tag/Monat	2011	2012	2013	2014	2015
Überörtliches Straßennetz <sup>1</sup>	01.01.	230,8	230,7	230,5	230,4	230,1
davon						
Autobahnen	01.01.	12,8	12,8	12,9	12,9	12,9
Bundesstraßen	01.01.	39,7	39,7	39,6	39,4	38,9
Landesstraßen	01.01.	86,6	86,5	86,2	86,2	86,3
Kreisstraßen	01.01.	91,7	91,7	91,8	91,9	92,0

<sup>1</sup> Quelle: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.

Das Straßennetz in Deutschland besitzt eine Gesamtlänge von 644.480 km. Etwa 230.000 km sind sogenannte überörtliche Straßen, Autobahnen, Bundesstraßen, Landes- und Kreisstraßen (Tab. 1). Den größten Anteil, etwa 2/3 des Gesamtstraßennetzes, besitzen sogenannte Gemeindestraßen (<https://de.wikipedia.org/wiki/Stra%C3%9Fennetz>, zuletzt geöffnet 09.05.2017). Von den überörtlichen Straßen sind 12,9 tkm Autobahnen, 38,9 tkm Bundesstraßen, 86,3 tkm Landesstraßen und 92 tkm Kreisstraßen. 1 km<sup>2</sup> Fläche in Deutschland beinhaltet somit durchschnittlich 1,8 km Straße. (<https://de.wikipedia.org/wiki/Stra%C3%9Fennetz>, zuletzt geöffnet 09.05.2017). Diese Straßennetzdichte stellt einen Spitzenwert für Europa dar.

Die linienhafte Struktur von Straßen führt dazu, dass Lebensräume von Vögeln zerschnitten werden und somit Querungen bzw. das Überfliegen von Straßen unumgänglich sind. Darüber hinaus haben Straßen auch eine besondere Anziehungskraft auf einige Vogelarten:

- Sie unterbrechen die Eintönigkeit der Felder, herausgeworfene Müll/Essensreste sind attraktiv, verstreute Körner nach der Ernte dienen der Nahrung (Bräutigam 1978, Slater 1994)
- Straßen sind attraktiv für Aasfresser, da überfahrene Tiere auf der Straße liegen (Hope Jones 1980, Mason & MacDonald 1995)
- Im Sommer lockt die Hitze der Straße Insekten, die dann als Nahrung dienen (Bergmann 1974)
- Das Licht von Straßenlaternen verlängert die tageslängenabhängige Aktivität der Vögel (Morelli et al. 2014)
- Bei starkem Regen werden Insekten auf die Straße gespült (Zumeta & Holmes 1978)
- Im Winter sind Straßen als erstes schneefrei (Lindsdale 1929)
- Streusalz im Winter lockt Kreuzschnäbel an (Meade 1942, Oeser 1977)
- Stromleitungen, die häufig parallel zu Straßen verlaufen, dienen als Ansitz für Beutegreifer (Robertson 1930, Nero & Copland 1981, Bourquin 1983)
- Die harte Oberfläche verleitet dazu, hier Schnecken und Nüsse zum Zertrümmern der Schale abzuwerfen, z.B. Singdrosseln, Rabenkrähen. Viele Vögel, z.B. Sperlinge trinken und baden in Pfützen neben der Straße (Hodson 1962)
- Viele Vögel sammeln Sand für ihren Muskelmagen (Meinertzhagen 1954, Fetisov 1990) oder Schlamm für den Nestbau (Finnis 1960) von der Straße
- Straßen werden als Wanderroute genutzt (Forman 1995).

Darüber hinaus ist zu beobachten, dass manche Vogelarten (z.B. Elstern) aufgrund der jagdlichen Einschränkung an großen Straßen vermehrt brüten.

Es ist somit nicht möglich, alle Vögel von den Straßen fernzuhalten. Gleichzeitig ist es aber artenschutztechnisch wichtig und vorgeschrieben, das Tötungsrisiko weitestgehend zu minimieren, insbesondere für streng geschützte Vogelarten wie Greifvögel und Eulen. Im gesetzlichen Kontext ist es besonders zu berücksichtigen, dass der Erhaltungszustand der Populationen sich nicht verschlechtert.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, Literaturdaten zusammenzutragen, die eine Einschätzung des Tötungsrisikos für in Deutschland vorkommende, streng geschützte Arten (Greifvögel und Eulen) durch Kollisionen einschätzbar machen. Soweit es aus den Literaturdaten möglich ist, soll eine Einschätzung des Einflusses von Kollisionsopfern auf die Populationen der Arten gemacht werden.

## 2 Methode

Zur Recherche wurden verschiedener Literatur-Portale (web of science, web of knowledge, livivo, google scholar) und Internetseiten (google) genutzt. Zudem wurde Literatur zum Thema Vogelschlag beim Deutschen Dachverband der Avifaunisten (DDA), bei der Schweizer Vogelwarte sowie beim Bundesamt für Naturschutz angefragt. Gesucht wurde in den Sprachen Deutsch und Englisch.

Eine Vielzahl von Studien befasst sich mit der quantitativen Erfassung von Verkehrsoptern. Die Vergleichbarkeit der darin registrierten Schlagopferzahlen ist u.a. stark abhängig von der jeweiligen Erhebungsmethode und somit nicht immer möglich.

Faktoren, die die Vergleichbarkeit der Studien untereinander beeinflussen (Quelle: ERRITZOE ET AL., 2003):

- Unterschiedliche Sammelzeitpunkte: Manche Straßen wurden mehrmals täglich kontrolliert, manche nur stichprobenhaft pro Saison
- Auf einer Autobahn mit 9000 Fahrzeugen pro Tag ergaben Studien von KORHONEN & NURMINEN (1987) und BRUUN-SCHMIDT (1994), dass kleinere Vögel nach 1,2 Tagen +/- 0,4 und größere Vögel nach 2,1 Tagen +/-0,7 verschwunden waren
- Unterschiedliche Sammelzeiträume: Frühjahrs- oder Herbsterfassungen, wenige Monate bis mehrere Jahre
- Unterschiedliche Kontrollmethodik: Auto, Fahrrad, Begehung

Wenn mit dem Auto kontrolliert wird, werden überproportional viele große Vögel erfasst und kleinere Vögel übersehen (TELEGIN & IVLEVA 1983, KORHONEN & NURMINEN 1987). Häufig kann mit dem Auto nur eine Seite der Autobahn kontrolliert werden (HAAS, 1964, HEINRICH 1978). In einer Studie entdeckte HAVLIN (1987) aus dem Auto auf der Autobahn nur 1 % der Vögel verglichen mit dem Ergebnis der Begehungsmethode. HAAS (1964) fand mit dem Auto nur 26 % der getöteten Vögel im Vergleich zu einer Erfassung mit dem Fahrrad.

- Monitoring unterschiedliche Straßentypen, nur selten mit Angabe von Durchschnittsgeschwindigkeiten oder Verkehrsdichte
- Unterschiedliche Länge und Breite der Straßen, die untersucht wurden
- Unterschiedlicher Stichprobenumfang (Anzahl an getöteten Vögeln)
- Teilweise wurden Vogelarten in Gruppen zusammengefasst
- Die Habitatumgebung wurde nicht in jeder Studie aufgenommen

Weitere Fehlerquellen, die die Ergebnisse der Studien beeinflussen:

- Getötet Vögel werden von Beutegreifern, Aasfresser oder Straßenarbeitern vor dem Finden entfernt
- Manche Vögel sind nicht direkt tot, sondern können noch eine kurze Strecke fliegen und werden daher nicht mehr gefunden
- Der Kadaver ist so zerstört, dass er nicht mehr als Vogel oder Vogelart erkannt wird oder ist sogar komplett verschwunden
- Aufgrund hoher Geschwindigkeiten wird der getötete Vogel so weit weg geschleudert, dass er nicht mehr gefunden wurde
- Manchmal wurde die Straße am Tag vor dem Kontrollgang gereinigt



- Svensson (1998) zählte in seiner Studie nur die Vögel, die er selber mit seinem Auto tötete und stellte seine Hochrechnungen nur mit diesen Zahlen an
- Manche Studien geben nicht an, nach welcher Methode untersucht wurde
- In einer Studie kommen verschiedene Methoden zum Einsatz, je nach Vogelart oder Vogelgruppe (z.B. Eulen)

### 3 Angaben zu Vogel-Schlagopfern in der Literatur

Das Review von ERRITZOE ET AL. aus dem Jahre 2003 gibt eine weitgehende Übersicht der Zahlen von Vogelschlagopfer auf europäischen Straßen (Tab. 2). Die darin verwendeten Studien mussten Mindestanforderungen erfüllen um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. So wurden nur solche Studien eingebunden, deren Untersuchungen mindestens ein Jahr andauerte und regelmäßige und häufige Untersuchungen aufwies. Als weiteres Kriterium mussten Informationen über den Monat der Aufsammlung bekannt sein. Um Stichproben von systematischen Untersuchungen zu trennen wurde eine Mindestzahl von einhundert Vögeln pro Studie festgesetzt.

Tabelle 2: Geschätzte Zahl an Vögeln in verschiedenen europäischen Ländern, die jährlich im Straßenverkehr getötet werden. Unterschiedliche Straßentypen wurden untersucht ERRITZOE ET AL. (2003).

Land	Jahr der Untersuchung	Vögel, die pro Jahr getötet wurden	Quelle
<b>England</b>	1960-1961	2.500.000	Hodson & Snow 1965
<b>England</b>		27.000.000	Errington 1971
<b>Niederlande</b>	1973-1976	653.000	Jonkers & de Vries 1977
<b>Deutschland</b>	1987-1988	ca. 9.400.000	Fuellhaas et al. 1989
<b>Dänemark</b>	1957-1958	ca. 1.370.000	Hansen 1982
<b>Dänemark</b>	1964-1965	ca. 3.521.000	Hansen 1982
<b>Dänemark</b>	1979-1981	ca. 3.273.000	Hansen 1982
<b>Dänemark</b>		350.000	Thomsen 1992
<b>Dänemark</b>	1992-1993	1.100.000	Bruun- Schmidt 1994
<b>Schweden</b>	1977	500.000-1.000.000	Göransson et al. 1978
<b>Schweden</b>	1989-1998	8.500.000	Svenson 1998
<b>Bulgarien</b>	1979-1980	> 7.000.000	Nankinov & Todorov 1983

In 17 von ERRITZOE ET AL. (2003) ausgewerteten westeuropäischen Studien (aus Großbritannien, Frankreich, Niederlande, Deutschland, Dänemark und Schweden) stammten mehr als 75 % der getöteten Vogelarten aus 22 Arten. Am häufigsten betroffen waren Haussperlinge und Amseln, gefolgt von Fasan, Singdrossel, Feldsperling, Rotkehlchen, Rauchschwalbe und Star.

In ebenso vielen Studien aus Zentral-, Ost- und Südeuropa (Finnland, Russland, Polen, Ukraine, Tschechien, Slowakei, Bulgarien und Italien) stammten mehr als 75 % der getöteten Vogelarten aus 15 Arten. Hier wurden am meisten Feldsperlinge, Haussperlinge und Rauchschwalben Verkehrsoffer, gefolgt von Buchfink, Kohlmeise, Goldammer, Aaskrähe und Elster.

Die für Deutschland kalkulierte Schlagopferzahl wird mit ca. 9,4 Millionen Tieren pro Jahr beziffert (ERRITZØE ET AL. 2003).

Der Anteil von getöteten Jungvögeln zu adulten Vögeln ist artspezifisch (HOLZGANG ET AL. 2000) und verschiebt sich mit den Jahreszeiten. Im Monat Mai waren nach HANSEN (1969, 1982) in Dänemark 5 % der durch den Verkehr getöteten Vögel Jungvögel, im Juni erhöhte sich die Anzahl auf 43 %, im Juli auf 72 % und im August auf 82 %. FETISOV (1990) und SALNIKOV & BUSLAYEV (1986) geben an, dass 50-90 % aller im Verkehr getöteten Vögel Jungvögel seien. Dies entspricht Angaben von BERGMANN (1974) von im Mittel 40 % (HOLZGANG ET AL. 2000, Min. Feldlerche 12 %, Max. Rauchschnalbe 80 %). In Studien von FINNIS (1960) und DUNTHORN & ERRINGTON (1964), durchgeführt jeweils von April bis September, waren 84 % bzw. 62 % der getöteten Singdrosseln adult. Insgesamt werden die meisten Vögel zwischen April und September getötet, mit einem Peak im April/Mai und einer zweiten Spitze von Juli bis September. Der erste Anstieg wird mit der Brutaktivität und daraus resultierender mangelnder Aufmerksamkeit erklärt, die zweite Spitze entsteht aus der Unerfahrenheit der Jungtiere (HANSEN 1969, BRÄUTIGAM 1978, GÜNTHER 1979, KORHONEN & NURMINEN 1987, SMETTAN 1988, FETISOV 1990). Auch DENNER (2005) bestätigt, dass Funde in den Monaten Oktober bis Februar sehr gering waren, die Zahlen jedoch mit beginnender Brutzeit deutlich anstiegen bis zu einem Gipfel des Flüg-gewerdens der Jungtiere im Mai/Juni. Dies wird von BERGMANN (1974) und KUHN (1987) bestätigt.

Ebenso eine wichtige Rolle spielt die Ernte im Sommer, da zu diesem Zeitpunkt viele Samen neben den Straßen liegen und bei der Nahrungsaufnahme körnerfressende Vögel mit den Fahrzeugen kollidieren (HODSON 1960, BEREZOVIKOV 1995). In den Wintermonaten November bis Januar gibt es signifikant weniger Vögel, die Verkehrsoffer werden. Eine mögliche Ursache ist, dass es im Winter ein geringeres Verkehrsaufkommen gibt und die Autos durchschnittlich langsamer fahren (HODSON & SNOW 1965).

Während die tageszeitliche Verteilung der Kollisionen zu unterschiedlichen Ergebnissen führt (ERRITZØE ET AL. 2003), gibt es Unterschiede der Schlagopferwahrscheinlichkeit an verschiedenen Wochentagen. Die höchste Schlagopferzahl wird am Wochenende registriert (SCHOENEMANN 1977, GÖRANSSON ET AL. 1978).

### **Greifvögel und Eulen**

BOSCH (1989) beschreibt, dass Greifvögel und Eulen bei Schneelagen und Frostperioden im Winter deutlich häufiger Kollisionsoffer werden (Abb. 1). MASSEMIN ET AL. (1998) fand bei Untersuchungen an Schleiereulen heraus, dass im Herbst meist junge Eulen auf Straßen getötet wurden, während im Winter die Anzahl der Adulten anstieg. Hierfür spielt die Tageslänge eine wesentliche Rolle (HODSON 1960).

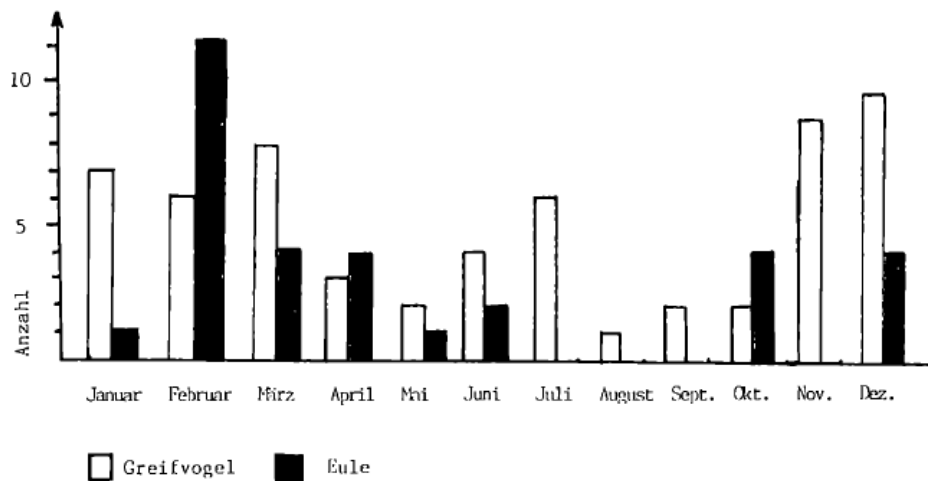


Abb. 1 : Jahreszeitliche Verteilung der Totfunde von Greifvögeln und Eulen (Quelle: Bosch 1992)

Bei Mäusebussarden ist dieses Muster in der höheren Anzahl durchziehender und überwinternder Bussarde und einer erhöhten Nahrungsverfügbarkeit auf den Straßen bedingt. Durchziehende und überwinternde Mäusebussarde erhöhen die Anzahl in den Wintermonaten beträchtlich. In Falsterbo, dem „Nadelöhr“ des skandinavischen Vogelzugs, wurden für den Herbstzug in den Jahren 1987 bis 1990 10.000 (1987) bis 13.000 (1990) Mäusebussarde gezählt (KJELLÉN 1994). In Skandinavien (ohne Norwegen) wird die Population auf ca. 45.000 Brutpaare geschätzt, die alle im Winter nach Süden ziehen ( <https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%A4usebussard>, zuletzt geöffnet: 10.05.2017). Die mittel-europäischen Mäusebussarde sind weitgehend nicht wegziehende Standvögel (MEBS, 1994), somit ist die Winterpopulation dieser Art wesentlich größer als die Sommerpopulation. Eine erhöhte Schlagopferzahl in den Wintermonaten ist somit erklärbar.

Tabelle 3: Getötet Greifvögel und Eulen im Straßenverkehr

Land	Jahre	Schlagopfer	Anzahl / 100 km/ Jahr	Quelle
<b>Deutschland</b>	1977-1989	60 Greifvögel 31 Eulen	1,3 0,68	Bosch (1989) (Zufallsfunde)
<b>Deutschland</b>	2001-2003	63 Greifvögel 30 Eulen	97,7 46,5	Fackelmann (2012)
<b>Frankreich</b>	1990-1994	187 Eulen	31,2	Massemin & Zorn (1998)
<b>Schweiz</b>	1964-1981	143 Greifvögel 80 Eulen	13,2 2,8	Bourquin (1983)
<b>Schweiz</b>	1973-1992	105 Greifvögel 64 Eulen	k.A.	Marti (1993)

In verschiedenen Studien mit einer Datenerfassung aus den Jahren 1964-2003 können Zahlen zu Kollisionsopfern auf Autobahnen abgeleitet werden (Tab. 3). Demnach liegt die

in den Studien maximale Anzahl der Greifvogelschlagopfer an Autobahnen bei 97,7 pro 100 km. Für Eulen liegt der Wert bei 46,5 Tieren pro 100 km Autobahnstrecke.

Da die Kollisionszahlen von zahlreichen unten beschriebenen sowie methodischen Faktoren abhängig sind, ist aufgrund der geringen Datenlage schwer einschätzbar, ob es sich um flächendeckend repräsentative Daten handelt. Wird eine Repräsentativität vorausgesetzt, können diese Zahlen auf das deutsche Autobahnnetz hochgerechnet werden. Für das deutsche Autobahnnetz errechnen sich somit 12.603 Greifvogelschlagopfer sowie 5.999 Eulenschlagopfer pro Jahr. Aufgrund der Hinweise vieler Autoren, dass die gefundenen Schlagopfer meist geringer einzuschätzen sind als die tatsächliche Anzahl, erscheint die Verwendung der Maximalwerte plausibel.

## 4 Faktoren für erhöhte Kollisionshäufigkeiten

Folgende Faktoren beeinflussen die Häufigkeit der Kollisionen von Vögeln mit Fahrzeugen:

### **Verkehrsdichte**

Die Verkehrsdichte beeinflusst die Häufigkeit des Vogelschlags (Holzgang et al. 2000). Vergleiche zwischen verschiedenen Studien sind jedoch schwierig, da detaillierte Aufnahmen fehlen (ERRITZOE ET AL. 2003). Während UNDERHILL & ANGOLD (2000) die Verkehrsdichte als eine der Hauptursachen für die Kollisionen im Straßenverkehr ansehen, stellten andere Studien keinen Zusammenhang fest (BOURQUIN 1983, ILLNER 1992). In der Studie von BRUUN-SCHMIDT (1994) in Dänemark wurden in einem Jahr 43 Vögel auf einer 10 km langen Straße mit 332 Fahrzeugen/24 Std getötet, während mehr als doppelt so viele (96) auf einem 10 km langen Abschnitt einer Hauptstraße mit 2823 Fahrzeugen/24 Std getötet wurden. FUELLHAAS ET AL. (1989) ermittelte in einer methodisch unterschiedlichen Studie 320 Verkehrsoffer auf einer Straße mit 780 Fahrzeugen/Tag, aber nur 154 tote Vögel auf einer Hauptstraße mit 2650 Fahrzeugen/Tag. ODZUCK (1975) kommt zu dem Schluss, dass Nebenstraßen eine größere Gefahr für Vögel darstellen, während sie auf Hauptstraßen vom Lerneffekt profitieren würden (siehe auch MARTENS 1962, BERGMANN 1974, CASE 1978). HAVLIN (1987) verglich die Schlagopferzahlen von langbestehenden Autobahnen mit neu errichteten Autobahnabschnitten. Auf den neuen Strecken wurden etwa doppelt so viele Schlagopfer gefunden wie auf langbestehenden Autobahnen.

### **Geschwindigkeit der Fahrzeuge**

Die Geschwindigkeit hat einen hohen Einfluss auf die Anzahl der Kollisionen von Vögeln im Straßenverkehr (HODSON 1960, DUNTHORN & ERRINGTON 1964, HANSEN 1969, JOSELYN ET AL. 1969, CASE 1978, SMETTAN 1988, Illner 1992, Holzgang 2000). Auch MARTENS (1962) postuliert, dass die Verkehrsdichte keinen Einfluss auf die Anzahl der Kollisionen habe, hohe Geschwindigkeit jedoch schon.

DICKERSON (1939) und WASCHER ET AL. (1988) fanden heraus, dass es bei Geschwindigkeiten unter 40 km/h nur selten zu Zusammenstößen kommt, während ab Geschwindigkeiten von 56 km/h die Anzahl der Tötungen steigen. Trotzdem kommt es auch zu Kollisionen in der Stadt, obwohl hier die Maximalgeschwindigkeit bei 50 km/h liegen sollte (BRUUN-SCHMIDT 1994). Als Ursache gab der Autor an, dass die Fahrzeugführer sich nicht an die zulässige Geschwindigkeit gehalten haben könnten. In einer bulgarischen Studie wurden 70 % der getöteten Vögel auf abschüssigen Straßen gefunden auf Grund der höheren Geschwindigkeit beim Abwärtsfahren (NANKINOV & TODOROV 1983). In einer Steinkauzstudie von HERNANDEZ (1988) wurden fast 75 % der Straßenverkehrsoffer an kurvigen Straßen gefunden. Hier spielte es keine Rolle, dass die Fahrzeuge mit geringer Geschwindigkeit unterwegs waren.

### **Wettereinfluss**

Nur wenige Studien beschäftigen sich mit dem Einfluss, den das Wetter auf im Straßenverkehr getötete Vögel hat (ERRITZOE ET AL. 2003). Bei regnerischem Wetter und Stürmen kommt es zu weniger Kollisionen als bei gutem Wetter, während sich eine extrem hohe Anzahl an Schlagopfern an heißen, feuchten Sommertagen finden lässt (HODSON 1960, BERGMANN 1974). Mauersegler und Schwalben fliegen bei regnerischem und kaltem Wet-

ter dicht am Boden und werden damit häufiger geschlagen (BRÄUTIGAM 1978, HARDING 1979, WÄSCHER ET AL. 1988).

### **Habitatumgebung**

Verschiedene Autoren betonen die Wichtigkeit der Habitatumgebung. So finden sich sehr viele Schlagopfer an Stellen, wo die Straßen durch Wälder oder an Bachläufen entlang führen, von Hecken gesäumt sind oder die Vegetation sich verändert (GÖRANSSON ET AL. 1978, BROWN ET AL. 1986, WÄSCHER ET AL. 1988, BOSCH 1989, JOHNSON 1989). Beispielsweise finden sich 6,5 bis 7,4 getötete Vögel/km/Jahr auf Straßen, die durch Ackerland führen, jedoch 16,5 bis 19,6/km/Jahr auf Straßen, die von Obstbäumen, Wäldern, Seen oder Wiesen gesäumt sind oder durch Dörfer führen (BERGMANN 1974, BRÄUTIGAM 1978, LÜPKE 1983). Strukturen, die wie Leitlinien wirken, wie beispielsweise Baumalleen, Gräben, Hohlwege, Staudenraine oder bepflanzte Mittelstreifen erhöhen ebenfalls die Kollisionsgefahr (STEIOF 1996). Ebenfalls gefährlich für Vögel sind Lücken in der Vegetation, da sie Vögel dazu verleiten, von einer Straßenseite auf die andere zu fliegen (HODSON 1960, 1962, DUNTHORN & ERRINGTON 1964). Ebenso ungünstig wirkt es sich aus, wenn sich die Umgebung auf einem niedrigeren Niveau als die Straße befindet. So stellten BAY & RODI (1991) in ihrer Untersuchung einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Höhe von straßenbegleitenden Gehölzen und tödlichen Unfällen fest. Wenn Gehölze das Straßenniveau überragen, geschehen weniger tödliche Unfälle von Vögeln. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass hochragende Gehölze eine Schutzwirkung haben, da Vögel auf einem höheren Niveau die Straße überfliegen (siehe auch WÄSCHER ET AL. 1988, BRUUN-SCHMIDT 1994).

### **Verhalten der Vögel**

Arttypisches Verhalten scheint einen großen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit zu haben, Schlagopfer zu werden (HANSEN 1969). Fressen beispielsweise Aasfresser wie Mäusebusard und Rotmilan an den Kadavern anderer Tiere, die mit Fahrzeugen kollidierten, so werden sie häufig selber zum Verkehrsoffer (FEINDT & GÖTTGENS 1967, COLEMAN 1968, GÖRANSSON ET AL. 1978, MASSON & MACDONALD 1995). Auf eine erhöhte Kollisionswahrscheinlichkeit für Eulen, Greifvögel, Krähen und Elstern, die aktiv an Straßen respektive Straßenrändern nach Aas und überfahrenden Kleinsäugetieren suchen, wird in zahlreichen Publikationen hingewiesen (ELLENBERG ET AL. 1981, LÜPKE 1983, KUHN 1987, WÄSCHER ET AL. 1988, VAN DEN TEMPEL 1993, KELLER ET AL. 1996, STEIOF 1996 und SMIT ET AL. 1998).



Abb. 2: Waldkauz (*Strix aluco*): sitzend in Straßengebälggrün (Foto: A. Toschki)

Nach van den Tempel (1993) sind Arten, deren Hauptbeute die Feldmaus (*Microtus arvalis*) ist, besonders davon betroffen (z.B. Schleiereule, Steinkauz, Waldkauz, Mäusebussard und Turmfalke). Auch Nero & Copland (1981) bestätigen dies für Eulen, die von Kadavern auf der Straße ebenfalls angezogen werden. Bosch (1989) fand heraus, dass viele Greifvögel nicht durch eine Kollision mit dem Auto, sondern mit deren Autoantenne getötet wurden. Die hohe Lernfähigkeit von Greifvogelarten vermindert deren Opferzahl (Smettan 1988, Wäscher et al. 1988, Steiof 1996).

Eine weitere wichtige Rolle spielen Autoscheinwerfer. Sie blenden nachtaktive Vögel, z.B. Eulen derart, dass diese leichter zu Verkehrsoffern werden (HARRISON 1954, BENSON 1955, HAVERSCHMIDT 1955, UHLENHAUT 1976, ARONSON 1979, BROUWER 1992, BARLOW & GALE 1999, ERRITZØE 1999).

### **Populationsgröße**

Das Ausmaß der Auswirkungen des Straßenverkehrstods auf die Vogelpopulation wird unterschiedlich bewertet. Laut REIJNEN & FOPPEN (1994, 1997) haben die Schlagopferzahlen keine bedeutende Auswirkung auf die Population von Vögeln. Bei Eulen, hier vor allem bei der Schleiereule (BRAAKSAM & DE BRUYN 1976, zit. aus VAN DER ZANDE ET AL. 1980, ILLNER 1992b, zit. aus REIJNEN & FOPPEN 1997, VAN DEN TEMPEL 1993), hat die Straßenmortalität einen signifikanten Einfluss auf den Bruterfolg und die Population. Dies wird von RAMSDEN (2003) für die britische Schleiereulenpopulation bestätigt: Das Verhältnis der berichteten Todesfälle, die dem Straßenverkehr zugeschrieben werden, hat von 6 % in den Jahren 1919-1954 auf 50 % (1991-1996) zugenommen. Für Steinkäuze stellen Fahrzeugkollisionen die häufigste nicht-natürliche Todesursache dar und sind eventuell bis zu einem gewissen Ausmaß für den generellen Schwund dieser Art verantwortlich (HERNANDEZ, 1988, ILLNER, 1992, FAJARDO ET AL. 1998).





Abb. 3: An einer Autobahn in NRW gefundenes Schlagopfer des Steinkauzes (*Athene noctua*) im Jahr 2017 (Foto: J. Prell).

GÖRANSSON ET AL. (1978) wies nach, dass in Schweden 1-4 % der meisten Vogelarten im Straßenverkehr verenden, es für manche Arten aber höhere Tötungsrisiken (bis zu 10 %) gibt. Besonders gefährdet sind u.a. Greifvögel und Eulen.

Gleichzeitig beeinflusst die Größe einer Population die Wahrscheinlichkeit, Schlagopfer zu werden. STEIOF (1996) vermutet, dass von den Millionen Kollisionen zwischen Vögeln und Fahrzeugen pro Jahr hauptsächlich häufige Vogelarten betroffen sind und dass sich diese Verluste vermutlich nicht erheblich auf die Populationsgröße auswirken. Lokale bzw. großflächige Auswirkungen auf seltenere Arten (z.B. Ziegenmelker, Steinkauz, Schleiereule) sind jedoch sehr wahrscheinlich. Auch Bauer & Thielcke (1982, zit. aus Kuhn 1987) gehen bei Rotmilanen, Schleiereulen, Steinkäuzen, Uhus und Ziegenmelkern von einer Gefährdung durch den Straßenverkehr aus.

#### **Ansitzstangen an der Autobahn**

Großvögel wie Greife und Eulen sind Ansitzjäger, die von geeigneten Sitzwarten profitieren. In ausgeräumten Landschaften erleichtern Ansitzstangen, sogenannte Jule, die Jagd auf Kleinsäuger. In der Landschaftspflege werden Ansitzwarten auch an Autobahnen vielfach eingesetzt um bei Neuanpflanzungen von Gehölzen den Terminaltrieb vor dem Abknicken zu schützen. Eine Gefahr entsteht, wenn durch Ansitzstangen, die entlang der Autobahnen aufgestellt sind, eine erhöhte Attraktivität für diesen Raum geschaffen wird. GLITZNER ET AL. (1999) sieht Ansitzstangen als prioritär bedeutende Gefährdungsursache. STEIOF (1996) und HOLZGANG ET AL. (2000) nennen Ansitzwarten als zusätzliche unfallfördernde Eigenschaft an Straßen. BOSCH (1989) stellt fest, dass besonders an Streckenab-



Abb. 4: Jule, als Ansitzwarte für Greifvögel (Foto: J. Prell)

schnitten der Autobahn, die Waldbereiche mit Ansitzmöglichkeiten oder weite Feldfluren durchschneiden, die meisten Totfunde von Eulen und Greifvögeln auftraten.

## 5 Maßnahmen zur Verminderung des Tötungsrisikos von Greifvögeln und Eulen

Entsprechend der obigen Ausführungen zu den wesentlichen Faktoren, die zu einer Erhöhung der Kollisionswahrscheinlichkeit mit Fahrzeugen führen, können aus der Literatur folgende Maßnahmen zur Reduzierung des Tötungsrisikos abgeleitet werden:

- Reduzierung der Verkehrsdichte insbesondere an Straßen mit hohen Populationen streng geschützter Arten
- Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit insbesondere an Straßen mit hohen Populationen streng geschützter Arten sowie strukturreichen Landschaften
- Regelmäßiges Entfernen von Kadavern auf Straßen insbesondere in den Wintermonaten mit erhöhtem Schlagrisiko
- Einsenkungen von Fahrbahnen in das Gelände
- Kein Einsatz von Greifvogeljulen an Straßenböschungen, ggf. Weglocken durch Ansitzwarten an abseitigen Stellen beziehungsweise durch abseitige Fütterung in strukturreichen Landschaften sowie an Straßen mit hohen Populationen streng geschützter Arten
- Regelmäßiges Monitoring zur Einschätzung und Bewertung der Gefährdungssituationen an Straßenabschnitten sowie zur Kontrolle von Maßnahmen

## 6 Literaturverzeichnis

- Aronson L. 1979. The Hume's Tawny Owl *Strix butleri* in Israel. *Dutch Birding* 1: 18–20.
- Barlow C. R., Gale G. 1999. Information gained from nine road-killed Red-necked Nightjar *Caprimulgus ruficollis* in the Gambia, in winters 1990–1997. *Bull. African Bird Club* 6: 48–51.
- 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.
- Benson C. W. 1955. Nightjars on roads at night. *Ibis* 97: 370–371.
- Bergmann, H.-H. (1974): Zur Phänologie und Ökologie des Straßentods der Vögel. *Die Vogelwelt* 95: 1-21.
- Berezovikov N. N. 1995. [On mortality of vertebrates on the highways]. *Selevinia* 3: 82–85.
- Bosch S. 1989. Totfunde von Greifvögeln und Eulen im Bereich des Autobahnkreuzes Weinsberg. Auswertung der Fundmitteilungen der Autobahnmeisterei Neuenstadt 1977-1989, *Orn. Jh. Bad.-Württ.* 5, 1989 (1992): 109-111
- Bourquin J. D. 1983. [Mortality of raptors along the route Genève-Lausanne]. *Nos Oiseaux* 37: 149–169.
- Bräutigam H. 1978. Vogelverluste auf einer Fernverkehrsstrasse von 1974 bis 1977 in den Kreisen Altenburg und Geithain. *Orn. Mitt.* 30: 147–149.
- Brouwer J. 1992. Road-kills of three nightjar species near Niamey, Niger. *Malimbus* 14: 16–18.
- Brown R. J., Brown M. N., Pesotto B. 1986. Birds killed on some secondary roads in Western Australia. *Corella* 10: 118–122.
- Bruun-Schmidt J. 1994. [Traffic killed animals in relation to landscape, topography and type of road]. *Upubliceret specialerapport, Odense Universitet, Biologisk Institut.*
- Case R. M. 1978. Interstate highway road-killed animals: a data source for biologists. *Wildlife Soc. Bull.* 6: 8–13.
- Coleman B. 1968. Common Gulls and Blackbirds feeding on road casualties. *British Birds* 61: 227.
- Denner M. 2005. Vögel als Straßenverkehrsoffer - Ergebnisse einer gezielten Erfassung im Weinviertel, Niederösterreich, in den Jahren 2003 und 2004, *Egretta* 48: 102-108
- Dickerson L. M. 1939. The problem of wildlife destruction by automobile traffic. *J. Wildl. Manage.* 3: 104–116.
- Dunthorn A. A., Errington F. P. 1964. Casualties among birds along a selected road in Wiltshire. *Bird Study* 11: 168–182.
- Ellenberg, H., Müller, K., Stottele, T. 1981. *Straßen-Ökologie. Ökologie und Straße.* Broschürenreihe der Deutschen Straßenliga, Bonn. Ausgabe 3. 122 S.
- Errington F. P. 1971. Bird deaths on roads. *Ibis* 113: 416.
- Erritzøe J. 1999. Causes of mortality in the Long-eared Owl *Asio otus*. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* 93: 162–164.
- Erritzoe, J. et al. 2003. Bird Casualties on European Roads — A Review, *Acta Ornithologica*, 38(2):77-93.
- Fackelmann C. 2012. Vogel- und Säugetierverluste an einem Teilstück der Bundesautobahn 8 im Jahres- und Streckenverlauf, *Ornithol. Anz.*, 51: 1–20

- 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.
- Feindt P., Göttgens H. 1967. Überwintrende Rote Milane (*Milvus milvus*) in Süd-Niedersachsen an ihren Sammel-, Schlaf- und Nahrungsplätzen. *Vogelwelt* 88: 8-19.
- Fetisov S. A. 1990. [On the death of birds on the motor patch of the Pskov region]. *Vestn. Leningr. Univ. Biol.* 20: 26.
- Finnis R. G. 1960. Road casualties among birds. *Bird Study* 7: 21-32.
- Forman R. T. T. 1995. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions.* Cambridge Univ. Press.
- Fuellhaas U., Klemp C., Kordes A., Ottersber H., Pirmann M., Thiessen A., Tshoetschel C., Zucchi H. 1989. Untersuchungen zum Straßentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. *Beiträge Naturkunde Niedersachsens* 42: 129-147.
- Gedeon, K., C. Grüneberg, A. Mitschke, C. Sudfeldt, W. Eikhorst, S. Fischer, M. Flade, S. Frick, I. Geiersberger, B. Koop, M. Kramer, T. Krüger, N. Roth, T. Ryslavy, S. Stübing, S.R. Sudmann, R. Steffens, F. Vökler und K. Witt (2014). *Atlas Deutscher Brutvogelarten. Atlas of German Breeding Birds.* Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster
- 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.
- Göransson G., Karlsson J., Lindgren A. 1978. [Influence of roads on the surrounding nature. II. Fauna]. *Rapport från Statens Naturvårdsverk.*
- Günther U. 1979. Eine Untersuchung zur Frage der Gefährdung unserer Vogelwelt durch den Straßenverkehr. *Thüringer Ornithologische Mitteilungen* 25: 3-14.
- Haas W. 1964. Verluste von Vögeln und Säugern auf Carstrassen. *Orn. Mitt.* 16: 245-250.
- Hansen L. 1969. [Roadkill of Danish vertebrates]. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* 63: 81-92.
- Hansen L. 1982. [Roadkills in Denmark]. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* 76: 97-110.
- Harding B. D. 1979. Road mortality of swifts. *Brit. Birds* 72: 392.
- Harrison T. 1954. Nightjars sitting on roads at night. *Ibis* 96: 626.
- Haverschmidt F. 1955. Nightjars sitting on roads at night. *Ibis* 97: 371-372.
- Havlin J. 1987. Motorways and birds. *Folia Zoologica* 36: 137-153.
- Heinrich D. 1978. Untersuchungen zur Verkehrsopferrate bei Säugetieren und Vögeln. *Die Heimat* 85: 193-208.
- Hernandez M. 1988. Road mortality of the Little Owl (*Athene noctua*) in Spain. *J. Raptor Res.* 22: 81-84.
- Hodson N. L. 1960. A survey of vertebrate road mortality. *Bird Study* 7: 224-231.
- Hodson N. L. 1962. Some notes on the causes of bird casualties. *Bird Study* 9: 168-173.
- Hodson N. L. 1966. Some notes on the habits of roadside carrion feeders. *Bird Study* 13: 272-273.
- Hodson N. L., Snow D. W. 1965. The road deaths enquiry, 1960-61. *Bird Study* 12: 90-99.

- Holzgang O., Sieber S., Heynen D, von Lerber F., Kellerm V., Pfister H.P. (2000): Wildtiere und Verkehr – eine kommentierte Bibliographie. Schweizerische Vogelwarte, Sempach, 72 S.
- Hope Jones P. 1980. Bird scavengers on Orkney roads. *British Birds* 73: 561–568.
- Illner H. 1992. Road deaths of Westphalian owls: methodological problems, influence of road type and possible effects on population levels. In: Galbraith C. A., Taylor I. R., Percival S. (eds). *The ecology and conservation of European owls*. UK Nat. Conserv. 5, Peterborough, pp. 94–100.
- 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.
- Johnson P. N. 1989. Annual avian and mammalian traffic mortality along a South Yorkshire road. *Naturalist (Leeds)* 114: 99–101.
- Jonkers D. A., de Vries G. W. 1977. Verkeersslachtoffers onder de Fauna. Zeist. Nederlandse Verenigen tot Bescherming van Vogels, Zeist.
- Joselyn G. B., Warnock J. E., Etter S. L. 1969. Wildlife — an essential consideration determining future highway roadside maintenance policy. *Highway Research Record* 280.
- 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.
- Kjellén, N. 1994: Differences in age and sex ratio among migration and wintering raptors in southern Sweden. In: *The Auk*. 111 (2), 1994, S. 274–284.
- Korhonen K., Nurminen L. 1987. Traffic deaths of animals on the Kuopio-Siilinjärvi Highway in eastern Finland. *Aquilo Ser. Zool.* 25: 9–16.
- Kuhn J. (1987 Gefährdungsfaktoren. Straßenbau und Verkehr. Pp. 51-69 in: J. Holzinger: *Die Vögel Baden-Württembergs (Avifauna Baden-Württemberg)*. Band 1: Gefährdung und Schutz. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 724 pp.
- Lindsay J. M. 1929. Roadways as they affect bird life. *Condor* 31: 143–145.
- Lüpke M. 1983. Vogelverluste an einer Fernverkehrsstraße. *Falke* 30: 58–60.
- Martens J. 1962. Gefährdung der Vogelwelt durch Kraftwagen. *Orn. Mitt.* 14: 221.
- Mason C., MacDonald S. 1995. Corvids feeding on carrion. *Bird Study* 42: 255–256.
- Massemin S., Le Maho Y., Hendrich Y. 1998. Seasonal pattern in age, sex and body condition of Barn owls *Tyto alba* killed on motorways. *Ibis* 140: 70–75.
- Massemin, S., Zorn, T. 1998. Highway mortality of barn owls in Northeastern France, *J. Raptor Res.* 32 (3): 229-232
- Mebs, T. 1994: *Greifvögel Europas, Biologie, Bestandsverhältnisse, Bestandsgefährdung*, Franckh Kosmos, Stuttgart
- Meade G. M. 1942. Calcium chloride — a death lure for crossbills. *Auk* 59: 439–440.
- Meinertzhagen R. 1954. *Grit. Bull. Brit. Orn. Club* 74: 97–102.
- Moller, A., Erritzoe, H., Erritzoe, J. 2011. A behavioral ecology approach to traffic accidents: Interspecific variation in causes of traffic casualties among birds, *Zoological Research*, 2011, Apr. 32(2): 115–127

- Morelli, F., Beim, M., Jerzak, L., Jones, D. & Tryjanowski, P. 2014: Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? – A review.—Transportation Research Part D, 30: 21–31.
- Nankinov D. N., Todorov N. M. 1983. Bird casualties on highways. Sov. J. Ecol. 14: 288–293.
- Nero R. W., Copland H. W. R. 1981. High mortality of Great Gray Owls in Manitoba — winter 1980–81. Blue Jay 39: 158–165.
- Odzuck W. 1975. Im bayerischen Alpenvorland durch den Straßenverkehr getötete Wirbeltiere. Natur und Mensch 17: 153–158.
- Oeser R. 1977. Der Fichtenkreuzschnabel (*Loxia curvirostra* L.) als Opfer des Straßenverkehrs im Fichtenberggebiet. Beitr.Vogelkd. 23: 278–280.
- Ramsden D. J. 2003. Barn Owls and major roads: results and recommendations from a 15-year research project. The Barn Owl Trust, Ashburton.
- 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*
- 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 (trochilus) breeding close to a highway. J. Appl. Ecology 31: 85–94
- Robertson McB. J. 1930: Roads and birds. Condor 32: 142–146.
- Salnikov G. M., Buslayev S. V. 1986. [The birds mortality on roads of Ivanovo Region]. In: [Study of birds of the USSR, their conservation and wise management]. Leningrad, pp. 222–223.
- Schoenemann W. 1977. Wildunfälle im Strassenverkehr. Zool. Beiträge 23: 169–219.
- 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.
- Slater F. 1994. Wildlife road casualties. British Wildlife 5: 214–221.
- Smettan H. W. 1988. Wirbeltiere und Straßenverkehr — ein ökologischer Beitrag zum Straßentod von Säugern und Vögeln am Beispiel von Ostfildern/Württemberg. Ornithologische Jahreshefte für Baden-Württemberg 4: 29–55.
- Steiof, K. 1996. Verkehrsbegleitendes Grün als Todesfalle für Vögel. Natur und Landschaft 71: 527–532.
- Svensson S. 1998. Birds kills on roads: is this mortality factor seriously underestimated? Ornis Svecica 8: 183–187.
- Telegin V. I., Ivleva N. G. 1983. [Birds on roads]. In: [Birds of Siberia], Gorno-Altaysk, pp. 256–257.
- 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
- Thomsen K. 1992. [Project game register]. Rapport for Falck Danmark.
- Uhlenhaut K. 1976. Unfälle von Schleiereulen durch Kraftfahrzeuge. Falke 21: 56–60.
- Underhill J. E., Angold P. G. 2000. Effects of roads on wildlife in an intensively modified landscape. Environ. Rev. 8: 21–39.
- Wäscher S., Janisch A., Sattler M. 1988. Verkehrstrassen- Todesfallen der Avifauna. Luscinia 46: 41–55.

Zande, A.N. van der, 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.

Zumeta D. C., Holmes R. T. 1978. Habitat shift and roadside mortality of Scarlet Tanagers during a cold wet New England spring. *Wilson Bull* 90: 575-586.