

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen Office fédéral des routes Ufficio federale delle Strade

Gestaltung von Wildtierunterführungen

Conception des passages inférieures pour la faune

Design of fauna underpasses

B+S AG Antonio Righetti Cécile Eicher Annalina Wegelin

Fornat AG Conny Thiel-Egenter Pia Schütz Daniela Keller

Forschungsprojekt VSS 2011/602 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

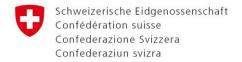
Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen Office fédéral des routes Ufficio federale delle Strade

Gestaltung von Wildtierunterführungen

Conception des passages inférieures pour la faune

Design of fauna underpasses

B+S AG Antonio Righetti Cécile Eicher Annalina Wegelin

Fornat AG Conny Thiel-Egenter Pia Schütz Daniela Keller

Forschungsprojekt VSS 2011/602 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Antonio Righetti, Conny Thiel-Egenter (Stv. Projektleitung)

Mitglieder

Cécile Eicher Daniela Keller Pia Schütz Annalina Wegelin

Federführende Fachkommission

Fachkommission 2: Projektierung

Begleitkommission

Präsidentin

Marguerite Trocmé

Mitglieder

Markus Ammann

Roger Beer

Thomas Gremminger

Rolf Holderegger

Otto Holzgang

Dominique Jeanneret

Kim Krause

Albert Müller

Joggi Rieder

Véronique Savoy Bugnon

André Schenker

Beat Städler

Peter Steinauer

Stefan Suter

Michel Tripet

Adrian Verasani

Fritz Völk

Laurence von Fellenberg

Peter Weiller

Adrien Zeender

KO-Finanzierung des Forschungsprojekts

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von http://www.mobilityplatform.ch heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	inpressum .	
	Zusammenfassung	
	Résumé	9
	Summary	. 11
	- · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
1	Einleitung	. 13
2	Methoden, Material und Standorte	
2.1	Literaturrecherche	
2.2	Kontakte zu Fachleuten in verschiedenen Ländern Europas	
2.3	Auswahl der Unterführungen	16
2.3.1	Auswahl-Kriterien	16
2.3.2	Ausgewählte Bauwerke	17
2.4	Befragung lokaler Kenner	. 20
2.5	Durchführung der Feldarbeiten	. 20
2.6	Fotofallen-Monitoring	. 20
2.6.1	Eingesetztes Material	
2.6.2	Fotoauswertung der Bilder	
2.6.3	Weiterverwendung der Resultate des Fotofallen-Monitorings	
2.7	Weitere Nutzungsbestimmende Faktoren	
2.8	Statistische Auswertung	
0	Gaaloudononang	. – .
3	Resultate	. 25
3.1	Resultate der Literaturrecherche	. 25
3.1.1	Unterführungen im Vergleich mit Überführungen	. 25
3.1.2	Nutzungsbestimmende Faktoren	
3.1.3	Dimensionierung der Bauwerke	
3.1.4	Gestaltung der Bauwerke und ihrer Umgebung	
3.1.5	Störung durch Menschen	
3.2	Resultate des Fotofallen-Monitorings	
3.2.1	Unterführungsnutzung durch Huftiere	
3.2.2	Querungshäufigkeit und Bauwerksmasse	
3.2.3	Querungshäufigkeit und weitere nutzungsbestimmende Faktoren	
3.2.4	Vergleich nahe gelegener Wildtierunterführungen	
J.Z. T	vergielen name gelegener wildtierumenumungen	. 02
4	Diskussion	. 33
4.1	Nutzung der Unterführungen durch Huftiere im Allgemeinen	33
4.2	Nutzung der Unterführungen durch Huftiere in der Schweiz	. 33
4.3	Waldanteil und Zuleitstrukturen	
4.4	Störungen durch Menschen	
4.5	Bauwerks-Dimensionen	
5	Planungs- und Dimensionierungsempfehlungen	
5.1	Wahl des Bauwerktyps	
5.2	Waldanteil und Zuleitstrukturen	
5.3	Vermeiden menschlicher Störung	. 38
5.4	Bauwerks-Dimensionierung	
5.5	Weitere Gestaltungsmassnahmen innerhalb des Bauwerks und in seiner Umgebung	

6	Fazit	41
	Dank	43
	Anhänge	
	Glossar	
	Literaturverzeichnis	
	Projektabschluss	63
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	67

Zusammenfassung

Hintergrund und Ziel

Zur Sanierung von unterbrochenen überregionalen Wildtierkorridoren sind funktionelle Wildtierpassagen (Überführungen oder Unterführungen) über die grossen Verkehrsträger notwendig. Die entsprechende VSS-Norm SN 640 694 empfiehlt hierfür die Errichtung von Wildtierüberführungen. In der Praxis ist dies jedoch nicht immer möglich und es werden daher auch Wildtierunterführungen geplant und gebaut. Anders als bei Überführungen fehlen in der Schweiz jedoch Vorgaben des VSS oder des Bundes zur Dimensionierung solcher Unterführungen.

In vorliegender Forschungsarbeit wurden anhand einer Literatur- und einer Feldstudie der Einfluss der Dimensionen (Breite, Höhe, Openness) und weiterer Faktoren auf die Nutzung von Unterführungsbauwerken durch Wildtiere untersucht. Aufgrund der Resultate sollen in Zukunft die Lücken in der VSS-Norm geschlossen werden.

Vorgehen

Nach einer Umfrage in elf Ländern Mitteleuropas wurden 24 Bauwerke in Deutschland, Frankreich, den Niederlanden, Österreich und in der Schweiz ausgewählt oder bereits vorhandene Daten verwendet. Alle Wildtierunterführungen wurden während mindestens drei Wochen mit Fotofallen überwacht und die Wildtier-Nutzungsfrequenzen pro 24 Stunden ermittelt. Ausserdem wurde eine strukturierte Befragung von Lokalkennern durchgeführt. Weitere nutzungsbestimmende Faktoren wie Waldfläche, Wildtierdichte, Zuleitstrukturen und Zugänglichkeit zur Unterführung sowie Störung durch den Menschen wurden erhoben. Die Daten wurden mit paarweisen Pearson-Korrelationen, linearen Regressionsmodellen sowie "regression trees" ausgewertet, und mit der einschlägigen Literatur verglichen und diskutiert.

Resultate

Rehe benutzten fast alle Unterführungen, während Rothirsche und Wildschweine nur je drei Bauwerke querten. Dies obwohl sie auch in der Umgebung von vielen anderen untersuchten Unterführungen regelmässig vorkommen. Die Querungen erfolgten mehrheitlich nachts (84%). Den durchschnittlich 1.1 Wildtierquerungen pro 24h standen 3.1 Störungsereignisse durch Menschen und/oder Haustiere gegenüber.

Die wichtigsten Faktoren, welche die Nutzung der Unterführungen positiv beeinflussten, waren der Waldanteil im Umkreis von 2km sowie die Zuleitstrukturen 100m um die Bauwerke. Störungen durch Menschen in den Unterführungen wirkten sich negativ auf die Wildtiernutzung aus. Bereits ab rund zwei menschlichen Querungen pro 24h, ist mit einer geringeren Nutzung durch Wildtiere zu rechnen. Hingegen konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen der Querungshäufigkeit von Huftieren und der Breite (10-54m), Höhe (2-10m) oder Openness (0.58-16.7) der Unterführungen festgestellt werden

Die ausgewertete Literatur stützt die Bedeutung der Lage des Bauwerks innerhalb von Waldbereichen und eines funktionellen Vernetzungssystems sowie des grossen Störungspotentials des Menschens. Zahlreiche Arbeiten gehen vertieft auch auf die unterschiedliche Störungsempfindlichkeit bzw. unterschiedlichen Ansprüche der einzelnen Arten an die Gestaltung der Bauwerke und den Bauwerksdimensionen ein. Zur Dimensionierung der Bauwerke existieren in einigen Ländern Vorgaben und Empfehlungen, wobei die entsprechenden Masse stark divergieren. Konsens herrscht hingegen bezüglich der Funktionalität der einzelnen Bauwerkstypen. So nutzen zahlreiche Tiergruppen – namentlich auch Huftiere – Wildtierüberführungen deutlich häufiger als – unterführungen.

Empfehlungen

Bei der Planung und Realisierung von Wildtierpassagen in Wildtierkorridoren von überregionaler Bedeutung ist Folgendes von zentraler Bedeutung:

- Grundsätzlich ist der Bau einer Wildtierüberführung anzustreben allfällige Ausnahmen lassen sich einzig aufgrund höher zu gewichtender Interessen des Landschaftsschutzes (z.B. Moorlandschaften) oder Kosten-/Nutzenüberlegungen begründen.
- Bei Wildtierunterführungen ist darauf zu achten, dass diese innerhalb von Waldgebieten liegen oder zumindest mit nahe gelegenem Waldlebensraum möglichst gut vernetzt sind, sowie direkte Zuleitstrukturen auf beiden Seiten der Unterführung vorhanden sind. Die Funktionalität dieser Elemente muss langfristig gesichert sein.
- Störungsquellen innerhalb oder in unmittelbarer Umgebung von Wildtierunterführungen müssen vermieden werden.

Aus diesem Forschungsprojekt lassen sich hingegen keine direkten Empfehlungen für die Dimensionierung von Wildtierunterführungen ableiten. Die Praxis macht jedoch deutlich, dass solche notwendig sind.

Résumé

Situation et objectif

Pour l'assainissement de corridors faunistiques d'importance suprarégionale interrompus, sur les grands axes de circulation des passages à faune (passages supérieurs et inférieurs) doivent être installés. A ce sujet la norme VSS SN 640 694 recommande la construction de passages à faunes supérieurs. Ceci n'étant pas toujours réalisable, des passages à faune inférieurs sont également planifiés et construits. Mais contrairement aux passages supérieurs il manque en Suisse des prescriptions du VSS ou de la Confédération pour le dimensionnement de tels passages inférieurs.

Le travail de recherche ci-présent analyse l'influence du dimensionnement (largeur, hauteur, openness) et d'autres facteurs sur l'utilisation de passages inférieurs par la faune à l'aide d'une étude de la littérature et de recherche sur le terrain. L'objectif est de pouvoir combler les lacunes de la norme VSS actuelle sur la base des résultats obtenus.

Procédé

Après un sondage dans 11 pays d'Europe centrale, 24 passages à faune en Allemagne, France, Hollande, Autriche et Suisse ont été examinés sur place ou des données déjà existantes ont été utilisées. Des 24 passages choisis, tous les passages inférieurs ont été surveillés au moins pendant trois semaines à l'aide de pièges photographiques afin de déterminer la fréquence d'utilisation par la faune en 24h. De plus une enquête structurée de personnes connaissant les lieux a été menée. D'autres facteurs déterminant l'utilisation des passages, tels que la surface boisée, la densité de la faune, l'existence de structures conductrices, l'accessibilité au passage inférieur ainsi que les perturbations par l'être humain ont été relevés. Par paires, les données ont été analysées avec le coefficient de corrélation de Pearson, avec des modèles de régression linéaire ainsi que des "regression trees" et comparé à la littérature spécialisée.

Résultats

Les chevreuils utilisent presque tous les passages inférieurs, tandis que les cerfs et sangliers n'ont traversé que trois passages. Cela malgré le fait qu'ils peuvent être observés régulièrement aussi dans les environs d'autres passages inférieurs contrôlés. Les traversées avaient principalement lieu durant la nuit (84%). Alors qu'en moyenne il y avait 1.1 passage de la faune en 24h, il y avait 3.1 perturbations dû à l'être humain et/ou à des animaux domestiques dans le même laps de temps.

Les facteurs les plus importants ayant un impact positif sur l'utilisation des passages inférieurs étaient le taux de surface boisée dans un rayon de 2km ainsi que les structures conductrices existantes 100m autour des passages. La présence de perturbations humaines dans les passages inférieurs avait des répercussions négatives sur leur utilisation par la faune. Déjà 2 traversées d'un être humain en 24h réduisent l'utilisation par la faune. Cependant aucune corrélation statistique entre la fréquence de traversée d'ongulés et de la largeur (10-54m), hauteur (2-10m) et openness (0.58 – 16.7) des passages inférieurs n'a pu être constatée.

Les résultats de l'étude de la littérature appuient l'importance de la position du passage à l'intérieur de milieux boisés et d'un système de connexion fonctionnel ainsi que du haut potentiel de perturbation par l'humain. De nombreux ouvrages approfondissent également les différentes sensibilités aux perturbations ou les différentes exigences de chaque espèce concernant la conception des passages et de leurs dimensions. Dans plusieurs pays, il existe des indications et recommandations concernant le dimensionnement des passages, toutefois les mesures correspondantes divergeant beaucoup. La fonctionnalité de chaque type de passage fait cependant l'unanimité. Ainsi plusieurs groupes faunistique – notamment aussi les ongulés – utilisent les passages supérieurs nettement plus fréquemment que les passages inférieurs.

Recommandations

Les points suivants sont d'importance cruciale pour la planification et la réalisation de passages à faune dans les corridors faunistiques suprarégionaux:

- En règle générale la construction de passage à faune supérieur est préférable les exceptions ne sont justifiables qu'en raison d'intérêts prépondérants de la protection du paysage notamment concernant les sites marécageux ou d'une analyse des coûts et des avantages.
- Il faut veiller à ce que les passages inférieurs soient situés à l'intérieur de surfaces boisées ou qu'ils soient au moins le mieux possible interconnectés avec une forêt en proximité et que des structures conductrices directes soient situées des deux côtés du passage. La fonctionnalité de ces éléments doit être garantie à long terme.
- Toutes sources de perturbations dans la zone des passages inférieurs ou dans leurs alentours immédiats doivent être évitées.

Malheureusement, aucune recommandation pour le dimensionnement de passages inférieurs ne peut directement découler de ce projet de recherche. La pratique montre cependant que de telles recommandations sont nécessaires.

Summary

Background and aim

To reconstruct interrupted national wildlife corridors, functional wildlife passages (overpasses and underpasses) that cross transportation infrastructure are necessary. The corresponding VSS norm SN 640 694 recommends the implementation of wildlife overpasses. However, in practice it is not always feasible to build overpasses and, therefore, underpasses are also planned and constructed. Unlike for overpasses, the VSS or the federal government do not provide standards for dimensions of such underpasses.

Making use of a literature review and a field study, this research project assessed the effect of wildlife underpass dimensions (width, height, openness) on their effectiveness for wildlife. Other influential factors were also determined. In the future, the VSS norm should be further specified based on the results of this study.

Approach

Based on a survey in eleven countries of Central Europe, 24 underpasses in Germany, France, The Netherlands, Austria and Switzerland were assessed with either a field study or by using existing data. In the field study, all wildlife underpasses were surveyed with camera traps for at least three weeks and frequencies of usage by wildlife per 24 hours were estimated. Furthermore, local experts were interviewed with a standardised survey. For each underpass, further local factors that could affect the usage of the underpass, like forest area, wildlife density, guiding structures, accessibility as well as anthropogenic disturbance, were recorded. The data was analysed making use of pairwise Pearson correlations, linear regression models and regression trees. Subsequently, the results were compared with current literature and discussed.

Results

While roe deer accepted almost all assessed underpasses, red deer and wild boars each only passed three structures, despite the regular occurrence of both species in the surroundings of many other underpasses. Animals mainly crossed at night (84%). On average, 1.1 wildlife crossings and 3.1 crossings by humans or pets were recorded per 24 hours.

The most important factors that enhanced the usage of underpasses by wildlife were the area of forest in a radius of 2 km and the area of guiding structures 100 m around the underpasses. Anthropogenic disturbance had a negative effect on the usage by wildlife. From approximately two human crossings per 24 h, less wildlife crossings can be expected. However, no significant correlation was found between acceptance of ungulates and the width (10-54 m), height (2-10 m) or openness (0.58-16.7) of the underpasses.

In support of the field study results, results from the literature review highlight the importance of the location of underpasses within forested areas and within a functional connectivity network as well as the strong potential effect of anthropogenic disturbances. Many studies describe more details on species-specific sensitivity to anthropogenic disturbance and requirements for design and dimensions of underpasses. In some countries there are regulations and recommendations for the dimensions of underpasses, but these dimensions vary greatly between countries. Authors agree, however, on the functionality of different types of infrastructure. For instance, many groups of animals – including unqulates – use wildlife overpasses clearly more often than underpasses.

Recommendations

When planning and implementing fauna passages in national wildlife corridors, the following should be considered:

 In principle, the aim should be to implement wildlife overpasses instead of underpasses – exceptions should only be made if landscape protection is of higher importance as, for instance, in moorlands or when justified by a cost-/benefit analyses.

- Wildlife underpasses should be located within forest areas or at least be well connected to the surrounding forest habitats with guiding structures on either side of the underpass. The functionality of these elements should be secured for the longterm.
- Sources of anthropogenic disturbance within or in the direct surrounding of wildlife underpasses have to be prevented.

With the results of this research project it is however not possible to derive recommendations for optimal dimensions of wildlife underpasses. Nevertheless, practice shows that such guidelines are necessary.

1 Einleitung

Verkehrswege, namentlich gezäunte Strassen, stellen für die meisten nicht flugfähigen Tierarten unüberwindbare Barrieren dar ([20]; [23]). In der VSS Norm SN 640 694 [4] werden Massnahmen und Bauwerkstypen beschrieben, um diese negativen Wirkungen zu minimieren bzw. lokal vollständig aufzuheben. Dabei werden unterschiedliche Bauwerkstypen je nach Zielart und Bedeutung des Wildtierkorridors empfohlen. Bei Korridoren von überregionaler Bedeutung mit Ziel- oder Potenzialart Rothirsch oder licht- und wärmeliebenden Tierarten wie Reptilien werden Wildtierüberführungen oder allenfalls Landschaftsbrücken als zu bevorzugende Bauwerkstypen vorgegeben. Die Dimensionen von Wildtierüberführungen werden in der Richtlinie des UVEK zur Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen [3] definiert. Die für die Wildtiere nutzbare Breite wird auf 45 +/- 5m festgelegt. Als Basis zu dieser Vorgabe diente eine Untersuchung über die Nutzung von 20 unterschiedlich breiten Überführungen durch Wildtiere [29].

Bei Wildtierkorridoren von lokaler und regionaler Bedeutung sowie für Korridore bei denen weder Rothirsch noch andere Tierarten, die klar Überführungen bevorzugen, Zieloder Potenzialarten sind, können gemäss VSS Norm SN 640 694 [4] sowohl spezifische Wildtierüberführungen als auch -unterführungen gleichermassen die angestrebte Vernetzungsfunktion erfüllen. Eine spezifische Wildtierunterführung muss gemäss der VSS-Norm SN 640 694 [4] die folgenden Dimensionen aufweisen: Mindestbreite: 15m; Mindesthöhe: Rothirsch 4m, Reh und Gämse 3.5m, Wildschwein 2.5m.

Aufgrund der Trassenführung der Strasse bzw. der Topographie ist es technisch oder allenfalls finanziell nicht immer möglich, Wildtierüberführungen zu bauen. Dies kommt insbesondere bei bereits bestehenden Verkehrswegen vor. In solchen Fällen kann die bestehende Barriere nur mittels Wildtierunterführung überwunden werden. Seit 2000 wurden im Rahmen nationaler und kantonaler Konzepte¹ zur Sanierung von überregionalen Wildtierkorridoren und/oder Bauprojekten entlang von Strassen und Bahn 28 wildtierspezifische Bauwerke geplant und/oder realisiert. An zwölf dieser Standorte ist eine Wildtierunterführung geplant bzw. wurde eine solche gebaut. Besonders in Gebieten, in denen der Rothirsch als Ziel- oder Potenzialart definiert wurde, kam es im Laufe der Planungsphase mitunter zu kontroversen Diskussionen. Es stand insbesondere die Frage im Raum, ob bei solchen überregionalen Wildtierkorridoren – bei denen u. a. der Rothirsch Zielart ist – ebenfalls die Mindestbreite von 15m aus der VSS-Norm SN 640 694 [4] ausreichend ist bzw. um wie viel grösser die Dimensionen zu wählen sind.

In Hinblick auf die aktuelle Ausbreitung des Rothirschs ist diese Lücke zu schliessen. Damit soll dieser Art nicht nur eine möglichst ungehinderte Nutzung und Wiederbesiedlung des Lebensraums ermöglicht, sondern auch das Risiko von Unfällen auf Nationalstrassen vermindert werden. Ähnlich wie bei den Wildtierüberführungen sollen Rahmenbedingungen formuliert werden, wie Wildtierunterführungen innerhalb von überregionalen Wildtierkorridoren bzw. auf Verbreitungsachsen des Rothirsches zu bauen und zu gestalten sind. Seit der Entwicklung der VSS-Norm SN 640 694 [4] 2004 erschienen zahlreiche Arbeiten (u. a. [11]; [17]; [31]; [32]), welche insbesondere die Funktionalität von Wildtierunterführungen untersuchen und Vorgaben zum Bau von Unterführungen beinhalten (u. a. [14]; [15]; [26]). Mit der Aufarbeitung dieser Informationen sollen der Stand der Technik festgehalten und zusammen mit eigenen Untersuchungen folgende Fragen mit diesem Forschungsprojekt beantwortet werden:

 Werden die heute realisierten Unterführungen ihrer Bestimmung als Wildtierpassage von überregionaler Bedeutung gerecht?

insbesondere bei der Umsetzung des ASTRA/BAFU-Konzeptes zur wildtierbiologischen Sanierung der schweizerischen Nationalstrassen sowie bei kantonalen Konzepten zur Wiederherstellung von überregionalen Wildtierkorridoren

 Wie ist die VSS-Norm SN 640 694 [4] zu revidieren, damit die Unterführungsbauwerke die notwendige Vernetzungs-Funktionalität auch für Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung erreichen?

2 Methoden, Material und Standorte

Für die vorliegende Studie war der von Pfister et al. [29] gewählte Ansatz rahmengebend. Entsprechend baute das 2012 eingereichte Forschungsgesuch, welches vorgängig von der damaligen EK 6.04 des VSS verabschiedet worden war, schwergewichtig auf einer vertieften Literaturrecherche sowie eigenen Untersuchungen von Bauwerken und die Integration von vergleichbaren Untersuchungen auf. Weitere wichtige Informationsquellen waren zudem Kontakte mit Fachleuten im In- und Ausland sowie Graue Literatur.

Das Projekt wurde von einer Begleitgruppe verfolgt, welche nicht nur fachlichen Input liefern sollte, sondern auch die Resultate aus Sicht der Umsetzung kritisch zu würdigen hatte.

2.1 Literaturrecherche

Bei der Literaturauswertung ging es in erster Linie um das Aufarbeiten der aktuellen Erkenntnisse und Resultate zu Wildtierunterführungen (soweit möglich auch mit Einbezug von Grauer Literatur). Ein besonderes Augenmerk lag dabei auch auf Vorgaben und Empfehlungen zur Dimensionierung sowie Ausgestaltung von Wildtierunterführungen. Ein weiteres wichtiges Ziel war es geeignete Bauwerke für unsere Untersuchung zu finden.

Bei der Suche nach einschlägigen Publikationen gingen wir in erster Linie von den relevanten Standardwerken aus und verfolgten darin enthaltene Literaturverweise weiter. Zusätzliche Hinweise erhielten wir von den von uns kontaktierten Fachleuten. Parallel recherchierten wir nach aktuellen Publikationen anhand verschiedener Suchmaschinen und Portale wie "Web of science". Das Hauptaugenmerk lag dabei auf Literatur aus Mitteleuropa.

2.2 Kontakte zu Fachleuten in verschiedenen Ländern Europas

Um Zugang zum Stand der Technik, der Forschung und zu allfälligen Richtlinien in einzelnen Ländern sowie Informationen zu Bauwerken zu erhalten, haben wir bekannte Fachleute und Institute in Europa direkt kontaktiert. Mittels einer Umfrage auf der entsprechenden Plattform von IENE – Infra Eco Network Europa gelangten wir, an zusätzlichen Informationen. Die wichtigsten und zielführenden Kontakte sind in der Folge aufgeführt:

- Deutschland: Marita Böttcher (Bundesamt für Naturschutz), Bertram Georgii (Vauna), Martin Strein (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg), Udo Tegetoff (Bundesanstalt für Strassenwesen), Elke Peters-Ostenberg und Michael Henneberg (Steinbeis-Transferzentrum Angewandte Landschaftsplanung, Universität Rostock)
- Frankreich: Caryl Buton (X-AEQUO), Jean Carsignol (CETE de l'Est), Jerôme Cavailhes (Sétra)
- Italien: Giuseppe Bogliani (Università degli Studi di Pavia)
- Grossbritannien: Jochen Langbein (Langbein Wildlife Associates)
- Kroatien: Josip Kusak, Djuro Huber (University of Zagreb)
- Niederlande: Hans Becker (Public Works and Water Management), Dennis Wansink (Bureau Waardenburg)
- Österreich: Elke Hahn (Bundesministerium für Verkehr), Viktoria Reiss-Enz (Bundesministerium für Verkehr), Fritz Völk (Bundesforste) Josef Erber (Salzburger Jägerschaft)

- Polen: Robert Myslajek (Association for Nature "Wolf")
- Schweden: Andreas Seiler (SLU, Department of Ecology. Grimsö Wildlife Research Station)
- Schweiz: Stefan Suter (ZHAW)
- Spanien: Ma Teresa Manzanares Iriba (Departamento de Medio Ambiente, Navarra), Carmen Rossel (Minuartia)
- Tschechien: Václav Hlaváč (Agency for Nature Conservation and Landscape Protection)

2.3 Auswahl der Unterführungen

2.3.1 Auswahl-Kriterien

Mittels Angaben aus der Literatur sowie der erhaltenen Informationen, galt es die definitive Auswahl geeigneter Bauwerke zu treffen. Dabei wurde auf folgende Kriterien geachtet (Details Tab. 1):

- Die Umgebung und Lebensraumsituation von ausländischen Bauwerken sollte mit jenen in der Schweiz vorhandenen vergleichbar sein. Aus diesem Grund beschränkte sich die Suche auf mitteleuropäische Länder.
- Unterführung ist (in der Regel) wildtierspezifisch: Das Bauwerk wurde für Huftiere geplant und entsprechend gebaut. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die entsprechenden Arten in der nahen Umgebung vorkommen und die Unterführung benutzen können. Die Unterführung führt daher auch nicht in eine Siedlung oder zu einem nächsten Verkehrsträger. Bauwerke im Ausland sind oft nicht wildtierspezifisch angelegt. Solche Bauwerke wurden nur ausgewählt, wenn lokale Fachleute sie als wildtiergeeignet deklarierten, resp. bereits Untersuchungen zur Wildtiernutzung stattgefunden haben.
- Keine Strassen und offizielle Wege in der Unterführung. Ausnahmen: Durch Suret Surhard III, Grosswilfersdorf und Wildon führen nicht befestigte Wege. Suret Surhard III wurde trotzdem gewählt, weil bei der Planung wildtierspezifische Bedürfnisse berücksichtigt wurden eine Seite ist für Wildtiere reserviert, das Bauwerk in einem Wildtierkorridor sowie im Wald liegt und sich gut für den Vergleich mit dem nahe gelegenen Suret Surhard II eignet. Grosswilfersdorf und Wildon ihrerseits wiesen bei einer früheren Untersuchung (Völk et al. [36]) regelmässige Querungen von Wildsäugern auf. In weiteren Unterführungen wie Les Râpes, Abistbach oder Bauernholz haben sich mit der Zeit Wege gebildet.
- Mindestbreite des Bauwerks (Abb. 2): 15m (analog [4]). Ausnahmen stellen wildtierspezifische Unterführungen und das Objekt "Hof Ceres" sowie "Henkelgiessen Fussgänger" (5m breit), welche jedoch innerhalb eines überregionalen Wildtierkorridors und in unmittelbarer Nähe der wildtierspezifischen Unterführung "Henkelgiessen" liegt. Bei letzteren zwei lagen Hinweise auf die Nutzung von Reh und/oder Rothirsch vor.
- Der unterführte Verkehrsträger (Strasse und/oder Bahnlinie) sollte in der Regel vierund mehrspurig sein. Ausnahmen bildeten Fanel und Nijeverdal, beides nur zwei-spurige, jedoch wildtierspezifische und von Wildtieren nachweislich häufig genutzte Eisenbahnunterführungen.
- Keine Viadukte, da diese für Wildtiere aufgrund des vorhandenen Lichts und der Vegetation vermutlich gar nicht als technisches Bauwerk/Unterführung wahrgenommen werden.
- Von den Huftieren Reh, Wildschwein und Rothirsch sollte mindestens eine Art in der Umgebung vorkommen. Vorzugsweise sollte der Rothirsch die Umgebung mindestens saisonal als Wechselwild nutzen. Die Gämse wurde nicht in die Untersuchung einbezogen, da sie nur bei einzelnen Bauwerken vorkommt.

2.3.2 Ausgewählte Bauwerke

Aufgrund der unter Kapitel 2.3.1 aufgeführten Kriterien wurden insgesamt 24 Objekte aus fünf Ländern in unsere Untersuchungen einbezogen (Abb. 1, Tab. 1, 2 / Tab. Anhang 1). Dabei handelt es sich um 17 wildtierspezifische und sieben nicht wildtierspezifische Unterführungen. Diese teilen sich wie folgt auf die einzelnen Länder auf:

Deutschland: Die anhand einer Literaturrecherche erhaltenen Informationen zu potentiellen Untersuchungsobjekten wurden mittels direkter Befragung von Experten und Autoren der konsultierten Publikationen vertieft. Definitiv ausgewählt wurden schliesslich fünf Objekte aus Mecklenburg-Vorpommern, die bereits im Rahmen einer Studie von Georgii et al [17] im Detail untersucht worden waren. Bei dieser Untersuchung wurden nicht Fotofallen eingesetzt, sondern (vergleichbare) Infrarot-Videoaufnahmen durchgeführt.

Frankreich: Die Basis zur Bestimmung allfälliger Untersuchungsobjekte lieferten die Literaturrecherche sowie die Informationen von Experten. Es zeigte sich dabei, dass nur ein Bauwerk die Auswahlkriterien erfüllte.

Niederlande: Obwohl zu verschiedenen Wildtierunterführungen in den Niederlanden Informationen vorhanden sind, waren schliesslich nur die bereits vorhandenen Fotofallenaufnahmen der wildtierspezifischen Bahnunterführung Nijverdal für unsere Studie verwendbar. Die anderen Unterführungen entsprachen nicht den Auswahlkriterien.

Österreich: Eine Vorauswahl von geeigneten Unterführungen erfolgte anhand der Tabelle im Anhang 18 der Publikation von Völk et al. [36]. Solche mit einer Breite zwischen 15 und 90 m wurden dann anhand von Luftbildern analysiert – insbesondere bzgl. der Umgebungssituation. Dabei fielen jene Objekte weg, bei denen eine Hauptstrasse die Unterführung passierte beziehungsweise es sich um eigentliche Viadukte handelte. Weil der saisonale Wechsel der Rothirsche in Salzburg im Frühjahr 2014 von einer Talseite auf die andere verpasst wurde und eine Wiederholung im folgenden Herbst aufgrund von Sanierungsarbeiten an der Tauernautobahn nicht möglich war, wurden diese entsprechenden drei anfangs untersuchten Unterführungen schliesslich nicht in den Auswertungen berücksichtigt. Bei einigen scheinbar geeigneten Objekten in der Steiermark stellte sich heraus, dass der Boden in den Unterführungen mit grossen Platten belegt war und es keine Hinweise auf querende Wildtiere gab. Schlussendlich konnten für das Projekt erhobene Daten von fünf Unterführungen aus der Steiermark in die Auswertung einfliessen.

Schweiz: Für eine erste Grobtriage der potentiellen Untersuchungsgebiete wurden die Datenbank zu den Kunstbauten KUBA des ASTRA sowie jene zu den Wildtierpassagen des BAFU ausgewertet und gezielt die kantonalen Jagdinspektorate angefragt. Die definitive Auswahl wurde dann anhand einer Luftbildanalyse der Lebensraumsituation in der Umgebung der Bauwerke und teilweise zusätzlichen Begehungen bestimmt. Total wurden 12 Bauwerke ausgewählt. Die Unterführung Hof Ceres wurde berücksichtigt, weil es sich um eine alte, von Wildtieren (Nutzung durch Reh und Rothirsch) angenommene Autobahnunterführung handelt, die nahe des Wildtierkorridors SG08 liegt.

Keinen direkten Eingang in die Untersuchung fanden Daten aus den folgenden Ländern:

Polen: Die Literaturrecherche führte zu einer Untersuchung im Westen des Landes (A4/E40 im Grenzgebiet zu Deutschland). In diesem Gebiet waren bereits mehrere Bauwerke systematisch untersucht worden ([27]). Der direkte Einbezug der Detailresultate war jedoch nicht möglich. Eigene Untersuchungen im Rahmen des vorliegenden Projekts waren aus finanziellen Gründen ebenfalls nicht möglich.

Spanien: Aufgrund einer Expertenbefragung und der Durchsicht vorhandener Literatur stiessen wir auf verschiedene Arbeiten (z. B. [5], [13]), welche die Wirkungskontrolle mehrerer wildtierspezifischer Querungshilfen / Bauwerke in der Region Kastilien Leon beschreibt (u. a. acht Wildtierunterführungen entlang der A15 in Kastilien Leon). Bei einer Detailanalyse kamen wir jedoch zum Schluss, dass die hier vorhandene Lebensraumsituation (primär pinienreiche Wälder) nicht mit jener der anderen Untersuchungsgebiete vergleichbar ist und verzichteten auf den Einbezug dieser Bauwerke.

Keinen Erfolg hatte die Suche nach geeigneten Objekten in *Grossbritannien, Italien, Kroatien:* Gemäss den Informationen aus den Kontakten mit den Fachleuten dieser Länder (Kap. 2.2) und der Auswertung der vorhandenen Literatur erfüllte keines der Bauwerke in diesen Ländern die Auswahlkriterien (Kap. 2.3.1).

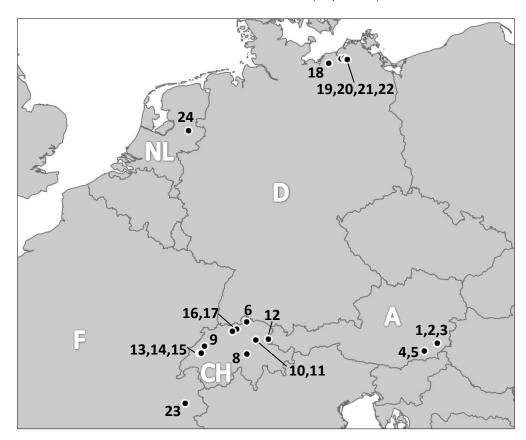


Abb. 1: Übersichtskarte untersuchte Wildtierunterführungen. Eine Unterführung in Frankreich (F), zwölf Unterführungen in der Schweiz (CH), fünf Unterführungen in der Steiermark, Österreich (A), eine Unterführung in den Niederlanden (NL) und fünf in Deutschland (D).

Bei jedem Bauwerk wurden die Länge, Breite und Höhe (in Metern) gemessen. Daraus wurde die Öffnung (Openness = Höhe*Breite/Länge) berechnet. Zudem wurden das Baujahr, der Verkehrsträgertyp (Autobahn, Eisenbahn, 1. Klass-Strasse), die Zäunung des Verkehrsträgers und die Distanz zur nächsten Passage erfasst.





Abb. 2: Aufgenommene Bauwerksmasse Länge (Bild links)), Breite und Höhe (Bild rechts) – schematisch am Beispiel des Bauwerkes Chambéry dargestellt.

Tab. 1: Wichtige Kenndaten der untersuchten Bauwerke (Angaben zu den Tierarten beziehen sich darauf, ob die erwähnte Art in der Umgebung der Wildtierpassage beobachtet werden kann).

Nr.	Bezeichnung	Land	Verkehrs- träger	Wildtier- spezifisch	Open- ness	Reh	Rot- hirsch	Wild- schwein
1	Grosswilfersdorf Flutbrücke 21	Α	Autobahn	nein	6.70	ja	ja	ja
2	Grosswilfersdorf Kanal 20	Α	Autobahn	nein	6.00	ja	ja	ja
3	Grosswilfersdorf Vorfluter 19	Α	Autobahn	nein	7.35	ja	ja	ja
4	Wildon Flutbrücke a	Α	Autobahn	nein	8.63	ja	ja	ja
5	Wildon Kainach b	Α	Autobahn	nein	16.72	ja	ja	ja
6	Abistbach	СН	Autobahn	ja	1.49	ja	nein	ja
7	Baregg Grosszelg	СН	Autobahn	ja	4.39	ja	nein	nein
8	Bielenhof	СН	Autobahn	ja	3.13	ja	ja	nein
9	Fanel	СН	Eisenbahn	ja	3.61	ja	nein	ja
10	Henkelgiessen	СН	Autobahn	ja	5.94	ja	ja	ja
11	Henkelgiessen Fussgänger	СН	Autobahn	nein	0.85	ja	ja	ja
12	Hof Ceres	СН	Autobahn	nein	0.58	ja	ja	nein
13	Les Râpes	СН	Autobahn	nein	1.31	ja	ev.	ja
14	Trembley	СН	Autobahn	nein	6.04	ja	ev.	ja
15	Les Avanturies	СН	Autobahn	ja	0.93	ja	nein	ja
16	Suret Surhard III	СН	Eisenbahn	ja	1.94	ja	nein	nein
17	Suret Surhard II	СН	Eisenbahn	ja	2.43	ja	nein	nein
18	Gnemern	D	Autobahn	ja	7.37	ja	ja	ja
19	Glöönmoor	D	Autobahn	ja	3.85	ja	ja	ja
20	Horster Kurve	D	1. Kl. Strasse	ja	2.43	ja	ja	ja
21	Bauernholz	D	Autobahn	ja	11.00	ja	ja	ja
22	Pagelshorst	D	Autobahn	ja	9.06	ja	ja	ja
23	Chambéry	F	Autobahn	ja	3.89	ja	ja	ja
24	Nijverdal	NL	Eisenbahn	ja	4.98	ja	nein	nein

Die Liste der bearbeiteten Untersuchungsobjekte mit den Detailangaben befindet sich im Anhang 2.

Die Minima bis Maxima der Bauwerksmasse sind in nachstehender Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2: Minimal- und Maximalmasse der untersuchten Unterführungen

Einheit	Minimalmass (m)	Maximalmass (m)
Breite	5	67
Länge	10	54
Höhe	2	10

2.4 Befragung lokaler Kenner

Für die Auswahl der Unterführungen (siehe oben) und in einem zweiten Schritt zur Beurteilung der Wildtierdichten und des räumlich-zeitlichen Verhaltens der Wildtiere in der näheren Umgebung wurden lokale Fachpersonen hinzugezogen. Solche Daten zu jedem Bauwerk erhielten wir in Interviews mit Jägern, Jagdaufsehern, Wildhütern oder Biologen. Die Nutzung einer Wildtierpassage kann mittels Angaben zur Dichte (oder indirekt der Abschussdichte) und räumlichen Verteilung von Huftieren sowie Informationen zur Bejagung, zu Störungen und weiteren Beobachtungen besser interpretiert werden. Diese Angaben helfen zu erklären, ob ortsansässige Wildtiere vorhanden sind, beziehungsweise wann und wo saisonale Wanderungen durch das Nadelöhr, die Wildtierunterführung, geschehen. Als Grundlage zur Befragung diente ein strukturierter Fragebogen (Anhang 3). Dieser basiert auf dem Fragenkatalog aus dem Grundlagenbericht zur "Standardisierten Wirkungskontrollen an Wildtierpassagen" [2]. In topographischen Karten wurden ausserdem wichtige Einstandsgebiete, Wildwechsel, Fallwildstrecken etc. erfasst.

2.5 Durchführung der Feldarbeiten

Mit Ausnahme des Bauwerkes Nijverdal wurden bei allen Bauwerken im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit gezielte Feldarbeiten ausgeführt oder vorhandene Fotofallenaufnahmen selber ausgewertet (Objekte Fanel, Suret Surhard II und Suret Surhard III,
Aufnahmen von Stefan Suter zur Verfügung gestellt). Die Untersuchungen an den Bauwerken Les Avanturies, Les Râpes und Trembley, Henkelgiessen, Bielenhofstatt, Abistbach und Hof Ceres in der Schweiz wurden durch Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der
B+S AG und FORNAT selber oder in Kooperation mit dem örtlichen Wildhüter oder Jagdaufseher durchgeführt. Die Bauwerke in Deutschland wurden von Elke Peters-Ostenberg
und Michael Henneberg untersucht. Die Datenaufnahme an den übrigen ausländischen
Bauwerken geschah durch lokale Kenner in Koordination mit B+S AG und FORNAT.

2.6 Fotofallen-Monitoring

Für die Überwachung der Unterführungen wurde der Einsatz von Fotofallen mit Infrarotblitz gewählt. Jede Unterführung wurde mit einer bis sechs Kameras, respektive mit so vielen wie für die Abdeckung der gesamten Unterführung notwendig waren, ausgestattet. Während mindestens drei Wochen wurden damit sämtliche Bewegungen aufgezeichnet. Eine Kontrolle zur Halbzeit gewährleistete, dass Batterien und Speicherchip stets funktionsfähig waren. Die Kameras wurden an der Unterführung selber, an eingeschlagenen Holzpfosten oder bestehenden Strukturen montiert und mit den Angaben zum Projekt und Kontaktdaten versehen.

2.6.1 Eingesetztes Material

Bei den verschiedenen Objekten wurden mehrere Typen von Fotofallen verschiedener Hersteller eingesetzt (Tabelle 3).

2.6.2 Fotoauswertung der Bilder

Mit einer standardisierten Tabelle wurden je Querungsereignis (belegt mit Foto) folgende Daten erfasst: Datum, Zeit und Tierart (Tab. 4). Da die individuelle Unterscheidung nicht bei allen Tierarten und Geschlechtern möglich war, wurden Individuen, welche das Bauwerk mehrmals querten, jedes Mal erfasst. Bei nicht auf die Art bestimmbaren Bildern wurden die Kategorien "Kleinsäuger" und "Grosssäuger" verwendet. Pro Tier wurde ein Datensatz erstellt. Bei den grösseren Wildsäugerarten wurden nach Möglichkeit auch Angaben zu Geschlecht und Alter erfasst (Tab. 5).

Tab. 3 Eing	Tab. 3 Eingesetzte Fotofallen								
Marke	Modell	Triggertime	Blitz	Einsatzgebiet					
Ltl Acron	Ltl-6210MC	0.8 Sekunden	Infrarot LED	AT (alle), CH (Les Râpes, Trembley, Les Avanturies,), Chambéry					
Reconyx	HC600	0.2 Sekunden	Schwarzblitz (Infrarot, no glow)	CH (Suret, Fanel, Baregg, Hof Ceres, Bielenhofstatt), D (alle)					
Cuddeback	Capture IR	0.25 Sekunden	Infrarot LED	CH (Henkelgiessen)					
Bushnell	Trophy Cam HD	0.2 Sekunden	Schwarzblitz (Infrarot, no glow)	CH (Abistbach, Hen- kelgiessen_Fussgän- ger)					



Abb. 3: Auswertungsbeispiel. Eine Hirschkuh quert die Unterführung Chambéry.

Tab. 4 Beispiel einer Erfassungsmaske für die Fotofallenbilder									
Fotoname	Bauwerk	Tierart	Datum	Zeit	Tag/ Nacht	ldentität/ Beschrieb			
Avanturies West_01	Avanturies	Fuchs	11.11.14	23:18	Nacht				
Avanturies West_19	Avanturies	Dachs	13.11.14	22:04	Nacht				
Avanturies West_25	Avanturies	Dachs	16.11.14	23:49	Nacht				
Avanturies West_25	Avanturies	Reh	17.11.14	06:12	Nacht	Rehbock			

Die Anzahl Menschen und Haustiere wurde nur über den gesamten Beobachtungszeitraum als Summe festgehalten und nach Tages- und Nachtereignissen aufgeteilt (Tab. 6).

Tab. 5 Erfasste Geschlechts- und Altersangaben bei Rothirsch, Reh und Wildschwein						
Hirschstier Rehbock (Spiesser, Gabler, Anzahl Enden) Keiler						
Hirschkuh	Rehgeiss	Bache				
Hirschkalb	Rehkitz	Überläufer				
Schmaltier		Rothaariger Frischling				
		Gestreifter Frischling				

Bauwerk	Störung	Anzahl Tag	Anzahl Nacht
Les Râpes	Hunde	26	
Les Râpes	Hundeführer	20	
Les Râpes	Reiter	15	
Les Râpes	Velofahrer	3	
Les Râpes	Fussgänger	50	1
Les Râpes	Motorisierte (Moped, Auto)	5	
Les Râpes	Katze	1	

2.6.3 Weiterverwendung der Resultate des Fotofallen-Monitorings

Von den Resultaten des Fotofallen-Monitorings wurden jene Ereignisse mit wahrscheinlicher und sicherer Querung einbezogen. Während bei Reh und Rothirsch jedes einzelne Individuum als ein Ereignis gezählt wurde, erfassten wir bei den Wildschweinen jedes Einzeltier und jede Rotte als je ein Ereignis – im Folgenden wird für Einzeltiere und Rotten von "Wildschweinen" gesprochen. Für die Auswertung wurden folgende Gruppierungen vorgenommen: Huftiere (Reh, Rothirsch, Wildschwein), Kleinsäuger (Fuchs, Dachs, Feldhase, Steinmarder, Hermelin) und Störungen (Fussgänger, Hundeführer, Hunde, Velofahrer, Motorisierte Personen, Reiter). Als Störungsereignisse wurden die einzelnen Querungen von Fussgängern, Hundeführern mit Anzahl Hunden, einzelne unbegleitete Hunde, Velofahrer, motorisierte Menschen und Reiter gerechnet. Katzen galten nicht als Störung.

Da die Untersuchungsdauer nicht überall identisch war, wurden die Anzahl Durchgänge für alle betrachteten Tiergruppen bzw.die Anzahl Störungereignisse jeweils durch die Gesamtuntersuchungsdauer geteilt (Anzahl Querungen / Untersuchungsdauer = Anzahl Querungen pro 24h).

Falls eine Tierart nicht in der Umgebung vorkam und keine Querung erfasst wurden, wurde die Anzahl Querungen für diese Art als NA (nicht verfügbar) erfasst. Falls die Tierart vorkam, die Unterführung aber nicht passierte, wurde der Wert auf 0 gesetzt. Für alle Tierarten und Störungen wurde zwischen Querungen während der Nacht und solcher während des Tages unterschieden. Hierbei wurde der Wechsel Tag/Nacht nicht selber bestimmt, sondern aufgrund der Qualität des Fotos, der Aufnahmeuhrzeit und –datum. Schwarzwweissfotos wurden als Nachtquerung, Farbaufnahmen als Tagquerungen eingeordnet. Für die Berechnungen der durchschnittlichen Anzahl Querungen pro Tierart wurden nur jene Bauwerke berücksichtigt, in deren Umgebung die entsprechenden Tierarten vorkamen (Tabelle Anhang 1).

2.7 Weitere Nutzungsbestimmende Faktoren

Als Indikatoren für die Wildtierdichte in der näheren Umgebung der Unterführung wurden die Waldflächen im Umkreis von 2km resp. 5km zur Unterführung ermittelt (entspricht dem ungefähren Aktionsradius von Reh resp. Rothirsch und Wildschwein). Zusätzlich wurde von Wildhut oder Jägerschaft der Rehabschuss je 100ha im Umkreis der Unterführung angegeben resp. geschätzt.

Als Mass für die Einbindung der Wildtierunterführungen in die Landschaft wählten wir die Waldfläche, sowie die Hecken- und Baumgruppenflächen in einem Umkreis von 100m zur Unterführung (Zuleitstrukturen). Diese wurden berechnet und summiert. Die Vektordaten stammten von OpenStreetMap (www.openstreetmap.org) und wurden manuell in Google Earth ergänzt und angepasst. Zur Flächenberechnungen diente RStudio v.0.98.1091 (R.version 3.1.2) mit den Paketen «rgeos», «rgdal», «maptools» und «sp» (vgl. Pebesma et al. [28]; Bivand et al. [8]).

Zusätzlich wurde ein Mass für die Zugänglichkeit zwischen potenziellem Einstandsgebiet und Unterführung berechnet. Dazu diente eine Kostenpfad-Analyse (least-cost path analysis). Zuerst wurde eine Kostenoberfläche (Raster) für den Umkreis von 5km um jede Unterführung erstellt. Rasterzellen mit Wald, Hecken und Baumgruppen bekamen einen tiefen Kostenwert von 1, Strassen (Autobahnen und 1. Klasse-Strassen), Eisenbahnlinien, Flüsse und Siedlungen bekamen einen hohen Kostenwert von 500. Die Vektordaten stammten alle von OpenStreetMap. Der Ausgangspunkt des Kostenpfades wurde direkt an der Unterführung gewählt. Der erste Endpunkt lag am Rand des nächst gelegenen grösseren Waldstückes (Fläche ≥ 1km²) auf der einen Seite der Strasse und der zweite Endpunkt am Waldrand auf der anderen Seite der trennenden Strasse (Abb. 4). Die Kostenpfade wurden dann so gelegt, dass die summierten Kosten möglichst tief blieben. Die Kostenberechnungen wurden mit den Paketen «raster» (Hijmans [21]) und «gdistance» (van Etten [35]) in RStudio v.0.98.1091 (R.version 3.1.2) durchgeführt. Das Mass für die Zugänglichkeit zwischen Habitat und Unterführung ergab sich aus der Summe der Kosten beider Pfade (zu beiden Endpunkten) - je höher der Wert, desto weniger zugänglich die Unterführung. Die Kosten der Pfade wurden aus der Summe aller Kosten entlang der Pfade berechnet. Zum besseren Verständnis wird im Folgenden der Begriff Unzugänglichkeit verwendet.

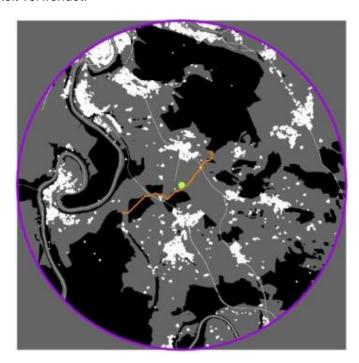


Abb. 4: Beispiel least-cost path-Analyse Wildtierunterführung: Grüner Punkt: Wildtierunterführung, violetter Kreis: Umkreis mit Radius 5km, Hintergrund: Kostenoberfläche (je dunkler desto kleiner die Kosten), orange Linie: least-cost path.

2.8 Statistische Auswertung

In einem ersten Schritt wurden paarweise Korrelationen (Pearson) für alle möglichen Kombinationen folgender Faktoren berechnet: Länge, Breite, Höhe, Openness, Baujahr der Unterführung, Distanz zur nächsten Passage, Waldfläche/Hecken/Baumgruppen in 100m (Zuleitstrukturen), Waldfläche in 2km, Waldfläche in 5km, Summe Störungen, Unzugänglichkeit (berechnet mit dem Kostenpfad). Dies erfolgte einmal mit dem gesamten Datensatz (alle Unterführungen) und einmal ohne die Unterführungen an Bahnlinien, da sich diese in mehreren Aspekten von denen unter Autobahnen unterscheiden.

Danach wurden lineare Regressionsmodelle gerechnet. Als unabhängige Variabeln wurden die Faktoren mit signifikanten oder sehr hohen Korrelationskoeffizienten (Pearson) gewählt. Die Anzahl Querungen aller Huftiere pro 24h galt dabei als abhängige Variable. Die Berechnungen wurden mit der Funktion «Im» aus dem Paket «stats» in RStudio v.0.98.1091 (R version 3.1.2) gemacht.

Um herauszufiltern, welche Faktoren tatsächlich eine wichtige Rolle spielen und wo die Grenzen liegen, wurden regression trees mit allen Faktoren berechnet (Pearson Korrelationen). Hierfür verwendeten wir das Paket «rpart» (Therneau [34]) in RStudio v.0.98.1091 (R version 3.1.2). Als Methode wurde «anova» gewählt mit mindestens fünf Beobachtungen pro Gruppe. Die Analysen wurden ebenfalls einmal für alle Unterführungen und einmal ohne die Eisenbahn-Unterführungen durchgeführt.

Zusätzlich wurden nahe gelegene Unterführungen (weniger als vier Kilometer voneinander entfernt) direkt, ohne statistische Auswertung, qualitativ miteinander verglichen – Les Râpes – Trembley – Les Avanturies (Distanzen 3.5km, 2.1km), Suret Surhard II und III (Distanz 780m), Wildon Flutbrücke a – Wildon Kainach b (Distanz 280m) und Grosswilfersdorf 19 – 20 – 21 (Distanzen 360m, 250m). Bei diesen direkten Vergleichen sind die landschaftlichen Gegebenheiten praktisch identisch, nur die Bauwerkseigenschaften unterscheiden sich.

3 Resultate

3.1 Resultate der Literaturrecherche

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden insgesamt 158 Quellen analysiert, 37 davon fanden Eingang den in vorliegenden Bericht.

3.1.1 Unterführungen im Vergleich mit Überführungen

Zur Funktionalität von verschiedenen Typen von Querungshilfen für die Fauna (insbesondere Wildtierüber- und -unterführungen, Talbrücken oder Gewässerdurchlässe) gibt es neben zahlreichen Wirkungskontrollen einzelner Bauwerke auch umfassende Grundlagenarbeiten. Diese beziehen Untersuchungen zu mehreren Bauwerken, Tiergruppen sowie den aktuellen Stand des Wissens mit ein. Besonders erwähnenswert sind u. a. die Arbeiten von Clevenger und Waltho [9]; Clevenger et al. [10]; Georgii et al. [17] sowie Georgii et al. [19]; Clevenger und Huijser [12] und Gagnon et al. [16]. Diese zeigen nicht nur die verschiedenen Faktoren auf, welche die Benutzungshäufigkeit beeinflussen (nachfolgende Kapitel), sondern machen auch deutlich, dass Wildtierunterführungen namentlich bei Huftieren in der Regel tiefere Benutzungsfrequenzen erreichen, als Wildtierüberführungen oder Talbrücken. In eine ähnliche Richtung gehen auch die Ausführungen in luell et al. [23]; Clevenger und Waltho [11]; sowie Bisonette und Cramer [7]; Kusak et al. [24] sowie Schiefenhövel et al. [31], welche Überführungen gesamtökologisch als nachhaltigere Vernetzungmassnahme einstufen als Unterführungen. Der Hauptgrund hierfür ist, dass Überführungen von mehr Tiergruppen genutzt und insbesondere von Huftierarten bevorzugt werden. Letzteres verdeutlichen zum Beispiel auch die Resultate der Untersuchung von Mystajek und Novak entlang der A4 in Westpolen [27]. Von den Huftierarten nutzte nur das Reh regelmässig alle Bauwerke (Abb. 5). Rothirsch und Wildschwein hingegen querten die Autobahn fast ausschliesslich über die Wildtierüberführungen. Zu den in dieser Studie untersuchten Wildtierunterführungen, sowie gemischten Unterführungen (für Tier und Mensch gedachte Bauwerke) ist anzumerken, dass deren Breite mindestens 14m und die Höhe über 3.5m betrug.

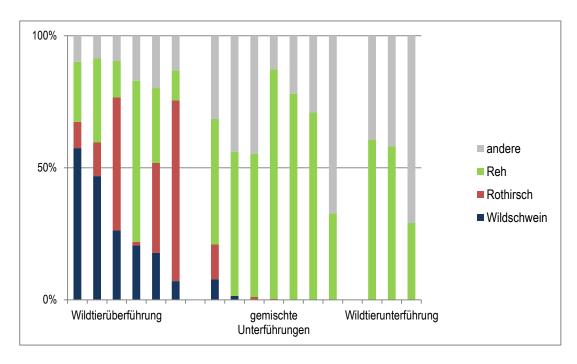


Abb. 5: Nutzung von Bauwerken entlang der A4 in Westpolen durch Wildsäuger (aus [27], verändert).

3.1.2 Nutzungsbestimmende Faktoren

An dieser Stelle soll zusammenfassend auf die gemäss der Literatur wichtigsten Faktoren im Zusammenhang mit der Nutzung von Wildtierpassagen allgemein und insbesondere für Wildtierunterführungen eingegangen werden (weitere Details Kap. 3.1.2-3.1.4). Neben den oben angeführten Quellen widmeten sich in jüngster Vergangenheit u. a. auch Herrmann und Mathews [20]; Reck et al. [30]; Langbein [25] sowie Schmellenkampf und Tegethof [33] diesem Thema. In allen von uns beigezogenen Arbeiten werden insbesondere die Bauwerkdimensionen (Länge, Breite, Höhe bzw. Openness / Kap. 3.1.2) sowie die menschlichen Störungen, als wichtige, nutzungsbestimmende Faktoren betrachtet. Auch der Standort des Bauwerks, seine Einbindung in das Vernetzungssystem (wichtige Vernetzungsachsen bzw. Wildtierkorridore), das Vorhandensein von Wald oder Vernetzungselementen in der Umgebung (Wald, Hecken), Zugänglichkeit des Bauwerks, Beschaffenheit des Bodens, Vorhandensein von Vegetation innerhalb des Bauwerks, Alter des Bauwerks, Nähe von Siedlungsraum sowie Schall- und Lichtimmissionen sind mitentscheidend, ob und in welchem Umfang eine Unterführung von Wildtieren genutzt wird.

Bei der Detaileinschätzung der Bedeutung der einzelnen Faktoren für die Benutzungshäufigkeit der Bauwerke besteht sowohl bei den zitierten Arbeiten als auch bei den Resultaten von Untersuchungen einzelner Bauwerke nur bedingt Übereinstimmung. Mehr oder weniger Einigkeit herrschte nur bezüglich der entscheidenden Bedeutung der Faktoren Bauwerksdimensionen und menschliche Störungen. Bei der Beschreibung der konkreten Wirkungen dieser oder anderer Faktoren, sind die Resultate der Arbeiten jedoch divergierend. Das Gleiche gilt auch für die statistische Absicherung dieser Resultate, die bezüglich verschiedener Faktoren teilweise weit auseinander liegen. Schliesslich gilt es noch zu berücksichtigen, dass zwischen den einzelnen Artengruppen bzw. Arten und ihren Ansprüchen – besonders bezüglich Bauwerksdimensionen und -gestaltung – grosse Unterschiede bestehen [9; 17].

3.1.3 Dimensionierung der Bauwerke

Openness

Vergleicht man die entsprechenden Aussagen in der Literatur, fällt auf, dass die Empfehlungen zur Dimensionierung von Unterführungen differieren stark. Für das Reh zum Beispiel variieren die Werte für die Openness von >0.75 [12]; [26] zu 1.4 [32], >1.5 [23] oder 1.75 in der gültigen SN 640 694 [4]. Ähnliche Differenzen bestehen auch bei den Empfehlungen für den Rothirsch. Langbein [25] und das Ministerio de Medio Ambiente [26] verweisen auf einen minimalen Wert von 1.5. Clevenger und Huijser [12] geben für den Wapiti ebenfalls 1.5 als Minimalwert an. Die SN 640 694 [4] schliesslich empfiehlt eine Openness von mindestens 2. Flechuoso del Cueto et al. [13] ihrerseits stellten fest, dass ab einer Openness von >3 die Zahl der Rothirschquerungen markant zunehmen.

Bezogen auf diese Hauptzielfunktion der Bauwerke (ansässige Population und/oder Wechselwild bzw. erstmals im Gebiet auftauchende Tiere) sind die Vorschläge von Hlaváč und Anděl [22] differenzierter (Tab. 7). Als für den Rothirsch nicht geeignet bezeichnen sie Bauwerke mit einem Openness-Mass von <1.7. Den Idealwert, welcher mehr oder weniger einer unbeeinflussten Situation entspricht, setzen die Autoren auf >40. Dazwischen liegen drei weitere Stufen. Bei einer "minimalen Funktionsfähigkeit" müssen alle anderen Faktoren optimal sein, um in Ausnahmefällen Querungen möglich zu machen. "Mittlere Funktionsfähigkeit" beschreibt eine Situation, bei der bei einem genügenden Populationsdruck und fehlenden negativen Faktoren Querungen stattfinden. Die Bauwerksdimensionen bei "optimaler Funktionsfähigkeit" ihrerseits erlauben trotz allfälliger negativer Faktoren regelmässige Querungen der Art. Diese Vorschläge sind allerdings nicht mit Resultaten von gezielten Felduntersuchungen oder Modellierungen untermauert, sondern entsprechen einer gutachterischen Einschätzung der Autoren.

Länge, Breite, Höhe

In anderen Publikationen wird die Höhe der Unterführung als zentrales Mass angeführt. Die deutsche Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen FGSV [14] und zum Beispiel Georgii et al. [17] geben ein diesbezügliches Mindestmass von 10m an. Reck et al. [30] empfehlen eine Richthöhe von (5m-) 10m. FGSV [14] setzt in Anlehnung an die Vorgaben zu Wildtierüberführungen die minimale Breite auf 50m fest und empfiehlt eine Höhe von 10m anzustreben. Die österreichische Forschungsgesellschaft Strasse/ Schiene/Verkehr FSV [15] nimmt ebenfalls Bezug auf die Breite von Wildtierunterführungen und legt entsprechend die Breite bei überregionalen Wildtierkorridoren auf minimal 50m (bei optimalen Verhältnissen) und die Höhe auf 4m fest. Eine Breitenreduktion ist bei grösseren Höhen zulässig: "Bei Unterführungen mit einer Höhe von mehr als 4m, kann je zusätzlichem Meter Höhe die für das Wild nutzbare Breite um je 5 % des Richtwertes reduziert werden". In Frankreich wird aktuell ein Vorgabenpapier für Wildtierpassagen erarbeitet. Bei diesem soll die minimale Breite von Wildtierunterführungen bei wichtigen Korridoren auf 40m festgelegt werden (Carsignol, mündliche Mitteilung). Die Tabelle 8 fasst alle Werte zusammen, welche von einzelnen Ländern vorgeschlagen bzw. vorgeschrieben sind. An dieser Stelle gilt es zu betonen, dass die erwähnten Publikationen in erster Linie in Hinblick auf neu gebaute Strassen entwickelt wurden.

Tab. 7: Gutachterische Einschätzung der Benutzungswahrscheinlichkeit von Wildtierunterführungen für Reh, Wildschwein und Rothirsch (aus [22], verändert). % = Benutzungswahrscheinlichkeit; O = Openness = (Höhe x Breite) / Länge. Die Beispielwerte sind in Metern angegeben.

%	Beschreibung	Reh		Wildschwein		Rothirsch	
70		0	Beispiele	0	Beispiele	0	Beispiele
80-100	Idealsituation	> 30	60 x 15:30	> 30	60 x 15:30	> 40	80 x 15:30
60-80	Optimale Funktionsfähigkeit	7.0 - 30	30 x 7:30	7.0 - 30	30 x 7:30	8.0 - 40	30 x 8:30
40-60	Mittlere Funktionsfähigkeit	1.5 - 7.0	15 x 3:30	2.0 - 7.0	20 x 3:30	4.0 - 8.0	30 x 4:30
20-40	Minimale Funktionsfähigkeit	0.65 - 1.5	9 x 2/2:30	1.0 - 2.0	10 x 3:30	1.7 - 4.0	10 x 5:30
0-20	Nicht funktionsfähig	bis zu 0.65		bis zu 1.0		bis zu 1.7	

Tab. 8: Empfehlungen und Vorgaben zur Dimensionierung von Wildtierunterführungen in anderen Ländern für überregionale Wildtierkorridore und die Zielart Rothirsch ("..."=Openness geschätzt, bei Annahme einer Länge der Wildtierunterführung von 32m)

Land	Openness	Breite / Höhe	Quelle
Deutschland	"15.6"	50 / 10	FGSV [14]
Frankreich	-	40 / ?	In Vorbereitung (J. Carsignol CETE de l'est, mündliche Mitteilung)
Österreich	"6.3"	50 / 4	FSV [15]
Spanien	>1.5	12 / 3.5	Ministerio de Medio Ambiente [26]
Tschechien	>8	-	Hlaváč und Anděl [22]

3.1.4 Gestaltung der Bauwerke und ihrer Umgebung

Neben den Dimensionen der Bauwerke weisen zahlreiche Untersuchungen auch auf die Bedeutung ihrer Lage im Vernetzungssystem sowie deren Gestaltung und jene der näheren Umgebung hin [11; 12; 18; 32]. Währendem die Lage innerhalb einer wichtigen

Vernetzungsachse für alle Artengruppen bzw. Arten unbestritten ist, unterstreichen verschiedene Autoren, dass es keine "Einheitsgestaltung" gibt, sondern vielmehr die Bedürfnisse der Zielarten rahmengebend sein müssen ([6]; 10; 17; 30; 31]). Die zentralen Rahmenbedingungen, die es für den Rothirsch zu berücksichtigen gilt, können den Ausführungen von Reck et al. [30], der FGSV [14], sowie Schmellenkampf und Tegethof [33] entnommen werden. Gemäss diesen Autoren sind ein möglichst naturnaher Bodenaufbau, genügend Licht und Feuchtigkeit innerhalb des Bauwerks, möglichst schattenarme Bereiche unmittelbar neben dem Bauwerk sowie hell gestrichene Wände im Inneren des Bauwerks besonders wichtig ([37]).

3.1.5 Störung durch Menschen

Neben rein baulichen Rahmenbedingungen, wird die Störung durch den Menschen und seiner Aktivitäten als einer der wichtigsten Faktoren betrachtet, welcher die Nutzungshäufigkeit von Unterführungen durch Wildtiere beeinflusst [9; 17; 33]. Je nach Tierart und Dimensionen des Bauwerks kann menschliche Präsenz die Nutzung eines Bauwerkes stark reduzieren.

3.2 Resultate des Fotofallen-Monitorings

3.2.1 Unterführungsnutzung durch Huftiere

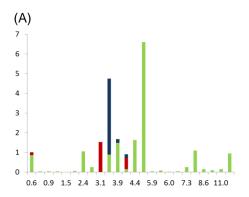
Mit den Fotofallen wurden insgesamt 1699 Durchgänge von Huftieren in 23 (von 24 untersuchten) Bauwerken erfasst. Sie teilen sich wie folgt auf: 1163 Rehe, 462 Wildschweine, wobei Rotten als Einzelereignis gezählt wurden (siehe Kap. 2.6.3), sowie 74 Rothirsche. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Untersuchungszeitraum bei den verschiedenen Unterführungen unterschiedlich lang war (zwischen 21 und 365 Tagen). Auf die Standard-Untersuchungsdauer von drei Wochen gerechnet bedeutet dies im Durchschnitt 22 Durchgänge von Huftieren respektive durchschnittlich 1.1 Huftier-Querungen pro 24h.

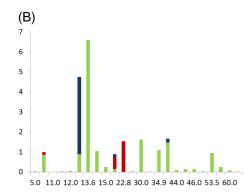
Am häufigsten wurden Rehe erfasst (durchschnittlich 14 Querungen in drei Wochen = 0.66 Querungen/24h; n = Anzahl Bauwerke = 24), gefolgt von Wildschweinen (fünf in drei Wochen; 0.25/24h; n = 17) und Rothirschen (3 in drei Wochen; 0.15/24h; n = 15). Die meisten Querungsereignisse (84%) fanden während der Nacht statt (Reh 75%; Rothirsch 95%; Wildschweine 100%). Die durchschnittliche Anzahl Störungen war mit 3.1 Störungsereignissen pro 24h deutlich höher als die Anzahl querender Huftiere.

3.2.2 Querungshäufigkeit und Bauwerksmasse

Allgemein konnte kein direkter Zusammenhang zwischen der Querungshäufigkeit und den Bauwerksmassen Breite und Openness festgestellt werden (Abb. 6).

Ein solcher Zusammenhang ergab sich auch nicht, wenn nur eine Tierart berücksichtigt wurde und nur Unterführungen einbezogen wurden, bei welchen die Tierart in der Umgebung vorkam (Abb. 7). Auch wenn die Querungshäufigkeit nach Waldfläche (als Indikator für die Wildtierdichte) korrigiert wurde, ergab sich kein Zusammenhang mit den Bauwerksdimensionen.





20

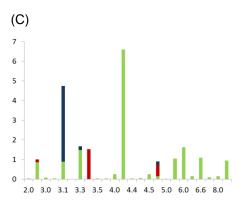
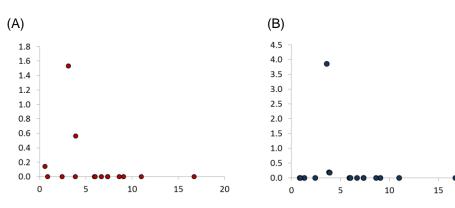


Abb. 6: Anzahl Querungen Huftiere pro 24h. Grün: Reh, Rot: Rothirsch, Blau: Wildschweine. (A) X-Achse: Openness; (B) X-Achse: Breite [m]; (C) X-Achse: Höhe [m].



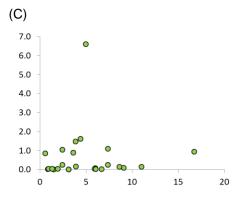


Abb. 7: Anzahl Querungen Huftiere pro 24h (Y-Achse) für jede Unterführung, bei der die jeweilige Tierart in der Umgebung vorkommt. (A) Querungen Rothirsch, (B) Querungen Wildschwein, (C) Querungen Reh. X-Achse: Openness.

3.2.3 Querungshäufigkeit und weitere nutzungsbestimmende Faktoren

Die paarweisen Korrelationskoeffizienten waren nur für wenige Variablen-Kombinationen signifikant. Bei Berücksichtigung aller Wildtierunterführungen zeigten nur die Länge der Unterführung (-0.62) und die Zuleitstrukturen in einem Umkreis von 100m (0.44) eine signifikante Korrelation mit der Anzahl Querungen von Huftieren. Die Länge der Unterführung war erstaunlicherweise negativ korreliert. Dies ist wohl ein Artefakt, da die Korrelation vermutlich aufgrund der beiden mit Abstand kürzesten Unterführungen (Eisenbahnunterführungen Fanel 10.3m lang und Nijverdal 11.75m lang) zustande kommt. Diese beiden Unterführungen weisen gleichzeitig mit Abstand am meisten Wildtierquerungen auf. Es ist ausserdem zu berücksichtigen, dass bei der Anpassung für multiples Testen aufgrund des kleinen Datensatzes die beiden oben erwähnten Korrelationen nicht mehr signifikant waren (Tab.9).

Tab. 9: Pearson Korrelationen für Wildtierquerungen (mit verschiedenen Umwelt- und Bauwerksfaktoren. * P-Werte ≤ 0.05, ** P-Werte ≤ 0.01 (ohne Bonferroni-Anpassung für multiple Tests). Signifikante Korrelationen sind fett gedruckt. Die Faktoren sind nach Korrelationshöhe aufgelistet (je höher die Korrelation, desto weiter oben in der Tabelle steht der Faktor).

Passagen	Querungen	Querungen	Querungen	Querungen	Querungen
Huftiere	Huftiere Tag	Huftiere Nacht	Reh	Rothirsch	Wildschwein
Länge	Störungen	Länge	Länge	Waldfläche 2km	Länge
(-0.62)**	Summe (-0.25)	(-0.58)**	(-0.40)*	(0.81)**	(-0.66)*
Zuleitstrukturen	Distanz nächste	Zuleitstrukturen	Waldfläche 2km	Länge	Zuleitstrukturen
100m (0.44)*	Passage (-0.21)	100m (0.44)*	(0.33)	(-0.48)*	100m (0.59)*
Waldfläche 2km (0.33)	Baujahr	Breite	Störungen	Waldfläche 5km	Breite
	(0.20)	(-0.27)	Summe (-0.30)	(0.43)	(-0.34)
Breite	Waldfläche 2km	Störungen	Baujahr	Distanz nächste	Höhe
(-0.31)	(0.12)	Summe (-0.25)	(0.24)	Passage (0.34)	(-0.23)
Störungen	Länge	Distanz nächste	Zuleitstrukturen	Unzugänglichkeit (-0.27)	Distanz nächste
Summe (-0.29)	(0.12)	Passage (0.18)	100m (0.23)		Passage (0.22)
Baujahr	Höhe	Unzugänglichkeit	Breite	Baujahr	Unzugänglichkei
(0.28)	(0.11)	(-0.16)	(-0.20)	(0.26)	(-0.21)
Unzugänglichkeit	Waldfläche 5km	Höhe	Distanz nächste	Breite	Baujahr
(-0.21)	(-0.08)	(-0.11)	Passage (-0.13)	(-0.23)	(0.21)
Distanz nächste	Breite	Waldfläche 5km	Waldfläche 5km	Openness	Openness
Passage (0.10)	(-0.05)	(-0.11)	(-0.12)	(-0.22)	(-0.16)
Waldfläche 5km (-	Unzugänglichkeit	Baujahr	Unzugänglichkeit	Zuleitstrukturen	Störungen
0.09)	(0.05)	(0.10)	(-0.11)	100m (0.21)	Summe (-0.15)
Höhe	Openness	Waldfläche 2km	Höhe	Höhe	Waldfläche 5km
(-0.07)	(-0.04)	(0.07)	(0.06)	(-0.20)	(-0.12)
Openness	Zuleitstrukturen	Openness	Openness	Störungen	Waldfläche 2km
(-0.04)	100m (-0.01)	(-0.05)	(0.04)	Summe (-0.15)	(-0.11)

Da Wildschweine und Rothirsche nur je drei Unterführungen nutzten, können die Korrelationen für diese Tierarten nicht interpretiert werden. Deshalb beziehen sich die folgenden Resultate auf Querungen der Huftiere allgemein, also Reh, Rothirsch und Wildschweine zusammen. Wenn zusätzlich die Unterführungen an Bahnlinien weggelassen werden (Tab. 10), sind nur noch der Faktor Waldfläche 2km mit der Anzahl Querungen Huftiere signifikant korreliert (0.53). Eine ebenfalls hohe, aber nicht signifikante negative Korrelation zeigte der Faktor Störungen Summe (-0.33).

Die Regressionsmodelle zeigten ein ähnliches Bild wie die paarweisen Korrelationen. Beim Modell Anzahl Querungen Huftiere ~ Länge + Zuleitstrukturen 100m (basierend auf allen Daten) war wiederum der Faktor Länge signifikant ($P \le 0.05$) und negativ. Das Modell hatte einen R^2 -Wert von 0.34. Für die Daten ohne Eisenbahn-Unterführungen wurde

folgendes Modell gerechnet: Anzahl Querungen Huftiere ~ Waldfläche 2km + Störungen Σ. Signifikant war der Faktor Waldfläche 2km (P ≤ 0.05), der R²-Wert betrug 0.27.

Tab. 10: Pearson Korrelationen für Wildtierquerungen mit verschiedenen Umwelt- und Bauwerksfaktoren, basierend auf Wildtierunterführungen an Autobahnen (ohne Eisenbahnlinien). * P-Werte ≤ 0.05, ** P-Werte ≤ 0.01 (ohne Bonferroni-Anpassung für multiple Tests). Signifikante Korrelationen sind fett gedruckt. Die Faktoren sind nach Korrelationshöhe aufgelistet (je höher die Korrelation, desto weiter oben in der Tabelle steht der Faktor).

Querungen	Querungen	Querungen	Querungen	Querungen	Querungen
Huftiere	Huftiere Tag	Huftiere Nacht	Reh	Rothirsch	Wildschwein
Waldfläche	Länge	Waldfläche	Höhe	Waldfläche	Zuleitstrukturen
2km (0.53)*	(0.26)	2km (0.57)**	(0.29)	2km (0.81)**	100m (0.42)
Störungen	Baujahr	Störungen	Störungen	Länge	Waldfläche 5km
Summe (-0.33)	(0.24)	Summe (-0.27)	Summe (-0.27)	(-0.48)*	(0.40)
Baujahr	Distanz nächste	Breite	Waldfläche 5km	Waldfläche	Waldfläche 2km
(0.23)	Passage (-0.23)	(-0.25)	(-0.26)	5km (0.43)	(0.29)
Breite (-0.21)	Störungen Summe (-0.23)	Länge (-0.23)	Länge (0.18)	Distanz nächste Passage (0.34)	Unzugänglich- keit (0.29)
Höhe	Waldfläche 2km	Distanz nächste	Distanz nächste	Unzugänglich-	Länge
(0.14)	(0.19)	Passage (0.20)	Passage (-0.15)	keit (-0.27)	(-0.24)
Zuleitstrukturen	Höhe	Zuleitstrukturen	Unzugänglichkeit (0.12)	Baujahr	Störungen
100m (0.10)	(0.15)	100m (0.18)		(0.26)	Summe (-0.22)
Waldfläche	Zuleitstrukturen	Baujahr	Baujahr	Breite	Openness
5km (0.06)	100m (-0.08)	(0.13)	(0.09)	(-0.23)	(-0.21)
Openness	Unzugänglich-	Waldfläche 5km	Breite	Openness	Baujahr
(-0.05)	keit (0.07)	(0.10)	(-0.09)	(-0.22)	(0.20)
Länge	Openness	Höhe	Openness	Zuleitstrukturen	Breite
(-0.04)	(-0.05)	(0.09)	(0.08)	100m (0.21)	(-0.19)
Distanz nächste Passage (0.03)	Breite (-0.04)	Unzugänglich- keit (-0.07)	Waldfläche 2km (0.08)	Höhe (-0.20)	Höhe (-0.19)
Unzugänglich-	Waldfläche 5km	Openness	Zuleitstrukturen	Störungen	Distanz nächste
keit(-0.02)	(-0.04)	(-0.03)	100m (-0.08)	Summe (-0.15)	Passage (-0.15)

Bei den Regression Trees wurde folgendes Modell gerechnet: Anzahl Querungen Huftiere ~ Länge + Breite + Höhe + Openness + Baujahr + Distanz nächste Passage + Waldfläche 5km + Waldfläche 2km + Zuleitstrukturen 100m + Störungen Σ + Unzugänglichkeit. Bei Berücksichtigung aller Unterführungen teilte das Modell die Unterführungen aufgrund der Faktoren Zuleitstrukturen 100m und Störungen Σ auf. Die Aufteilung bei den Zuleitstrukturen im Umkreis von 100m resultierte bei einer Fläche von 18'530m² – d.h. bei den Unterführungen mit weniger als 18'530m² Fläche Zuleitstrukturen querten weniger Wildtiere als bei den Unterführungen mit einer grösseren Fläche. Diese Aufteilung machte allerdings nur wenig Sinn, da sie wiederum auf zwei Objekten mit sehr vielen Querungen an Bahnlinien basiert. Werden die Unterführungen bei Bahnlinien weggelassen, wird die Gruppierung nur noch Aufgrund der Störungen vorgenommen. Die Aufteilung liegt bei 1.92 Störungsereignissen pro 24h. Somit wurden die Unterführungen mit mehr als 1.92 Störungen pro 24 h von Wildtieren weniger häufig genutzt als solche mit weniger Störungen.

3.2.4 Vergleich nahe gelegener Wildtierunterführungen

Beim Vergleich nahe gelegener Wildtierunterführungen, passierten bei drei der vier Beispiele die meisten Individuen jeweils durch die Unterführung mit der grössten Openness (Tab. 11). Die Unterführungen Trembley, Les Avanturies und Les Râpes wurden allgemein sehr wenig von Wildtieren benutzt. Zusätzlich lagen diese drei Unterführungen auch weiter auseinander (Distanz > 3km) als die übrigen nahe gelegenen (Distanz < 1.5km), was einen direkten Vergleich erschwert.

Tab. 11: Vergleich von Huftier-Querungen nahe gelegener Wildtierunterführungen *Meist genutzte Wildtierunterführungen. Fett: Werte, welche bei der meist genutzten Unterführung höher/tiefer sind als bei den übrigen nah gelegenen.

Bezeichnung	Breite [m]	Länge [m]	Höhe [m]	Open- ness	Bau- jahr	Wald 100m [m ²]	Störungen Summe	Querungen Huftiere
Suret Surhard II	15	27.8	4.5	2.43	2013	17'766	0.87	0.25*
Suret Surhard III	12	27.8	4.5	1.94	2013	18'180	13.40	0.05
Trembley	32	26.5	5.0	6.00	1998	4148	0.18	0.02
Les Avanturies	25	54	2.0	0.9	1995	1289	0.00	0.03
Les Râpes	12	32	3.5	1.3	1997	18'503	3.55	0.04*
Wildon Flutbrücke a	46	32	6.0	8.6	1974	3644	2.19	0.14
Wildon Kainach b	53.5	32	10.0	16.7	1974	4258	0.90	0.95*
Grosswilfersdorf 19	55.1	30	4.0	7.4	1974	3924	25.65	0.25*
Grosswilfersdorf 20	60	30	3.0	6.0	1974	3168	4.89	0.07
Grosswilfersdorf 21	67	30	3.0	6.7	1974	18'566	0.08	0.03

4 Diskussion

4.1 Nutzung der Unterführungen durch Huftiere im Allgemeinen

Insgesamt haben wir 24 Unterführungen eruieren können, die unseren Kriterien entsprachen. Die Hälfte davon liegt in der Schweiz. Mit dem Fotofallenmonitoring liessen sich ausser bei einer Unterführung (Abistbach) an allen Bauwerken Querungen von Huftieren nachweisen. Dabei handelte es sich in erster Linie um Rehe. Diese sind mehrheitlich standortstreu und migrieren im Vergleich zu Rothirsch und Wildschwein über geringere Distanzen. Sehr gering war jedoch allgemein die Querungshäufigkeit des Rothirsches. Dieser hat während der Untersuchungsperiode nur die drei Unterführungen Bielenhof, Hof Ceres, Chambéry genutzt (Tab. 1), wo er mindestens regelmässig saisonal und/oder ganzjährig (Chambéry) auftritt. Bei weiteren Standorten, bei denen Rothirsche in der Umgebung vorkommen, und potenziell die Unterführung nutzen könnten, gelang kein Querungsnachweis. Bei der Unterführung Glöönmoor wurden zum Beispiel Rothirsche fotografiert, welche sich unmittelbar neben dem Bauwerk aufhielten, dieses jedoch nicht querten. An dieser Stelle muss jedoch betont werden, dass im Rahmen von Fotofallen-Untersuchungen nicht bestimmt werden kann, ob es sich beim registrierten Individuum um ein standortstreues oder migrierendes handelt.

Wildschweine querten ebenfalls nur drei Unterführungen, obwohl sie an einigen weiteren Orten in der nahen Umgebung auftreten.

Bei den durch die drei Huftierarten genutzten Unterführungen ist auch die Nutzungshäufigkeit gering: Während drei Wochen (Standard-Untersuchungsdauer) querten im Mittel pro Unterführung lediglich 14 Rehe, drei Rothirsche und fünf Mal Wildschweine. Diese Mittelwerte sind durch einzelne Unterführungen mit ausserordentlich vielen Querungen (z.B. Nijverdal 139 Rehe oder Fanel 81 Wildschweinquerungen in drei Wochen) beeinflusst. Bei der Betrachtung des Medians (Zahl, welche an der mittleren Stelle steht, wenn man die Daten nach Grösse sortiert) ergibt sich fürs Reh lediglich ein Wert von drei Querungen während 3 Wochen. Bei Wirkungskontrollen von vier Wildtierüberführungen in der Schweiz² (PiU GmbH, Bern und FORNAT AG, Zürich unpubl.) lag die auf drei Wochen gemittelte Querungsfrequenz beim Reh zwischen 6 und 74 Querungen. Tiere halten sich allerdings länger auf Grünbrücken auf, und bewegen sich zwischen dem verschiedenen an einer Unterführung platzierten Fotofallen hin und her. Daraus können sich höhere Frequenzen ergeben. Dies zeigt aber auch, dass Wildtierüberführungen als Lebensraum und nicht blosse Querungshilfe wahrgenommen werden.

Im Vergleich mit Grünbrücken muss sowohl die Annahme als auch die Nutzungshäufigkeit von Unterführungen durch Huftiere als gering bezeichnet werden ([9; 10; 17; 19; 12; 16; 23; 11; 7; 24; 31).

4.2 Nutzung der Unterführungen durch Huftiere in der Schweiz

Die Resultate der in der Schweiz untersuchten Unterführungen entsprechen allgemein jenen der Bauwerke im Ausland. Im Detail bezogen auf die Arten bedeutet dies:

Das Reh nutzte mit Ausnahme vom Objekt Abistbach alle Bauwerke. Die Nutzungsfrequenz war jedoch mehrheitlich gering.

² Birchiwald, Neueinschlag, Badwald sowie Stöck im Kanton Bern und Rütibuck/Lotterbuck im Kanton Zürich. Die Dimensionierung dieser Bauwerke entspricht den Vorgaben der UVEK-Richtlinie [3].

- Querungen von Wildschweinen wurden nur beim Bauwerk im Fanel nachgewiesen. Die Unterführungen Les Avanturies, Les Râpes, Trembley und Henkelgiessen wurden während dem Untersuchungszeitraum nicht genutzt, obwohl in der Umgebung Wildschweine vorkommen.
- Rothirschquerungen wurden lediglich bei den Bauwerken Bielenhof und Hof Ceres festgestellt. An beiden Standorten kommt die Art mindestens saisonal seit Jahrzehnten vor. Keine Querungen wurden bei der Wildtierunterführung Henkelgiessen registriert. Hier gilt es anzumerken, dass vorgesehene flankierende Massnahmen (u. a. zur Vernetzung des Bauwerks mit seiner Umgebung) noch nicht realisiert wurden.

Eine weitergehende Interpretation der vorliegenden Daten – namentlich der langfristigen Wirkung und Funktionalität der einzelnen Bauwerke innerhalb des weiträumigen Vernetzungssystems – ist jedoch nicht möglich. Hierzu genügt die im Kapitel 2.6 beschriebene Datenbasis nicht. Gemäss der Wegleitung des BAFU zur Durchführung von Wirkungskontrollen bei Wildtierpassagen [2] bedarf es Untersuchungen über mehrere Jahre.

4.3 Waldanteil und Zuleitstrukturen

Die wichtigsten Faktoren, welche die Nutzung von Wildtierunterführungen in unserer Untersuchung statistisch positiv beeinflusst haben, sind der Waldanteil im Umkreis von 2km sowie die Zuleitstrukturen 100m um die Unterführung. Die Bedeutung dieser Faktoren kann aus zahlreichen Arbeiten der Literatur entnommen werden – u. a. [9; 10; 20; 30; 25; 33]. Optimalerweise sollte darum die Unterführung ganz im Wald liegen. Falls dies nicht der Fall ist, muss zwingend auf eine möglichst gute Vernetzung der Unterführung mit nahe gelegenem Waldlebensraum und direkten Zuleitstrukturen auf beiden Seiten der Unterführung geachtet werden. Die Funktionalität dieser Elemente muss zudem langfristig erhalten bleiben.

4.4 Störungen durch Menschen

Die Auswertung unserer Daten hat gezeigt, dass sich Störungen durch Menschen in den Wildtierunterführungen negativ auf die Wildtiernutzung auswirken. Aufgrund unserer Untersuchung ist bereits bei rund zwei menschlichen Querungen pro 24h mit einer geringeren Nutzung zu rechnen. Andere Autoren rechnen erst bei zwölf menschlichen Querungen pro 24h mit einer Reduktion [32]. Die meisten Publikationen jedoch bezeichnen Störung durch Menschen in der Unterführung oder deren naher Umgebung grundsätzlich als einen der wichtigsten Faktoren, der die Benutzungsfrequenz der Unterführungen durch Wildtiere beeinflusst. Je höher z. B. der Anteil Strassen und Gebäude in der Grünbrücken-Umgebung ist, desto weniger wird eine Grünbrücke durch Wildtiere frequentiert [19]. Clevenger und Waltho [9] schliessen aus ihren Untersuchungen, dass selbst die am besten geplante Grünbrücke von Wildtieren kaum benutzt wird, solange menschliche Aktivitäten nicht unterbunden werden. Im Gegensatz zu einer Autobahn, mit regelmässiger menschlicher Aktivität und Verkehrslärm, entstehen durch Freizeitnutzung Reize, welche Wildtiere direkt mit dem Menschen bzw. von ihm ausgehender Gefahr verbinden, und daher Vermeidungs- oder Ausweichverhalten zeigen. Entsprechend weist die ASTRA-Richtlinie 18008 [1] darauf hin, dass innerhalb von Unterführungen grundsätzlich Fremdnutzungen vermieden werden sollen - z. B. durch entsprechende Verträge zwischen dem Grundeigentümer ASTRA und Drittnutzern oder mittels Hindernissen an den Eingängen der Unterführung (wie etwa Steinblöcke). Weitere Massnahmen sind insbesondere die Vermeidung von menschlicher Präsenz im und in der Umgebung des Bauwerks sowie die Minimierung von Schall- und Lichtimmissionen z. B. mittels Wänden (Details Kap 5.1.3). Vorstellbar wären auch Begehungsverbote. Dazu gibt es unseres Wissens bislang keine Erfahrungen.

4.5 Bauwerks-Dimensionen

Die statistische Auswertung unserer Resultate zeigt eine negative Korrelation von Unterführungslänge und Querungshäufigkeit. Diese kommt jedoch einzig aufgrund der beiden kurzen Eisenbahnunterführungen zustande, welche gleichzeitig von Huftieren am häufigsten genutzt wurden. Dieser Zusammenhang kann daher nicht generalisiert werden. Ausserdem kann die Länge von Unterführungen in der Praxis nicht verändert werden, da sie sich aus der Verkehrsträgerbreite ergibt.

Für die weiteren Bauwerksmasse Breite, Höhe und Openness fanden wir keinen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Querungshäufigkeit. Auch wenn die Daten nach der in der Umgebung potenziell vorkommenden Wildtierdichte korrigiert wurden (Waldfläche als Indikator für die Wildtierdichte), zeigte sich kein Zusammenhang. Ebenso wenig ergibt sich eine Korrelation, wenn die Tierarten einzeln betrachtet werden. Allerdings kann aufgrund der geringen Datenmenge für Rothirsch und Wildschweine keine Aussage gemacht werden.

Wir erläutern im Folgenden mögliche Begründungen, warum zwischen Querungshäufigkeit und Bauwerks-Dimensionen kein Zusammenhang gefunden wurde. Mögliche Erklärungen dafür sind:

- Nutzungsunterschiede zwischen Unterführungen treten erst bei Bauwerken auf, welche eine grössere Openness bzw. grössere Breite oder Höhe aufweisen, als die von uns untersuchten Bauwerke.
 - → Eine grössere Openness, als jene der von uns untersuchten Unterführungen (>16), wird auch in der Literatur nur selten empfohlen (Ausnahme Tschechien, [22]) und in keinem anderen Land vorgeschrieben.
- Es wurden zu wenige Unterführungen untersucht.
 - → Dies kann ein Grund dafür sein, dass wir keine Zusammenhänge gefunden haben. Dabei würde man allerdings erwarten, dass sich zwar eine Korrelation zeigt, welche aber keine statistische Signifikanz erreicht, falls wirklich ein Zusammenhang bestehen würde. In unseren Daten wird hingegen überhaupt kein Zusammenhang ersichtlich.
- Mindestens für Rehe existiert effektiv kein Zusammenhang innerhalb der untersuchten Bauwerks-Dimensionen von rund 1.4 bis 16 Openness bzw. zwischen 6 bis 67m Breite. Es sind andere Faktoren (siehe oben) für die unterschiedlichen Nutzugshäufigkeiten verantwortlich.
 - → Diese Begründung scheint uns am plausibelsten zu sein. Auch die stark divergierenden Resultate und Empfehlungen in der Literatur deuten in diese Richtung. So zeigen zum Beispiel Hlaváč und Anděl 22], dass es grosse Nutzungsunterschiede an verschiedenen Strassenabschnitten bei gleichen Baumassen gibt.

Mehrere der untersuchten Bauwerke erfüllen zwar die gültigen Anforderungen an die Openness (für die Schweiz 1.75 [4]), wiesen jedoch trotzdem keine oder kaum Querungen durch Rehe auf. Auch dies könnte ein weiterer Hinweis sein, dass beim Reh die Bauwerksdimensionen nicht die primären, nutzungsbestimmenden Faktoren sind.

Für einen effizienten Planungsablauf sowie eine möglichst hohe Planungssicherheit beim Bau von Wildtierunterführungen wären Baumassvorgaben jedoch sinnvoll. Nicht zielführend ist diesbezüglich aus unserer Sicht die Übernahme der im Kapitel 3.1.3 erörterten Vorgaben anderer Länder (Tabelle 8). Diese sind primär auf den Neubau und nicht auf die Sanierung von Strassen bzw. Bahnstrecken ausgelegt. Ausserdem basieren die Vorgaben in den zitierten Papieren nur teilweise auf gezielten Untersuchungen. Sie greifen vielmehr auf Erfahrungen zurück. Dort, wo Untersuchungen den Hintergrund bilden, handelte es sich mehrheitlich um nicht spezifische Wildtierunterführungen ([22]; [26]; [30]) oder es wurden nicht nur die Ansprüche von Wildsäugern einbezogen ([15]), sondern die

gesamtökologische Vernetzung betrachtet. Im Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass aus Kosten-/Nutzenüberlegungen sowohl zu gross dimensionierte, wie aber auch zu kleine, schlecht funktionierende Bauwerke zu vermeiden sind.

Um eine wissenschaftlich solide Basis zu erhalten, welche diese Wissenslücke schliesst, müssten jene Individuen beobachtet werden können, welche ein Bauwerk "das erste Mal" nutzen, d.h. im Gebiet der Unterführung nicht heimische, weit migrierende Individuen. Genau diese Tiere sind sowohl für die Ausbreitung der Art in neue Gebiete als auch für den genetischen Austausch wichtig. Es versteht sich von selbst, dass es kaum möglich sein wird, solche Individuen zum Beispiel radiotelemetrisch zu markieren und ihr Verhalten in einer Unterführung via Videoüberwachung erfassen zu können.

Ein Ansatz hingegen könnten die Resultate einer 2009 von der PiU GmbH, Bern (unpubl. Daten) durchgeführten Befragung mehrerer anerkannten Experten³ sein. Das Ziel war es dabei, aufgrund des Wissens dieser Fachpersonen minimale Bauwerksmasse abzuleiten. Als Resultat ergab sich ein Mass von mindestens 30m Breite und mehr als 5m Höhe, was einer Openness von rund 5 entspricht. Dabei wurde aber von den Experten geltend gemacht, dass bei diesem Mass, die übrigen bestimmenden Faktoren wie Störungen und Einbindung ins Vernetzungssystem optimal sein müssten. Vergleicht man diese Werte mit jenen von Wildtierunterführungen⁴, welche in den letzten zehn Jahren in der Schweiz entlang von Autobahnen realisiert worden bzw. aktuell in Planung sind, fällt auf, dass diese Dimensionierung der aktuellen Praxis entspricht. Die Openness-Werte dieser Bauwerke bewegen sich zwischen 4.3 (Baregg Grosszelg, Höhe 6m) und 5.9 (Henkelgiessen, Höhe 4.4m). Von diesen Werten stark abweichend, ist das Bauwerk Abistbach (Openness 1.5, Höhe 3.2m). Ohne dieses Bauwerk liegt der Openness-Mittelwert bei knapp 5, die durchschnittliche Höhe bei rund 5m. Bei den in Planung befindlichen Bauwerken flossen sowohl die Ergebnisse der obigen Expertenbefragung, als auch Erfahrungen der Ingenieure mit anderen Bauwerken (z. B. Baregg Grosszelg) in die Bauwerksdimensionierung ein. Wir gehen darum davon aus, dass Bauwerks-Dimensionen im beschriebenen Rahmen eine hohe Akzeptanz besitzen und technisch umsetzbar sind auch wenn sie deutlich über den aktuell geltenden Vorgaben der VSS-Norm SN 640 694 [4] liegen (Openness 2 für Rothirsch).

³ H. Becker (Public Works and Water Management, NL), G. Berthoud (ECONAT, CH), J. Carsignol (CETE de l'Est, F), B. Georgii (VAUNA, D), O. Holzgang (wildlife-proCH), C. Rossel (Minuartia, E), Fr. Völk (Bundesforste, A)

⁴ Realisiert: Abistbach, Baregg Grosszelg, Bielenhof, Henkelgiessen / Geplant: Kiesen, Diegten, Wangen an der Aare, Knutwil

5 Planungs- und Dimensionierungsempfehlungen

5.1 Wahl des Bauwerktyps

Bei den meisten in der Schweiz noch zu erstellenden Wildtierpassagen ist der Rothirsch eine der Zielarten und gilt an den jeweiligen Standorten nur in seltenen Fällen als Standwild. Aufgrund der geringen Annahme und Nutzungshäufigkeit der Unterführungen in unserer Untersuchung empfehlen wir, wo dies möglich ist, Überführungen zu realisieren. Diese Empfehlung wird gestützt durch die ausgewertete Literatur, eigene Erfahrungen sowie die noch nicht publizierten Resultate einer Untersuchung in Westpolen (Kap. 3.1.1). Die entsprechenden Ausführungen in der VSS-Norm SN 640 694 [4] werden damit bestätigt. Eine Wildtierüberführung entspricht nicht nur den Ansprüchen des Rothirsches besser, sondern allgemein jenen der Huftiere und anderen Tiergruppen. Zudem bestehen seit einigen Jahren für Überführungen etablierte Dimensionierungsvorgaben ([3]; [1]), die sich auf der Basis von mehreren Wirkungskontrollen als zielführend erwiesen haben.

Die Erfahrung zeigt, dass bei Standorten, wo Autobahnen auf einem Damm verlaufen, das Erstellen einer Wildtierüberführung nicht nur im Konflikt mit dem Landschaftsschutz steht, sondern auch zu Mehrkosten führen kann. In solchen Fällen fiel in der Vergangenheit meistens der Entscheid zugunsten des Baus einer Wildtierunterführung aus. Bei zukünftigen Planungsvorhaben erachten wir es als wichtig, verstärkter nach Lösungen für Wildtierüberführungen zu suchen. Bei der Planung einer Wildtierpassage ist in jedem Fall der Bau einer Wildtierüberführung anzustreben. Dieses Primat soll nur dann in Frage gestellt werden, wenn der aus wildtierbiologischer Sicht optimalste Standort innerhalb eines national bedeutenden Landschaftsschutzgebietes (BLN, Moorlandschaft) liegt, eine Kosten-Nutzenanalyse klar gegen den Bau einer Wildtierüberführung spricht und sich eine Wildtierüberführung nicht landschaftlich eingliedern lässt beziehungsweise Landschaftsschutzinteressen gegenüber anderen Interessen (z. B. Ökologie) überwiegen.

5.2 Waldanteil und Zuleitstrukturen

Jede Wildtierpassage muss grundsätzlich in ein funktionierendes Vernetzungssystem eingegliedert sein. Am geeignetsten sind hierfür bewaldete Gebiete. Schliessen unmittelbar an das Bauwerk keine Waldflächen an, so sind diese mittels Vernetzungsstrukturen mit diesem zu verbinden. Bei Wildtierunterführungen kommt dieser Rahmenbedingung höhere Bedeutung zu als bei Wildtierüberführungen.

Die angestrebte Vernetzung kann nur ausnahmsweise mit einzelnen Hecken erreicht werden. In vielen Fällen – so etwa in einer ökologisch ausgeräumten und für Wildtiere wenig vernetzten Landschaft – ist jedoch das Anlegen eines ausgedehnten Systems von Hecken bis hin zu Feldgehölzen nötig. Einmal angelegt, müssen diese Vernetzungselemente erhalten und gepflegt werden. Hierzu sind langfristige Verträge mit den Eigentümern abzuschliessen und neben der raumplanerischen Sicherung idealerweise auch entsprechende Grundbucheinträge zu erstellen. Die langfristige Sicherung und die gezielte Platzierung von Vernetzungselementen im Kulturland müssen allenfalls zusätzlich abgegolten werden. Die ASTRA-Richtlinie 18008 [1] regelt nur die Vernetzung in einem Bereich von 50m um das Bauwerk herum. Hier obliegt dem ASTRA die Verantwortung, für eine optimale Vernetzungssituation zu sorgen und diese auch nachhaltig zu erhalten. Bezüglich der Verantwortlichkeit bei weiter entfernt liegenden Zuleitstrukturen werden keine Vorgaben gemacht. Es wird jedoch darauf verwiesen, dass diesbezüglich die Kantone in der Pflicht stehen. Diese haben nicht nur funktionelle Vernetzungskonzepte zu entwickeln und umzusetzen, sondern auch deren nachhaltige Sicherung zu regeln (u. a. gemäss Art. 18 Abs. 1 Natur- und Heimatschutzgesetz NHG und Art. 1 Abs. 1 lit. a Jagdgesetz JSG).

5.3 Vermeiden menschlicher Störung

In Wildtierunterführungen wirkt menschliche Präsenz auf Wildtiere stärker störend als auf bewachsenen Wildtierüberführungen mit guter Deckung [6; 9; 32]. Störungen können innerhalb des Bauwerks selber sowie in seiner Umgebung wirken. Folgende Massnahmen zu deren Verminderung sind vorzusehen:

- Mittels Steinblöcken und Dornensträuchern im Zugangsbereich des Bauwerks ist zu verhindern, dass Material oder Fahrzeuge unterstellt oder das Bauwerk anderswertig fremdgenutzt wird [1].
- Mittels Hinweistafeln ist auf die Funktion des Bauwerks und das Störungspotential des Menschen hinzuweisen. Auch ein Betretverbot kann in Betracht gezogen werden.
- Wege in unmittelbarer Umgebung des Bauwerks sind zu vermeiden. Sind solche bereits vorhanden, sollten mindestens offizielle Wander- und Fahrradwege sowie andere der regelmässigen Freizeitnutzung unterliegende Wege so verlegt werden, dass keine Einsicht auf das Bauwerk besteht.
- Im Bereich des Bauwerkes muss Leinenzwang für Hunde gelten.

5.4 Bauwerks-Dimensionierung

Wie im Kapitel 4.5 ausgeführt, kann von den Resultaten der vorliegenden Untersuchung direkt keine Empfehlung zur Bauwerks-Dimensionierung abgeleitet werden. Entsprechende Vorgaben sind jedoch unerlässlich und in die VSS-Norm SN 640 694 [4] zu integrieren.

5.5 Weitere Gestaltungsmassnahmen innerhalb des Bauwerks und in seiner Umgebung

Bei der Literaturrecherche stiessen wir auf weitere Gestaltungsmassnahmen innerhalb und in unmittelbarer Umgebung von Wildtierpassagen [37; 30; 6; 14; 33]. Die entsprechenden Massnahmen erhöhen nicht nur die Funktionalität des Bauwerks für grössere Wildsäuger, sondern machen das Bauwerk auch für andere Tiergruppen, u. a. Kleinsäuger, Amphibien und Reptilien, attraktiver. Die wichtigsten und aus unserer Sicht bei der Planung und Realisierung einer Wildtierunterführung zu berücksichtigenden Massnahmen sind:

- Naturboden: Reine Wildtierunterführungen sollen ausschliesslich über Naturbodenauflage verfügen.
- Vegetation: Eine möglichst flächendeckende Krautvegetation sowie einzelne Sträucher und Strauchgruppen innerhalb des Bauwerkes bieten Deckungsmöglichkeiten und dämpfen den Lärm.
- Feuchtigkeit: In Hinblick auf den angestrebten Vegetationsbewuchs ist darauf zu achten, dass genügend Feuchtigkeit vorhanden ist.
- Lichteinfall: Im unmittelbaren Portalbereich, ist darauf zu achten, dass keine hohen Sträucher und Bäume wachsen, um den für das Wachsen der Vegetation innerhalb des Bauwerks notwendige Lichteinfall zu gewährleisten.
- Strukturelemente: Steinhaufen, Blöcke und Baumstrünke innerhalb des Bauwerkes erleichtern Kleintieren die Querung.
- Farbe der Wände: Die Wände und die Decke sind hell zu streichen. Bei einem Versuch mit Dammhirschen [37] erbrachten helle Wände und Decke sowie ein 80cm hoher, dunkel eingefärbter Sockelbereiche der Wände das beste Resultat.

- Lärm- und Lichtschutz: Parallel und beidseitig zum Verkehrsträger geführte, rund 2m hohe Wände (z. B. aus Holz) erhöhen die Funktionalität des Bauwerks durch die Minimierung allfällig negativ wirkender Faktoren. Je nach Lage des Bauwerks im Gelände sollen diese 50-100m lang sein.
- Konstruktionsart des Bauwerks: Für Wildtierunterführungen sowie auch für gemischte Unterführungen (für die Nutzung durch Tiere und Menschen konzipiert) ist der Übergang zwischen angrenzendem Strassenkörper und Bauwerk grundsätzlich fugenlos auszubilden. So lassen sich plötzlich auftretende Schlaggeräusche verhindern. Die Bauwerke sind also als integrale Brücken zu konstruieren. Eine zusätzliche Lärmbzw. Erschütterungsreduktion kann durch eine zusätzliche Zwischenschicht (Kieskoffer) zwischen Belag und Bauwerkskörper erreicht werden. Diese Zwischenschicht bringt auch bauliche Vorteile, da der Einbau von Werkleitungen erleichtert wird.
- Im Weiteren gelten alle in der ASTRA-Richtlinie 18008 [1] erwähnten Massnahmen im Zusammenhang mit Querungshilfen für die Fauna.

6 Fazit

Die Resultate der vorliegenden Arbeit machen deutlich, dass in Bezug auf überregionale Wildtierkorridore, bei denen Huftiere und insbesondere der Rothirsch Hauptzielarten sind, grundsätzlich der Bau einer Wildtierüberführung anzustreben ist. Damit wird die gleichlautende Empfehlung der VSS-Norm SN 640 694 [4] bestätigt.

Das durchgeführte Literaturstudium und die eigenen Untersuchungen unterstreichen zudem das hohe Störungspotential des Menschen im Bereich von Wildtierpassagen, sowie die Bedeutung der Einbettung der Bauwerke in ein funktionierendes Vernetzungssystem und eine auf die Ansprüche der Zielarten ausgerichtete Gestaltung der Umgebung.

Bezogen auf die eingangs angeführten Forschungsfragen (Kap. 1) lassen sich aufgrund der Resultate der vorliegenden Untersuchung folgende Aussagen machen:

- Werden die heute realisierten Unterführungen ihrer Bestimmung als Wildtierpassage von überregionaler Bedeutung gerecht?
 - → Eine abschliessende Beantwortung dieser Frage ist nicht möglich. Es kann jedoch festgehalten werden, dass die fünf wildtierspezifischen Unterführungen innerhalb der überregionalen Wildtierkorridore (Bielenhofstatt, Fanel, Henkelgiessen, Suret Surhard II und III) von Rehwild genutzt werden. Bei zwei Bauwerken wurden zudem Querungen der jeweiligen Hauptzielart Rothirsch (Bielenhofstatt) beziehungsweise Wildschwein (Fanel) festgestellt.
- Wie ist die VSS-Norm SN 640 694 [3] zu revidieren, damit die Unterführungsbauwerke die notwendige Vernetzung-Funktionalität für Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung erreichen?
 - → Bei zu erstellenden Wildtierpassagen sollen grundsätzlich Wildtierüberführungen realisiert werden. Wildtierunterführungen sollen entsprechend Ausnahmen darstellen, bei welchen alle die Funktionalität des Bauwerks beeinflussende Faktoren optimiert werden müssen.
 - → Die Bauwerke sollten entweder innerhalb von Waldgebieten liegen oder zumindest mit nahe gelegenem Waldlebensraum möglichst gut vernetzt sein, sowie direkte Zuleitstrukturen auf beiden Seiten der Unterführung aufweisen. Die Funktionalität dieser Vernetzungselemente muss langfristig gesichert sein.
 - → Die Bauwerke und deren Umgebung sollen möglichst störungsfrei sein. Diesbezügliche Rahmenbedingungen sind insbesondere:
 - Das Anlegen neuer Wege in unmittelbarer Nähe des Bauwerks ist zu vermeiden, bestehende sind zu verlegen.
 - Die Drittnutzung des Bauwerks ist zu verhindern und Querungen des Bauwerks durch Hunde und Haustiere zu vermeiden. Es gelte Leinenzwang für Hunde in der Umgebung der Bauwerke.
 - Licht-/Lärmschutz-Immissionen sind mittels einer Wand parallel zur Strasse zu minimieren.
 - Die Unterführung ist als integrales Bauwerk, also ohne Bewegungsfuge anzulegen.
 - → Es sind Voraussetzungen zu schaffen (genügend Feuchtigkeit und Lichteinfall), damit innerhalb des Bauwerkes Vegetation gedeihen kann.
 - → Für die Dimensionierung der Bauwerke sind Vorgaben zu formulieren. Da sich diese Masse jedoch nicht direkt auf der Basis von wissenschaftlichen Untersuchungen ableiten lassen, sind sie auf der Basis von Expertenwissen, dem Stand der Technik und ihrer Akzeptanz von der VSS zu definieren.

Dank

An dieser Stelle sei allen am Projekt beteiligten Personen für ihre Mitarbeit gedankt, insbesondere

- den Mitgliedern der Begleitgruppe für die kritische Durchsicht der Arbeit und die wertvollen Bemerkungen und Hinweise,
- den kontaktierten Fachleuten im In- und Ausland zur bereitwilligen Beantwortung unserer Fragen, ihren Informationen und der Hilfeleistung beim Bestimmen der zu untersuchenden Bauwerke,
- den Helferinnen und Helfern während der Feldarbeiten für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Datenaufnahme,
- allen Personen der B+S AG und Fornat AG, welche immer ein offenes Ohr für Fragen und eine freie Hand hatten.

Anhänge

I Tabelle der untersuchten Objekte	47
II Objektblätter der untersuchten Unterführungen	51
III Strukturierter Fragebogen zur Befragung von Lokalkennern	53

Tabelle der untersuchten Objekte

Ta Ta da	Tab. A1 Eigenschaften der untersuchten Wildtierunter Tage), Verkehrsträger, Einzäunung, Wildtierspezifität, Edas Vorhandensein von Reh, Rothirsch, Wildschwein in	tersuchi nung, W othirsch	ten Wilk 'ildtiersk 'i, Wilds	dtierunterfül oezifität, Bau chwein in de	nunger ijahr, E ir Umge	n. Für jede Breite, Höh Sbung sow	rführungen. Für jede Unterführung sind Nummer, Bezeichnung, Land, Untersuchungsdauer (Anzahl Baujahr, Breite, Höhe, Länge (in Metern), Openness, die Distanz zur nächsten Passage (in Metern), n der Umgebung sowie Angaben zum Rehabschuss pro 100 ha gegeben. NA: nicht verfügbar	ung sir in Mete n zum I	id Numi irn), Opi Rehabsi	ner, Be enness chuss p	szeichnu , die Die pro 100 I	ıng, Land, stanz zur ı ha gegebe	Unters nächste n. NA: ,	suchung ın Passa nicht ve	sdauer яge (in N rfügbar	(Anzahl Ietern),
Ŗ.	Bezeichnung	Land	Dauer	Verkehrs- träger	Ge- zäunt	Wildtier- spezifisch	Baujahr	Breite	Länge	Höhe	Open- ness	Nächste Passage	F Reh	Rot- hirsch	Wild- schwein	Rehab- schuss
_	Grosswilfersdorf Flutbrücke 21	Α	40	Autobahn	ja.	nein	1974	0.79	30.0	3.0	6.70	242	ja	ja	ja	5.0
2	Grosswilfersdorf Kanal 20	Α	28	Autobahn	<u>'a</u> '	nein	1974	0.09	30.0	3.0	00.9	242	ja	ja	ja	5.0
က	Grosswilfersdorf Vorfluter 19	Α	40	Autobahn	<u>'a</u>	nein	1974	55.1	30.0	4.0	7.35	358	ja	ja	ja	5.0
4	Wildon Flutbrücke a	Α	21	Autobahn	<u>'a</u> '	nein	1974	46.0	32.0	0.9	8.63	259	ja	ja	ja	4.7
2	Wildon Kainach b	Α	39	Autobahn	<u>'a</u> '	nein	1974	53.5	32.0	10.0	16.72	259	ja	ja	ja	4.7
9	Abistbach	끙	35	Autobahn	<u>'a</u>	ja	2011	11.0	23.6	3.2	1.49	1660	ja	nein	ja	NA
7	Baregg Grosszelg	끙	365	Autobahn	<u>'a</u>	ja	2003	30.0	41.0	0.9	4.39	221	ja	nein	nein	3.0
∞	Bielenhofstatt	끙	32	Autobahn	<u>'a</u> .	ja	2007	22.8	24.8	3.4	3.13	1600	ja	ja	nein	2.5
6	Fanel	끙	117	Eisenbahn	nein	ja	2002	12.0	10.3	3.1	3.61	066	ja	nein	ja	0.5
10	Henkelgiessen	ᆼ	83	Autobahn	<u>'a</u>	ja	2010	20.0	32.0	3.8	5.94	118	ja	a	ja	2.9
1	Henkelgiessen Fussgänger	끙	26	Autobahn	<u>'a</u> .	nein	NA	2.0	26.0	4.4	0.85	118	ja	a	ja	2.9
12	Hof Ceres	끙	21	Autobahn	<u>'a</u>	nein	NA	0.9	26.8	5.6	0.58	2080	ja	a	nein	2.5
13	Les Râpes	끙	26	Autobahn	ja.	ja	1997	12.0	32.0	3.5	1.31	230	ja	ev	<u>a</u>	NA
4	Trembley	끙	26	Autobahn	<u>'a</u>	ja	1998	32.0	26.5	2.0	6.04	620	ja	ev	<u>a</u> .	NA
15	Les Avanturies	ᆼ	09	Autobahn	<u>'a</u>	ja	1995	25.0	54.0	2.0	0.93	1550	ja	nein	ja	NA
16	Suret Surhard III	공	61	Eisenbahn	nein	ja	2013	12.0	27.8	4.5	1.94	789	ja	nein	nein	11.0
17	Suret Surhard II	공	260	Eisenbahn	nein	ja	2013	15.0	27.8	4.5	2.43	789	ja	nein	nein	11.0
18	Gnemern	٥	21	Autobahn	<u>'a</u> '	ja	2000	34.9	31.0	9.9	7.37	793	ja	ja	ā	3.0
19	Glöönmoor	٥	21	Autobahn	<u>'a</u> '	ja	2000	35.0	30.0	3.3	3.85	270	ja	ja T	ja	3.5
20	Horster Kurve	D	21	1. Kl. Strasse	teils	ja	2001	15.0	34.0	5.5	2.43	200	ja bį	ja	ja	1.0

August 2016

47

21	21 Bauernholz	D	21	D 21 Autobahn	ja	ja	2003	44.0	32.0	8.0	11.00	258	ја	ja	ja	2.6
22	22 Pagelshorst	Q	D 21	Autobahn	<u>ia</u>	ja	2003	44.0	34.0	7.0	90.6	2000	<u>'a</u>	ja	ja	0.9
23	23 Chambéry	ш	39	Autobahn	ja,	<u>ja</u>	1996	22.0	26.0	4.6	3.89	300	<u>'a</u>	ja	ja	NA
24	24 Nijverdal	NL 35		Eisenbahn	<u>.a</u> .	ja	2012	13.6	11.8	4.3	4.98	NA A	<u>'a</u> '	nein	nein	2.5

Tab. 42 Daten zur Untersuchung der Nutzung von Wildtierunterführungen. Eilr iede Unterführung sind Nummer. Bezeichnung sowie die ermittelte

			Hilf	Hirf-											
ž.	Bezeichnung	Huf- tiere	tiere Tag	tiere Nacht	Reh	Rot- hirsch	Wild- schwein	Klein- säuger	Störun- gen	Störungen Tag	Störungen Nacht	Hunde Tag	Hunde Nacht	Autos Tag	Autos Nacht
1	Grosswilfersdorf Flutbrücke21	-	0	1	-	0	0	-	3	0	3	0	0	0	0
2	Grosswilfersdorf Kanal 20	2	1	1	2	0	0	27	137	98	12	20	0	19	0
3	Grosswilfersdorf Vorfluter 19	10	0	10	10	0	0	6	1026	738	1	2	0	275	7
4	Wildon Flutbrücke a	3	0	3	3	0	0	25	46	20	0	_	0	20	2
2	Wildon Kainach b	37	2	35	37	0	0	89	35	15	1	13	0	9	0
9	Abistbach	0	0	0	0	0	NA	11	221	106	2	104	0	6	0
7	Baregg Grosszelg	593	486	107	593	NA	NA	210	224	119	5	خ	خ	0	0
8	Bielenhofstatt	49	0	49	0	49	NA	4	53	31	0	22	0	0	0
6	Fanel	555	46	509	104	NA	451	54	26	26	0	8	0	0	0
10	Henkelgiessen	3	3	0	က	0	0	4	09	36	0	24	0	0	0
7	Henkelgiessen Fussgaenger	2	0	2	2	0	0	5	1497	887	81	461	13	46	6
12	Hof Ceres	21	_	20	18	3	NA	6	0	0	0	0	0	0	0
13	Les Râpes	2	0	2	2	0	0	5	199	154	_	38	0	9	0
4	Trembley	-	0	_	_	0	0	44	10	4	0	9	0	0	0
15	Les Avanturies	2	0	2	7	Ą Z	0	10	0	0	0	0	0	0	0

16	16 Suret Surhard III	3	3	0	ဇ	N A	NA	31	817	782	35	خ	خ	92	0
17	17 Suret Surhard II	64	31	33	64	¥.	N A	210	227	224	က	ڼ	<i>ر</i> .	0	0
18	18 Gnemern	23	6	14	23	0	0	9	2	0	0	0	0	2	0
19	19 Glöönmoor	35	15	20	31	0	4	0	4	4	0	0	0	0	0
20	20 Horster Kurve	22	2	20	22	0	0	~	30	41	—	4	0	0	_
21	21 Bauernholz	3	2	-	3	0	0	4	108	33	0	0	0	71	4
22	22 Pagelshorst	2	0	2	2	0	0	6	29	9	1	2	0	18	2
23	23 Chambéry	35	8	27	9	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0
24	24 Nijverdal	231	ΑN	Ϋ́	231	Α	Ą	10	Ϋ́	NA	N	Ą	Ϋ́	A	ĄZ

August 2016

49

II Objektblätter der untersuchten Unterführungen

Siehe beigelegte CD

III Strukturierter Fragebogen zur Befragung von Lokalkennern

Fragebogen zur JÄGER- UND WILDHÜTERBEFRAGUNG (aus [2], verändert)

Datum, Ort:				
Befragt durch:				
Land:		Gemeinde	e(n):	
Ortsbezeichnung	g/Region:			
Wildpassage:				
Befragte Persor	า			
Name, Vorname				
Beruf:				
Adresse:				
Telefon:		Funktion:		
Beobachtungsa	ırt:			
o systematisch	o nicht systematisch	o mit Fahrzeug	o Pirsch o Ansitz	
	ätzlichen, relevanten e im Laufe der letzten		anden in der Umgebung	ı der
(mögliche Stichw	orte: neue Strassen/Ve	erkehrswege, Erhol	lungsnutzung,	
Waldbewirtschaf	tung, Bauten/Anlagen)		

Dichteschätzungen von Reh, Rothirsch und Wildschwein im Revier bzw. Aufsichtskreis (1. Abschusszahlen pro 100 ha; 2. Zählungen; 3. Häufigkeitsschätzungen pro 100 ha: 0 Tiere, 1-2 Tiere, 3-4 Tiere, ≥ 5 Tiere; 4. haben die Arten zu- oder abgenommen)? Untersuchungseinheiten angeben und in beiliegende Karte eintragen.

Reh:					
Rothirsch:					
Wie verteilen sic Wildpassage?	ch Reh, Rothi	rsch und Wildschwein im	Umkreis voi	n 10km um die	
	Überall gleich	Meist beim Bauwerk	In weiterer Umgebu ng (1-5km)	In weiterer Umgebung (> 5km)	
Reh	0	0	0	0	
Rothirsch	O	o	0	0	
Wildschwein	o	o	0	0	
Wird die Wildpas	ssage anderw	eitig genutzt?			
oFussweg/Wanderweg		o Wald-/Forststrasse	o Nebenstrasse		
o Hauptstrasse		o Gewässerdurchlass	o Al	bstellplatz	
o Anderes:					

Liste der Wildtierbeobachtungen (Reh, Rothirsch und Wildschwein) auf oder in unmittelbarer Nähe der Wildpassage:

Tierart	Jahr	Jahreszeit	äsend	ruhend	sichern vor der Wildpassage	schnell über- querend	langsam überquerend

Liste der Wildtierbeobachtungen bei anderen Über- oder Unterführungen entlang der Verkehrsträger im Revier bzw. Aufsichtskreis:

Koordinaten	Tierart	Jahr	Jahreszeit	äsend	ruhend	sichern vor der Über- bzw. Unterführung	schnell über- querend	langsam über- querend

Für die folgenden Fragen ist dem Fragebogen eine Karte mit der Umgebung der Wildpassage beizulegen. Massstab 1:25'000 oder 1:10'000 für wichtige Details auf und neben der Wildpassage.

Reh

Wo liegen die wichtigen Einstandsgebiete? (mit Angabe der geschätzten Anzahl Rehe)	grün	R_6
Wie verlaufen die-traditionellen Wechsel?	grün	←→
Wo und wie viele Rehe waren in den letzten 2 Jahren Opfer von Schiene und Strasse? (mit Angabe der Anzahl Opfer)	rot	<u> </u>
Wo befinden sich Zonen mit ausgeprägtem Verbiss?	grün	V R
Rothirsch		
Wo liegen die wichtigen Einstandsgebiete? (mit Angabe der geschätzten Anzahl Rothirsche)	blau	HH_2
Wo wurden (ausserhalb der traditionellen Einstandsgebiete) in den letzten 10 Jahren Hirsche beobachtet? (mit Jahresangabe für die einzelnen Beobachtungen)	blau	HH 2012
Wie verlaufen die traditionellen Wechsel?	blau	←→
Wo und wie viele Rothirsche waren in den letzten 10 Jahren Opfer von Schiene und Strasse? (mit Angabe der Anzahl Opfer und der Jahresangabe für die einzelnen Beobachtungen)	rot	<u> ЗН</u> Н 1994
Wo befinden sich Zonen mit ausgeprägtem Verbiss?	blau	V HH

Wildschwein

beobachtet?

Wo liegen die wichtigen Einstandsgebiete? (mit Angabe der geschätzten Anzahl Wildschweine)

schwarz

 $\mathbb{Q}WS_4$

Wo wurden in den letzten 10 Jahren (ausserhalb der traditionellen Einstandsgebiete) Wildschweine

schwarz

WS 2010

(mit Jahresangabe für die einzelnen Beobachtungen)

Wie verlaufen die traditionellen Wechsel?

schwarz

rot



Wo und wie viele Wildschweine waren in den letzten 10 Jahren Opfer von Schiene und Strasse? (mit Angabe der Anzahl Opfer und der Jahresangabe für die einzelnen Beobachtungen)

<u>| 3W</u>S

Wo sind Wildschweinschäden (Wühlstellen, Suhlen, schwarz Landwirtschaftsschäden) zu verzeichnen?

 \odot

 \odot wss

Weitere Autobahn / Zug - Über- und Unterführungen zusätzlich zur Wildpassage (im Umkreis von 10km der Wildpassage):

Über/Unterführungen sind von Ost nach West bzw. Süd nach Nord auf der Karte zu nummerieren und nach Art mit folgenden Buchstaben abzukürzen: Wildspezifische Bauwerke (WSB), verbauter Gewässerdurchlass (VG), unverbauter Gewässerdurchlass (UG), Flurwege (FW), Tunnels der Autobahn (TU), Strassen (ST), Bahnlinien (BL), Passerellen (PA)

Wo befinden sich weitere Überführungen über die Autobahn



Wo befinden sich weitere Autobahnunterführungen



Welche Wechsel wurden vor dem Strassenbau benutzt, sind aber heute aufgrund der Autobahn erloschen?

·()..(b-

Reh: Grün Rothirsch: blau Wildschwein: schwarz

Glossar

Begriff	Bedeutung
Aktionsradius	(englisch Home-range) bezeichnet die Größe des üblicherweise genutzten Lebensraumes eines Tiers im Sommer- und Winter für die Futtersuche, Paarung, Jungenaufzucht.
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
Durchlässigkeit	Durchlässigkeit bezeichnet die Möglichkeit für Wildtiere, eine Strasse oder Eisenbahnlinie an geeigneten Stellen queren zu können.
Einstandsgebiet	(Haupt)Lebensraum einer Wildart
Fauna	Fauna steht als Überbegriff für alle Tierarten.
Graue Literatur	Nicht offiziell verfügbare Literatur zu einem Thema, oft interne Berichte, Diplom- oder Masterarbeiten etc.
Indikator	Anzeichen für eine bestimmte Entwicklung
Korrelation	Zusammenhang (wechselseitige Beziehung) zwischen zwei Variablen (z.B. Wildtier-Querungshäufigkeit und Unterführungsbreite).
Lebensraumsituation	Zustand eines Lebensraumes für eine bestimmte Tierart oder Tiergruppe bzgl. Nahrungsgrundlage, Meereshöhe, Störungen, Klima.
Lokalkenner	Eine Person, die vor Ort mit der Umgebung (hier mit der Wildtiersituation) vertraut ist. Im vorliegenden Fall oft Jäger, Wildhüter, Hegemeister etc.
Openness	Entspricht dem Verhältnis von Höhe*Breite/Länge von (Wildtier-)Unterführungen, auch lichte Weite genannt.
OpenStreetMap	Projekt von Freiwilligen gemeinsam eine freie Karte der gesamten Welt zu erstellen.
ortsansässig	Die Tierart nutzt das Gebiet regelmässig als Haupteinstandsgebiet.
Querungsereignis	Jede Querung einer Unter- oder Überführung.
Querungshilfe	Bauwerk, welches den Wildtieren erlaubt eine Strasse oder Bahnlinie zu queren
RStudio	RStudio entwickelt frei zugängliche Hilfsprogramme für die Statistiksoftware "R".
Huftiere	Im vorliegenden Text Rothirsch, Reh, Wildschwein, Gämse.
Standwild	Wildtiere, die innerhalb eines Gebiets/Lebensraums bleiben (keine saisonalen Wanderungen über das Revier/Gebiet hinaus).
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation.
Vektordaten	Vektordaten beschreiben raumbezogene Objekte anhand von Punkten. Sie sind Träger von geometrischen Informationen.
Vernetzungselement	Meist naturnahe Objekte wie Wälder, Feldgehölze, Gebüschgruppen, Hecken, Stein-, Holzhaufen, die helfen, zwei Einstandsgebiete zu verbinden – häufig synonym zu Zuleitstruktur gebraucht.
Wechselwild	Wildtiere, die saisonal zwischen Teil-Lebensräumen wechseln (z.B. Sommer- und Wintereinstandsgebiete vom Rothirsch).
Wildtiere	Als Wildtiere gelten im vorliegenden Text alle Säugerarten, welche nicht domestiziert sind und in Freiheit leben.
Wildtierkorridor	Wildtierkorridore sind Teilstücke in den Bewegungsachsen von Wildtieren, die durch natürliche oder menschliche Strukturen oder intensiv genutzte Areale seitlich begrenzt sind. Sie stellen damit "Flaschenhälse" dar, welche es in Hinblick auf ein funktionierendes Vernetzungssystem für die Wildtiere offen zu halten gilt.
Wildtierpassagen	Wildtierpassagen sind Bauwerke, welche den Wildtieren die (möglichst) sichere Querung einer Verkehrsinfrastruktur erlauben. Sie minimieren so die vom Verkehrsträger ausgehende Zerschneidung der Lebensräume.
Zuleitstruktur	Natürliche Struktur (z.B. Hecken) die Wildtiere aufgrund ihrer Lage in der Landschaft zum Querungsbauwerk führen – häufig synonym zu Vernetzungselement gebraucht.

Literaturverzeichnis

Dies ist die Vorgabe:

[21]

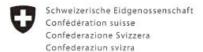
	Ingen und Richtlinien des ASTRA, des BAFU und des UVEK
[1]	ASTRA (2014), ASTRA Richtlinie 18008 "Querungshilfen für Wildtiere", www.astra.admin.ch.
[2]	BUWAL (2005), "Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen", BUWAL, Bern.
[3]	UVEK (2001), "Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen", UVEK, Bern
Norm	en
[4]	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (2004), "Fauna und Verkehr; Schutzmassnahmen" VSS Norm 640 694. VSS, Bern.
Doku	mentation
[5]	Arriaga, D. S. (2011), "Evaluación de la eficacia de los pasos de fauna en la autovía Almazán-Los rábanos, Análisis de antecedentes y metodología de estudia", Centro de estudios y experimentación de obras públicas (CEDEX), Madrid.
[6]	Beier, P., Majka, D., Newell S., Garding E. (2008), "Best management practices for wildlife corridors" Northern Arizona University, Flagstaff.
[7]	Bissonette, J. A. und Cramer P. C. (2008), "Evaluation of the use and effectiveness of wildlife crossings" Transportation Research Board of the National Academies, Washington.
[8]	Bivand, R. P., Pebesma, E., Gomez-Rubio, V. (2013), "Applied spatial data analysis in R", Springer, New York.
[9]	Clevenger, A. P. und Waltho, N. (2000), "Factors Influencing the effectiveness of wildlife unterpasses in Banff National Park, Alberta, Canada", Conservation Biologiy, Vol. 14, No 1, S. 47-56.
[10]	Clevenger, A. P., Chruszcz, B., Gunson, K., Wierzchowski, J. (2002), "Roads an wildlife in the Canadian Rocky Mountain Parks - movements, mortality and mitigation", Final Report for Parks Canada, Banff.
[11]	Clevenger, A. P. und Waltho, N. (2005), "Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals", Biological Conservation 121, 453-464.
[12]	Clevenger, A. P. und Huijser, M. P. (2011), "Wildlife Crossing Structure Handbook, Design and Evaluation in North America", Central Federal Lands Highway Division, Lakewood.
[13]	Flechuoso, M. F., Ochoa, C. P., Pérez, A. G. (2013), Estudio sobre la permeabilidad para la fauna en la autovía A-15 , Asociacíon profesional de Agentes Medioambientales de Castilla y Léon, Soria.
[14]	FGSV - Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswegen (2008), "Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Strasse", MAQ, Köln.
[15]	FSV - österreichische Forschungsgesellschaft Strasse/Schiene/Verkehr (2007), "Wildschutz / RVS 04.03.12", Wien.
[16]	Gagnon, J. W., Dodd, N. L., Ogren, K. S., Schweinsburg, R. E. (2011), "Factors associated with use of wildlife unterpasses an importance of long-therm monitoring", Journal of Wildlife Managment, 75, 1477-1487.
[17]	Georgii, B., Peters-Ostenberg, E., Henneberg, M., Herrmann, M., Müller-Stiess, H., Bach, L. (2007), "Nutzung von Grünbrücken und anderen Querungsbauwerken durch Säugetiere", Bundesministerium für Verkehr, Bau und Strassenentwicklung, Bonn.
[18]	Georgii, B. (2008): "Barrieren überwinden Praxisleitfaden für eine wildtiergerechte Raumplanung". Deutscher Jagdschutzverband, (Bonn.
[19]	Georgii, B., Keller, V., Pfister, H. P., Reck, H., Peters-Ostenberg, E., Henneberg, M., Herrmann, M. Müller-Stiess, H., Bach, L. (2011), "Use of wildlife passages by invertebrate and vertebrate species", Wildlife passages in Germany.
[20]	Herrmann, M. und Mathews, A. (2007), "Wirkung von Barrieren auf Säuger und Reptilien". Öko-log, Parlow.
[04]	Himono D. I. (2015). Introduction to the (venter) prolong (venter) 2.2.40\"

August 2016 61

Hijmans R.J. (2015), "Introduction to the 'raster' package (version 2.3-40)".

- [22] Hlaváč, V., Anděl, P. (2002), "On The permeability of roads for wildlife a handbook", Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic, Prague.
 [23] Iuell, B., Bekker, H., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. (2003), "Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions". KNNV Publisher, Zeist.
- [24] Kusak, J., Huber, D., Gomerčić T., Schwaderer, G., Gužvica, G. (2008), "The permeability of highway in Gorski kotar (Croatia) for large mammals". European Journal of Wildlife Research 55, 7–21
- [25] Langbein, J. (2010), "Pilot study to assess the potentila of selected existing structures on the A30 and A38 trunk roads to provide safer crossing places for deer", Highways Agency UK, Birmingham.
- [26] Ministerio de Medio Ambiente (2006), "Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimentrales", Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- [27] Mysłajek, R. und W., Nowak, S. (2012), "Factors affecting utilization of wildlife crossing structures by mammals at A4 motorway (Western Poland)", In: IENE 2012 International Conference, October 21 24, 2012; Berlin-Potsdam, Germany. Publisher: Swedish Biodiversity Centr. Uppsala.
- [28] Pebesma, E.J. und Bivand, R.S. (2005), "Classes and methods for spatial data in R.", http://cran.r-project.org/doc/Rnews/.
- [29] Pfister, H. P., Heynen, D., Keller, V., Georgii, B., von Lerber, F. (1999), "Häufigkeit und Verhalten ausgewählter Wildsäuger auf unterschiedlich breiten Wildtierbrücken (Grünbrücken). Ergebnisse von Beobachtungen mittels Infrarot-Video-Technik" Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- [30] Reck, H., Hermann, M., Georgii, B. (2007), "Empfehlungen für Querungshilfen an Strassen und Gleisen" Deutscher Jagdschutz-Verband, Bonn.
- [31] Schiefenhövel, P., Arnold, S., Kunz, B. (2010), "Autobahnunterführungen als Querungsmöglichkeit für Wildtiere", Decheniana 163, 121-135. Bonn
- [32] Seiler, A. und Olsson, M. (2009), "Are non-wildlife udnerpasses effective passages for wildlife?" ICOET 2009 Proceedings, Center of Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh.
- [33] Schmellenkampf, C., und Tegethof, U. (2012), "Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren" Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven.
- [34] Therneau, T.M. (2014), "An introduction to recursive partitioning using the RPART routines", Mayo Foundation, Rochester
- [35] van Etten, J. (2012), "R-package gdistance: distances and routes on geographical grids.
- [36] Völk, F., Glitzner, I., Wöss, M. (2001), "Kostenreduktion bei Grünbrücken durch deren rationellen Einsatz, Kriterien – Indikatoren – Mindeststandards", Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- [37] Wölfel, H. und Krüger, H. H. (1995), "Zur Gestaltung von Wilddurchlässen an Autobahnen". Zeitschrift für Jagdwissenschaft 41, 209-216. Berlin

Projektabschluss



Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK Formular Nr. 3: Projektabschluss

Version vom 09.10.2013

erstellt / geändert am:

15. Dezember 2015

Grunddaten

Projekt-Nr.:

2011/602

Projekttitel:

Gestaltung von Wildtierunterführungen

Enddatum:

26 1 2016

Texte

Zusammenfassung der Projektresultate:

Hintergrund und Ziel

Zur Sanierung von unterbrochenen überregionalen Wildtierkorridoren sind funktionelle Wildtierpassagen (Überführungen oder Unterführungen) über die grossen Verkehrsträger notwendig. Die entsprechende VSS-Norm SN 640 694 empfiehlt hierfür die Errichtung von Wildtierüberführungen. In der Praxis ist dies jedoch nicht immer möglich und es werden daher auch Wildtierunterführungen geplant und gebaut. Anders als bei Überführungen fehlen in der Schweiz jedoch Vorgaben des VSS oder des Bundes zur Dimensionierung solcher Unterführungen.

In vorliegender Forschungsarbeit wurden anhand einer Literatur- und einer Feldstudie der Einfluss der Dimensionen (Breite, Höhe, Openness) und weiterer Faktoren auf die Nutzung von Unterführungsbauwerken durch Wildtiere untersucht. Aufgrund der Resultate sollen in Zukunft die Lücken in der VSS-Norm geschlossen werden.

Nach einer Umfrage in elf Ländern Mitteleuropas wurden 24 Bauwerke in Deutschland, Frankreich, den Niederlanden, Österreich und in der Schweiz ausgewählt oder bereits vorhandene Daten verwendet. Alle Wildtierunterführungen wurden während mindestens drei Wochen mit Fotofallen überwacht und die Wildtier-Nutzungsfrequenzen pro 24 Stunden ermittelt. Ausserdem wurde eine strukturierte Befragung von Lokalkennern durchgeführt. Weitere nutzungsbestimmende Faktoren wie Waldfläche, Wildtierdichte, Zuleitstrukturen und Zugänglichkeit zur Unterführung sowie Störung durch den Menschen wurden

nutzungsbestimmende Faktoren wie Waldfläche, Wildtierdichte, Zuleitstrukturen und Zugänglichkeit zur Unterführung sowie Störung durch den Menschen wurden erhoben. Die Daten wurden mit paarweisen Pearson-Korrelationen, linearen Regressionsmodellen sowie "regression frees" ausgewertet, und mit der einschlägigen Literatur verglichen und diskutiert.

Rehe benutzten fast alle Unterführungen, während Rothirsche und Wildschweine nur je drei Bauwerke querten. Dies obwohl sie auch in der Umgebung von vielen anderen untersuchten Unterführungen regelmässig vorkommen. Die Querungen erfolgten mehrheitlich nachts (84%). Den durchschnittlich 1.1 Wildtierquerungen pro 24h standen 3.1 Störungsereignisse durch Menschen und/oder Haustiere gegenüber.

Die wichtigsten Faktoren, welche die Nutzung der Unterführungen positiv beeinflussten, waren der Waldanteil im Umkreis von 2km sowie die Zuleitstrukturen 100m um die Bauwerke. Störungen durch Menschen in den Unterführungen wirkten sich negativ auf die Wildtiernutzung aus. Bereits ab rund zwei menschlichen Querungen pro 24h, ist mit einer geringeren Nutzung durch Wildtiere zu rechnen. Hingegen konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen der Querungshäufigkeit von Huftieren und der Breite (10-54m), Höhe (2-10m) oder Openness (0.58-16.7) der Unterführungen festgestellt werden.

Die ausgewertete Literatur stützt die Bedeutung der Lage des Bauwerks innerhalb von Waldbereichen und eines funktioneilen Vernetzungssystems sowie des grossen Störungspotentials des Menschens, Zahlreiche Arbeiten gehen vertieft auch auf die unterschiedliche Störungsempfindlichkeit bzw. unterschiedlichen Ansprüche der einzelnen Arten an die Gestaltung der Bauwerke und den Bauwerksdimensionen ein. Zur Dimensionierung der Bauwerke existieren in einigen Ansprüche der einzelnen Arten an die Gestaltung der Bauwerke und den Bauwerksdimensionen ein. Zur Dimensionierung der Bauwerke existieren in einigen Ländern Vorgaben und Empfehlungen, wobei die entsprechenden Masse stark divergieren. Konsens herrscht hingegen bezüglich der Funktionalität der einzelnen Bauwerkstypen. So nutzen zahlreiche Tiergruppen – namentlich auch Huftiere – Wildtierüberführungen deutlich häufiger als -unterführungen.

Fazit
Bei der Planung und Realisierung von Wildtierpassagen in Wildtierkorridoren von überregionaler Bedeutung ist Folgendes von zentraler Bedeutung:
- Grundsätzlich ist der Bau einer Wildtierüberführung anzustreben – allfällige Ausnahmen lassen sich einzig aufgrund höher zu gewichtender Interessen wie zum
Beispiel des Landschaftsschutzes (z.B. Moorlandschaften) oder Kosten-Nutzenüberfegungen begründen.
Bei Wildtierunterführungen ist darauf zu achten, dass diese innerhalb von Waldgebieten liegen oder zumindest mit nahe gelegenem Waldlebensraum möglichst
gut vernetzt sind, sowie direkte Zuleitstrukturen auf beiden Seiten der Unterführung vorhanden sind. Die Funktionalität dieser Elemente muss langfristig gesichert

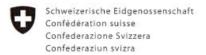
- Störungsquellen innerhalb oder in unmittelbarer Umgebung von Wildtierunterführungen müssen vermieden werden.

Aus diesem Forschungsprojekt lassen sich hingegen keine direkten Empfehlungen für die Dimensionierung von Wildtierunterführungen ableiten. Die Praxis macht jedoch deutlich, dass solche notwendig sind.

Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3

Seite 1/3

August 2016 63



Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Damit eine Wildtierunterführung ihr primäres Ziel, die Querung der Barriere Strasse oder Bahnkörper, erreichen kann, müssen verschiedene Rahmenbedingungen erfüllt sein. Der vorliegende Bericht macht deutlich, dass in Hinblick auf optimal funktionierende Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung vorab Wildtierüberführungen zu realisieren sind. Zugleich liefert dieser auch zur Mehrheit der zu beachtenden Rahmenbedingungen wichtige Informationen. Der Bericht macht Angaben zu jenen Faktoren, auf die es bei der Standortwahl des Bauwerks zu achten gilt, welche Gestaltungsmassnahmen innerhalb und ausserhalb dessen zu ergreifen sind und wie das Bauwerk in das zu vervollständigende Vernetzungssystem einzubinden ist. Unbeantwortet blieb hingegen die Frage nach der Dimensionierung des Bauwerks. Hierzu ist die statistische Auswertung der Daten nicht aussagekräftig genug sind. Die Resultate lassen zwar Schlüsse für Gebiete zu, in welchen die Zielart heimisch ist und das Bauwerk regelmässig nutzt, erlauben aber direkt keine Formulierung von minimal zu wählenden Dimensionen für jene Gebiete, welche von den Zielarten nur periodisch oder gar zum ersten Mal aufgesucht werden.

Folgerungen und Empfehlungen:

Um die erwähnte Lücke bezüglich der Dimensionierung von Bauwerken zu schliessen, wären umfangreichere Untersuchungen notwendig. Diese müssten sich konkret auf jene Individuengruppe von Arten konzentrieren, welche ein Bauwerk "das erste Mal" nutzen. Diese Tiere sollten radiotelemetrisch markiert sein und ihr Verhalten im Bereich der Bauwerke (innerhalb und in der Umgebung) müsste lückenlos festgehalten werden können. Angesichts der vielen Unbekannten – z. B. handelt es sich bei den markierten Tieren um wandernde Individuen (saisonal und/oder Ausbreitung)? Wie lange muss eine solche Untersuchung überhaupt dauern? – und den zu erwartenden Forschungskosten, erachten wir jedoch eine solche Untersuchung als unverhältnismässig. Dies umso mehr, als in der Schweiz in den nächsten Jahrzehnten kaum mehr als ein halbes Dutzend Wildtierunterführungen zu realisieren sein dürften.

Publikationen:

aktuell vorgesehen/in Vorbereitung (Vortrag und Publikation):

IENE Conference Lyon, 30 August-2. September 2016

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

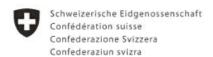
Name: Righetti Vorname: Antonio

Amt, Firma, Institut: B+S AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3

Seite 2/3



Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das Forschungsprojekt hielt sich strikt an die gestellten Forschungsfragen und die Feldarbeit konnte auf der Basis einer optimal und gut abgestützten Auswahl von Bauwerken durchgeführt werden. Die ausführliche Literaturanalyse ermöglicht einen umfangreichen Überblick zu Fragestellung-spezifischen Arbeiten in Europa und Übersee. In der relativ kurzen Forschungszeit wurden alle verfügbaren Daten in die Beurteilung aufgenommen. Die statische Analyse der Einflussfaktoren ist gründlich durchgeführt. Die systematische Auswertung der Daten zeigte jedoch auf, dass bei Unterführungen, im Gegensatz zu Überführungen, jedes Bauwerk gewissermassen ein nicht verallgemeinerbares, eigenständiges Fallbeispiel darstellt. Damit unterstreicht die vorliegende Arbeit den hohen Stellenwert der Wildtierüberführung, welche grundsätzlich einer Unterführung vorzuziehen ist, und die Bedeutung der Standortwahl sowie Gestaltung des Bauwerks und seiner Umgebung bzw. seiner Einbindung ins Vernetzungssystem, wie auch der Vermeidung von Störungen.

Umsetzung:

Die Forschungsresultate zur Bauwerkswahl bestätigen die diesbezüglichen Empfehlungen der SN 640694, wonach bei Zielarten der Gruppe Huftiere Wildtierüberführungen vorzuziehen sind. Für jene Fälle, bei denen Wildtierunterführungen realisiert werden, ist es jedoch wichtig, dass in der Norm neu die zentralen Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit ausführlicher Eingang finden - u. a. Standortwahl, optimale Gestaltung des Bauwerks und Einbindung ins ökologische Netzwerk sowie Vermeidung von Störungen. Nach einer Expertenumfrage und vertiefter Diskussion mit der Begleitgruppe sowie in der NFK 2.6 und unter Berücksichtigung von Erfolgskontrollen von einzelnen Bauwerken ist die NFK 2.6 zu folgenden minimalen Dimensionierungsempfehlungen für die SN 640694 gekommen: Höhe des Bauwerks = 5m / Openness = 4.5 +/- 0.5.

weitergehender Forschungsbedarf:

In Hinblick auf die Anwendung der Resultate der Forschungsarbeit in der Praxis erachtet die Kommission die erhaltenen Forschungsresultate als genügend aussagekräftig. Sie schliesst sich den entsprechenden Ausführungen der Berichterstatter an und sieht bezüglich einer Vertiefung der Forschungsarbeit aktuell keinen Handlungsbedarf.

Einfluss auf Normenwerk:

Die Resultate der Forschungsarbeit sowie die von uns vorgeschlagenen Dimensionierungsvorgaben konkretisieren die SN 640694 und erlauben diese auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Troc N.E.

Amt, Firma, Institut: ASTR A

Vorname: Marguerike

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Me- Traine-

Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3

Seite 3/3

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Dienstleistungen --> Forschung im Strassenwesen --> Downloads --> Formulare*) heruntergeladen werden.