

Lebensraumzerschneidung durch Verkehrsinfrastruktur und Erhaltung von Mobilitäts-Achsen für Wildtiere in der Kulturlandschaft

F. VÖLK und M. WÖSS

1. Einleitung und Problemstellung

Die Verkehrsinfrastruktur, vor allem das übergeordnete Straßennetz, zerschneidet in ständig wachsendem Ausmaß die Lebensräume von Wildtieren und "kammert" die Landschaft. In Wechselwirkung mit anderen Faktoren, insbesondere mit der Zunahme verbauter Flächen, werden dadurch die Möglichkeiten für großräumigen Wildwechsel und für natürlichen Genfluss eingeschränkt oder teilweise sogar verunmöglicht. Für waldbundene Wildarten stellt zusätzlich der Verlust verbindender Gehölzstrukturen zwischen größeren Waldgebieten eine Erschwernis für Wanderungen dar. Somit wirkt sich auch der Strukturwandel in Berggebieten maßgeblich auf die Bewegungsfreiheit des Wildes aus. Dies gilt natürlich umso mehr für Regionen mit ohnehin geringer Waldausstattung, wie z.B. für landwirtschaftliche Intensivgebiete in größeren Tälern im Alpenraum sowie für Ackerbaugebiete im Flachland. Das Autobahn- und Schnellstraßennetz in Österreich ist mit Ausnahme weniger Kilometer gezäunt. Es war aber bisher keine Information verfügbar, ob dieses Netzwerk an Barrieren (incl. vierspüriger Bundesstraßen rund 2000 km) für Wild ausreichend durchlässig ist und wo geeignete Querungsmöglichkeiten liegen. Deshalb konnte bisher die Bedeutung einzelner Landschaftsteile als Wanderkorridore für Wild weder beurteilt noch konnten diese gezielt geschützt werden. Dieser Informationsmangel hatte zur Folge, dass bei Veränderungen im Wildlebensraum (z.B. Siedlungsentwicklung, Flächenwidmung, Bau von Verkehrswegen, Kommassierung, Gewässerregulierung und Ufergestaltung, Renaturierungsmaßnahmen) auf die Wechselbedürfnisse des Wildes nicht

entsprechend Rücksicht genommen werden konnte.

Seit 1998 finanziert das Österreichische Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (BMWA) eine Studie, um Verteilung und wildökologische Eignung bestehender Querungsmöglichkeiten am übergeordneten Straßennetz (Brücken und Tunnel) zu erfassen sowie um die aktuelle Barrierewirkung von Autobahnen und Schnellstraßen auf Wild österreichweit zu beurteilen. Hauptzweck der Studie ist es, Verbesserungsmöglichkeiten vorzuschlagen und speziell den Bedarf an "Grünbrücken" oder anderen wildspezifischen Querungshilfen zu ermitteln sowie die wildökologische Funktionsfähigkeit vorhandener wichtiger Querungsmöglichkeiten weiterhin zu sichern (Völk et al. 1998, 1999 und 2000).

Zur terminologischen Klarstellung: "Brücken" oder "Unterführungen" stellen im Rahmen dieser Studie potenzielle Unterquerungsmöglichkeiten für Wild dar, "Tunnel" oder "Überführungen" sind potenzielle Überquerungsmöglichkeiten für Wild.

In Ergänzung zu dieser Studie wurde mit BOKU-Eigenmitteln für ausgewählte Regionen in Österreich eine verkehrsträgerübergreifende Untersuchung der "Durchlässigkeit" der Landschaft vorgenommen (unter Einbeziehung übergeordneter Straßen, Bahnlinien und verbauter Flussufer), wobei auch die Barrierewirkung der künftigen Siedlungsentwicklung mitberücksichtigt wurde (Flächenwidmung, Baulandumhüllende). Im Rahmen dieser Analysen wurde deutlich, dass in manchen größeren Alpentälern dem Wild nur sehr ungünstige und auch schwer auffindbare Wechselmöglichkeiten zur Verfügung stehen, weil ein erheblicher Mangel an wildökologischen

Leitstrukturen besteht (Mangel an Waldstreifen, vernetzten Buschgruppen, Baumreihen, Bodenschutzpflanzungen, etc.) oder weil vorhandene attraktive Leitstrukturen, die das Wild gerne annimmt, auf undurchlässige Barrieren zuführen, und somit die wandernden Tiere in "Sackgassen" hineinlenken.

2. Methodik

Die Analyse der Lebensraumzerschneidung durch Verkehrsinfrastruktur erfolgte durch eine bundesweite Beurteilung der wildökologischen Qualität von Brückenbauwerken und Tunneln (anhand von Kartenmaterial, Luftbildern sowie Freilanderhebungen zu allen Jahreszeiten). Die Auswahl der zu beurteilenden Querungsmöglichkeiten orientierte sich an den Bedürfnissen anspruchsvoller Wildarten, die als Indikatorarten ausgewählt worden sind (Schalenwild und Großbraubild). Anhand von Fragebögen wurden Informationen von Jägern und ergänzend Naturschützern über die Annahme dieser Brückenbauwerke durch Wild abgefragt und in der Folge im Freiland überprüft. Um die meist nur den Ortskundigen gut bekannte Annahme von kleinen Unterführungen durch Rotwild nachzuweisen und zu dokumentieren, haben wir zusätzlich zu den österreichweiten Erhebungen eine Detailstudie an einem diesbezüglich interessanten Abschnitt der Tauernautobahn (A 10) in Kärnten beauftragt (Joham 1999).

Die Erfassung von Daten über Querungsmöglichkeiten wurde anhand des wissenschaftlichen Kenntnisstandes und vorhandenen Expertenwissens über Verhalten von Wildarten gegenüber Unter- und Überführungen standardisiert (Checklisten). Die Datenbeschaffung erfolgt auf drei Ebenen:

Autoren: Dr. Friedrich VÖLK und Dipl.-Ing. Mark WÖSS, Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 76/9, A-1190 WIEN

a. Erfassung und Beurteilung von Lage und regionaler Situation (großräumige Einbettung) bestehender Querungsmöglichkeiten durch Karten und Luftbilder (Basisinformationen aus der nationalen Brücken-Datenbank des BMWA). Dafür wurden Bauwerke mit hoher oder potenzieller Bedeutung als regionale und nationale Wildtier-Korridore ausgewählt (vor allem Brücken mit einer Breite aus der Sicht des Wildes von mindestens 30 m).

b. Erfassung und Beurteilung des örtlichen Umfeldes und der baulichen Ausführung der vorausgewählten Bauwerke sowie Erfassung von Wanderbewegungen des Wildes in diesem Bereich (Wildspuren, indirekte Nachweise). Erfasste Charakteristika der ausgewählten Bauwerke sind zum Beispiel (unter Berücksichtigung von Olbrich 1984, SETRA 1993, Sayer und Schäfer 1995): Entfernung zur nächstgelegenen Dekkung, zur nächsten menschlichen Siedlung sowie zu Straßen, Bahnlinien und Flüssen; lokale Bedingungen unter der Brücke/auf der Überführung wie Bodenzustand (Naturboden, Asphalt, Beton, Fels, Wasserfläche, Vegetation), Steilheit, Deckung, Störungen oder zusätzliche Hindernisse für Wildquerungen (ver-

botene menschliche Nutzungen im Bereich des Bauwerkes wie zum Beispiel die Verwendung als Abstellplatz für landwirtschaftliche Maschinen, als Arbeits-, Lager-, Grill- und Feuerplatz, etc.).

c. Sammlung von Informationen über das Wechseln von Großwildarten mittels Fragebogen bei ortskundigen Personen. Als Indikatorarten zur Ermittlung der wichtigsten Wanderrouen in und durch Österreich (mit überregionaler und internationaler Bedeutung) wurden zwei Artengruppen ausgewählt: Schalenwild (primär Rotwild, weiters Schwarzwild, Gamswild und Elch; ergänzend auch Rehwild) und Großraubwildarten (Bär, Luchs, Wolf). Damit lassen sich Kenntnisse von Jägern (primär über Schalenwild) und von Naturschützern (primär über Großraubwild) nutzen. Diese Informationen über Wildwanderungen und saisonale Mobilität wurden anschließend durch wiederholte Fahrtenerhebungen in allen vier Jahreszeiten überprüft. Zusätzlich haben wir versucht, wichtige Wanderkorridore auch durch Auswertung der Wildunfallstatistik herauszufinden.

Zur Bedeutung der ausgewählten Indikatorarten:

Rotwild lebt großräumig und kommt in jedem österreichischen Bundesland vor (Gruber 1994). Teilweise wandert Rotwild saisonal und wird - wie viele andere Tierarten - in seinem natürlichen Ausbreitungsverhalten behindert. Seine Subpopulationen sind nicht zuletzt durch das expandierende Autobahnnetz zunehmend isoliert worden. Da Rotwild kleine Unter- und Überführungen meidet (Olbrich 1984, Maizeret und Camby 1987, Kneitz und Oerter 1997), wurde es als Hauptindikator oder Zielart ausgewählt, um den Bedarf nach Wandermöglichkeiten und wildspezifischen Querungshilfen für Autobahnen zu ermitteln. Gamsen und Wildschweine (und lokal Rehwild) werden als zusätzliche Indikatorarten herangezogen, letztere insbesondere in rotwildfreien Tief-lagen.

Elche, die in Österreich nur sehr selten und nur in geringer Stückzahl vorkommen bzw. vereinzelt aus Tschechien zu wandern, liefern wertvolle zusätzliche Informationen über die Lage noch vorhandener Mobilitätsachsen in der Kulturlandschaft Nord- und Ostösterreichs.

Wandernde Elche (Steiner 1995, Mrlik 1995) sind sehr hilfreich, um Fernwanderrouen zu identifizieren, weil die Bevölkerung vor Ort sich sehr gut an deren Auftauchen erinnert sowie Nachweise und Fährten meist intensiv diskutiert werden, ähnlich wie bei Gamswildnachweisen außerhalb ihres typischen Lebensraumes (wie zum Beispiel in großen Tälern mit gezeäunten Autobahnen, die zwischen Gebirgen mit Gams- (Sub-) Populationen liegen).

Großraubwildarten leben und wechseln nur in geringer Stückzahl in Österreich (Überblick z.B. in Zedrosser und Völk 1999). Aber es ist - wie beim Elch - eine Fülle an Informationen über diese Arten und ihre Wanderungen und regionalen Wechsel verfügbar (z.B. Aescht et al. 1995). Vor allem über den Braunbären können zahlreiche Nachweise genutzt werden, weil in den letzten Jahren einzelne Individuen markiert und mittels Telemetrie überwacht worden sind (Rauer and Gutleb 1997). Und die Wanderrouen decken sich zum Großteil mit bedeutenden Mobilitätsachsen anderer Großraubwildarten und des Rotwildes sowie mit den Genfluss-Korridoren der anderen Schalenwildarten, sodass wertvolle Hinweise auch für häufig vorkommende Wildarten daraus abgeleitet werden können. Umgekehrt können gleichermaßen z.B. Kenntnisse über Mobilitätsachsen und Wanderrouen des Rotwildes Hinweise auf mögliche Wanderkorridore der Großraubwildarten geben.

3. Ergebnisse und Interpretation

3.1 Auswahlverfahren

Die Datenbanken des österreichischen Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten enthalten 3488 Bauwerke (Brücken und Tunnel; Stand 1998) mit einer Spannweite von mehr als 2 m. Sie erwies sich allerdings als unvollständig, sodass es notwendig war, zusätzliche Daten bei den Baudirektionen der Bundesländer zu beschaffen. Wegen des massiv gekürzten Projektbudgets war es notwendig, zu vereinfachen, und so wurden primär Bauwerke mit mehr als 30 m Breite (aus der Sicht des Wildes, n = 1185, siehe *Tabelle 1*) berücksichtigt. Von diesen Bauwerken selektierten wir wiederum jene, die außerhalb



Abbildung: Auch schmälere Querungsmöglichkeiten (Typus C) sind für Wildtiere wertvoll, sofern sie unversiegelt sind, Deckungsmöglichkeit bieten und mit den Lebensräumen im Umfeld gut vernetzt sind (z.B. direkter Waldanschluss). Verbesserungsbedarf ist in der unteren Bildhälfte deutlich erkennbar (z.B. Gehölzstreifen als Leitstrukturen).

Tabelle 1: Anzahl dokumentierter, ausgewählter und wildökologisch geeigneter Bauwerke

Breite mindestens 2 m (Brücken und Tunnel laut BMWA-Datenbanken 1998)	3 488
Breite mindestens 30 m (Brücken und Tunnel)	1 185
Geeignete Bauwerke (= 30 m, außerhalb von Siedlungen)	510
davon: Unterführungen (Breite = 30 m)	427
Überführungen/Tunnel (Breite = 30 m)	83
Zusätzlich einbezogene Bauwerke (Breite unter 30 m und Neubauten)	ca. 260

menschlicher Siedlungen gelegen sind und günstige wildökologische Merkmale aufweisen (n = 510).

Ergänzend wurden (und werden) dann im Rahmen der Freilanderhebungen noch kleine Güterwegbrücken miteinbezogen, wenn sie günstig situiert sind und guten Deckungsanschluss aufweisen oder wenn sie von Ortskundigen auf den Fragebögen gesondert angeführt und als ebenfalls relevant für die Zielarten eingestuft worden sind (bis Abschluss der Arbeiten im März 2001 voraussichtlich ca. 250 - 270 Bauwerke).

3.2. Annahme von Querungsmöglichkeiten durch Schalenwild

Das gezaunte Straßennetz teilt Österreich in 14 verschieden große Habitat-Fragmente. Die Grenzen zwischen diesen verinselten Lebensräumen sind sehr unterschiedlich durchlässig für Wild. Die übliche Länge der Bauwerke (aus der Sicht des Wildes) entspricht der Breite der Autobahnen und beträgt rund 30 m. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf Bauwerke mit dieser Länge. Die wildökologische Qualität der beurteilten Brücken und Tunnel hängt nach der bisherigen Auswertung primär ab von deren Lage (speziell in Relation zu traditionellen Wanderwegen des Wildes), von deren Entfernung zur nächstgelegenen Deckung sowie zur nächsten menschlichen Siedlung und von menschlichen Störungen (insbesondere vom Jagddruck) im Umfeld des Bauwerkes. Bisher liegt eine vorläufige Auswertung für 361 Unterführungen mit = 30 m Breite vor (Tabelle 2), von denen knapp die Hälfte von zumindest einer der drei größeren Schalenwildarten angenommen worden ist (171 Unterführungen mit Annahme durch Rot-, Gams- oder Schwarzwild; 3 davon sogar durch alle drei Arten).

Rehwild nutzt nahezu alle systematisch erfassten Brückenbauwerke, die = 30 m breit sind. Die anderen Schalenwildar-

ten nehmen Querungsmöglichkeiten in beschränkterem Ausmaß und wesentlich selektiver an. Unterführungen mit einer Breite von mehr als 100 m werden von Rotwild, Gamsen und Wildschweinen erheblich öfter angenommen als kleinere. Abgesehen von der Situierung (im Bereich traditioneller Wechselkorridore) sind die wichtigsten Faktoren, die die Annahme der Bauwerke durch das Wild beeinflussen: gute Deckung (< 100 m beiderseits der Brücke) sowie möglichst geringe Störung (durch Siedlungsnähe, Jagddruck etc.). Die untersuchten Bauwerke werden erwartungsgemäß vom Rotwild primär im Herbst und im Frühjahr, vom Gamswild primär im Sommer genutzt. Größere Unterführungen mit guter Eignung für Wild sind in den Gebirgsregionen Österreichs konzentriert. Aber speziell Gamsen scheinen nur eine relativ geringe Anzahl an (breiteren) Bauwerken zum Wechseln anzunehmen. Wildschweine haben ihr Hauptverbreitungsgebiet in Österreich vor allem in den Agrarlandschaften außerhalb der Alpen, in denen Autobahnen und Schnellstraßen normalerweise nur von schmälere Brücken gequert werden, die

Tabelle 2: Annahme von Unterführungen (Breite = 30 m) durch Rotwild, Gemse und Wildschwein (Auswertungsstand: Jänner 2001)

ROTWILD				
Unterführung	Breite 30<50 m	Breite 50<100 m	Breite =100 m	gesamt
** häufig genutzt	1	6	31	38
* selten genutzt	6	16	70	92
Σ genutzt	7	22	101	130
GEMSE				
Unterführung	Breite 30<50 m	Breite 50<100 m	Breite =100 m	gesamt
** häufig genutzt	0	0	2	2
* selten genutzt	0	12	47	59
Σ genutzt	0	12	49	61
WILDSCHWEIN				
Unterführung	Breite 30<50 m	Breite 50<100 m	Breite =100 m	gesamt
** häufig genutzt	0	2	5	7
* selten genutzt	11	9	18	38
Σ genutzt	11	11	23	45

außerdem primär für die Querung von anderer Verkehrsinfrastruktur errichtet worden sind und dem Wild im Regelfall keinen hohen Anreiz zur Annahme bieten (weniger Fährtenachweise). Es bestätigt sich, dass Schwarzwild am ehesten bereit ist, auch kleinere Unterführungen anzunehmen (vgl. Ergebnisse von Vassant et al. 1993, Dumont und Klein 1995).

Kontrollerhebungen in verschiedenen Gebieten und Jahreszeiten zeigten, dass Unterführungen mit nur geringer Anzahl an Wildspuren von den befragten Jägern im Regelfall als "nicht angenommen" eingestuft worden sind. Das bedeutet, dass die Werte in Tabelle 2 als "Mindestannahme" durch die Wildarten zu interpretieren sind.

3.3 Schalenwild-Verkehrsluste - ein Indikator für Wanderrouten?

Die Analyse von Wildunfall-Statistiken als ergänzende Maßnahme zur Feststellung, an welchen Stellen national bedeutsame Wechselrouten des Wildes das Straßennetz queren, war nur wenig ergiebig. Wir haben versucht, Häufungsstellen an ungezäunten Straßen entlang der Autobahnen und Schnellstraßen herauszufiltern. Die betroffenen Wildarten werden aber in den Unfallberichten nicht angegeben (Datenbasis: Kuratorium für Verkehrssicherheit Wien). Sehr viele Unfälle passieren aber mit dem territorialen und überwiegend sehr standortstreuen Rehwild, das offenkundig die Straßen eher "unvorsichtig" überquert

(zum Beispiel mehrmals täglich auf dem Weg zwischen Nahrungsquelle und Dekung). Somit repräsentieren Häufungsstellen (dokumentiert zum Beispiel durch Knoflacher 1980 und 1981 sowie Kofler 1983 und 1993) in erster Linie tägliche Wechsel und sind kein sehr guter Indikator für (Fern-) Wanderkorridore von überregionaler Bedeutung. Wildarten mit ausgeprägterem saisonalem Wechselverhalten (wie Rot-, Gams oder Schwarzwild) sind in wesentlich geringerem Ausmaß in Verkehrsunfälle verwickelt, wie aus der offiziellen Fallwildstatistik ersichtlich ist (jährlich mehr als 30 000 Rehe und weniger als 1000 Stück Rotwild, Gamswild und Schwarzwild zusammen). Die artspezifische Fallwildstatistik des ÖSTAT erlaubt allerdings keine räumliche Zuordnung des Fallwildes zu einzelnen Straßenabschnitten (Unfallhäufungsstellen) und eignet sich deshalb nicht zur Identifizierung überregional bedeutsamer Wechselrouten.

3.4 Mindestdurchlässigkeit von gezäunten Verkehrsträgern

Untenstehende Empfehlungen zur Bedarfsermittlung für Wild-Querungsmöglichkeiten an bereits bestehenden Autobahnen und Schnellstraßen (incl. Hinweise für Neubaustrecken) leiten sich aus der österreichweiten wildökologischen Analyse von Brückenbauwerken sowie aus internationalen Forschungsergebnissen und praktischen Erfahrungswerten ab:

A) Querungsmöglichkeiten höchster Priorität (Typus internationale Lebensraumvernetzung):

An allen Mobilitätsachsen von internationaler wildökologischer Bedeutung sind Wildüberführungen ("Grünbrücken") oder Wildunterführungen mit einer Mindestbreite von 80 m erforderlich (an "Zwangswechseln" eventuell Reduktion der Breite auf 50 - 80 m vertretbar). Eingebettet in bzw. abgestimmt auf dieses Grundnetz wildökologisch höchstwertiger Querungsmöglichkeiten müssen zusätzlich ausreichend Querungshilfen für überregional und regional (Typus B) sowie lokal bedeutsamen Wildwechsel (Typus C) vorhanden sein.

B) Querungsmöglichkeiten hoher Priorität (Typus überregionale und regionale Vernetzung):

Zur Sicherstellung eines Genfluss-Potenzials und einer Mindest-Lebensraumvernetzung für die anspruchsvolleren Indikatorwildarten wird empfohlen, zwischen benachbarten Lebensraumfragmenten, die durch einen Verkehrsträger getrennt werden, jeweils an mindestens fünf getrennten Örtlichkeiten abseits von menschlichen Siedlungen wildökologisch hochwertige Verbindungen zu erhalten bzw. zu schaffen. Diese sollten - sofern sie nicht dem Typus A angehören - eine nutzbare Breite (aus dem Blickwinkel der Wildtiere) von mindestens 30 - 50 m aufweisen. Die Bauwerke sollen im Bereich traditioneller Mobilitätsachsen der jeweiligen Indikatorwildarten liegen und wenn möglich auch zur Erhöhung des internationalen Fernwechselepotenzials (Typus A) beitragen. Der Maximalabstand zwischen solchen benachbarten Querungsmöglichkeiten (Typus A + B) sollte 20 km nicht überschreiten (auf Autobahn-Neubaustrecken 10 km). Ist der Streckenabschnitt zwischen zwei getrennten Lebensräumen (Abstand zwischen 2 Autobahnknoten) länger als 75 km, sollte die Gesamtanzahl hochwertiger Querungsmöglichkeiten um jeweils mindestens 1 pro 20 km erhöht werden.

C) Querungsmöglichkeiten mittlerer Priorität (Typus lokale Lebensraumvernetzung):

Zur kleinräumigen Lebensraumvernetzung abseits von großräumigen Wechselkorridoren (also primär für lokalen Wildwechsel) sollten zwischen benachbarten Lebensraumfragmenten ebenfalls wenigstens 5 Bauwerke, allerdings mit einer für Wild nutzbaren Breite von mindestens 15 m vorhanden sein (siehe Bild). Der durchschnittliche Abstand aller wildökologisch relevanten Bauwerke zwischen zwei voneinander getrennten Lebensräumen sollte 10 km nicht überschreiten (Summe Typus A+B+C). Zur Vernetzung von kleinen Lebensraumfragmenten (Länge der Barriere zwischen 2 Autobahnknoten weniger als 25 km und sofern Wechsel von lediglich lokaler Bedeutung nachweisbar sind) dürfte eine Reduktion der Anzahl wildspezifischer Querungsmöglichkeiten auf drei vertretbar sein, sofern deren wildökologische Funktion langfristig sichergestellt werden kann (dann allerdings mit

jeweils mindestens 20 m nutzbarer Breite aus dem Blickwinkel des Wildes; in Ausnahmefällen Höhe nur 3 m).

Für Neubaustrecken lautet unsere Mindestempfehlung für lokale Lebensraumvernetzung stark abweichend davon (Typus A+B+C in Anlehnung an die französischen Empfehlungen):

bei Durchquerung von Waldgebieten (Waldabstand beiderseits der Straße < 100 m) sollte durchschnittlich zumindest alle 2 km eine Passage für lokalen Wildwechsel (mit je mindestens 15 m nutzbarer Breite und bei Unterführungen mindestens 4 m lichter Höhe) vorgesehen werden (z.B. in Verbindung mit kleinen Bachläufen oder Forstwegen, sofern sie ohne öffentlichen Verkehr und mindestens 200 m vom nächsten bewohnten Gebäude entfernt sind); zwei Drittel der Breite solcher Bauwerke sollten unversiegelt bleiben;

außerhalb von Waldgebieten (Waldabstand beiderseits der Straße > 100 m) sollte durchschnittlich zumindest alle 3 km mindestens eine Querungsmöglichkeit für Wild vorhanden sein (Summe aus wildökologisch hochwertigen und kleineren geeigneten Querungsmöglichkeiten für lediglich lokalen Wildwechsel, Typus A+B+C). Abseits von großräumigen Wechselkorridoren ist hier die Lage von solchen kleineren Querungsmöglichkeiten (Typus C mit mindestens 15 m nutzbarer Breite und bei Unterführungen mindestens 4 m lichter Höhe) bevorzugt zu wählen in Verbindung mit Gerinnen, im Anschluss an lineare Gehölzstrukturen oder - sofern diese nicht vorhanden sind - an jener Stelle, wo die kürzeste Verbindungslinie zwischen beiderseits der Straße liegenden Waldgebieten die Straße kreuzt; zwei Drittel der lichten Weite solcher Bauwerke sollten unversiegelt bleiben;

D) Beurteilung der Gesamtzahl an Wildquerungsmöglichkeiten außerhalb von Siedlungsgebieten (unter Einbeziehung von Querungsmöglichkeiten mit geringerer Wertigkeit):

Die Durchlässigkeit einer Barriere für Wild kann als günstig eingestuft werden, wenn zum oben beschriebenen Mindestbedarf an Wildquerungsmöglichkeiten (A+B+C) noch in untenstehendem Umfang kleinere Brückenbauwerke mit einer Breite aus dem Blickwinkel des Wil-

des von mindestens 6 m (auf Neubautrecken mindestens 10 m) hinzukommen, sofern sie Deckungsanschluss aufweisen, mindestens zu einem Drittel unversiegelt sowie ohne öffentlichen Verkehr und mindestens 200 m vom nächsten bewohnten Gebäude entfernt sind, sodass der mittlere Abstand zwischen benachbarten Bauwerken aller Prioritätsstufen (A, B, C + zusätzliche gemäß D) weniger als 2 km beträgt, sowie die aufsummierten Breiten sämtlicher Bauwerke (Typus A - D) 3 % der Länge des zu beurteilenden Streckenabschnittes ausmachen (im Bereich von Schutzgebieten, die zerschnitten werden, wird ein erhöhter Mindestwert von 5 % Durchlässigkeit als notwendig erachtet).

Eine solche Positivbewertung ist nur zulässig, wenn im Hinblick auf die großräumig relevanten Wechselkorridore (Querungsmöglichkeiten gemäß A und B) auch die wildökologische Durchlässigkeit des Umfeldes langfristig sichergestellt ist (verkehrsträgerübergreifende Beurteilung und raumplanerische Absicherung des Wechselkorridors als Grünraum, ausgestattet mit zweckmäßigen Leitstrukturen für Wild). Brückenbauwerke, die den Kriterien gemäß der Kategorien A - D nicht entsprechen, dürfen in diese Berechnungen und wildökologischen Bewertungen der Durchlässigkeit nicht einbezogen werden (vgl. Punkt E).

E) Auf Streckenabschnitten, deren Durchlässigkeit nicht als "günstig" gemäß Punkt D einzustufen ist sowie insbesondere auf "Mangelstrecken", die nicht einmal die Mindestanforderungen gemäß der Punkte A bis C erfüllen, ist die Erhaltung auch kleinerer Wirtschaftswegunterführungen und -überführungen (Typus D, Breite < 6 m) im Grünland von nicht unerheblicher wildökologischer Bedeutung. Solche Bauwerke eignen sich vor allem für das Wechseln aller Kleinwildarten sowie in Einzelfällen für lokalen Rehwechsel, sofern die Bauwerke mindestens 200 m von bewohnten Gebäuden entfernt sind. Als im "Grünlandbereich" verlaufend sind jene Streckenabschnitte eines Verkehrsträgers einzustufen, die beiderseits einen mindestens 300 m breiten Grünlandstreifen aufweisen (mit Eignung als Lebensraum oder zumindest als Durchzugsge-

biet für Kleinwild und Rehe). Die künftige Widmung als Grünland sollte sichergestellt sein, einzelne Gehöfte oder bäuerliche Wirtschaftsgebäude können aber in diesem Streifen enthalten sein (Details zur Bewertung der Lage und der baulichen Ausführung aus wildökologischer Sicht siehe unten).

Wertvolle Hinweise zur Gestaltung von Querungshilfen für die Fauna enthält das "Praktische Handbuch für Bauingenieure" zum Thema "Sicherheit Fauna/Verkehr" (Müller/Berthoud 1995) sowie die Studie über Grünbrücken (Pfister et al. 1998). Untenstehend sind wichtige Aspekte aufgelistet und einige Ergänzungen zu den genannten Publikationen in Form einer Checkliste zusammengestellt. Wenn die lokale Ausgangslage maßgebliche Abweichungen von solchen Empfehlungen für die wildfreundliche Gestaltung von Grünbrücken und Wild-Unterführungen erfordert, sollte unbedingt ein entsprechender Ausgleich durch größere Dimensionierung stattfinden.

- * Die empfohlenen Mindestbreiten müssen entsprechend erhöht werden, wenn die Mitführung von Wegen oder gering frequentierten Straßen unvermeidbar ist (mindestens um deren jeweilige Breite, siehe Bild; bei asphaltierten Wegen mindestens um deren 1,5 fache Breite)
- * kein öffentlicher Verkehrsweg auf dem Bauwerk bei jeweiliger Minimaldimensionierung
- * Verkehrsfrequenz auf Forst- und Güterwegen nicht über 150 Fahrzeuge pro Tag (zumindest bei Querungsmöglichkeiten für Wild bis zu 30 m Breite); ansonsten Erhöhung der Gesamtbreite des Bauwerks um das doppelte der Wegbreite
- * Entfernung zu bewohnten Gebäuden mindestens 250 m (außer einzelne Gehöfte im Umfeld von Bauwerken der Kategorien D und E)
- * Entfernung von Querungsmöglichkeiten zu Siedlungen möglichst > 500 m (insbesondere bei Neubau bzw. bei Flächenumwidmung unbedingt beachten!)
- * Mehrfeldbrücken möglichst nicht mit durchgehenden Pfeilern, sondern wildökologisch weniger problematischen Stützen ausführen (bessere Sicht-/

Lichtdurchlässigkeit, insbesondere bei Feldlängen von unter 30 m)

- * Flächenwidmung Grünland im Umkreis von mindestens 500 m wünschenswert
- * raumordnerische Sicherstellung eines breiten Wechselkorridors bei großräumig bedeutsamen Wechselln (z.B. durch Ausweisung und Schutz "überregionaler Grünzüge")
- * einbezogene Wasserläufe in Unterführungen nicht im Betonkorsett führen; Ufergestaltung soll Wildtieren Fortbewegung entlang des Wasserlaufes ermöglichen (zumindest auf einer Seite sollte parallel zum Gerinne ebener bzw. nur gering geneigter Naturboden mit mindestens 3 m Breite vorhanden sein; keine künstlichen Schwellen im Bauwerksbereich;
- * Hochwassersicherheit von Querungsbauwerken nicht erforderlich (Ausnahme: wenn Wechselmöglichkeit zum Entfliehen aus Überschwemmungsbereich erforderlich, z.B. aus dem Auwald)
- * Einleitung von Niederschlagswässern (Straßenoberflächenwässern) in den für Wildwechsel optimalen Bereich von Wildunterführungen, die eine Breite von > 15 m aufweisen (zur Förderung des Pflanzenwachstums); sofern für Amphibien erforderlich, auch in Unterführungen, die für Pflanzenbewuchs zu dunkel sind
- * seitliche Böschungen in Unterführungen für Wild leicht begehbar gestalten (nicht zu steil bzw. terrassieren; möglichst nicht versiegeln durch Wasserriegen oder Stufen) und jedenfalls einen möglichst breiten unversiegelten Streifen erhalten
- * gutes Deckungsangebot (Gehölz) beiderseits im Anschluss an jede Querungsmöglichkeit sowie unmittelbar im Bauwerksbereich (rund 30 - 70 % der Breite), sofern ausreichend Lichteinfall (Begrünung der Zugänge mit dichter und niederer Gehölzvegetation, die aber mindestens 3 m Höhe erreichen muss, um optimal deckungswirksam zu sein)
- * gute Überschaubarkeit für Wild (nicht gesamte Breite vollpflanzen mit Gehölzen; bei Unterführungen freie "Durchsicht" bereits aus mindestens

100 m Entfernung günstig; bei Unter- und Überführungen sollte Deckung bereits vor dem Durchwecheln jeweils von der gegenüberliegenden Seite des Bauwerks für das Wild erkennbar sein, siehe Bild)

- * Tieflegung der Straße im Bereich von Wildüberführungen wünschenswert. Vermeidung steiler, gegen den Horizont führender Anmarschwege für das Wild; keine "turmhohen" Bauwerke (wie z.B. in Österreich an der Bundesstraße 314 in Vils bei Reutte/Tirol); dies gilt aber insbesondere in sonst flachem Umfeld
- * keine störende Beunruhigung für das Wild im Umfeld der Querungsmöglichkeit; direkt im Bauwerksbereich ist ein störungsfreier Zentralstreifen wichtig (allenfalls einbezogene Forst- oder Güterwege dürfen nicht mittig geführt werden)
- * auf Wildüberführungen und Grünbrücken ausreichend Bodenschicht (Erdreich), damit dichte, aber nicht zu hoch wachsende Gehölzvegetation (Mindesthöhe 3 m als Deckung erforderlich) auch in Zeiträumen mit geringen Niederschlägen nicht vertrocknet (sh. Bild)
- * schmalen Erdwall mit rund 1 m Höhe in Wechselrichtung des Wildes über Querungsbauwerk führen (als Sichtschutz; je nach Bauwerksgröße im Abstand von rund 2 - 5 m vom Bauwerksrand; möglichst rund 10 m über das Bauwerk hinausreichend sowie in Kombination mit Gehölzstreifen oder anderer Vegetation als Deckung); bei Grünbrücken (Breite > 30 m) auch in Kombination mit liegenden Baumstämmen oder langgezogenen Steinhäufen möglich
- * auf Wildüberführungen und Grünbrücken beiderseits Sichtschutzblenden bzw. Abschirmungswände (Sicherheitsgefühl für Wildtiere; Schutz gegen Licht und Bewegungen; auch mit dämpfender Wirkung auf Lärmspitzen; Höhe zwischen 1.5 und 2 m)
- * oberhalb von Wildunterführungen direkt entlang der Autobahnen und Schnellstraßen beidseitig > 50 m weit Sichtschutzblenden bzw. Abschirmungswände (Sicherheitsgefühl für Wildtiere; Höhe rund 1,5 m)

* wildsichere Zäunung möglichst nahe an der Straße führen (zur besseren Lenkung des Wildes zum Querungsbauwerk hin; Gehölzstreifen entlang der Straße sollten für Wild bei der Annäherung zum Bauwerk als Deckung nutzbar sein, vgl. auch Köck 1996).

* in Unterführungen rauhe, reflexionsmindernde Oberflächengestaltung wichtig (gegen Hall)

* in Unterführungen Anstrich bis rund 80 cm über Boden dunkel (schwarz) und oben hell (bzw. betonfärbig belassen, vgl. Empfehlungen von Wölfel und Krüger 1991, 1995)

* Boden möglichst aus unverdichtetem Erdreich (wie im Umfeld, siehe Bild)

* Vermeidung von missbräuchlicher bzw. barrierebildender Verwendung als Abstell-, Lager- und Sportplatz (für landwirtschaftliche Maschinen und andere Geräte, Schneezäune, Baumaterial, Grillplatz, Sperrmüll, etc.)

3.5. Durchlässigkeit des übergeordneten Straßennetzes in Österreich

Laut vorläufiger Auswertung (Stand: Jänner 2001) wurden für die untersuchten 2000 km Streckennetz knapp 400 Bauwerke als wildökologisch günstig eingestuft (Typus A: 135, Typus B: 92, Typus C: 170 Bauwerke). Wären diese Brücken und Tunnel gleichmäßig verteilt, ergäbe das einen Abstand von jeweils rund 5 km zwischen zwei geeigneten Querungsmöglichkeiten. Die Auswertungen zeigen aber, dass die bestehenden Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich sehr unterschiedlich durchlässig für Wildwechsel sind, weil die Verteilung der Bauwerke ungleichmäßig ist. Im Berggebiet gibt es einige hervorragend querbare Streckenabschnitte (z.B. A 13 Brennerautobahn zwischen Innsbruck und Brenner sowie A 2 Südbahn zwischen Graz und Völkermarkt). Mit Schwerpunkt im Flachland, aber auch in größeren Gebirgstälern, gibt es hingegen ausgeprägte Mangelstrecken mit völlig unzureichender Durchlässigkeit für überregionalen Wildwechsel (besonders A 1 Westautobahn im Bereich zwischen Altlengbach und Seewalchen, A 12 Inntalautobahn zwischen Kufstein und Telfs, A 14 Rheintalautobahn zwischen Bregenz und Feldkirch sowie S 6

und S 36 zwischen Mürzzuschlag und Judenburg).

3.5.1 Unterschied Berggebiete - Flachland

Die räumliche Verteilung der vorhandenen Querungsmöglichkeiten in Österreich und deren Nutzbarkeit als Korridor für Wildtiere signalisieren Probleme. Die Zwischenergebnisse zeigen, dass vor allem die gezäunten Autobahnen und Schnellstraßen in Nord- und Ostösterreich, insbesondere im waldärmeren Flachland und in Wechselwirkung mit der landwirtschaftlichen Intensivnutzung, massive Wechselhindernisse für die Indikatorarten darstellen. Das gilt besonders für den langgestreckten Donaukorridor, der in Österreich eine der längsten und am stärksten ausgeprägten wildökologischen Barrieren darstellt. Nicht nur wegen der teilweise schwer überwindbaren Uferbefestigungen in Form von grobblockigen Steinwürfen, sondern vor allem auch wegen der in unterschiedlichem Abstand parallel zur Donau verlaufenden Hauptverkehrsachsen (Westautobahn A 1, Westbahn und mehrere Bundesstraßen).

Generell bilden die hohe Dichte menschlicher Siedlungen sowie ausgedehnter Gebiete mit geringer Bewaldung wichtige zusätzliche Hindernisse für das freie Wechseln stärker waldgebundener Wildarten. Konsequenterweise sind deshalb auch raum- bzw. agrarplanerische Rücksichtnahmen einzufordern, um bessere "Deckungskorridore" (zumindest schmale Gehölzstreifen) zwischen "Waldinseln" zu sichern und wiederherzustellen, besonders in den größeren landwirtschaftlichen Intensivgebieten Nord- und Ostösterreichs (siehe Völk et al. 2000 sowie Schwarzl und Heckl 2000). Mit Eigenmitteln der Universität für Bodenkultur Wien wird deshalb im Rahmen einer interdisziplinären Detailstudie in der Region östlich von Wien die Verwendbarkeit von Luftbildern und künftig auch hochauflösenden Satellitenbildern zur systematischen Erfassung schmaler Gehölzkorridore untersucht, die auf handelsüblichem Kartenmaterial (z.B. im Maßstab 1 : 50 000) nicht enthalten sind (Grillmayer et al. 2000). In den Berggebieten hingegen gibt es vorwiegend an jenen Strecken Probleme, wo die Verkehrsachsen über längere

Strecken am flachen Talboden verlaufen und die vorhandenen Brücken wildökologisch ungünstig situiert sind (A 12, insbesondere im Unterinntal in Tirol, sowie A 14 im Rheintal).

3.5.2 Alpen-Karpaten-Korridor ist unterbrochen

Wien wird von einem Netz von Autobahnen umgeben, das eine mehrfache wildökologische Barriere zwischen den Alpen und den Karpaten (Slowakei) darstellt. In dieser Region wird es unbedingt erforderlich sein, die Barrierewirkung mehrerer bestehender Straßen zu verringern.

Auf österreichischer Seite verläuft der vermutlich einzige wiederherstellbare Korridor südöstlich von Wien: von der Steiermark kommend (Hochwechsel), die Südautobahn (A 2) querend nächst Schöffern, via Burgenland (Rosaliengebirge - Leithagebirge), die Mattersburger Schnellstraße (S 4) querend in der Nähe von Sigless und die Eisenstädter Autobahn (A 3) querend in der Nähe von Müllendorf, weiter Richtung Donau, die Ostautobahn (A 4) querend in der Nähe von Arbesthal (Fellinger 1987) sowie die Bundesstraße (B 9) nächst Maria Ellend.

Für das Schalenwild ist die Donauüberquerung nach wie vor möglich (und findet statt im Bereich "Hirschsprung"), von wo das Wild durch den Nationalpark Donauauen Richtung Osten weiter wechseln kann bis zum schmalen Waldstreifen nächst der March (Grenzfluss zur Slowakei) und von dort weiter in Richtung Karpaten (Hinweise in Holzmann 1995).

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit der Slowakischen Akademie der Wissenschaften wurde auch die grenznahe slowakische Autobahn (E 65) zwischen Bratislava und der slowakisch-tschechischen Grenze sowie die Durchlässigkeit der Landschaft in der westslowakischen Tiefebene wildökologisch analysiert. Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die in Österreich angewendete Methodik. Hauptergebnis ist, dass die E 65 nur sehr geringe wildökologische Durchlässigkeit aufweist und an mindestens 2 Stellen mit Grünbrücken für Wild querbar gemacht werden sollte (Völk, Kalivodova et al. 2000).

3.5.3 Rheintal bildet eine massive Barriere

Ein gravierendes Problem sind auch die beiden parallelen Autobahnen im stark entwaldeten Rheintal beiderseits der Staatsgrenze von Österreich (in Vorarlberg und St. Gallen/CH) in Kombination mit dem hart regulierten Rhein. Dadurch werden traditionelle Wildwanderungen zwischen den Waldgebieten in den Gebirgen der beiden Länder verhindert.

Die vorhandenen Querungsmöglichkeiten werden von den großen Wildarten nicht genutzt, weil sie zu schmal oder zu nahe bei menschlichen Siedlungen gelegen oder nur für die Querung anderer Verkehrsträger gebaut worden sind.

Derzeit wird in St. Gallen eine Grünbrücke im Bereich "Rüthi" gebaut (BiCon AG 1995), aber ohne Abstimmung mit den österreichischen Jagdbehörden bezüglich der "Anschlüsse" für Wild in Vorarlberg. Es ist also nach Lösungen zu suchen, um in Zukunft mindestens einen Korridor für Wildwechsel zwischen den Berggebieten wiederherzustellen. Solch ein Korridor dürfte nach gemeinsamer Besichtigung in der Schweiz mit dem Jagdinspektor von St. Gallen (Christian Ruhlé) und nach Kontaktaufnahme mit der Jägerschaft in Vorarlberg und der Landesverwaltung in Liechtenstein künftig am ehesten über das Fürstentum Liechtenstein möglich sein, sofern dort der schmale Agrargürtel nicht in Bauland oder Industriegebiet umgewidmet wird.

Außerdem ist dringend zu empfehlen, dem Wild durch verbesserte Leitstrukturen (Gehölzkorridore) das Auffinden dieser Wechselmöglichkeit zu erleichtern. Auch jagdliche Maßnahmen sind einzufordern: Die neue Grünbrücke mündet nämlich auf österreichischer Seite in eine "Freizone" für Rotwild, in der nach aktueller jagdgesetzlicher Regelung ganzjährig keinerlei Rotwildtoleriert werden darf (Abschusspflicht ohne Schonzeit).

Diese Regelung müsste unbedingt abgeändert werden, um eine wesentliche Funktion der teuren Grünbrücke, die Wiederherstellung eines Rotwildwechsels zwischen zwei Berggebieten, nicht 100 m östlich des Bauwerks sofort wieder in Frage zu stellen.

3.6 Leitstrukturen zu Querungsmöglichkeiten unzureichend

Wie anhand von Detailerhebungen festgestellt werden konnte, verringert die unzureichende Ausstattung der Landschaft mit wildökologischen Leitstrukturen oder deren ungünstige Lage die Wahrscheinlichkeit zur Auffindung günstiger Querungsmöglichkeiten durch das Wild in manchen Gebieten Österreichs erheblich (siehe Bild und Beispiele im Abschnitt 4.6).

4. Diskussion und Konsequenzen

4.1 Mindestanforderungen bisher international uneinheitlich

Die wildökologische Eignung potenzieller Querungsmöglichkeiten (Brücken, Tunnel) zur Überwindung der übergeordneten gezäunten Verkehrsinfrastruktur durch Wildtiere ist in den vergangenen rund 25 Jahren immer mehr ins Blickfeld des wissenschaftlichen Interesses gerückt. In der Fachliteratur können Empfehlungen betreffend Lage und Dimensionierung von Querungsbauwerken für Wild ab den Achtzigerjahren gefunden werden (z.B. Olbrich 1984). Seit damals wurde die Forschung auf diesem Sektor in vielen Industrieländern erheblich intensiviert (vor allem in den Niederlanden, Frankreich und der Schweiz) und Empfehlungen über spezielle Bedürfnisse verschiedener Wildarten erarbeitet sowie allgemeine Forderungen für Grünbrücken aufgestellt (z.B. Pfister et al. 1998). Spezielle Bauwerkstypen für Wildarten (-gruppen) werden zum Beispiel empfohlen und detailliert beschrieben in Mueller/Berthoud (1995). Es gibt allerdings bisher selbst innerhalb der Fachexperten keine einheitlichen Auffassungen über die Mindeststandards betreffend der Anzahl an Bauwerken sowie der notwendigen Bauwerksgrößen. Durch die europäische COST-Action 341 ("Habitat fragmentation due to transport infrastructure") gibt es nunmehr aber eine formelle Plattform, die für die kommenden Jahre eine wesentlich bessere internationale Akkordierung der Empfehlungen zumindest für den europäischen Raum erhoffen lässt (Kontakt über Internet: <http://www.iene.org>).

Einen ersten Überblick über die unzureichende Durchlässigkeit des übergeordneten Straßennetzes eines ganzen Landes hat Righetti (1997) für die Schweiz erarbeitet, aber die zugrundeliegenden Mindeststandards liegen nicht in parametrisierter Form vor. Und bis heute gibt es keine international akkordierten Vorgaben zur "Mindestdurchlässigkeit" für das übergeordnete Straßennetz, wie dies zum Beispiel in SETRA (1993) für Frankreich gefordert worden ist. Als Mindestforderung für die Anzahl an Querungsmöglichkeiten für Wild hatte man vormals festgeschrieben (siehe SETRA 1993, Seite 16):

* eine Passage jeweils alle 2 bis 3 Kilometer in stark bewaldeten Zonen,

* eine Passage jeweils alle 10 bis 15 Kilometer in gering bewaldeten Zonen.

Diese Ansprüche sind dann aufgrund der Erfahrungen erhöht worden auf:

** eine Passage generell alle 1 bis 3 Kilometer, wo große Säugetierarten vorkommen (in Frankreich in erster Linie die Schalenwildarten). Anzumerken ist allerdings, dass man in Frankreich im Europavergleich bislang minimalistische Anforderungen an die Größe von Einzelbauwerken für das Schalenwild gestellt hat (siehe ebenfalls SETRA 1993).

Ob mehrere kleine oder weniger, dafür aber größere Querungshilfen zweckmäßig sind, ist von den jeweils zu berücksichtigenden Wildarten bzw. der Lage traditioneller Wechselrouten sowie von der bautechnischen Machbarkeit abzuleiten (vgl. Ausführungen in Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie 1999).

Standards für die Minimum-Ausstattung von Wechselkorridoren für Wild mit Leitstrukturen und Deckungsangebot gibt es bislang nicht (siehe auch Holzgang et al. 2000, Grillmayer et al. 2000). Die Lage und die praktische Gestaltung solcher wildökologisch wichtiger Elemente ist aber für die Erhaltung der Bewegungsfreiheit für das Wild in einer vom Menschen intensiv beanspruchten Kulturlandschaft von wesentlicher Bedeutung.

4.2 Geschichte der Problemwahrnehmung in Österreich

In Österreich ist vor allem die Problematik des Straßenfallwildes bereits seit

Ende der Sechzigerjahre intensiv diskutiert worden (Überblick z.B. in Rudelstorfer 1981). In den Achtzigerjahren wurden einige Forschungsarbeiten zum besseren Verständnis der Ursachen und Zusammenhänge durchgeführt (z.B. Knoflacher 1980 und 1981, Kofler 1983 und 1993) und einige Gutachten über die Auswirkung von Verkehrsinfrastruktur auf Wild wurden erstellt (z.B. Dieberger 1983, Fellinger 1987, Völk 1991, Glitzner et al. 1998). Die Barrierewirkung des gezäunten Straßennetzes ist aber erst Mitte der Neunzigerjahre in der Öffentlichkeit verstärkt diskutiert worden (z.B. Holzmann 1995, Fürst 1997, Pfeifer und Aste 1997, Völk et al. 1998, Universum 1999, Schwarzl und Heckl 2000). Zur selben Zeit entwickelte eine Gruppe von Experten eine neue bundesweite Richtlinie zur Vermeidung von Verkehrsunfällen mit Wild, die erstmals auch ein Kapitel über Querungshilfen für "Haarwildarten" enthielt (siehe Rückseite von Blatt 4 der überarbeiteten RVS 3.01; Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen 1997; Informationen dazu siehe auch Fürst 1997). Aber die Anwendung der Richtlinie verursachte Probleme, weil keine Anweisung enthalten war, woran sich die konkrete Entscheidung vor Ort über die Lage und über die Mindestanzahl an wildspezifischen Querungshilfen jeweils zu orientieren hat.

Deshalb hat das zuständige Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten die gegenständliche Studie in Auftrag gegeben, um die wichtigsten Wanderkorridore und saisonalen Mobilitätsachsen der Großwildarten in und durch Österreich zu identifizieren. Daraus werden auch die Mindestanforderungen an Querungshilfen abgeleitet (Anzahl, Lage und Größe, vgl. VÖLK et al. 2000, Schlussbericht in Vorbereitung). Eine bessere Koordination mit den Planern anderer Verkehrsträger (z.B. Bahnlinien, Wasserstraßen) und mit der Raumplanung ist dringend notwendig, erfolgt aber bisher nur in Ausnahmefällen.

4.3 Anmerkung zu Arbeitsumfang und Methodik der Studie

Die erhebliche Reduktion des kalkulierten Projektbudgets für die vorliegende Studie machte es notwendig, sich bei den Erhebungsarbeiten auf Bauwerke mit der

höchsten Relevanz für Wild zu beschränken. Die Kriterien für die Auswahl dieser Bauwerke wurden aus wissenschaftlicher Fachliteratur und Expertenwissen aus Wissenschaft und Praxis über das Verhalten von Wildtieren gegenüber Unterführungen und Überführungen abgeleitet (z.B. Ward et al. 1976, Reed 1981, Ward 1982, MacArthur et al. 1982, Olbrich 1984, Schaal et al. 1985, Singer et al. 1985, Ballon 1987, Maizeret und Camby 1987, Hunt et al. 1989, Bennet 1991, Wölfel und Krüger 1991 und 1995, SETRA 1993, Conrady et al. 1993, Vasant et al. 1993, Müller und Berthoud 1995, Bürglin 1995, Broekhuizen und Derckx 1996, Kaczensky et al. 1997, Jonožovic et al. 1997, Kneitz und Oerter 1997, Pfister et al. 1998). Auf analoge Weise wurden die zu erfassenden wildökologisch relevanten Parameter für die Beurteilung der Bauwerke und ihres Umfeldes gewählt sowie jeweils in Klassen eingeteilt, um die Freilanderhebungen zu vereinfachen (vgl. Völk et al. 2000). Die Ergebnisse der Befragung ortskundiger Personen werden dann möglichst zu jeder Jahreszeit mindestens ein Mal vor Ort überprüft. Eine häufigere Überprüfung erfolgte auf "Mangelstrecken", auf denen voraussichtlich eine Nachrüstungsempfehlung mit Grünbrücken gegeben werden wird, um die gegenwärtig bereits zu starke wildökologische Barrierewirkung zu reduzieren.

4.4 Vorschlag für eine vereinfachte "Faustzahl Lebensraumzerschneidung"

Die am Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien vorliegenden Erfahrungen mit Umweltverträglichkeitsprüfungen (z.B. Völk 1999a und 1999b) zeigen, dass vor allem bei der Planung, teilweise aber auch noch bei der Beurteilung von Verkehrsinfrastrukturvorhaben die Bedeutung unzerschnittener Wildlebensräume nicht ausreichend gewürdigt wird. Das liegt nicht zuletzt daran, dass es bisher keine allgemein gebräuchlichen Richtwerte ("Faustzahlen") für die Zerschneidungswirkung einer Trasse gibt. Um dieses Manko zu verringern und bewusstseinsbildend zu wirken, ist dringend zu empfehlen, den Projektwerbern von Verkehrsinfrastrukturvorhaben künftig eine einfache Faustzahl zur ei-

genständigen Bewertung der Zerschneidungswirkung zu planender Verkehrswege anzubieten. Diese Zahl soll stärker ins Bewusstsein rücken, dass zusammenhängende Lebensräume für Wild (mit der Flächenwidmung "Grünland", seien es Waldflächen oder landwirtschaftlich genutzte Flächen) ein begrenztes und in hohem Maße schützenswertes Gut darstellen. Empfehlung: als "zusammenhängend" sollten Wildlebensräume jedenfalls dann eingestuft werden, wenn sie nicht durch Straßen mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von mehr als 2000 Fahrzeugen oder durch stark frequentierte Bahnlinien durchschnitten werden (Forststraßen und landwirtschaftliche Güterwege stellen im Regelfall für größere Tierarten keine gravierende Barriere dar).

Die bisherige Planungspraxis zeigt, dass aufgrund der starken Gewichtung menschlicher Bedürfnisse (Lärmschutz usw.) bereits bei der Trassensuche für übergeordnete Verkehrsträger auf wildökologisch wichtige Gebiete abseits der Ortschaften ausgewichen wird, weil eine siedlungsferne Trassenlage natürlich bei der Bevölkerungsmehrheit im dichter besiedelten Bereich weniger Widerstand provoziert. Im Flachland werden außerdem oft Trassen entlang von Gemeindegrenzen favorisiert, weil diese Lage meist eine weniger schwerwiegende Zerstückelung von landwirtschaftlichen Betrieben und damit geringere Kosten für Ausgleichsmaßnahmen zur Folge hat. Genau in solchen Zonen liegen aber in der intensiv genutzten Kulturlandschaft oft die relativ größten zusammenhängenden und qualitativ wertvollsten (ungestörten) Wildtier-Habitate. Wenn eine wildökologisch solchermaßen ungünstig liegende Trasse gleichzeitig noch wichtige Fernwanderkorridore des Wildes durchschneidet, verursacht dies oft überdurchschnittlich hohe Kosten für wildspezifische Ausgleichsmaßnahmen. Diese Kosten könnten teilweise erheblich verringert werden, wenn bereits in frühen Planungsstadien die Bedürfnisse des Wildes erkannt, stärker berücksichtigt und auch in die Trassenwahl entsprechend einfließen würden.

Um bereits im Rahmen der Trassenwahl auch bei noch geringem wildökologischem Informationsstand eine erste

Groborientierung zu ermöglichen, empfehlen wir vor einer detailreichen qualitativen Lebensraumbewertung die Anwendung einer leicht verständlichen Faustzahl, die sich anhand folgender Formel als "Fragmentierungsprozent" errechnen lässt:

$$100 - \frac{(Fläche\ groß - Fläche\ klein) \times 100}{Fläche\ gesamt}$$

Das bedeutet in Worten: 100 minus (Fläche des nach der Teilung durch die Trasse größeren verbleibenden zusammenhängenden Wildlebensraumes minus der Fläche des nach der Teilung durch die Trasse kleineren verbleibenden zusammenhängenden Wildlebensraumes) mal 100 dividiert durch die Gesamtfläche (= größerer + kleinerer Wildlebensraum; Flächenangabe z.B. in Hektar oder Quadratkilometer). Das Ergebnis ist ein Wert zwischen 0 und 100, wobei ein Fragmentierungsprozent von 100 eine Durchschneidung des Wildlebensraumes in zwei genau gleich große Teile bedeutet. Je niedriger das Fragmentierungsprozent ist, desto weniger wird von einem bisher zusammenhängenden Lebensraum "weggeschnitten". Ein hoher Wert ist meist wildökologisch negativer zu beurteilen als ein niedriger, weil das ein Hinweis auf eine starke Verkleinerung bislang zusammenhängender Lebensräume ist. Wenn hingegen durch einen Verkehrsträger ein abgetrennter kleiner Teil Lebensraum vollständig vom benachbarten großen Lebensraum isoliert würde, könnte auch ein niedriges Fragmentierungsprozent sehr negative Folgen haben, sofern diese nicht durch Ausgleichsmaßnahmen (z.B. Grünbrücken) gemildert werden. Über die Habitatqualität und eine allfällige Beeinträchtigung wichtiger Rückzugsgebiete und Mobilitätsachsen des Wildes ist in solch einer Faustzahl natürlich keine Information enthalten. Dazu bedarf es weiterer Detailinformationen, die in Österreich künftig ebenfalls standardisiert für Planungen bereitgestellt werden sollten (vgl. 4.5).

4.5 Optimierung von Planungsprozess und Umweltverträglichkeitsprüfung

Um das Problembewusstsein für die Bedeutung zusammenhängender Lebensräume bei Behörden, Planern und

im universitären Bereich zu steigern und um die Bereitstellung von Daten und Informationen über Wildvorkommen und deren Lebensräume bei der Planung von Straßen zu vereinheitlichen, haben wir an der Universität für Bodenkultur Wien ein Workshop organisiert mit dem Titel "Entwicklung wildökologischer Standards für Planung, Bau und Erhaltung von Straßen zur Sicherung ausreichender Wechselmöglichkeiten für Wildtiere" (im November 1999, Mitveranstalter: Österreichisches Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten; vgl. Kurzbericht von Schwarzl und Heckl 2000). Diese Aktivitäten sollen dazu beitragen, bei künftigen UVP-Verfahren bessere und überregional auch möglichst gut vergleichbare Beurteilungsgrundlagen zur Verfügung zu haben, um den damit befassten Sachverständigen ein effizienteres Arbeiten zu ermöglichen und die Verfahrensdauer nicht durch Nachforderungen seitens der Gutachter unnötig in die Länge zu ziehen. Die daraus abgeleiteten Empfehlungen beinhalten auch Angaben, in welcher der vier Projektphasen die jeweilige Information vom Projektwerber bereitgestellt werden sollte (Machbarkeitsstudie, Vorprojekt, Einreichprojekt, Bauprojekt). Die Hauptergebnisse des Workshops (Checklisten incl. Erläuterungen) samt Angaben, bei welchen Informanten die jeweilig erforderlichen Auskünfte oder Daten am leichtesten erhältlich sein könnten, sind im 2. Zwischenbericht des Forschungsprojektes enthalten (vgl. Völk et al. 2000; bereits vergriffen, nur mehr beim Auftraggeber erhältlich) und werden auch im Schlussbericht enthalten sein (voraussichtlich ab Sommer 2001 erhältlich).

4.6 Gehölzkorridore als Leitstrukturen für Wild, Beispiele

Generell bedeuten hohe Dichte menschlicher Siedlungen und Verkehrsinfrastrukturen sowie ausgedehnte Gebiete mit geringer Bewaldung nicht nur ungeeignete Lebensräume, sondern auch starke Hindernisse für das freie Wechseln stärker waldgebundener Wildarten. Konsequenterweise braucht das Wild deshalb nicht nur "Grünbrücken" zur Querung von Verkehrsträgern, sondern auch raumplanerische und landwirtschaftliche Rücksichtnahmen, um bessere "Dek-

kungskorridore" (zumindest schmale Gehölzstreifen, siehe Bild) zwischen "Waldinseln" zu sichern und wiederherzustellen (vgl. z.B. Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie, 1999 sowie Grillmayer et al. 2000). In ackerbauartigen Intensivgebieten können Windschutzgürtel und Bodenschutzpflanzungen diesen Zweck teilweise miterfüllen (es mangelt bisher bei deren Planung aber meist am notwendigen Informationsfluss zwischen Planern, "Wildkennern" und Grundeigentümern). Wenn ein gezieltes Hinführen des Wildes auf die wenigen vorhandenen Querungsmöglichkeiten durch wildspezifisch optimierte Neuanlage notwendig ist, besteht nur wenig Planungsfreiheit betreffend Standortwahl von Gehölzkorridoren. Um eine gute Lenkungswirkung zu erzielen, ist es vor allem wichtig, dass das Wild in Wanderrichtung jeweils direkten Sichtkontakt von einer Deckung zur nächsten Deckung haben kann. Im Flachland bedeutet das meist, dass Gehölze jeweils auch auf Geländekuppen vorhanden sein müssen, um diesen Sichtkontakt zu gewährleisten.

In jenen größeren Tälern der Bergregionen Österreichs, durch die weder Autobahnen noch Schnellstraßen mit hoher Barrierewirkung verlaufen, können fehlende Gehölzkorridore an beliebigen Stellen abseits von Siedlungen situiert werden, sofern es aus wildökologischer Sicht zweckmäßig erscheint (mehr Planungsfreiheit). Hier nähert sich außerdem das anwechselnde Wild dem Talbereich von oben her, sodass es einen vergleichsweise guten Überblick hat und seine nächstgelegenen Ziele (z.B. Waldflächen am Gegenhang) bereits vor der Talquerung direkt gesehen hat. In solchen Fällen genügt es, dem Wild ausreichenden Sichtschutz als Leitstruktur für das rasche Durchwecheln des Talbodens an einer geeigneten Stelle anzubieten, z.B. in Form schmaler Gehölzstreifen. Bei Vorhandensein gezäunter Barrieren mit geringer Durchlässigkeit kommt der Lage attraktiver Leitstrukturen hingegen entscheidende Bedeutung für die Auffindbarkeit der wenigen vorhandenen Querungsmöglichkeiten zu. Im folgenden werden 3 Beispiele mit unterschiedlicher Problemsituation kurz skizziert: Abschnitte vom Tiroler Inntal, vom Steirischen Ennstal und vom Kärntner Gailtal.

Als massive Barriere zwischen Berggebieten mit mehr als 100 km Länge und völlig ungeeigneter Lage wildökologischer Leitstrukturen ist das Inntal zwischen Kufstein und Telfs einzustufen (überwiegend gezäunte Inntalautobahn): An folgenden Stellen gibt es zwar Deckungsstrukturen quer über das Tal, aber jeweils genau dort, wo ein Wildwechsel aus anderen Gründen nicht mehr möglich ist (falsche Wildlenkung in "Sackgassen"; Aufzählung von Ost nach West): die jeweils günstigsten Waldverbindungen gäbe es in den Bereichen Kufstein, Kramsach-Brixlegg, Jenbach-Wiesing, Vomperbach-Pill, Zirl sowie Flauring-Oberpettnau. Um die Inntalfurche auf diesen 100 km für großräumigen Genfluss wieder durchlässig zu machen, wird es notwendig sein, sowohl Querungshilfen über die Autobahn zu errichten als auch Leitstrukturen zu diesen Bauwerken hin neu anzupflanzen (konkrete Vorschläge im Schlussbericht des Forschungsprojektes).

Im Ennstal zwischen Schladming und Selzthal verläuft zwar keine gezäunte Autobahn, aber es gibt dennoch nur mehr wenige Bereiche, die z.B. dem Braunbären oder dem Schalenwild bei großräumigen Wanderungen als deckungsreiche "Brücken" zur Verfügung stehen. Die vergleichsweise günstigsten Leitstrukturen quer zum Tal gibt es hier noch zwischen Stein und Öblarn (Wechselmöglichkeit von den Sölkälern bzw. vom Gumpeneck her kommend Richtung Mitterberg, zwischen Einöden und Edling, und weiter Richtung Kemetgebirge), unmittelbar westlich von Stainach über den Mitterberg Richtung Untergimming sowie von den Wölzer Tauern her kommend über das Lärcheck und das Wörschacher Moos (zwischen Wörschach und Weißenbach) Richtung Totes Gebirge. In den genannten drei Bereichen kommt aus wildökologischer Sicht sowohl der Verbesserung der Leitstrukturen als auch der raumplanerischen Absicherung dieser überregional bedeutsamen Genflusskorridore große Bedeutung zu (ebenso der möglichst gefahrlosen Querbarkeit der Bundesstraße mit hoher Verkehrsfrequenz).

Im Gailtal in Kärnten hingegen gibt es noch eine wesentlich bessere Ausstattung mit Leitstrukturen quer zum Talboden, die eine wildökologische Verbin-

dung zwischen Karnischen Alpen und Gailtaler Alpen ermöglichen. Im Abschnitt zwischen Kötschach-Mauthen und Villach gibt es unter anderem in folgenden Bereichen deckungsreiche Strukturen (Aufzählung von West nach Ost): Weidenburg-Dellach, Grafendorf-Gundersheim, Stranig-Kirchbach, in den Bereichen zwischen Rattendorf und Watschig, zwischen Untervellach und Presseggersee, zwischen Görttschach und St. Stefan, östlich von Vorderberg, zwischen Hohenthurn und Stossau sowie als Verbindung zwischen Karawanken und Gailtaler Alpen der Moorbereich zwischen Arnoldstein und Pöckau (an diesem international wichtigen Bären-Wanderkorridor im Dreiländereck wird derzeit im Rahmen eines LIFE-Projektes die Errichtung einer Grünbrücke über die Südautobahn bei Gschütt geplant). Wichtigste Aufgabe im Gailtal wird es künftig sein, eine Verschlechterung des Wechselfpotenzials hintanzuhalten.

5. Resumee

Eine ausreichende Durchlässigkeit der übergeordneten linearen Verkehrsinfrastruktur (Richtwerte für Brückengrößen werden angegeben, siehe Abschnitt 3.4) sowie ein jeweils beiderseits guter Anschluss an traditionelle Mobilitätsachsen des Wildes sind die wichtigsten Voraussetzungen zur Erhaltung und Verbesserung des Landschaftspotenzials für großräumigen Wildwechsel. Diese Voraussetzungen werden in Österreich zwar in einigen waldreicheren Berggebieten gut, in zahlreichen anderen Regionen aber nur unzureichend erfüllt (siehe Bild). Die Wahrscheinlichkeit, dass Querungsmöglichkeiten (Brücken, Tunnel) vom Wild aufgefunden werden, hängt stark von der Verteilung von Leitstrukturen und somit von der Waldverteilung sowie von der landwirtschaftlichen Nutzung im Umfeld solcher Querungsmöglichkeiten ab, wie anhand von drei Tälern des Alpenraumes deutlich gemacht wird (Abschnitt 4.6).

Als wichtige Maßnahmen für "Mangelstrecken" lassen sich ableiten: Verbesserung der Querbarkeit übergeordneter Verkehrsträger mit hoher Verkehrsfrequenz oder wilddichter Zäunung durch Nachrüstung mit wildspezifischen Querungshilfen (Grünbrücken oder Wildunterführungen in Ergänzung zu

vorhandenen Tunnel und Brücken; detaillierte Hinweise werden im Schlussbericht der Studie enthalten sein). Weiters raumplanerische Absicherung ausreichend breiter unbesiedelter Zonen zwischen bebauten Gebieten im Umfeld solcher Querungsmöglichkeiten. Und schließlich Erhaltung bzw. Schaffung von deckungsgünstigen Leitstrukturen beiderseits von Querungsmöglichkeiten (z.B. quer zum Talboden bzw. als Verbindung zwischen getrennten Waldgebieten, jeweils in wildökologisch geeigneten und noch möglichst störungsarmen Zonen). Dies erfordert lokal, regional und international eine stark verbesserte Kooperation zwischen Verkehrsplanung, Raumordnung, Jagd, Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz und Wissenschaft. Eine wichtige europäische Plattform im Internet (<http://www.iene.org>) erleichtert den Informations- und Erfahrungsaustausch.

6. Publikationen und unveröffentlichte Gutachten

- AESCHT, E., AUBRECHT, G., GUSENLEITNER, F. (eds.), 1995: Einwanderer. Neue Tierarten erobern Österreich. Stapfia 37 (zugleich Kataloge des OÖ Landesmuseums. Neue Folge 84). Linz. 275 S.
- BALLON, P., 1987: Premières observations sur l'efficacité des passages à gibier sur l'autoroute A36. In: Ministère de l'équipement, de l'aménagement du territoire et des transports (ed.): Routes et Faune Sauvage. Actes du colloque Strasbourg 1985: 311-316.
- BENNETT, A.F., 1991: Roads, roadsides and wildlife conservation - a review.
- In: Saunders, D.A. und Hobbs R.J. (eds.) 1991: Nature conservation 2 - The Role of Corridors. Chipping Norton, Australien. 99 - 118.
- BiCON AG, 1995: Abklärungen zur Barrierewirkung der N13 zwischen St. Margarethen und Oberriet. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Kreuzlingen. 66 Seiten.
- BROEKHUIZEN, S., DERCKX, H., 1996: Durchlässe für Dachse und ihre Effektivität. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 42: 134 - 142.
- BÜRLIN, R., 1995: Planung von Grünbrücken an der Autobahn Ljubljana-Razdrto (Slowenien) unter besonderer Berücksichtigung des Braunbären (*Ursus arctos L.*). Diplomarbeit München. 84 Seiten.
- CLEVINGER, A.P., WALTHO, N., 2000: Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. Conservation Biology 14 (1): 47 - 56.
- CONRADY, D., HERMANN, J., WELLNER, G., 1993: Landschaftsbrücken und Wilddurchlässe - Vernetzungselemente zwischen den von Verkehrswegen zerschnittenen Lebensräumen. Daber Landschaftsplanung (Hrsg.), Rosdorf. 55 Seiten.
- DIEBERGER, J., 1983: Gutachten betreffend die zu erwartenden Einwirkungen der geplanten Schnellstraße Gloggnitz - Semmering (S6) auf die freilebende Tierwelt. 29 Seiten.
- DUMONT, S., KLEIN, F., 1995: L'aménagement cynégétique de la ligne TGV nord. Utilisation par la grande faune des passages à gibier. Off. Nat. Chasse Bull. Mens. 203: 22 - 30.
- FELLINGER, S., 1987: A4 & Hochwildfernwechsel. Gutachten über den Ostautobahn (A4) - Bau, Abschnitt Fischamend - Bruck/Leitha und Probleme mit dem Hochwild-Fernwechsel. Erstellt im Auftrag der Niederösterreichischen Landesregierung, Abt. B/2-F. Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft an der Universität für Bodenkultur Wien. 43 Seiten.
- FELLINGER, S., 1988: Von Querungsmöglichkeiten für Wildtiere über Straßen. Der Anblick, Heft 7: 275 - 277.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS VERKEHRS- UND STRASSENWESEN (Hrsg.), 1997: Richtlinie RVS 3.01: Straßenplanung. Umweltschutz, Wildschutz. Wien. 9 Seiten.
- FÜRST, A., 1997: Wildtier und Straße. Der Anblick, Heft 8: 5 - 8.
- GLITZNER, I., GROSSAUER, F., RAMSKOGLER, K., 1998: Wildbiologische Begutachtung der B 78 Obdacher Straße Abschnitt Zeltweg - Weisskirchen. Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 2 a. 42 Seiten.
- GLITZNER, I., VÖLK, F., 1999: Passageways through 1990 km fenced motorways in Austria: Assessment of number, distribution and quality for big game species (indicator species: red deer). In: INFRA ECO NETWORK EUROPE: 5th IENE meeting, Budapest, Hungary (14-17 April 1999). Report of the meeting. Presentations of the participants. Swedish National Road Administration (SNRA). Borlänge, Sweden. 20 - 23.
- GRILLMAYER, R., SCHACHT, H., SCHNEIDER, W., VÖLK, F., WÖSS, M., 2000: Forschungsprojekt "Wildökologische Korridore" (Entwicklung von fernerkundungsgestützten Methoden zur Erfassung und wildökologischen Bewertung von Korridoren, insbesondere Gehölzstrukturen in der Agrarlandschaft, als Grundlage landschaftsplanerisch - naturschutzfachlicher Planungen). 1. Zwischenbericht. Universität für Bodenkultur Wien. 36 Seiten + 24 Seiten Anhang.
- GRUBER, F., 1994: Die Veränderung von Rotwild- und Gamswildverbreitung und der Abschusstendenzen von 1983 - 1993. Forstschutz aktuell Nr. 15 (September 1994), FBVA-Wien: 6 - 9.
- HOLZGANG, O., SIEBER, U., HEYNE, D., VON LERBER, F., KELLER, V., PFISTER, H.P., 2000: Wildtiere und Verkehr - eine kommentierte Bibliographie. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. 72 Seiten.
- HOLZMANN, H., 1995: Leithagebirge - Donauauen - Karpathen. St. Hubertus, Heft 4: 12 - 14.
- HUBER, T., 1995: Luchse in Österreich - zurückgebracht und eingewandert. Stapfia 37 (zugleich Kataloge des OÖ Landesmuseums. Neue Folge 84). Linz. 269 - 275.
- HUNT, A., DICKENS, H., WHELAN, R.J., 1989: Movement of mammals through tunnels under railway lines. Australian zoologist 24 (2): 89-93.
- JOHAM, G., 1999: Erfassung von Rotwildwechselmöglichkeiten durch Unterführungen. Strecken: A 10 - Tauernautobahn Villach West - Spittal/Drau und B 100 - Drautalbundesstraße Raum Sachsenburg. Endbericht zu Händen des Instituts für Wildbiologie und Jagdwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien. Moosburg. 42 Seiten + Anhang.
- JONOZOVIC, M., ADAMIC, M., KOBLER, A., 1997: Are viaducts enough to enable safe crossing of the highways by Brown Bears. In: Eleventh International Conference on Bear Management & Research. European Session, September 1-4, 1997, Graz. Book of Abstracts: p. 26.
- KACZENSKY, P., 1996: Zuviel Mensch für den Bär? Der Anblick, Heft 9: 16 - 20.
- KACZENSKY, P., KNAUER, F., HUBER, T., JONOZOVIC, M., ADAMIC, M., 1997: The Ljubljana-Postojna highway - a deadly barrier in Slovenia? J. Wildl. Res. 1 (3): 263 - 267.
- KNEITZ, G., OERTER, K., 1997: Minimierung der Zerschneidungseffekte durch Straßenbauten am Beispiel von Fließgewässerquerungen bzw. Brückenöffnungen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 755. Bundesministerium für Verkehr. Bonn - Bad Godesberg. 292 S.
- KNOFLACHER, H.M., 1980: Untersuchung der Wirtschaftlichkeit und Wirksamkeit der im Straßennetz verwendeten Wildschutzeinrichtungen. Bundesministerium für Bauten und Technik. Straßenforschung Heft 138. 105 Seiten.
- KNOFLACHER, H.M., 1981: Untersuchung von Faktoren im Wirksystem Straßenverkehr - Wild, unter besonderer Berücksichtigung Oberösterreichs. Naturk. Jahrb. d. Stadt Linz 27: 117-144.
- KÖCK, J., 1996: Wildschutz an Straßen und Autobahnen. Der Anblick, Heft 12: S. 43.
- KÖPF, R., 1999: Beobachtungen von Rotwildwechsel (*Cervus elaphus L.*) an einzelnen Autobahnbrücken der Tauern-Autobahn A 10 zwischen Spittal an der Drau und Villach. Carinthia 189 (= Carinthia II 109): 19 - 26.
- KOFLER, H., 1983: Wildunfälle, Analyse der Wildunfälle und Vorschläge zu deren Abwehr im Bezirk Weiz/Steiermark. Studie im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung IIa. 51 Seiten.
- KOFLER, H., 1993: Wildunfälle in der Steiermark. Darstellung gefährdeter Straßenabschnitte der Steiermark. Analyse der Wildunfälle und Vorschläge zur Wildunfallvermeidung. Studie im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung IIa. Pernegg. 152 S.
- MACARTHUR, R.A., GEIST, V., JOHNSTON, R.H., 1982: Cardiac and behavioral responses of mountain sheep to human disturbance. Journal of Wildlife Management 46: 351 - 358.
- MAIZERET, C., A. CAMBY, 1987: Les cerfs et l'autoroute - bilan des observations réalisées en Charente-Maritime dans le cadre du suivi écologique de l'A10. Office national de la chasse - Bulletin mensuel 119: 25-34.
- MOLINARI, P., 1997: Study of the potential wildlife passages in the south-eastern Italian Alps, with special reference to the Brown Bear. In: Eleventh International Conference on Bear Management & Research. European Session, Septem-

- ber 1-4, 1997, Graz, Austria. Book of Abstracts: p. 47.
- MRLIK, V., 1995: Evaluierung der Elchpopulation in der Grenzregion von Österreich und Tschechien. Forschungsinstitut WWF Österreich. Studie 22. Wien 39 Seiten.
- MÜLLER, S., BERTHOUD, G., 1995: Sicherheit Fauna/Verkehr. Praktisches Handbuch für Bauingenieure. École polytechnique fédéral de Lausanne. Département de génie civil Laboratoire des voies de circulation (LAVOC). 135 Seiten.
- OLBRICH, P., 1984: Untersuchung der Eignung von Wilddurchlässen und der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 426. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau. Bonn - Bad Godesberg. 58 Seiten.
- PFEIFER, M., ASTE, C., 1996: Zerschnittene Lebensräume. Barrierewirkung von Autobahnen und Schnellstraßen für Wildtiere, Leitart Rotwild. Politikum. Josef Krainer Haus Schriften 16 (70): 63 - 68.
- PFISTER, H.P., HEYNE, D., KELLER, V., GEORGII, B., VON LERBER, F., 1999: Häufigkeit und Verhalten ausgewählter Wildsäuger auf unterschiedlich breiten Wildtierbrücken (Grünbrücken). Schweizerische Vogelwarte, Sempach. 48 Seiten.
- PFISTER, H. P., KELLER, V., RECK, H., GEORGII, B., 1998: Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 756. Bundesministerium für Verkehr. Bonn - Bad Godesberg.
- PROMBERGER, C., SCHRÖDER, W., 1993: Wolves in Europe - status and perspectives. Proceedings of the workshop "Wolves in Europe - current status and prospects", April 1992, Oberammergau. Germany. 136 pp.
- RAUER, G., GUTLEB, B., 1997: Der Braunbär in Österreich. Umweltbundesamt Wien. Monographien, Band 88. Wien. 64 Seiten.
- RECK, H., KAULE, G., 1992: Straßen und Lebensräume: Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 654. Bundesministerium für Verkehr. Bonn - Bad Godesberg. 230 Seiten.
- REED, D.F., 1981: Mule deer behavior at a highway underpass exit. J. Wildl. Manage. 45 (2): 542-543.
- RIGHETTI, A., 1997: Passagen für Wildtiere. Die wildtierbiologische Sanierung des Autobahnnetzes in der Schweiz. Pro Natura. Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz Nr. 18. Basel. 46 Seiten.
- RUDELSTORFER, K., 1981: Wildwarnreflektoren - Wirkungsweise und Erfahrungen. Verkehr - Lebensraum - Unfälle. Der Anblick: 266 - 268, 313 - 316 und 344 - 346.
- RUHLÉ, C., LOOSER, B., 1991: Ergebnisse von Untersuchungen über die Wanderung von Rothirschen (*Cervus Elaphus* L.) in den Kantonen St. Gallen und Graubünden (Schweiz) und der Nachbarkantone sowie im Land Vorarlberg (Österreich) und im Fürstentum Liechtenstein. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 37: 13- 23.
- SAYER, M., SCHAEFER, H., 1995: Wert und Entwicklungsmöglichkeiten straßennaher Biotope für Tiere (II). Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 703. Bundesministerium für Verkehr. Bonn - Bad Godesberg. 444 Seiten.
- SCHAAL, A., HUMBLLOT, L., GUILMINOT, D., 1985: Premières données sur la fréquentation de passages à faune par le cerf (*Cervus elaphus*). Autoroute A26, Haute Marne, N.E. France. In: Bernard, J.-M., Lansart, M., Kempf, C., Tille, M. (eds.): Routes et Faune Sauvage, Actes du Colloque au Conseil de l'Europe, Strasbourg, 5-7 Juin 1985. Bagneux. 269 - 274.
- SCHWARZL, B., HECKL, F., 2000: Schusswechsel zwischen Zäunen. Österreichische Forstzeitung, Heft 1: 5 - 7.
- SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE, 1999: Wildtierkorridore Schweiz - Räumlich eingeschränkte, überregional wichtige Verbindungen für terrestrische Wildtiere im ökologischen Vernetzungssystem der Schweiz. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. 71 Seiten + Anhang.
- SETRA (SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES; ed.), 1993: Passages pour la grande faune. Guide Technique. Bagneux Cedex. 121 pp.
- SINGER, F., LANGLITZ, W., SAMUELSON, E., 1985: Design and construction of highway underpasses used by mountain goats. Transportation Research Record 1016: 6 - 10.
- STEINER, E., 1995: Die Rückkehr des Elches (*Alces alces* L.) nach Österreich - Chronologie der Ereignisse. Stapfia 37 (zugleich Kataloge des OÖ Landesmuseums. Neue Folge 84). Linz. 255-267.
- UNIVERSUM (Redaktionsbericht), 1999: Autobahnen als Barriere für Bär, Luchs und Wolf. Wild auf Wanderschaft. Universum. Wien. Heft 5: p. 77.
- VASSANT, J., BRANDT, S., JULLIEN, J.M., 1993: Influence du passage de l'autoroute A5 sur les populations cerf et sanglier du Massif d'Arc-en-Barrois (2 parties). Off. Natl. Chasse Bull. Mens. 183: 15 - 25 (cerf) et 184: 24 - 33 (sanglier).
- VÖLK, F., 1991: Auswirkungen der Salzburger Autobahnen auf Wild, insbesondere auf die Schalenwildarten. Stellungnahme zu Händen der Salzburger Landesregierung, Referat 4/13. 5 Seiten + 1 Kartensatz.
- VÖLK, F., 1996: Wildökologische Raumplanung für Schalenwild - ein Konzept zur Habitatsicherung und Wildschadensvermeidung. Vorlesungsunterlage. Erstellt im Auftrag der Universität Bern. 24 Seiten.
- VÖLK, F., GLITZNER, I., ZEILER, H., REISS-ENZ, V., 1998: Wildwechsel trotz gezäunter Autobahnen. Österreichs Weidwerk, Heft 1: 14 - 16.
- VÖLK, F., GLITZNER, I., 1998: Kostenreduktion bei Grünbrücken durch rationellen Einsatz. 1. Zwischenbericht. Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten. 31 Seiten.
- VÖLK, F., 1999a: Umweltverträglichkeitsprüfung Abschnitt Vösendorf-Schwechat der B 301 - Wiener Südrand Straße, Band Nr. 11: Teilgutachten WILDBIOLOGIE. Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten, Abteilung VI/14. 22 Seiten.
- VÖLK, F., 1999b: Umweltverträglichkeitsprüfung S 31 Burgenland Schnellstraße Abschnitt Ast. Neutal - Ast. Oberpullendorf mit Zubringer Stoob/Süd, Band Nr. 8: Teilgutachten Wildökologie und Jagdwirtschaft. Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten, Abteilung VI/14. 31 Seiten.
- VÖLK, F., GLITZNER, I., 1999: Barrier effects on big game due to motorways in Austria. In: Ecological passes for wildlife and roadside afforestation as necessary parts of modern road constructions (motorways and railway roads). International seminar, Krakow, 7.- 10. IX. 1999. Ed.: Jozef CURZYDLO, Department of Ecological Bases of Environmental Engineering, University of Agriculture. Krakow. 107 - 134. (ISBN 83-912184-1-4)
- VÖLK, F., GLITZNER, I., WÖSS, M., 2000: Kostenreduktion bei Grünbrücken durch rationellen Einsatz. 2. Zwischenbericht samt Checkliste Informationserfordernisse und -verfügbarkeit über jagdbare Wildtiere und -habitate für Straßenplanung und Begutachtung in Österreich. Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums f. wirtschaftliche Angelegenheiten. 62 pp + Anhang. (Bestellung bei: BMVIT. Tel.: ++43-1-71100-5527).
- VÖLK, F., KALIVODOVA, E., KÜRTHY, A., GLITZNER, I., KALIVODA, H., WÖSS, M., 2000: Wildtier-Korridor Alpen-Karpaten - slowakischer Teilbereich: Staatsgrenze Österreich bis östlich der Autobahn E 65. Schlussbericht des Projektes Nr. 29s17 der Aktion Österreich-Slowakei. Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien und Institut für Landschaftsplanung der Slowakischen Akademie der Wissenschaften Bratislava. 42 Seiten + Anhang.
- WARD, A., 1982: Mule deer behavior in reaction to fencing and underpasses on Interstate 80 in Wyoming. Transport Research Record 859: 8 - 13.
- WARD, A.L., CUPAL, J.J., GOODWIN, G.A., MORRIS, H.D., 1976: Effects of highway construction and use on big game populations. - U.S. Dep. Transportation, Fed. highway Adm. Off. Res. Dev. Rep. FHWA-RD-76-174. 98 pp.
- WÖLFEL, H., KRÜGER, H.H., 1991: Gestaltungsmöglichkeiten von Wilddurchlässen an Autobahnen. Neubau Bundesautobahn BAB 395, Teilstück Oderwald. Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft der Universität Göttingen, 55 Seiten.
- WÖLFEL, H., KRÜGER, H.H., 1995: Gestaltungsmöglichkeiten von Wilddurchlässen an Autobahnen. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 41: 209 - 216.
- ZEDROSSER, A., 1996: Der Wolf (*Canis lupus*) in Österreich. Historische Entwicklung und Zukunftsaussichten. Forschungsinstitut WWF Österreich. Studie Nr. 25. Wien. 38 Seiten.
- ZEDROSSER, A., VÖLK, F., 1999: Large carnivores (bear, wolf, lynx), moose and trunk roads in Austria. In: INFRA ECO NETWORK EUROPE: 5th IENE meeting Budapest, Hungary, 14 - 17 April 1999. Report of the meeting. Presentations of the participants. Swedish National Road Administration. Borlänge. 24 - 26.