



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Erfolg von Wildtiermassnahmen entlang von Verkehrsträgern

**Efficacité de mesures faunistiques le long des infrastructures
de transport**

Efficiency of wildlife measures along transport infrastructure

**B+S AG, Bern
Dr. Antonio Righetti
Cécile Eicher**

**Forschungsprojekt VSS 2017/228 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Dezember 2021

1718

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)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Erfolg von Wildtiermassnahmen entlang von Verkehrsträgern

**Efficacité de mesures faunistiques le long des infrastructures
de transport**

Efficiency of wildlife measures along transport infrastructure

**B+S AG, Bern
Dr. Antonio Righetti
Cécile Eicher**

**Forschungsprojekt VSS 2017/228 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Dezember 2021

1718

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Dr. Antonio Righetti

Mitglieder

Cécile Eicher

Federführende Fachkommission

Fachkommission 2: Projektierung

Begleitkommission

Präsident

Marguerite Trocmé

Mitglieder

Laurence von Fellenberg (Adrien Zeender)

Claude Fischer

Roman Kistler

Kim Krause

Beat Staedler

Stefan Suter

Silvia Zumbach

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

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	11
Summary	15
1 Einleitung	17
1.1 Ausgangssituation und Überblick	17
1.2 Stand der Forschung	18
1.3 Forschungsziel	19
2 Vorgehen, Material	21
3 Review aus der Literatur zu diversen Themen und Anwendung in der Schweiz	25
3.1 Untersuchungsmethoden zur Lebensraumnutzung der Fauna	25
3.1.1 Ermittlung der ökologischen Netzwerke	25
3.1.2 Erfassen von Wildtierunfällen zur Ermittlung von Konfliktstellen	26
3.1.3 Analyse der Durchlässigkeit	27
3.1.4 Modellieren	28
3.1.5 Genetische Untersuchungen	29
3.2 Zielartengruppen/Zielarten	30
3.3 Schutzmassnahmen für die terrestrische und amphibische Fauna und deren Effektivität	34
3.3.1 Multifunktionale Bauwerke	34
3.3.2 Gewässerdurchlass	43
3.3.3 Amphibienschutzmassnahmen	46
3.3.4 Kleintierdurchlass	49
3.3.5 Wildtierunterführung	50
3.3.6 Wildtierüberführung	51
3.3.7 Landschaftsverbindung	54
3.3.8 Tree-top bridge / Baumkronen-Brücken	55
3.4 Schutzmassnahmen für Fledermäuse und deren Effektivität	56
3.4.1 Unterführungen	56
3.4.2 Fledermausfreundliche Brücken	58
3.4.3 Chiroptéroduct (Fledermausbrücke)	59
3.4.4 Hop-Overs	61
3.5 Schutzmassnahmen für Vögel und deren Effektivität	62
3.6 Wildschutzzäune	63
3.7 Schutzmassnahmen bei nicht eingezäunten Strassen und deren Effektivität	66
3.7.1 Massnahmen zur Warnung der Fauna	66
3.7.2 Massnahmen zur Warnung der Strassenbenutzer*innen	68
3.8 Wirkungskontrolle getroffener Massnahmen	69
4 Gesamtfazit	71
Anhänge	73
Glossar	95
Literaturverzeichnis	97
Projektabschluss	103

Zusammenfassung

Hintergrund und Ziel

Vernetzungs- und Wanderwege der Fauna werden in der dichtbesiedelten Schweiz vielerorts von Verkehrsinfrastrukturen gequert. Folge davon sind Lebensraumzerschneidung und für die Tiere meist tödliche Verkehrsunfälle. Sind dabei grössere Tierarten betroffen – etwa Reh, Wildschwein oder Rothirsch – sind unter Umständen auch für Menschen die Folgen schwerwiegend.

Dieser Problemkreis wurde vom VSS bereits vor Jahrzehnten erkannt. Als Folge wurde 1968 mit der Norm zu den Wildzäunen [4] die erste VSS-Norm Fauna und Verkehr veröffentlicht. Entlang von nicht eingezäunten Strassen kamen Reflektoren zum Einsatz, welche die Fauna vor der nahenden Gefahr warnen sollten. Einige Jahre später folgten drei Normen, welche sich den Amphibien widmeten ([5], [6] und [7]). Vier weitere Normen zur Verminderung der negativen Verkehrsfolgen auf die Lebensraumnutzung allgemein folgten dann vor rund 20 Jahren (VSS 40 690 Grundnorm [8], VSS 40691 Planungsverfahren [9], VSS 40 692 Faunaauswertungsmethoden [10] und VSS 40 694 Schutzmassnahmen [11]). Diese entstanden auf der Basis des damaligen Wissensstandes – insbesondere basierend auf dem im Rahmen des COST 341 Programms entstandenen European Handbook [56]. 2011 schliesslich erschienen mit VSS 40 696 [14] Vorschläge zur faunagerechten Gestaltung der für die Vernetzung wichtigen Gewässerdurchlässe.

Im Laufe der letzten zwei Jahrzehnte wurden die in diesen Normen beschriebenen Massnahmen umgesetzt und (positive und negative) Erfahrungswerte zu ihrer Funktionalität gesammelt. Auch im Ausland gewann der Themenkreis an Bedeutung. Als Folge davon wurden zahlreiche themenspezifische Untersuchungen durchgeführt und davon Standards abgeleitet. Stand in den 60-er Jahren des letzten Jahrhunderts die Sicherheit des Strassenverkehrs im Zentrum, rückte im Laufe der Zeit zusätzlich der Schutz der Fauna allgemein in den Vordergrund. In der Schweiz wird diese Entwicklung u. a. durch die Ziele der vom Bundesrat 2017 beschlossenen Biodiversitätsstrategie [38] dokumentiert.

Die angeführten Erkenntnisse aus dem In- und Ausland sind in der Schweiz bislang in einzelne Vorgaben- und Empfehlungspapiere des ASTRA und des BAFU eingeflossen (vgl. [57] und [50]). In den VSS-Normen wurden diese bislang lediglich in der 2011 erschienenen VSS-Norm VSS 40 696 [14] zu Gewässerdurchlässen und teilweise bei der Überarbeitung der Amphibien-Normen (VSS 40 698a [12] und VSS 40 699a [13]) berücksichtigt. Die Normen VSS 40 692 (Faunaauswertungsmethoden [10]), VSS 40 693a (Wildzäune [4]) und VSS 40 694 (Schutzmassnahmen [11]) hingegen blieben unverändert. Weiter zeigt die Erfahrung, dass es zielführend sein könnte, den Themenkreis der Wirkungskontrolle in einer eigenen VSS-Norm zu fassen.

Vorgehen und Resultate

Der wichtigste Teil der vorliegenden Forschungsarbeit war die systematische Suche, Sammlung und Auswertung der Literatur sowie der Erfahrungen zahlreicher Fachleute. In der Folge wurde beurteilt, welche Massnahmen sich bewährt haben, wo Optimierungsbedarf besteht und welche Massnahmen zu wenig Wirkung zeigten. Hauptaugenmerk galt dabei besonders den einzubeziehenden Zielarten und der Umsetzbarkeit der möglichen Schutzmassnahmen, welche neu in die entsprechenden VSS-Normen aufzunehmen sind.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die geltenden Normen nach wie vor zu einem grossen Teil dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik entsprechen. Handlungsbedarf besteht primär in den folgenden Bereichen:

- *Zielarten:* Die Untersuchung zeigt, dass sich die Schutzmassnahmen nach Möglichkeit auf eine Vielzahl von Arten beziehen müssen – also ein sogenannter „multi-species-Ansatz“ zu verfolgen ist. Obwohl in der Grundnorm VSS 40 690 [8] als Zielartengruppen

Säugetiere, Vögel, Reptilien, Amphibien, Fische und Wirbellose erwähnt werden, bezieht sich die Mehrheit der Schutzmassnahmen auf Amphibien und grössere Säugetiere wie Rothirsche, Wildschweine und Rehe. Diese Massnahmen haben allerdings (indirekt) auch einen Nutzen für Arten wie etwa Fuchs, Dachs, Feldhase oder terrestrische Kleinsäuger. Weiter geht, beschränkt auf Gewässerdurchlässe, die VSS-Norm 40 696 [14] und macht Angaben zu den Zielartengruppen Reptilien, Mäuseartigen, Fischotter/Iltis, übrige Marderartige und der Gruppe Biber/Fuchs/Hase sowie zu den Gewässerorganismen und Amphibien.

In Hinblick auf einen „multi-species-Ansatz“ ist es zukünftig, aber unerlässlich, die Artengruppe der Fledermäuse und Vögel sowie Wildkatze und Luchs bzw. ihre Bedürfnisse bei der Definition von Schutzmassnahmen zu berücksichtigen. Zusätzliche Kenntnisse braucht es schliesslich, um abschliessende Aussagen machen zu können, ob zu Gunsten von Fischotter und Biber auch abseits von Gewässern Schutzmassnahmen notwendig sind und welche Massnahmen für baumbewohnende Arten wie Siebenschläfer, Haselmaus und Eichhörnchen in den Normen zu definieren sind.

- *Zustandsanalyse:* Die verschiedenen Methoden zur Gewinnung von Informationen zur Lebensraumnutzung und zur Einschätzung der Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturen auf die Fauna haben sich seit dem Erscheinen der Grundorm weiterentwickelt. Einerseits stehen neuere Grundlagen zu Vernetzungsachsen zur Verfügung, andererseits wurden Hilfsmittel (Bauwerksdurchlässigkeitsindex [41], genetische Analysen) erarbeitet, die zur Anwendung gelangen können. Weiterhin bleiben Hinweise aus der Analyse von Fallwildzahlen und die Einschätzung von Fachpersonen ein wichtiger Bestandteil der Analyse.
- *Schutzmassnahmen:* Beim weitaus grössten Teil der aktuellen Schutzmassnahmen sind höchstens geringfügige Anpassungen notwendig – etwa bei den Dimensionierungsvorgaben für Wildtierunterführungen. Grösserer Handlungsbedarf besteht aber bezüglich
 - Massnahmen zur Verhinderung von Wildtierunfällen entlang nicht eingezäunter Verkehrswege – diesbezüglich sind besonders Massnahmen, welche den Menschen warnen, zu fördern.
 - die Dimensionierung und Ausgestaltung der Wildschutzzäune – diesbezüglich Kenntnisse sind grundsätzlich zu vertiefen (z. B. in welchen Situationen ist der Zaun einzugraben oder mit einem Übersteigenschutz auszurüsten).
 - Massnahmen in Hinblick auf die Grunddurchlässigkeit der Verkehrsträger – diesbezüglich weisen Gestaltungsmassnahmen bei bestehenden Bauwerken und deren Umgebung einen besonders hohen Stellenwert auf.

Im Zusammenhang mit einer funktionierenden Ökologischen Infrastruktur ist weiter wichtig, dass in den entsprechenden Normen konkrete Gestaltungsmassnahmen festgehalten werden, welche die Fauna zu den Bauwerken leiten (z. B. Leitelemente) sowie auf dem Bauwerk und dessen unmittelbarer Umgebung Störungen minimieren (z. B. mittels Barrieren und Informationstafeln).

- *Geltungsbereich der Massnahmen:* Die bestehenden VSS-Normen beziehen sich grundsätzlich auf alle Verkehrsanlagen. Deren Umsetzung ist allerdings stark auf eingezäunte Verkehrsträger fokussiert. Im Zusammenhang mit der Biodiversitätsstrategie des Bundes [38] und damit einer maximierten Grunddurchlässigkeit ist es jedoch von zentraler Bedeutung, dass dieser Fokus auf möglichst alle Kreuzungsstellen von Verkehrsachsen mit den wichtigen Vernetzungsachsen der Fauna ausgeweitet wird.

Prioritär anzugehen sind überregionale Wildtierkorridore und andere gut abgrenzbare national bedeutende Vernetzungssysteme. Bei diesen braucht es in der Regel faunaspezifische Bauwerke wie Wildtierüber- und -unterführungen sowie Amphibiendurchlässe. Von ähnlich hoher Bedeutung sind Massnahmen innerhalb von national bedeutenden Biotopinventaren. Hier ist es wichtig, dass die den Verkehrsträger querenden Bauwerke grundsätzlich multifunktional (inkl. Fauna-Funktion) ausgestaltet werden – faunaspezifische Bauwerke dürften die Ausnahme darstellen. Aus rein ökologischer Sicht ist schliesslich auch in den übrigen Gebieten, bei welchen eine Mitbenutzung der Bauwerke durch die Fauna zu erwarten ist, die Förderung multifunktionaler Bauwerke anzustreben (siehe auch [1]).

- *Neue Norm zur Wirkungskontrolle:* Die Resultate von Wirkungskontrollen sind ein wichtiges Instrument, um feststellen zu können, ob eine ergriffene Massnahme ihr Ziel erreicht bzw. sich der finanzielle Aufwand gelohnt hat (siehe etwa [1], [53], [55] oder [56]). Konkrete Vorgehensvorgaben beschränken sich aktuell auf Wildtierpassagen [46]. Die Notwendigkeit solcher Untersuchungen wird allerdings auch in den Normen zu den Gewässerdurchlässen [14] und Amphibienschutzmassnahmen [13] unterstrichen (siehe auch [44]). Mit diesem Hintergrund und insbesondere auch in Hinblick auf die Förderung von multifunktionalen Bauwerken für die Fauna wird die Erarbeitung einer eigenständigen Norm zur Wirkungskontrolle als zielführend eingestuft. Mittels einer systematischen Anleitung der Planung, Durchführung und Auswertung der Wirkungskontrolle soll gewährleistet werden, dass die Zielerreichung bzw. die Effizienz von Schutzmassnahmen maximiert werden kann.

Résumé

Contexte et objectif

Dans la Suisse densément peuplée, de nombreux réseaux et voies de migration de la faune sont traversés par des infrastructures de transport. Il en résulte une fragmentation de l'habitat et des accidents de la route qui sont généralement mortels pour les animaux. Si des espèces animales plus importantes sont touchées - comme le chevreuil, le sanglier ou le cerf rouge - les conséquences peuvent également être graves pour l'homme.

Ce problème a été reconnu par la VSS il y a plusieurs décennies. En conséquence, la première norme VSS faune et trafic a été publiée en 1968 avec la norme sur les clôtures à faune [4]. Des réflecteurs étaient utilisés le long des routes non clôturées pour avertir les la faune de l'approche du danger. Quelques années plus tard, trois normes ont suivi, qui étaient consacrées aux amphibiens ([5], [6] et [7]). Quatre autres sur les impacts négatifs du trafic sur l'utilisation de l'habitat en général ont suivi il y a environ 20 ans (VSS 40 690 norme de base [8], VSS 40691 Processus d'études interdisciplinaires [9], VSS 40 692 analyse faunistique [10] et VSS 40 694 mesures de protection [11]). Elles ont été élaborées sur la base de l'état des connaissances de l'époque, notamment le manuel européen [56], issu du programme COST 341. Enfin, en 2011, le VSS 40 696 a publié des propositions pour une conception respectueuse de la faune des ponceaux des cours d'eau qui sont importants pour la connectivité [14].

Au cours des deux dernières décennies, les mesures décrites dans ces normes ont été mises en œuvre à plusieurs reprises et les expériences (positives et négatives) sur leur fonctionnalité ont été recueillies. Le sujet a également gagné en importance à l'étranger. C'est ainsi que de nombreuses études spécifiques ont été réalisées et que des normes/standards en ont été dérivées. Dans les années 1960, l'accent était mis sur la sécurité routière, mais au fil du temps, la protection de la faune en général est passée au premier plan. En Suisse, cette évolution est documentée, entre autres, par les objectifs de la Stratégie pour la Biodiversité Suisse (SBS) adoptée par le Conseil fédéral en 2017 [38].

En Suisse, les résultats susmentionnés obtenus ici et à l'étranger ont jusqu'à présent été intégrés dans les spécifications et recommandations individuelles de l'OFROU et de l'OFEV (cf. [57] et [50]). Dans les normes VSS, elles n'ont jusqu'à présent été prises en compte que dans la norme VSS 40 696 [14] sur les ponceaux de cours d'eau publiée en 2011 et en partie dans la révision des normes sur les amphibiens (VSS 40 698a [12] et VSS 40 699a [13]). Les normes VSS 40 692 (analyse faunistique [10]), VSS 40 693a (clôtures de faune [4]) et VSS 40 694 (mesures de protection [11]) sont toutefois restées inchangées. L'expérience a également montré qu'il pourrait être utile d'inclure le sujet du suivi d'efficacité dans une norme VSS distincte.

Procédure et résultats

La partie la plus importante du présent travail a été la recherche, la collection et l'évaluation systématiques de la littérature ainsi que des expériences de nombreux experts. Ensuite, on a évalué les mesures qui se sont avérées efficaces, celles qui doivent être optimisées et celles qui ont eu trop peu d'effet. L'accent a été mis sur les espèces cibles à inclure et sur la faisabilité des mesures de protection possibles, qui doivent être nouvellement incluses dans les normes VSS correspondantes.

Les enquêtes ont montré que les normes applicables correspondent encore largement à l'état actuel des connaissances et de la technologie. Il est nécessaire d'agir principalement dans les domaines suivants :

- *Espèces cibles* : L'étude montre que les mesures de conservation doivent, si possible, couvrir un grand nombre d'espèces - c'est-à-dire qu'il faut adopter une approche dite "multi-espèces". Bien que la norme de base VSS 40 690 [8] mentionne les mammifères,

les oiseaux, les reptiles, les amphibiens, les poissons et les invertébrés comme groupes d'espèces cibles, la majorité des mesures de protection - à l'exception de celles concernant les amphibiens - se réfèrent aux grands mammifères tels que le cerf rouge, le sanglier et le chevreuil. Toutefois, ces mesures profitent également (indirectement) à des espèces telles que le renard, le blaireau, le lièvre brun et les petits mammifères terrestres. Seule la norme VSS 40 696 [14] sur les ponceaux de cours d'eau fait spécifiquement référence aux espèces - avec les groupes d'espèces cibles que sont les reptiles, les souris, la loutre/putois, les autres espèces de mustélidés et le groupe des castors/renards/lièvres. Cette norme est également consacrée aux organismes aquatiques et aux amphibiens. En ce qui concerne une "approche multi-espèces", il est en futur indispensable de considérer le groupe d'espèces des chauves-souris et des oiseaux ainsi que le chat sauvage et le lynx ou leurs besoins dans la définition des mesures de conservation en général. Toutefois, des connaissances supplémentaires sont nécessaires pour pouvoir affirmer de manière concluante si des mesures de protection sont également nécessaires à l'écart des plans d'eau pour le bien des loutres et des castors, et quelles mesures doivent être prises pour les espèces arboricoles telles que les loirs, les muscardins et les écureuils.

- *Analyse de la situation* : Les différentes méthodes pour obtenir des informations sur l'utilisation des habitats et évaluer l'impact des infrastructures de transport sur la faune ont évolué depuis la publication de la norme [10]. D'une part, de nouvelles bases sur les axes de connectivité sont disponibles, d'autre part, des outils (indice de perméabilité des constructions [46], analyses génétiques) ont été développés et peuvent être appliqués. En outre, les indications tirées de l'analyse des accidents avec la faune et de l'évaluation des experts restent une partie importante de l'analyse.
- *Mesures de protection* : Pour la grande majorité des mesures de protection actuelles, seules des adaptations mineures sont tout au plus nécessaires - par exemple, dans les exigences de dimensionnement des passages pour animaux sauvages. Toutefois, il est plus nécessaire d'agir sur
 - des mesures visant à empêcher les accidents impliquant des animaux sauvages le long des voies de circulation non clôturées - à cet égard, il convient de promouvoir en particulier les mesures qui avertissent les personnes.
 - le dimensionnement et la conception des clôtures de faune - ils devraient être fondamentalement approfondis (par exemple, dans quelles situations la clôture doit-elle être creusée ou équipée d'une protection contre l'escalade).
 - des mesures relatives à la perméabilité de base des voies de circulation - à cet égard, les mesures d'adaptation des structures existantes et leurs environs ont une priorité particulièrement élevée.

Avec une infrastructure écologique fonctionnelle, il est également important que les normes correspondantes incluent des mesures de conception spécifiques qui guident la faune vers les structures et minimisent les perturbations sur la structure et ses environs immédiats.

- *Portée des mesures* : Les normes VSS existantes concernent essentiellement toutes les installations de transport. Toutefois, leur mise en œuvre est fortement axée sur les modes de transport isolés. Dans le cadre de la Stratégie Biodiversité Suisse [38] et donc d'une perméabilité de base maximale, il est toutefois primordial d'élargir cette orientation pour inclure, dans la mesure du possible, toutes les intersections des axes de transport avec les axes de connectivité importants pour la faune. La priorité doit être accordée aux corridors faunistiques suprarégionaux et à d'autres systèmes de connectivité d'importance nationale bien définis. En règle générale, ceux-ci nécessitent des structures spécifiques à la faune. Les mesures prises dans le cadre des inventaires de biotopes d'importance nationale revêtent une importance similaire. Dans ce cas, il est important que les structures qui traversent le mode de transport soient conçues pour être multifonctionnelles - les structures spécifiques à la faune seront probablement l'exception. D'un point de vue purement écologique, la promotion de structures multifonctionnelles serait également souhaitable dans d'autres secteurs où l'utilisation des ouvrages par la faune est à prévoir (voir également [1]).
- *Nouvelle norme sur le suivi d'efficacité* : les résultats du suivi d'efficacité sont un instrument important pour déterminer si une mesure a atteint son objectif ou si les dépenses

financières ont été utiles (voir, par exemple [1], [53], [55] ou [56]). Les directives procédurales concrètes sont actuellement limitées aux enquêtes sur la faune sauvage [46]. Cependant, la nécessité de telles études est également soulignée dans les normes sur les ponceaux de cours d'eau [14] et les mesures de protection des amphibiens [13]. Dans ce contexte, et notamment en ce qui concerne la promotion de structures multifonctionnelles, l'élaboration d'une norme indépendante pour le suivi d'efficacité est jugée opportune. Grâce à des orientations systématiques pour la planification, la mise en œuvre et l'évaluation de la surveillance des incidences, il convient de veiller à ce que la réalisation des objectifs et l'efficacité des mesures de protection puissent être maximisées.

Summary

Background and objective

In densely populated Switzerland, many of the fauna's network and migration routes are crossed by transport infrastructures. This results in habitat fragmentation and traffic accidents that are usually fatal for the animals. If larger animal species are affected - such as roe deer, wild boar or red deer - the consequences can also be serious for humans.

This problem was recognized by the VSS decades ago. As a result, the first VSS standard on wildlife and traffic was published in 1968 with the standard on wildlife protection fences [3]. Reflectors were used along unfenced roads to warn wildlife of the approaching danger. A few years later, three standards followed, which were dedicated to amphibians ([5], [6] and [7]). Four more on the negative impacts of traffic on habitat use in general followed about 20 years ago (VSS 40 690 Basic Standard [8], VSS 40691 Planning Procedures [9], VSS 40 692 (Fauna Analysis Methods [10] and VSS 40 694 (Protection Measures [11]). These were developed on the basis of the state of knowledge at the time - in particular the European Handbook [56], which resulted from the COST 341 program. Finally, in 2011, VSS 40 696 published proposals for the fauna-friendly design of watercourse culverts that are important for connectivity [14].

During the last two decades, the measures described in these standards have been implemented several times and (positive and negative) empirical values on their functionality have been collected. The topic has also gained importance abroad. As a result, numerous topic-specific studies were carried out and standards were derived from them. In the 1960s, the focus was on road safety, but over time the protection of fauna in general came to the fore. In Switzerland, this development is documented, among other things, by the goals of the biodiversity strategy adopted by the Federal Council in 2017 [38].

The above-mentioned findings from Switzerland and abroad have so far been incorporated into individual specifications and recommendations of FEDRO and the FOEN (cf. [57] and [50]). In the VSS standards, these have so far only been taken into account in the VSS standard VSS 40 696 [14] on watercourse culverts published in 2011 and partly in the revision of the amphibian standards (VSS 40 698a [12] and VSS 40 699a [13]). The standards VSS 40 692 (fauna analysis methods [10]), VSS 40 693a game protection fences [4]) and VSS 40 694 protection measures [11]), however, remained unchanged. Experience has also shown that it could be useful to include follow-up of measures (success monitoring) in a separate VSS standard.

Procedure and results

The most important part of the present research work was the systematic search, collection and evaluation of literature as well as the experiences of numerous experts. Subsequently, it was assessed which measures have proven successful, where there is a need for optimization and which measures showed too little effect. The main focus was on the target species to be included and the feasibility of the possible protective measures to be newly included in the corresponding VSS standards. The investigations have shown that the applicable standards still largely correspond to the current state of knowledge and technology. There is a need for action primarily in the following areas:

- *Target species:* The study shows that conservation measures must, if possible, cover a large number of species - i.e. a so-called "multi-species approach" must be pursued. Although the basic standard VSS 40 690 [8] mentions mammals, birds, reptiles, amphibians, fish and invertebrates as target species groups, the majority of protection measures - apart from those for amphibians - refer to larger mammals such as red deer, wild boar and roe deer. However, these measures also (indirectly) benefit species such as foxes, badgers, brown hares and small terrestrial mammals. Only the VSS standard 40 696 [14] on watercourse culverts refers specifically to species - with

the target species groups of reptiles, mice, otter/polecat, other marten species and the group of beaver/fox/hare. This standard is also dedicated to aquatic organisms and amphibians.

With regard to a "multi-species approach", it is future but indispensable to consider the species group of bats and birds as well as wildcat and lynx or their needs in the definition of conservation measures in general. However, additional knowledge is needed to be able to make conclusive statements as to whether protective measures are also necessary away from water bodies for the benefit of otters and beavers, and which measures should be taken for tree-dwelling species such as European dormice, hazel dormice and squirrels.

- *Status analysis:* The various methods for obtaining information on habitat use and assessing the impact of transport infrastructure on fauna have evolved since the standard [10] was published. On the one hand, newer bases on connectivity axes are available, on the other hand, tools (construction permeability index [46], genetic analyses) have been developed that can be applied. Furthermore, indications from the analysis of fallen game numbers and the assessment of experts remain an important part of the analysis.
- *Protection measures:* For the vast majority of the current protection measures, only minor adjustments are necessary - for example, in the dimensioning requirements for wildlife underpasses. However, there is a greater need for action about
 - measures to prevent wildlife accidents along unfenced traffic routes - in this respect, measures that warn people should be promoted in particular.
 - the dimensioning and design of the wildlife protection fences - these should be fundamentally deepened (e.g. in which situations should the fence be dug in or equipped with a climbing protection).
 - measures with regard to the basic permeability of the traffic carriers - in this respect, design measures for existing structures and their surroundings have a particularly high priority.

With a functioning ecological infrastructure, it is also important that the corresponding standards include specific design measures that guide the fauna to the structures and minimize disturbances on the structure and its immediate surroundings.

- *Scope of the measures:* The existing VSS standards basically refer to all transport facilities. However, their implementation is strongly focused on fenced-in modes of transport. In connection with the federal biodiversity strategy [38] and thus a maximized basic permeability, it is, however, of central importance that this focus is expanded to include, as far as possible, all intersections of transport axes with the important fauna connectivity axes. Priority should be given to supraregional wildlife corridors and other well-defined nationally important connectivity systems. As a rule, these require fauna-specific structures. Measures within nationally important biotope inventories are of similar importance. Here it is important that the structures crossing the mode of transport are designed to be multifunctional - fauna-specific structures are likely to be the exception. From a purely ecological point of view, the promotion of multifunctional structures would also be desirable in other areas where the use of structures by fauna is to be expected (see also [1]).
- *New standard for follow-up of measures (monitoring of success):* The follow-up of measures is an important instrument for determining whether a measure has achieved its goal or whether the financial expenditure has been worthwhile (see, for example, [1], [53], [55] or [56]). Specific guidelines are currently limited to wildlife surveys [46]. However, the necessity of such studies is also emphasized in the standards on watercourse culverts [14] and amphibian protection measures [13]. Against this background, and especially regarding the promotion of multifunctional structures, the development of an independent standard for follow-up of measures (monitoring of success) is considered to be expedient. By means of systematic guidance for planning, implementation and evaluation, it should be ensured that the achievement of objectives and the efficiency of protective measures can be maximized.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Überblick

Verkehrsinfrastrukturen queren vielerorts Vernetzungs- und Wanderwege der Wildtiere. Die für alle offensichtlichen Folgen sind Verkehrsunfälle. Besonders wenn es sich um grössere Arten wie Reh, Wildschwein oder Rothirsch handelt, können auch für Menschen die Folgen schwerwiegend sein. Der VSS hat diesen Problemkreis bzgl. der Verkehrssicherheit schon früh erkannt und ihm entsprechend grosse Aufmerksamkeit gewidmet. Mit dem Ziel, die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer*innen zu erhöhen, entstand bereits 1968 als erste VSS-Norm Fauna und Verkehr die VSS 40 693 [4] zu den Wildzäunen (damals noch SN 640 693 genannt). Diese schlug einerseits konkrete und umsetzungsorientierte Schutzmassnahmen entlang von Hochleistungsstrassen in Form von Wildschutzzäunen vor und führte andererseits, im Sinne von Präventionsmassnahmen entlang von Kantonsstrassen, den Einsatz von Reflektoren auf.

Von Seiten Naturschutz- und Jagdkreisen wurde jedoch bereits damals moniert, dass dem positiven Effekt zu Gunsten der Strassensicherheit auf den Nationalstrassen, die Zerschneidungswirkung der Zäune auf die Lebensräume von Wildtieren entgegenstand. Mit den ersten Umweltverträglichkeitsprüfungen in den 80-er Jahren des letzten Jahrhunderts in Frankreich wurde nun auch dieses Problem anerkannt und die ersten Wildtierpassagen im Hardtwald bei Mulhouse gebaut. Die Problematik wurde im Rahmen von verschiedenen Publikationen weiter vertieft und dargestellt – u. a. O. Holzgang et al. [15], A. Dumont et al. [16]. Anfang 2000 wurde der Stand der Technik zur Lösung von Lebensraumzerschneidung durch Verkehrsinfrastrukturen im umfassenden COST 341 Forschungsprojekt untersucht [17]. Anhand all dieser Erfahrungen entstanden in den 90er-Jahren die ersten VSS-Normen, welche die Sicherheitsfrage aus Sicht der Fauna betrachteten – 1996 mit den Normen VSS 40 697 [5], VSS 40 698 [6] und VSS 40 699 [7] zum Amphibienschutz. Bis 2004 entstanden daraus weitere VSS-Normen zu Fauna und Verkehr – VSS 40 690a (Grundnorm [8]), VSS 40 691a (Planungsverfahren [9]), VSS 40 692 (Faunanalysenmethoden [10]), VSS 40 694 (Schutzmassnahmen [11]). Wie bei [4] lag hierbei der Hauptfokus auf den grösseren Wildsäugerarten wie Reh, Wildschwein oder Rothirsch, die ein effektives Unfallrisiko für die Verkehrsteilnehmer*innen darstellen. In den folgenden Jahren wurden die Amphibiennormen überarbeitet – 2010: VSS 40 698a [12] und VSS 40 699a [13] – und es entstand 2011 neu auf der Basis eines Forschungsprojekts des VSS [39] eine Norm zur faunagerechten Gestaltung von Gewässerdurchlässen VSS 40 696 [14].

Seither wurde eine Vielzahl der in diesen Normen beschriebenen Massnahmen mehrfach umgesetzt. So wurden Kleintierdurchlässe gebaut und an zahlreichen Wildtierpassagen im In- und Ausland Erfahrungen zu ihrer Nutzung durch die Fauna bzw. ihrer Wirkung gesammelt. Massnahmen zur Vermeidung von Wildtierunfällen wurden weiterentwickelt und zusätzliche Erfahrungswerte gewonnen. Diese zeigen zum Beispiel, dass reine Reflektoren wirkungslos sind (siehe u. a. Luell et al. [56]). Im Laufe der letzten Jahre wurden zudem neue Schutzmassnahmen entwickelt und erfolgreich eingesetzt – u. a. Wildwarnanlagen bzw. Wildwarnsysteme entlang ungezäunter Strassen und Bahnanlagen, Zauntypen für Wildkatzen, Fledermausbrücken, Querungsmöglichkeiten für baumbewohnende Arten.

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden nun weltweit neue Erkenntnisse zum Thema Fauna und Verkehr erzielt (siehe auch Kap. 1.2). Diese haben das vormals vorhandene Wissen markant erweitert bzw. vertieft. Darauf basierend wurden in vielen Ländern neue Vorgaben- oder Empfehlungsdokumente bzw. Standards zum Themenkreis erarbeitet oder überarbeitet (z. B. in Deutschland [52], Frankreich [53], Spanien [34], Österreich [36], Polen [37]). Gleichzeitig kamen auf der Basis der jeweiligen Naturschutzgesetzgebung neue Vorgaben für andere Tiergruppen dazu (u. a. Fledermäuse oder Wildkatze). Die Problematik Fauna und Verkehr wurde als Folge der rasanten Entwicklung von Infrastrukturen weltweit zum Thema – wie dies etwa eine entsprechende Publikation aus Indien dokumentiert [35].

Stand früher einzig und allein die Sicherheit des Strassenverkehrs im Zentrum – bei Bahnen ist der Themenkreis Sicherheit untergeordnet – hat im Laufe der Zeit der Schutz der Fauna, namentlich von gefährdeten Arten, deutlich an Gewicht gewonnen. Unterstrichen wird diese Entwicklung in der Schweiz unter anderem auch durch die Ziele der vom Bundesrat 2017 beschlossenen Biodiversitätsstrategie [38] bzw. der ökologischen Infrastruktur.

1.2 Stand der Forschung

In den vergangenen Jahren erschienen in der Schweiz zahlreiche Publikationen zum Themenkreis der Lebensraumzerschneidung durch Verkehrsinfrastrukturen bzw. deren Folgen auf die Fauna und die Wirkung verschiedener Schutzmassnahmen:

- Analyse der Querungsmöglichkeiten an NS, Basis Luftbildauswertung [79]
- zur Gestaltung von Wildtierunterführungen (VSS 2011/602 [40])
- zur Grunddurchlässigkeit zweier Nationalstrassen-Abschnitte [41]
- zur Wirkungskontrolle von Amphibienschutzmassnahmen [43]
- qualitative Meta-Analyse der Wirkungskontrollen an Wildtierpassagen in der Schweiz [46]
- eine Untersuchung zur Prävention von Wildtierunfällen (VSS 2015/212 [47])

Zum Problemkreis Fledermäuse und Verkehr wurde 2017 eine neue Arbeitshilfe erarbeitet [50].

Neben den Arbeiten in der Schweiz gilt es aus der Vielzahl von Arbeiten aus dem europäischen Raum einige besonders hervorzuheben:

- Eine Synthesearbeit im Rahmen des CEDR-Programms [51], welche sich der Wahl, Wirkungskontrolle und dem Unterhalt von Massnahmen im Bereich Fauna und Verkehr allgemein gewidmet hat sowie vertieft das Thema Fledermäuse behandelt hat.
- Das BFN-Skript 465 [52], welches differenziert auf die Anforderungen bei der Gestaltung von Querungshilfen und ihrer Umgebung eingeht.
- Ein ähnliches Ziel – fokussiert auf die Verhältnisse des Landes – verfolgt ein Projekt in Frankreich [53]. Ebenfalls aus Frankreich stammen Massnahmenempfehlungen zum Thema Fledermäuse und Verkehr [54].

Schliesslich gilt es an dieser Stelle drei Grundlagen-Werke anzuführen. 2016 erschien mit dem Handbook of Road Ecology [55] ein die wichtigsten aktuellen Kenntnisse zusammenfassendes Standardwerk. Dieses gibt einen weltweiten Überblick über verschiedene mögliche Massnahmen – von der Planung, über deren Umsetzung bis hin zur Kontrolle ihrer Funktionstüchtigkeit – und umfasst eine Vielzahl von Artengruppen. 2021 nun folgt, als nächste wichtige Grundlage für zukünftige Arbeiten zum Thema, die Überarbeitung des 2003 erschienenen European Handbook Wildlife & Traffic [56].

2017 folgte eine Sammlung der Kenntnisse zum Thema Bahn [114]. In diesem Handbuch werden die weltweiten Erfahrungen zu den Wirkungen des Bahnverkehrs auf die Fauna und der getroffenen Schutzmassnahmen dargestellt. Trotz den zahlreichen nachgewiesenen negativen Wirkungen des Bahnverkehrs auf die Fauna, wird in dieser Publikation unterstrichen, dass insbesondere die Mortalität terrestrischer Arten als Folge des Strassenverkehrs in der Regel deutlich höher ist (vgl. auch Kap. 3.2 und [55]).

Weiter hat sich ein Netzwerk von Fachleuten „Infra Eco Network Europe (IENE)“ aus der ganzen Welt zum Themenkreis „Road Ecology“ mit einer Austauschplattform etabliert. Neu erworbene Erkenntnisse sind damit zugänglicher geworden. Diese neu gewonnen Erkenntnisse geben nicht nur Hinweise für die optimale Gestaltung von Schutzmassnahmen, sondern umfassen auch Tierarten, die bis jetzt wenig berücksichtigt worden sind.

Bei den normativen Grundlagen schliesslich sind die Zielvorgaben stark abhängig von den gesetzlichen Rahmenbedingungen, dem politischen Umfeld (Artenschutz oder Sicherheit des Strassenverkehrs) und der Lebensraumsituation in den einzelnen Ländern.

1.3 Forschungsziel

Die angeführten Erkenntnisse aus dem In- und Ausland sind in der Schweiz bislang zwar in einzelne Vorgaben- und Empfehlungspapiere des ASTRA und des BAFU eingeflossen (vgl. [57] und [50]), fanden aber mit Ausnahme der 2011 neu erschienenen VSS-Norm VSS 40 696 [14] zu Gewässerdurchlässen und teilweise bei der Überarbeitung der Amphibien-Normen (VSS 40 698a [12] und VSS 40 699a [13]) noch keinen Niederschlag in den übrigen VSS-Normen. Besonders gross ist der Aktualisierungsbedarf bei den Normen VSS 40 692 (Faunaauswertungsmethoden [10]), VSS 40 693a (Wildzäune [4]) und VSS 40 694 (Schutzmassnahmen [11]), welche nicht mehr oder nur teilweise dem Stand des Wissens und der Technik entsprechen. Schliesslich gilt es insbesondere im Hinblick auf VSS 40 692 [10] auch die Entwicklungen der Faunaauswertungsmethoden der letzten Jahrzehnte zu aktualisieren.

Mit dem Ziel Grundlagen für die Überarbeitung dieser Normen zu erstellen, wurde in der vorliegenden Arbeit dieses Mosaik von neuem Wissen in Bezug zur Thematik Fauna und Verkehr systematisch gesammelt und aufgearbeitet. Auf der Basis des damit aktualisierten Stands des Wissens und der Technik folgte im Rahmen eines zweiten Schrittes ein Herunterbrechen auf die Verhältnisse in der Schweiz. Es galt dabei, die neuesten Erkenntnisse zu den Wirkungen der Lebensraumzerschneidung und insbesondere der dagegenwirkenden Massnahmen zu triagieren, damit die spezifischen VSS Normen „Fauna und Verkehr“ ergänzt oder überarbeitet werden können.

Prioritär sollen unter anderem die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Welche Zielarten müssen neu berücksichtigt werden?
- Welche neuen Methoden können für die Zustandsanalyse betreffend Fauna dienen?
- Welche neuen Massnahmen sind in der Schweiz umsetzbar und zweckmässig?
- Welche Massnahmen erfüllen die in sie gesetzten Erwartungen nicht?
- Wo und unter welchen Umständen sind welche Massnahmen zweckmässig?
- Wie soll man bei nicht eingezäunten Strassen oder Bahnen vorgehen? Welche Massnahmen sind zielführend?

Es geht also darum, die vorhandenen Mosaiksteine auf ihre Eignung und Verwendbarkeit in unserem Land hin zu prüfen und dann einen Vorschlag zu machen, wie sie innerhalb „der Quadratur Schweiz“ zu einem Ganzen zusammengebaut werden können. Die laufenden oder gerade abgeschlossenen Arbeiten zu den Teilbereichen Wildtierunterführung [40], Fledermäuse [50] und Zäune [47] werden beigezogen.

Auch das Thema Wirkungskontrolle muss angegangen werden. Eine Auswertung des ASTRA [46] hat gezeigt, dass die vorhandene Handlungsanleitung [57] teilweise überholt ist und zu heterogen eingesetzt worden ist. Als erster Schritt hierzu veröffentlichen das ASTRA und das BAFU gemeinsam ein Papier mit Empfehlungen für die Wirkungskontrolle von Wildtierpassagen [46]. Darauf aufbauend wäre es zudem sinnvoll, ein standardisiertes Verfahren zur Wirkungskontrolle der verschiedenen Schutzmassnahmen zu entwickeln und normativ zu regeln.

2 Vorgehen, Material

Die Grundlagenbeschaffung basierte insbesondere auf einer gezielten Stichwortsuche in SWISonline.ch, den eigenen Unterlagen, der CEDR (Conference of European Directors of Roads), der CEREMA.fr sowie vergangenen IENE-Veranstaltungen und Mailings der Mitglieder zu verschiedenen, für die vorliegende Arbeit relevanten Themen. Die wichtige Literatur wurde in einer Exceltabelle erfasst und mit den darin behandelten Tierarten sowie Keywords versehen (siehe Anhang 1). Diese Keywords dienten wiederum für die weitere Suche und wurden ebenfalls bei einer Google-Suche angewendet. Die bei der Suche zusammengestellten Keywords sind in Tab. 1 dargestellt. Ein weiterer Schritt diente dem Vereinheitlichen der Stichworte, so dass ähnliche Keywords zusammengefasst wurden. Beispielsweise sind unter dem Wort „Zäune“ folgende Stichworte aus Tab. 1 zusammengefasst: amphibian fence, fence, fence modification, fence-end effect, fencing, reinforce fence, Wildschutzzaun, Wildzäune, Wildgatter.

Bei der Durchsicht der durch die Suche herausfiltrierten Arbeiten und deren Literaturverzeichnisse wurden weitere Arbeiten gefunden und nach wichtigen Hinweisen durchgeschaut.

Parallel zur Internetsuche wurden verschiedene Fachleute im In- und Ausland kontaktiert – schwergewichtig Personen, welche in ihren Ländern an der Erarbeitung von Normen oder anderen Handlungsanweisungen zum Thema Fauna und Verkehr gearbeitet haben oder arbeiten – u. a. Marita Böttcher BfN (D), Luc Chretien CEREMA (F), Eric Guinard CEREMA (F), François Nowicki CEREMA (F), Carme Rosell Minuartia (E), Andreas Seiler SLU (S), Brigitte Sladek ASFINAG (A).

Eine weitere wichtige Informationsquelle war die Mitarbeit an der Überarbeitung des European Handbook Wildlife & Traffic [56].

Abschliessend gilt es die Teilnahme an der IENE-Tagung vom 12.–14. Januar 2021(online) anzuführen. An diesem Anlass wurde vom Projektteam B+S, zusammen mit Minuartia (insbesondere Carme Rosell), ein Workshop zur Überarbeitung des obgenannten Handbooks durchgeführt: „Towards European standards for fauna passages and fencing“. Weiter ist die Teilnahme an verschiedenen Web-Veranstaltungen zu erwähnen: u. a. internationales Seminar zum Thema „Pasos de fauna silvestre“ (Universidad Estatal a Distancia y grupo Dantas, Costa Rica, 25.11.2020); Workshop zum „Monitoring von Querungsbauwerken“ (Landesamt für Strassenbau und Verkehr, Mecklenburg-Vorpommern, 16.12.20); den „Journées ITTECOP“ (26.3.2021) sowie Workshop SFEPM Bourges (27.3.2021).

Tab. 1 Erfasste Stichwörter aus der Literatursuche

Abstände der Querungshilfe	Gleisabweiser	road impacts
akustische Vergrämung	Gleisquerung	road mitigation
amphibian fence	greenbridges	road mitigation strategies
amphibian tunnel	Grüne Infrastruktur	road mortality
Anforderungen	habitat	road planning
animal monitoring	habitat continuity	road-effect zone
animal-vehicle collisions	habitat fragmentation	roads
anthropologische Störungen	habitat suitability	rost
Artenschutz	habituation	sensitivity analysis
Auswertung	human intensitiy	Signalisation
Autobahn	infrastructure	Störungen
barrier effect	Insekten	Strasse
Barrieren	jump-out	structural attributes
before-after-control	Kabelkanal	road ecology survey
before-after-control-impact	kernel density estimation	temporal analysis
Beleuchtung	Korridor	Todfunderfassung
Beutegreifer	Lärm	traffic intensity
bioakustische Wildwarner	Lärmschutzwand	traffic mortality
Biomonitoring	least cost paths	traffic noise
bird abundance	Leiteinrichtung	traffic volume
browsing damage	maintainance	transportation infrastructure
camera traps	mammals	transportation planning
citizen science	mean species abundance	underpass crossing
connectivity	meta-analysis	urban ecology
conservation Biology	meta-regression	use-availability habitat model
corridors	migration	Vegetation
design of crossing aid	Migrationsachsen	Verkehr
ecological corridors	Mikrohabitat	Verkehrsbegleitflächen
ecological niche factor analysis	Minimalbreite	Verkehrsplanung
ecological threshold	monitoring	Verkehrswege
ecology	mitigation effectiveness	Vernetzung
ecosystem processes	mitigation	Wildhut
effectiveness	Monitoring	wildlife
efficiency	Mortalität	wildlife corridors
Einflüsse	negative effect dense canopy	wildlife crossing
Eisenbahn	Nutzung Bauwerke	wildlife crossing structure
Elektromatten	Nutzung spezifischer Bauwerke	wildlife underpass
environmental impacts	olfaktorische Vergrämung	wildlife-vehicle collisions

Tab. 1 Erfasste Stichwörter aus der Literatursuche

european habitats directive	passage structure	Wildschutzzaun
experimental design	placement	Wildtierpassagen
Faktorenanalysen	planning tool	Wildtierquerung
fence	population biology	Wildtierrost
fence modification	population effect	Wildunfälle
fence-end effect	population viability analysis	Wildwarnanlagen
fencing	preservation of biodiversity	Wildzäune
Fotofallen	Querungsbauwerk	Wirkung
Fragmentierung	Querungshäufigkeit	WTQ
Gefährdungsursachen	Querungshilfen	Zäune
gene flow	road crossings	Zerschneidungseffekt
genetische Analyse	road ecology	Zusammenstösse

3 Review aus der Literatur zu diversen Themen und Anwendung in der Schweiz

Vorbemerkung

Die folgenden Kapitel umfassen jeweils einen Abschnitt:

- zur Einführung ins Thema,
- zur Analyse der Literatur zu den gemachten Erfahrungen und Massnahmenvorschlägen,
- zur Diskussion/Fazit im Hinblick auf die diesbezügliche Anwendung in den Normen.

3.1 Untersuchungsmethoden zur Lebensraumnutzung der Fauna

Um die Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturen auf die Fauna beurteilen zu können, sind Informationen zur Lebensraumnutzung notwendig. Dabei stehen unterschiedlichste Untersuchungsmethoden zur Verfügung. Die Norm VSS 40692 (Faunaanalysemethoden [10]) fasst diese zusammen und bedarf künftig einiger Aktualisierungen und Ergänzungen. Nachstehend werden Themenbereiche erläutert, die seit dem Erscheinen der Norm [10] umfangreiche Ergänzungen oder Fortschritte zu verzeichnen haben.

3.1.1 Ermittlung der ökologischen Netzwerke

Gemäss dem Schlussbericht zum nationalen ökologischen Netzwerk REN [18] bestehen ökologische Netzwerke aus räumlich verbundenen Teilgebieten, die unterschiedliche Habitate ausreichender Grösse umfassen und den Austausch von Arten durch Ausbreitung oder Migration ermöglichen. Solche Netzwerke sind nötig für das Bestehen überlebensfähiger Populationen und funktionierende Ökosysteme. In Abhängigkeit von Faktoren wie nutzungsbedingte Landschaftsentwicklung oder langfristig betrachtet der Klimaveränderungen können sich die Lage und Ausdehnung dieser Systeme ändern. Einer der ersten wichtigen Schritte bei der Planung von Massnahmen zum Themenkreis Fauna/Verkehr ist somit das Ermitteln der Verbreitungsachsen und deren Wert für die Wildtiere.

Analyse

Die ökologischen Netzwerke haben seit dem Erscheinen der entsprechenden Norm [10] deutlich an Bedeutung gewonnen. Weiterhin sind die in der Norm erwähnten Grundlagen wichtig. Das damals in Bearbeitung befindliche nationale ökologische Netzwerk (REN [18]) steht nun mit verschiedenen Karten auf dem Geoportal vom BAFU zur Verfügung. Zudem wurden in vielen Regionen von den Kantonen Vernetzungsachsen ausgeschieden und z. B. Landschaftsentwicklungskonzepte LEK [19] und/oder ÖQV-Konzepte [20] ausgearbeitet, welche ebenfalls als Grundlage dienen können. Zusätzlich fordert heute das Ziel 2 der Strategie Biodiversität Schweiz [38], eine ökologische Infrastruktur von Schutzgebieten und Vernetzungsgebieten aufzubauen. Bis 2040 soll die Schweiz über eine funktionsfähige ökologische Infrastruktur verfügen – sowohl im ländlichen als auch im städtischen Raum. Dieses Netzwerk natürlicher und naturnaher Lebensräume soll aus Kern- und Vernetzungsgebieten bestehen, die miteinander verbunden sind.

Diskussion/Fazit

Abgesehen von möglichen Modellierungen (siehe Fazit unter 3.1.4) ergeben sich für das Ermitteln der ökologischen Netzwerke seit dem Erscheinen der Norm [10] nun weitere zur Verfügung stehende Grundlagen (bspw. [18], [19], [20]), welche die Arbeiten mehrheitlich erleichtern sollten. Gleichzeitig verloren gewisse Methoden aufgrund der sich ändernden klimatischen Verhältnisse an Bedeutung – Spurentaxation im Schnee – oder bietet der technische Fortschritt etwa bzgl. der Fotofallen erweiterte Möglichkeiten. Zusätzlich bieten

bei grösseren Tieren nach wie vor Beobachtungen von Jägern oder Angaben von Fallwild (siehe Kapitel 3.1.2) unerlässliche Datenquellen.

Im Laufe der nächsten Jahre dürfte der Begriff „ökologische Infrastruktur“ an Bedeutung gewinnen und eventuell den Begriff „ökologisches Netzwerk“ in den Hintergrund treten lassen. Bei den verschiedenen Planungsschritten für faunagerechte Verkehrsinfrastrukturen sind alle wichtigen, vorhandenen Informationen zu den relevanten Arten und den ökologischen Netzwerken zu berücksichtigen. Bei grossen Projekten können auch Modellierungen Hinweise liefern (siehe Kapitel 3.1.4).

3.1.2 Erfassen von Wildtierunfällen zur Ermittlung von Konfliktstellen

In der Periode 2008–2018 kamen auf Schweizer Verkehrsinfrastrukturen jede Woche durchschnittlich 174 Rehe, 11 Rothirsche, 10 Wildschweine und eine Gämse bei Kollisionen mit Fahrzeugen um (Bundesamt für Statistik [74]). Dazu kommt eine unbekannte Anzahl von getöteten und verletzten Tieren, die nicht in den offiziellen Statistiken erfasst sind, da sie nicht gemeldet oder nicht aufgefunden wurden [47].

Analyse

Wildtierunfällen sind auch international ein wichtiges Thema. Dies zeigt u. a. der Beitrag von Collinson et al. [49], welcher ein systematisches Vorgehen für die Erfassung verunfallter Wildtiere fordert. Eine standardisierte Erfassung möglichst exakter Daten zu Wildtierunfällen (Ort, Zeit und Angaben zur lokalen Situation) ist eine unabdingbare Grundlage für die Analyse des Phänomens Wildtierunfall (Gunson [48]). Zu diesem Schluss kommt auch die Studie der ZHAW (VSS 2015/212 [47]), welche mit Fallwildangaben aus drei Kantonen eine umfassende Zusammenstellung der potenziellen Einflussfaktoren erstellte, die Wildtierunfälle begünstigen können. Eine schweizweite Prognose der Wildtierunfall-Hotspots mit Hilfe von Modellen war ein zentrales Ziel der Arbeit (siehe Erläuterungen dazu im Kapitel 3.1.4).

Für weiterführende Studien und insbesondere für die Erfolgskontrolle von Präventionsmassnahmen fordern die Autoren der ZHAW-Studie [47] eine systematische Erfassung des Fallwilds in der ganzen Schweiz. Dabei sollten mindestens Datum, Wildtierart und Koordinaten in einer elektronischen Datenbank erfasst werden. Für die Analyse der Einflussfaktoren sind die Position des Unfallorts und deren Genauigkeit entscheidend. Zusätzliche Informationen wie Geschlecht und Alter des verunfallten Tiers sowie die genaue Uhrzeit des Unfalls sind weitere, wichtige Parameter.

Je nach Kanton werden heute die Daten von unterschiedlichen Personen (Polizei, Wildhut und Jagdgesellschaften) erfasst. Wichtig ist, dass dieselbe Datenbank verwendet wird oder dass ein regelmässiger Austausch stattfindet und die Daten nachgeführt werden. In Deutschland wird mit „Tierfund-Kataster“ und in Österreich mit „Road Kill“ das Fallwild auch mit Citizen-Science-Projekten erfasst. Der Vorteil offener Plattform ist, dass auch kleine, nicht jagdbare Tierarten erfasst werden.

Diskussion/Fazit

Durch die aktuelle Ausbreitung von Rothirsch und Wildschwein und das damit verbundene Populationswachstum sowie durch das stetig steigende Verkehrsaufkommen wird sich das Risiko für Wildtierunfälle in Zukunft weiter erhöhen. Genaue Kenntnisse über die Umstände und Einflussfaktoren, welche zu Wildtierunfällen führen, sind daher zentral für einen gezielten und effizienten Einsatz von Präventionsmassnahmen [47].

Für das Ermitteln von Konfliktstellen, die Planung von Massnahmen Fauna/Verkehr sowie die Erfolgskontrolle von Massnahmen sind zuverlässige Fallwildzahlen von grossem Nutzen. Es wäre wichtig, ein Tool bzw. App zu entwickeln, mit welchem die Unfallereignisse systematisch gesammelt und ausgewertet werden könnten (siehe auch Kap. 3.7.2). Mit präzisen Angaben zur Verwendung der Daten bei der Ermittlung von Konfliktstellen kann eine angepasste Norm zu den Faunaauswertungsmethoden [10] dazu beitragen, dass die Daten möglichst schweizweit auch zielführend erhoben werden.

3.1.3 Analyse der Durchlässigkeit

Die Wildtierkorridore werden in der Schweiz in Bezug auf die Durchlässigkeit in drei Kategorien unterteilt: intakt, beeinträchtigt oder unterbrochen. Wie auch Suter [21] schreibt (siehe auch [15]), ist ein intakter Korridor für alle Zielarten durchlässig, weist Leitstrukturen und Trittsteine auf und wird nicht von stark befahrenen Strassen (DTV>10'000) geschnitten. Ein beeinträchtigter Korridor kann zwar von allen Zielarten theoretisch überwunden werden, die Querung wird jedoch erschwert durch stark befahrene Strassen, suboptimale Zwangswechsel oder fehlende Leitstrukturen und Trittsteine. Ein unterbrochener Korridor kann von mindestens einer der Zielarten nicht passiert werden, da er entweder durch eine eingezäunte Hochleistungsstrasse oder eine Siedlung unterbrochen wird. Die Einteilung in diese drei Kategorien ist für überregionale Wildtierkorridore auf dem Geoportal des BAFU ersichtlich.

Alle Verkehrswege weisen eine gewisse Grunddurchlässigkeit für Tiere auf. So besteht für die Fauna an gewissen Stellen die Möglichkeit, den Verkehrsträger ohne spezifische Vorkehrungen zu queren. Neben der punktuellen Erhöhung der Durchlässigkeit von Nationalstrassen durch kostenintensive Wildtierpassagen lässt sich zusätzlich der Barriereeffekt durch eine relativ kostengünstige, faunaspezifische Optimierung der vorhandenen Querungsbauwerke vermindern.

Analyse

Die in der bestehenden Norm [10] aufgeführte Methode zum Ermitteln der Durchlässigkeit für ein Bauwerk oder einen Verkehrsabschnitt ist sehr generell und unspezifisch ausgeführt – dies gilt auch für die Themen in Kapitel 3.1.4 und 3.1.5. Das Beispiel einer Durchlässigkeitsbilanz vermittelt eine falsche Genauigkeit – rein der Term „Bilanz“ ist hier schon irreführend, da die darin einflussenden Variablen schwer bis gar nicht quantifizierbar sind. Das Beispiel in der Norm [10] basiert auf Expertenwissen und geschätzten Einflussbereichen.

Besser quantifizierbare Angaben enthalten die Arbeiten von Seiler und Olsson [84], [88], [27]. Mit der Berechnung eines permeability index (Durchlässigkeits-Index) zeigen sie für gewisse Tierarten auf, welche Bauwerke wie effizient/durchlässig sind. Auch der Road permeability Index (RPI) wurde von Assis et al. [28] unter Einbezug von Expertenwissen berechnet. Die Autoren schlagen diese Berechnungen gar als formale Methode für den Einbezug von Expertenwissen in quantitative Bewertungen der Strassendurchlässigkeit vor.

In der Schweiz werden bisher Hindernisse, welche die Durchlässigkeit der Korridore für die Wildtiere vermindern, erfasst und kartographisch festgehalten (z. B. [15]). Weiter wird gutachterlich – etwa im Rahmen von Umweltverträglichkeitsberichten – und mit Informationen von Lokalkennern festgehalten, wie die Nutzung bestehender Bauwerke durch Wildtiere aussieht. Die in der Norm [10] vorgeschlagene Durchlässigkeitsbilanz hingegen kommt kaum zum Einsatz. Anhand von Vorgaben aus weiteren Normen [11], [12], [14] und Experten*innen-Wissen werden in einem nächsten Schritt Sanierungsmassnahmen vorgeschlagen.

Als weiterführende Methode zur Berechnung der Durchlässigkeit könnte nun ein Berechnen des Durchlässigkeitsindexes gemäss Trocmé et al. [41] bei der Überarbeitung der Norm beigezogen werden. Diese Arbeit hatte zum Ziel, Fragen zur Grunddurchlässigkeit eingezäunter Nationalstrassen für terrestrische Wildtiere aufzugreifen und Lösungsansätze aufzuzeigen. Ein Bauwerksdurchlässigkeitsindex (BDI) wurde entwickelt, der mit den effektiven Querungen von Wildtieren (Fotofallendaten) validiert wurde. Die faunaspezifische Eignung von Querungsbauwerken wird dabei nach festgelegten Kriterien rechnerisch ermittelt und ist somit unabhängig von der persönlichen Einschätzung eines Gutachters. Die Ergebnisse zeigen, dass ein starker statistischer Zusammenhang ($R = 0.44$; $p < 0.001$) zwischen den geprüften Variablen besteht. Dies bedeutet, dass sich der BDI eignet, um das Nutzungspotential von Querungsbauwerken durch Wildtiere (Hauptzielart Reh) abzuschätzen. Eigene Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass zur Validierung der errechneten Werte unbedingt flächendeckend ergänzende Feldarbeiten notwendig sind [42].

In einem ergänzenden Projekt (B+S AG [42]) wurde dieser methodische Ansatz bzw. die gemachten Erfahrungen weiterentwickelt und um die Organismengruppen der Amphibien erweitert. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die entwickelten Modelle einen ersten grossräumigen Eindruck zur Durchlässigkeit der Nationalstrassen und ihrer Umgebung vermitteln können. Die durchgeführten Feldbegehungen zeigen jedoch verschiedene Unzulänglichkeiten bzw. Grenzen des Modells auf.

Diskussion/Fazit

Die (Grund)Durchlässigkeit eines Verkehrsträgers ist eine wichtige Information für Projekte zur Verbesserung der ökologischen Vernetzung, wird aber uneinheitlich definiert und bewertet. Eine durch eine Norm standardisierte, klare Definition zur Berechnung der Durchlässigkeit kann für die Planung und Erfolgskontrolle von Projekten nützlich sein. Ein möglicher Ansatz ist, den Bauwerksdurchlässigkeitsindex (BDI) gemäss [41], ergänzt durch eine Feldvalidierung als Vergleichsmass, in das Normenwerk aufzunehmen.

3.1.4 Modellieren

Ökologische Daten sind mit grosser Unsicherheit verbunden und können kaum vollständig erfasst werden, sodass das Einbeziehen wissenschaftlicher Erkenntnisse durch eine Modellierung ökologischer Prozesse unumgänglich wird. Solche Modelle können aufgrund eigener Erfahrungen Vereinfachungen der Realität darstellen, die oft auf konkurrierenden wissenschaftlichen Theorien beruhen.

Zur Bestimmung der grossräumigen Vernetzung in der Landschaft können z. B. Lebensraummodelle berechnet [21] oder wildökologische Vernetzungspotentiale modelliert werden [22]. Diese Modelle definieren und bewerten die für die Verbreitung bedeutenden biologischen und geografischen Faktoren.

Analyse

Least-Cost-Path-Analysen (LCP, z. B. [25]), die erweiterte Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) und viele weitere Modelle [24] verfeinern solche Analysen mit den vorhandenen Verbreitungsdaten und Kosten/Aufwand für die untersuchte Tierart. Zudem lässt sich u. a. die Durchlässigkeit von Verkehrsachsen modellieren [23] [42].

Während aller Phasen eines Modellbildungsprozesses, speziell aber bei der Entscheidung für einen bestimmten Ansatz, ist es notwendig zu überprüfen, ob Methoden und grundlegende Konzepte kompatibel sind. Variablen, die in das Modell einfließen, müssen aussagekräftig sein, sprich dem Stand des Wissens entsprechen, und einige praktische Überlegungen (Kosten, Verfügbarkeit, Genauigkeit) sind anzustellen [24]. Ohne genaue Prüfung kann es zu Inkonsistenzen bzw. verzerrten Aussagen kommen.

Als Beispiel einer in der Praxis nutzbaren Modellierung gilt die ZHAW-Studie zur Prävention von Wildtierunfällen auf Strassenverkehrsinfrastrukturen [47]. Für diese Arbeit wurde eine breite Zusammenstellung der potenziellen Einflussfaktoren erstellt, welche Wildtierunfälle begünstigen können. Relevante Einflussparameter wurden operationalisiert und anschliessend in unterschiedlichen Modellen eingebaut, um kantonale Fallwilddaten geodatenbasiert zu analysieren. Die Modelle berechnen, welche Parameter besonders stark zum Auftreten von Wildtierunfällen führen und haben mit einer Erfolgsrate von 80–90 % Orte mit besonders vielen Wildtierunfällen korrekt vorausgesagt. Die Modelle zeigen also das Potenzial, Vorhersagen über die Unfallwahrscheinlichkeit machen zu können, wo keine Datengrundlagen zu Wildtierunfällen verfügbar sind.

Wie unter anderem die Arbeit von Hirzel [25] und Bassi [24] aufzeigen, ist der Vergleich solcher Modelle wiederum Anlass für Evaluationen (vergleichende Auswertungen). Die vielen eingearbeiteten Faktoren dieser aufwändigen Analysen machen die Modelle für viele Wildtierbiologen schnell undurchsichtig und kaum nachvollziehbar. Die Aussagekraft von Modellen sowie die Qualität der darin eingespeisten Daten gilt es immer zu überprüfen und im Feld zu validieren.

Diskussion/Fazit

Modellberechnungen können beispielsweise bei grossräumigen Analysen zu Verbreitungsachsen oder der Durchlässigkeit von Verkehrsinfrastrukturen zur Anwendung kommen. Auch die aus erfolgreichen Modellierungen gewonnenen Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung können zu einer durchdachten Strategie für die ökologische Infrastruktur beitragen.

Eine Integration von Modellvorgaben für die Planung einzelner Querungsbauwerke in die Normenwerke des VSS scheint aufgrund des resultierenden Arbeitsaufwandes und den diversen, zu diskutierenden Möglichkeiten bei den Analysen nicht praxistauglich. Wie Bassi [24] in seiner Zusammenfassung schreibt: „Das ‚beste‘ Modell gibt es nicht.“ Klare Vorgaben zum Vorgehen und den zu verwendenden Faktoren wären also nötig, um eine Vergleichbarkeit und Konsistenz zwischen den verschiedenen Projekten zu erreichen. Solche umfangreichen Angaben sprengen den Rahmen einer VSS-Norm.

3.1.5 Genetische Untersuchungen

Simmons [31] folgerte schon 2010, dass die „Conservation genetics“ sich schnell entwickelt und empfahl Analysen mit genetischen Ansätzen mit Felduntersuchungen zu kombinieren, um die Aussagekraft der jeweiligen Studie zu erhöhen.

Analyse

Diverse Autoren haben in der Folge den Genfluss von (Teil)Populationen untersucht. So zeigten Hopenstrick et al. [32] für die Schweizer Wildtierkorridore, dass eingezäunte Nationalstrassen die Haupthindernisse für den Genfluss beim Reh darstellen. Ein breiter Fluss zeigte dagegen nur eine schwache Barrierewirkung, während eine stark frequentierte, aber nicht eingezäunte Bahnstrecke keinen nachweisbaren Einfluss auf den Genfluss hatte. Zhang et al. [30] fanden sogar bei Vögeln (Sperlinge) Hinweise auf einen gewissen Einfluss von Highways auf den Genfluss. Die Ergebnisse von Luqman [29] deuten hingegen darauf hin, dass Autobahnen und Flüsse derzeit die genetische Struktur beim Bergmolch in der Nordschweiz nicht wesentlich negativ beeinflussen.

Die Untersuchungen von Soanes et al. [33] zeigten bei genetischen Untersuchungen an Gleithörnchen (squirrel gilders) sogar, dass ein Freeway keine komplette genetische Barriere darstellte – abgesehen von einer Stelle. Die Studie folgert somit, dass der Einsatz genetischer Techniken nicht nur die Wirksamkeit von Wildquerungen aufzeigen kann, sondern auch die beste Lage für eine Querungsmöglichkeit festlegen hilft.

Ob die Definition der Lage einer Wildtierquerung auch für einheimische Arten angewendet werden kann, ist bisher nicht untersucht. In der dicht besiedelten Schweiz beeinflussen sofort viele weitere Faktoren die Effektivität einer Massnahme, die nicht allein mit einer Wildquerung zu regeln sind.

Diskussion/Fazit

Der Effekt einer Zerschneidung der Lebensräume (z. B. durch Verkehrsträger) oder die Wirksamkeit von Wildtierquerungen sind mit beobachtenden Methoden oft schwer zu beurteilen oder zu quantifizieren. Die zunehmend breiter angewendeten genetischen Analysen können den Genfluss zwischen (Teil)Populationen aufzeigen und für die vorgängig erwähnten Fragestellungen (Zerschneidungseffekt oder Wirksamkeit einer Massnahme) eine gute Nachweismethode sein. Es bleibt abzuwarten, ob die genetischen Analysen, wie bisher, eher von Forschungseinrichtungen zu interpretieren sind oder ob spezialisierte Fachleute dies in der Praxis auch auswerten können.

3.2 Zielartengruppen/Zielarten

Grundsätzlich sollen die Normen «Fauna und Verkehr» gemäss VSS 40 690 (Grundnorm [8]) für Säugetiere, Vögel, Reptilien, Amphibien, Fische und Wirbellose gelten.

Analyse

Bei der Durchsicht der aktuell geltenden Normen fällt allerdings auf, dass, bedingt durch ihre Entwicklungsgeschichte und die Relevanz von Unfallfolgen für den Menschen, bzgl. der Tiefenschärfe des Einbezugs der verschiedenen Faunakategorien bzw. der Formulierung von konkreten Schutzmassnahmen grosse Unterschiede bestehen. Am umfangreichsten und ausführlichsten sind Massnahmen, welche grössere Säugetiere betreffen. Dabei handelt es sich in erster Linie um Rothirsche, Wildschweine und Rehe. Die hierfür beschriebenen Massnahmen lassen sich auch auf mittelgrosse Wildsäuger wie etwa Fuchs, Dachs oder Feldhase anwenden. Bei der Gruppe der Kleintiere sind es allen voran die seit Jahrzehnten naturschutzrelevanten Amphibien, welche speziell und detailliert behandelt werden. Einzig in der VSS 40 696 [14] werden, beschränkt auf die faunaspezifische Funktionalität der Gewässerdurchlässe, Massnahmen zu Gunsten von Reptilien, Mäuseartigen, Fischotter/Iltis, übrige Marderartige und der Gruppe Biber/Fuchs/Hase aufgeführt. In dieser Norm werden zudem auch Aussagen zu den Lebensraumansprüchen von Gewässerorganismen aufgeführt und einzuhaltende Rahmenbedingungen formuliert.

Die durchgeführte Literaturstudie macht deutlich, dass weitere Artengruppen und Arten das Ziel von Massnahmen sein sollten, dies insbesondere im Hinblick auf die Relevanz der verkehrsbedingten Mortalität der Fauna und die negativen Folgen der Lebensraumzerschneidung durch Verkehrswege – insbesondere durch Strassen.

Allen voran seien Fledermäuse angeführt. Zahlreiche Untersuchungen in den letzten Jahren machen deutlich, dass Verkehrswege nicht nur zu deren Habitatsfragmentierung beitragen, sondern auch eine Quelle von teilweise hohen Mortalitätsraten sind (siehe [56], [58], [59], [54] oder [50]). Davon betroffen sind vor allem niedrigfliegende bzw. strukturgebunden fliegende Fledermausarten – etwa bei Flügen zwischen den Quartieren und den Jagdlebensräumen. Nicht nur im Bereich dieser Flugkorridore kommt es gehäuft zu Unfällen, sondern auch in der Umgebung von bevorzugten Jagdlebensräumen. Neben der Lebensraumqualität scheint die Zahl der Kollisionen primär auch direkt von der Dichte des Verkehrs und der Verkehrsgeschwindigkeit abzuhängen (Limpens et al. [61]). Schliesslich können auch die Strassenbeleuchtung oder die Beleuchtung von Bauwerken wie etwa Unterführungen (Fischer und Lambrechts [117]) einen negativen Effekt auf Fledermäuse haben [118]. So meiden viele Arten beleuchtete Flächen. Solche, die auf Lichtemissionen weniger sensibel reagieren und etwa bevorzugt Jagd auf Insekten im Bereich der Strassenlampen machen, laufen wiederum Gefahr Opfer von Kollisionen zu werden (Lesinski et al. [62]).

Neben den Fledermäusen sind auch Vögel eine Artengruppe, welche starken negativen Folgen des Verkehrs ausgesetzt sind. Davon betroffen sind insbesondere niedrig fliegende Arten und Individuen auf Nahrungssuche, mitunter im unmittelbaren Strassenbereich, welche einer hohen Mortalität unterliegen (Erickson et al. [63]). Als zusätzlicher negativer Faktor ist der Strassenlärm zu erwähnen. Dieser beeinträchtigt in erster Linie die akustische Kommunikation der Singvögel. Mögliche Folgen davon veranschaulicht z. B. eine Studie von Brumm et al. [64]. Diese zeigt auf, dass bei Jungvögeln, welche einer hohen Strassenlärmbelastung ausgesetzt sind, gegenüber solchen in einer ruhigen Umgebung sich die stimmliche Entwicklung stark verzögert und zudem das Immunsystem geschwächt ist. Eine Studie von Grade und Sieving über den Rotkardinal [116] belegt, dass entlang stark befahrener Strassen nicht mehr auf Warnrufe von Artgenossen eingegangen wird, welche auf die Präsenz von Greifvögeln hinweisen – diese werden vermutlich nicht gehört. Als Folge davon steigt die Zahl von Individuen, welche den Greifvögeln zum Opfer fallen. Schliesslich können auch transparente Lärmschutzwände entlang von Verkehrsträgern für Vögel zu tödlichen Fallen werden.

Beim Bahnverkehr stellen besonders Fahrleitungen eine grosse Gefahrenquelle für Vögel dar. Zur Minimierung dieser Unfallgefahr hat das Bundesamt für Verkehr BAV 2021 eine Richtlinie erlassen [115].

Auch von der Artengruppe der Reptilien – vor allem bei Schlangen – ist bekannt, dass der Strassenverkehr eine Quelle von hoher Mortalität sein kann – sei es, weil sie im Strassenraum nach Nahrung suchen, sie sich hier aufwärmen oder die Strasse queren wollen [55]. Wie etwa Herrmann & Mathews [66] aufzeigen, beschränken sich namhafte Mortalitätsverluste dieser naturschutzrelevanten Artengruppe nicht nur auf tropische Länder mit einer grossen Reptiliendichte, sondern sind auch bei mitteleuropäischen Verhältnissen möglich. Wie zum Beispiel der Forschungsauftrag 2004/201 VSS [67] aufgezeigt hat, können zudem auch Lärmschutzwände entlang von Verkehrsträgern sowohl eine negative Wirkung auf die Lebensraumqualität (Schattenwurf) haben als auch eine unüberwindbare Barriere bilden.

Auf der Stufe von Einzelarten sei an dieser Stelle aus der Gruppe der grösseren Wildsäuger noch auf Wolf, Luchs, Bär und Wildkatze eingegangen. Angesichts ihrer kleinen Bestände sind diese Zahlen jedoch gering. Bezogen auf den Anteil der Verkehrsmortalität an der bekannten Gesamtmortalität fällt jedoch auf, dass sich insbesondere beim Bär und bei der Wildkatze Verkehrsunfälle relevant auf die Populationsentwicklung und Ausbreitung auswirken können. Herrmann & Mathews [66] stufen den Verkehr (Bahn und Strasse) als eindeutig wichtigste Mortalitätsursache für diese zwei Arten ein. Klaus et al. (2012) [67] bezeichnen bei mindestens 71 % der tot aufgefundenen Wildkatzen den Strassenverkehr als Ursache. Bastianelli et al. [69] haben anhand von besenderten Wildkatzen in mehreren Ländern Europas eine verkehrsbedingte Mortalitätsrate von 57 % festgestellt. Besonders gravierend können sich Unfälle dann auswirken, wenn davon einwandernde Einzeltiere oder adulte Tiere betroffen werden.

Zu verkehrsbedingter Mortalität kann es auch bei primär baumbewohnenden Arten kommen (Handbook [55]). Anders als etwa in tropischen oder subtropischen Ländern ist deren Artenvielfalt in Mitteleuropa deutlich geringer. Zudem fehlen gezielte und ausführliche Untersuchungen sowie Erfahrungen hierzu. Besonders innerhalb von Waldbeständen und im Bereich von bevorzugten Lebensräumen einzelner Arten können jedoch gezielte Massnahmen Sinn machen [56]. Die wenigen vorhandenen Angaben – etwa Fey et al. 2016 [70] zum Eichhörnchen – lassen vermuten, dass der Verkehr keinen übergeordneter Mortalitätsgrund darstellt. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass der Verkehr die Lebensraumvernetzung auch bei dieser Art negativ beeinflusst. Weiter ist davon auszugehen, dass besonders aus Sicht des Artenschutzes relevante Arten wie die Haselmaus oder der Siebenschläfer erhebliche Verluste erleiden.

Unzweifelhaft sehr hoch – und seit Jahrzehnten bekannt – sind die Folgen von Verkehrswegen auch für die Artengruppe der Wirbellosen. Es gilt die Mortalitätsrate durch den Verkehr zu erwähnen, welche sich etwa bis vor einigen Jahren im Sommer nach jeder Fahrt mit dem Auto auf der Windschutzscheibe ablesen liess. Einer Untersuchung von McKenna et al. [71] zu Folge wurde im Bundesstaat Illinois bereits Ende des letzten Jahrhunderts die Todesrate von Lepidopteren auf über 20 Millionen pro Woche geschätzt. Pfister et al. [72] ihrerseits halten fest, dass von drei eine Strasse querenden Schmetterlingen dies nur Zweien gelingt. Trotz dieser hohen direkten Mortalitätsrate durch den Verkehr erscheint eine spezifische Betrachtung im Rahmen der einzelnen Normen «Fauna und Verkehr» kaum zielführend bzw. umsetzbar zu sein. Die Ausnahme bilden konkrete Schutzmassnahmen im Zusammenhang mit der Strassenbeleuchtung – welche auch für die Artengruppe der Fledermäuse wichtig sind. In Abhängigkeit von der Lichtquelle bzw. des Lichtspektrums kann es zu einer zusätzlichen hohen Mortalität kommen. Eisenbeis & Hassel [73] sprechen von 150 Billionen aufgrund von Beleuchtung verendeten Insekten während eines Sommers in Deutschland. Gleichzeitig ist es angezeigt, dass diese Artengruppe mit ihren Lebensraumansprüchen und ihrer unbestritten hohen ökologischen Bedeutung insbesondere im Rahmen der Planungsphase von Infrastrukturprojekten – u. a. Umwelt- und Umweltverträglichkeitsberichten – einen höheren Stellenwert geniessen soll. Bezüglich der Wirkungen der Strassenbeleuchtung werden die Bedürfnisse der Insekten durch Massnahmen zu Gunsten der Fledermäuse mitabgedeckt. Weiter sei an dieser Stelle da-

rauf hingewiesen, dass die die Verkehrswege begleitenden Grünräume für Wirbellose einen hohen ökologischen Wert darstellen können (siehe etwa ASTRA-Richtlinie 18007 [2] oder Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz [38]).

Verkehrswege bzw. damit zusammenhängende, gewässerquerende Bauwerke können schliesslich auch für Fische indirekte negative Folgen haben, indem diese ihren Lebensraum unterbrechen können [56].

Bei der Betrachtung der Fallwildzahlen in der Schweiz aus dem Jahre 2019 (BFS [74]) wird deutlich, dass die aktuellen Normen mit der Berücksichtigung der relevanten bzw. häufigsten mittleren und grösseren Wildsäugerarten grundsätzlich richtig liegen. Wie die Tab. 2 zeigt, ist der Strassenverkehr für die meisten aufgeführten Tierarten (neben der Jagd) eindeutig der Hauptgrund für die Mortalität (Reh, Wildschwein, Dachs, Fuchs und Feldhase) oder – wie beim Rothirsch – der wichtigste Grund. Die markant geringeren Fallwildzahlen der Bahnen sind zu relativieren. So stehen einem Schienennetz von knapp 5'000 km rund 19'500 km Autobahnen, übrige Nationalstrassen und Kantonsstrassen gegenüber [75]. Wie dies etwa auch in [55] und [114] ausgeführt wird, sind die Mortalitätsraten in Bezug zur Länge des Bahnnetzes zu setzen.

Bezüglich den in der Tab. 2 ausgewiesenen Zahlen gilt es grundsätzlich festzuhalten, dass nicht alle angefahrenen Tiere gemeldet oder aufgefunden werden. Angesichts dieser Tatsache dürften darum die effektiven Zahlen deutlich höher liegen.

Tab. 2 Fallwildzahlen ausgewählter Arten 2019 in der Schweiz (BFS [74]) – Prozentwerte beziehen sich auf den Fallwildanteil im Zusammenhang von Strasse/Bahn an der Gesamtzahl aufgefundener Tiere

	Total	Strasse	%	Bahn	%	Total %
Rothirsche	1'516	427	28	148	10	38
Rehe	16'456	8'756	53	512	3	56
Gämsen	1'535	30	2	9	1	3
Wildschweine	1'049	741	71	75	7	78
Dachse	4'532	3'369	74	259	6	80
Füchse	13'648	7'125	52	624	5	57
Feldhase	732	521	71	15	2	73

Gleiches – obwohl mit deutlich geringeren Zahlen – gilt auch für die Wildkatze. So handelt es sich bei der Mehrheit der 52 zwischen 2015 und 2020 in der Schweiz gefundenen toten Individuen um Opfer des Strassenverkehrs (Nussberger [76] und Nussberger mdl.). Der Bestand der Wildkatze, eine Art, die Mitte des letzten Jahrhunderts in der Schweiz wohl vollständig ausgerottet war, wird heute auf rund 2'500 Individuen geschätzt – Tendenz zunehmend – und besitzt ihr Hauptverbreitungsgebiet im Jura und angrenzenden Mittelland (siehe Abb. 1) [76]. Gemäss Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel ist die Wildkatze geschützt und gemäss aktueller Roten Liste eine stark gefährdete Art. Im Rahmen der laufenden Aktualisierung der Roten Liste dürfte die Wildkatze aufgrund ihrer Bestandeszunahme neu als «verletzlich» oder allenfalls gar «potenziell gefährdet» eingestuft werden.

Ungeachtet ihrer grossen Anpassungsfähigkeit (Nussberger mdl.) und dem teilweise fehlenden Detailwissen zu den Folgen des Verkehrs auf die Populationsentwicklung der Wildkatze, erscheint es aufgrund ihres Schutzstatus sinnvoll, sie bei der Normenüberarbeitung als Zielart einzustufen und bei einzelnen Massnahmen (z. B. Wildschutzzäune, allenfalls lokal beschränkt) speziell zu berücksichtigen.

Bei der Detailplanung der Massnahmen für die Wildkatze sind jeweils die neuesten Erkenntnisse einzubeziehen. Wichtige Anhaltspunkte liefern u. a. Klar et al. [65].

Gemäss KORA (schriftliche Mitteilung) wurden in der Schweiz seit 1998 55 tote Wölfe registriert. 21 davon (38 %) sind Verkehrsoffer. Auffallend bei dieser Zahl ist, dass es sich lediglich bei drei dieser Verkehrsoffer um adulte Tiere handelte. Entsprechend fallen die Verluste populationsdynamisch weniger ins Gewicht. Gemäss Herrmann & Mathews [66] reicht in verschiedenen Ländern Europas der Anteil von Verkehrsoffern an den Fallwildzahlen von wenigen Prozenten bis zu rund 50 %.

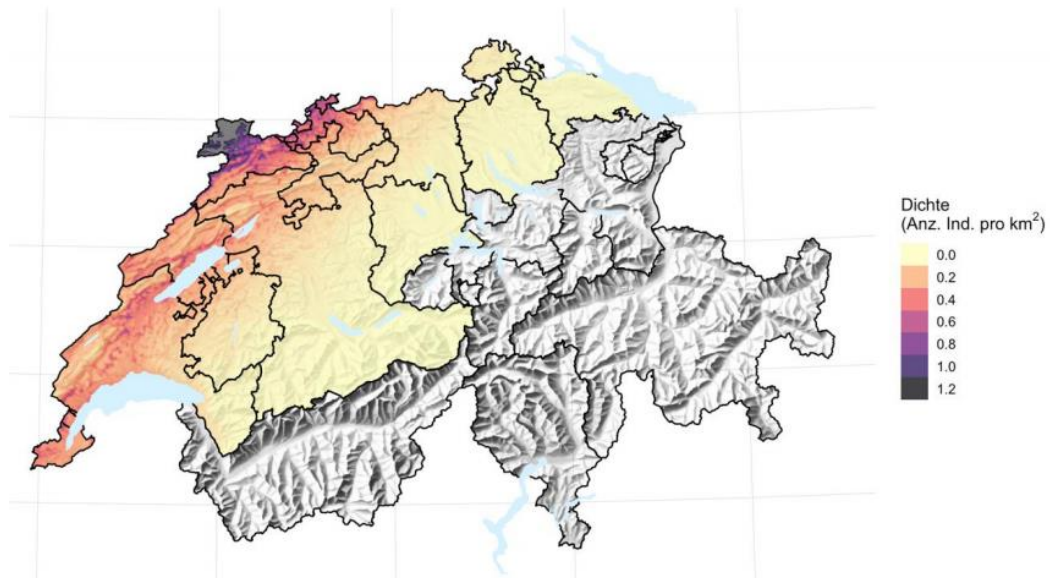


Abb. 1 Modellierte Wildkatzendichte in der Schweiz 2020, nördlich des Alpenkamms (aus Nussberger 2020 [76]).

Auch zum Luchs lieferte KORA (schriftliche Mitteilung) Daten zur Situation in der Schweiz. Zwischen 2011 und 2020 beliefen sich die Totfunde beim Luchs auf 213 Tiere. Verkehrsergebnisse waren in 78 Fällen die Todesursache (37 %). In älteren Publikationen aus Frankreich (Stahl & Vandell [77]) und dem schweizerischen Jura (Schmidt-Posthaus et al. [78]) werden bei Totfunden Anteile von 50 % bzw. 47 % dem Verkehr angelastet.

Fallwildzahlen für Kleinsäuger und andere Kleintiere gibt es in dieser Form nicht. Die Auffindwahrscheinlichkeit verendeter Tiere ist – etwa mit Ausnahme des Igels – grundsätzlich äusserst gering. Entsprechend fehlen diesbezüglich Anhaltspunkte. Auch von den bekannten Bestandesgrössen und der Verbreitung lassen sich keine Hinweise ableiten, ob und welche zusätzliche Zielarten dieser Artengruppe definiert werden sollten. Die Ausnahme bilden Amphibien, bei welchen die Zahl der Totfunde Hinweise zur Bestimmung der Zugstellen liefern.

Unklar ist im Moment auch der Umgang mit dem sich in den letzten Jahren ausbreitenden Fischotter und dem Biber, zu welchen ebenfalls Fallwildhinweise vorhanden sind (bezogen auf den Bahnverkehr [45]). Zwar kann auch bei diesen Arten die Verkehrsmortalität – insbesondere im Bereich von Gewässerdurchlässen – einschneidende negative Folgen haben (Herrmann & Mathews [66]), aktuell ist jedoch nicht absehbar, ob ihre alleinige spezifische Berücksichtigung im Rahmen der Vorgaben in der VSS 40 696 [14] ausreicht.

Diskussion/Fazit

Die in den aktuell geltenden Normen getroffene Auswahl der Zielarten bzw. Zielartengruppen zur Festlegung der Mehrheit der Massnahmen kann als zielführend betrachtet werden. Aufgrund des aktuellen Stands des Wissens gilt es jedoch in Zukunft zusätzliche Schutzmassnahmen für die Artengruppe der Fledermäuse und Vögel sowie für die Wildkatze und den Luchs zu treffen. Gleichzeitig ist es wichtig, gezielt und systematisch zu analysieren, ob bereits beschriebene Schutzmassnahmen zu Gunsten des Fischotters, des Bibers und

der Wasserorganismen genügen oder allenfalls zusätzliche zu ergreifen sind. Weiter werden systematische Untersuchungen zu den Wirkungen der Verkehrsmortalität auf kleinere Arten wie Haselmaus, Siebenschläfer oder Igel als dringend eingestuft. Diese sind unerlässlich, um zu entscheiden, ob und welche Schutzmassnahmen zu Gunsten dieser Arten ergriffen werden müssen.

3.3 Schutzmassnahmen für die terrestrische und amphibische Fauna und deren Effektivität

Wie im Kapitel 1 ausgeführt, waren für die Definition von Schutzmassnahmen am Anfang Sicherheitsaspekte für die Verkehrsteilnehmer*innen der Auslöser (VSS 40 693a, Wildschutzzäune [4]). Heute stehen mit der VSS 40 694 (Schutzmassnahmen [11]), VSS 40696 (Gewässerdurchlässe [14]), 40 698a [12] und 40 699a [13] (beides Normen zum Amphibienschutz) zusätzlich vier umfangreiche Normen zur Verfügung, welche, neben dem Schutze des Menschen, die Fauna und ihre möglichst uneingeschränkte Lebensraumnutzung zum Inhalt haben. Im Folgenden werden gegliedert nach Bauwerks- bzw. Massnahmentyp die gemachten Erfahrungen sowie daraus abgeleitete mögliche Anpassungen dargestellt. Hintergrund sind dabei primär die diesbezüglichen Inhalte der überarbeiteten Version von [55] sowie [53] und [56]. In Einzelfällen wird zur Vertiefung zudem auf weiterführende Literatur verwiesen.

Spezielle Schutzmassnahmen entlang von nicht eingezäunten Verkehrswegen werden im Kapitel 3.6 separat behandelt.

3.3.1 Multifunktionale Bauwerke

Der Begriff „multifunktionales Bauwerk“ lehnt sich an die diesbezüglichen Ausführungen im European Handbook [56] an. In den aktuell gültigen Normen wird von „nicht spezifischen Bauwerken“ gesprochen. Im vorliegenden Kapitel werden mit Ausnahme der Gewässerdurchlässe alle nicht speziell für die Nutzung durch die Fauna konstruierten Bauwerke zusammengefasst, welche jedoch unter gewissen Umständen auch von dieser mitgenutzt werden. Es handelt sich dabei in erster Linie um kleinere Verbindungsstrassen, Waldstrassen und übergeordnete Verkehrswege querende Feldwege. Ihre primäre Funktion dient also dem Menschen (z. B. Langsamverkehr, Landwirtschaft). Mittels teilweise einfacher Massnahmen lassen sich solche Bauwerke jedoch derart umgestalten, dass sie potentiell auch einzelnen oder mehreren Organismengruppen die Querung von Verkehrswegen erlauben (siehe Abb. 2) und entsprechend als multifunktionale Bauwerke mit einer zusätzlichen Fauna-Funktion bezeichnet werden können. Je geringer die Nutzungsfrequenzen durch Menschen sind, desto häufiger und besser werden diese Bauwerke durch die Fauna mitgenutzt.

Analyse

Wie dies u. a. Trocmé, Krause & Rieder [41] aufzeigen, werden diese Bauwerke immer wieder von verschiedenen Tierarten zur Querung der Verkehrsträger genutzt. Die Nutzungsfrequenz durch die Fauna hängt dabei primär von der Standortwahl, der Dimension des Bauwerks und der Beschaffenheit des Bodensubstrats (Teerbelag, Kies, Naturboden), dem Vorhandensein von Vernetzungselementen sowie der Nutzungsintensität durch Menschen ab. Schmellenkamp und Tegehof [87] haben zur Beurteilung der Vernetzungseignung von Brücken detaillierte Beurteilungskriterien erarbeitet. Aufgrund einer strukturierten Luftbildauswertung im Auftrag des ASTRA [79] wurde aufgezeigt, dass weit über die Hälfte aller die schweizerischen Autobahnen querenden Bauwerke potentiell auch von der Fauna genutzt werden könnten bzw. sich mittels geringfügiger Anpassungen dahingehend aufwerten lassen. An dieser Stelle muss jedoch unterstrichen werden, dass multifunktionale Bauwerke mit Fauna-Funktion zwar die Grunddurchlässigkeit von Verkehrsträgern erhöhen können, jedoch keinen vollwertigen Ersatz für Wildtierpassagen darstellen.



Abb. 2 Beispiel einer Überführung, welche mittels eines Grünstreifens als multifunktionales Bauwerk für die Fauna umgestaltet wurde.

Die Tab. 3 und die folgenden Abschnitte fassen die wichtigsten Bauwerkstypen zusammen und erörtern deren Nutzungspotential für die verschiedenen Faunakategorien. Diese Tabelle wurde auf der Basis der eingangs erwähnten Publikationen sowie [55], [56], [82], [83], [84], [85], [86], [87], [88], [89], [90], [91], [92], [109] und eigenen Erfahrungen zusammengestellt. Die effektive Nutzung der Bauwerke hängt von der Realisierung der verschiedenen faunabezogenen Aufwertungsmassnahmen auf und in den Bauwerken und ihrer nächsten Umgebung ab.

Detailangaben zur Artengruppe der Fledermäuse finden sich in den Kapiteln 3.4.1 und 3.4.2.

Multifunktionale Unterführungen

Bei dieser Bauwerkskategorie sind für die Fauna insbesondere *Unterführungen mit einem Feldweg* wichtig – zu landwirtschaftlichen Tätigkeiten befahren oder der Querung von Gross- und Kleinvieh dienend. Diese Querungsmöglichkeit wird namentlich von Amphibien, Kleinsäugetern, Marderartigen, mittleren Säugetern sowie Luchs, Wolf und auch strukturgebunden fliegenden Fledermäusen häufig genutzt. Bei den Fledermäusen ist dies insbesondere bei Bauwerken mit einer lichten Höhe von über 3 m der Fall. Zudem sind Beobachtungen von Reptilien, Hasenartigen, Rehen, Vögeln und sogar von baumbewohnenden Säugetern und Rothirschen bekannt – bei Letzteren sind optimale Vernetzungsmassnahmen in der Umgebung besonders wichtig. Das hohe Querungspotential solcher Bauwerke wird häufig durch untergestellte Fahrzeuge oder gelagertes Material eingeschränkt.

Gemäss den konsultierten Arbeiten und eigenen Erfahrungen nutzt die Fauna grössere *Unterführungen mit einem Hartbelag* weitaus seltener. Dies nicht nur wegen der Beschaffenheit des Bodens, sondern auch darum, weil solche Bauwerke in der Regel deutlich häufiger durch Menschen genutzt werden. Konkrete Angaben zur Nutzung durch die Fauna sind selten. Regelmässige Querungsangaben beschränken sich auf Fuchs, Steinmarder und teilweise auch Dachs. Zusätzlich können auch bei diesen Bauwerken strukturgebunden fliegende Fledermausarten immer wieder beobachtet werden, solange die Unterführung nicht beleuchtet ist. Von den meisten anderen Arten und Artengruppen sind lediglich

vereinzelte Querungen bekannt, welche auf ein bedingtes Querungspotential hinweisen. Es ist grundsätzlich davon auszugehen, dass für viele Arten mit zunehmender Breite und Höhe das Potential einer Querung steigt und vereinzelte Querungen von Individuen durchaus möglich erscheinen, sofern die Nutzungsfrequenz durch den Menschen klein ist. In Trocmé & Krause [46] wird als kleine Nutzungsfrequenz weniger als 100 Fahrzeuge pro Nacht angegeben. Inwieweit dieser Wert verallgemeinert werden kann, ist unklar. Diesbezüglich weitergehende und übertragbare Informationen wurden nicht gefunden.

Unterführungen mit einem Hartbelag besitzen dann ein ähnliches Nutzungspotential für die Fauna wie die oben beschriebenen Unterführungen von Feldwegen, wenn diese über einen *separaten Bereich mit einem Naturboden oder Kiesbelag entlang der Ränder* verfügen [55]. Die effektiven Nutzungsfrequenzen hängen selbstredend auch in diesem Fall primär von der Nutzungsfrequenz des Menschen und der Einbindung des Bauwerks an ein ökologisches Netzwerk ab.

Allen Unterführungstypen gemein sind Erfahrungen, wonach Blendschutzmassnahmen entlang des Verkehrsträgers – und nach Möglichkeit noch darüber hinaus – das Nutzungspotential erhöhen. Gleichzeitig gibt es bei Hochleistungsstrassen Hinweise, dass bei Bauwerken über Strassen mit sehr hohen Nutzungsfrequenzen die Blendschutzmassnahmen ihr Ziel nicht erreichen [41].

Gewässerdurchlässe

Zur Gruppe der multifunktionalen Bauwerke gehören auch Gewässerdurchlässe. Angesichts ihrer grossen Bedeutung und der Tatsache, dass ihnen mit VSS 40 696 [14] bereits eine Norm gewidmet ist, werden sie separat im Kapitel 3.3.2 behandelt.

Viadukte und Talbrücken

Aufgrund ihrer Konzeption – Überbrückung von Tälern, grösseren Gewässern oder bautechnisch schwierigem Gelände (etwa Feuchtgebiete) – und ihren Dimensionen mit bis zu mehreren 100 m Länge bieten Viadukte und Talbrücken allen Arten und Artengruppen grundsätzlich ein hohes Querungspotential. Blendschutzmassnahmen können dieses weiter erhöhen. Der Fauna stehen hier häufig grosse, teilweise naturnahe Flächen zur Querung der Verkehrswege zur Verfügung. Die Funktionalität der Querungsmöglichkeiten wird jedoch häufig durch Drittnutzungen – gelagerte Fahrzeuge und Material, Gehege mit Schafen oder gar nachträglich erstellte Gebäude – geschmälert, wenn nicht vollständig unterbunden.

Multifunktionale Überführungen

Primär in Abhängigkeit der Nutzungsfrequenzen des Menschen werden *Überführungen mit reinem Naturboden bzw. Kiesbelag* von den meisten Arten und Artengruppen immer wieder genutzt. Das Nutzungspotential ist gegenüber Unterführungen bei zahlreichen Artengruppen höher einzustufen – insbesondere bei den direkten Sonnenlicht bevorzugenden Reptilien. Bei Schalenwildarten (Wildschwein, Reh, Rothirsch), welche Überführungen grundsätzlich bevorzugen, wurden bei Bauwerken mit einem seitlichen Blendschutz mehr Querungen festgestellt. Solche Blendschutzmassnahmen können im Weiteren als Leitelemente auch Querungen von strukturgebunden fliegenden Fledermäusen fördern (siehe etwa [50]).

Nur selten können Faunaquerungen bei *Überführungen* registriert werden, welche nur *mit einem Hartbelag* versehen sind. Regelmässige Querungshinweise sind in erster Linie von Steinmardern, Fuchs und Dachs bekannt. Beschränkt auf kleinere Bauwerke, mit häufig geringem Verkehrsaufkommen auch ausserhalb der Nachtstunden, können zusätzlich auch immer wieder Reptilien, Kleinsäuger und strukturgebunden fliegende Fledermäuse nachgewiesen werden. Mit dem Einbau eines Grünstreifens – als ca. 1 m breites begrüntes Kiesband oder, v. a. in Hinblick auf die Nutzung von grösseren Arten, als 2–4 m breiter teilweise bestockter Streifen mit Kleinstrukturen ausgebildet – nimmt der Umfang des das Bauwerk nutzenden Artenspektrums besonders bei Kleintieren markant zu und kann bei besonders günstigen Voraussetzungen Individuen mehr oder weniger aller terrestrischen

und flugfähigen Arten/Artengruppen umfassen. Bei zunehmender Bauwerksbreite und damit einhergehenden Fahrzeugfrequenzen, welche sowohl bei den tag- als auch nachtaktiven Arten zu grösseren Mortalitätsraten beitragen, nimmt das Nutzungspotential stark ab.

Tunnelstrecken

Querungen oberhalb von Tunneln (im Tagbau oder bergmännisch erstellt) können grundsätzlich von allen Arten/Artengruppen überquert werden. Für Wasserorganismen braucht es allerdings ein hindernisfreies Fliessgewässer. Wie bei den Viadukten und Talbrücken ist es jedoch wichtig, dass die Quermöglichkeiten nicht durch Drittnutzungen geschmälert oder unterbunden werden. Ein gewisses Quermöglichkeitspotential für die Fauna können auch Galerien besitzen. Hauptvoraussetzung dafür ist jedoch, dass der Fauna beidseitig Möglichkeiten zur Verfügung stehen, auf das Bauwerk zu gelangen.

Tab. 3 Potentielle Funktionalität von multifunktionalen Bauwerken für die Fauna – Basis Literaturstudium und eigene Erfahrungen

LEGENDE: √ = ok für diese Art/Artengruppe / (√) mit Vorbehalt ok oder nicht ganz klar / - = nicht geeignet, XX = keine Angaben / Openness (O) = Höhe x Breite / Länge

	Land- Insekten	Wasser- organismen	Amphibien	Reptilien	Klein- säuger	Baum- bewohnende Säuger	Marder- artige	mittlere Säuger	Biber
Bauwerke					Mäuse, Spitzmäuse, Ratten	Eichhörnchen, Haselmaus, Schläfer, Baummarder		Dachs, Fuchs, Igel, Hasenartige	
Unterführung Feldweg mit Naturbelag (meistens B < 5 m)	√	-	√	(√)	√	(√)	√	√ / √	(√)
Unterführung mit Hartbelag B < 5 m	xx	-	(√)	-	xx	-	√	√ / -	-
Unterführung mit Hartbelag B > 5 m	√	-	-	(√)	(√)	(√)	√	√ / (√)	xx
Unterführung mit separatem Bereich für Wildtiere (minimal > 2 m)	√	-	√	√	√	(√)	√	√ / √	xx
Kleiner Gewässerdurchlass B < 1 m, mit Bermen	xx	> 60 cm Gerinnebreite	√	xx	(√)	-	(√)	√ / -	-
Grosser Gewässerdurchlass B > 5 m, mit Bermen	xx	√	√	√	√	(√)	√	√ / √	√
Viadukt und Talbrücke	√	√ mit Fliessgew.	√	√	√	√	√	√ / √	√
Überführung mit Naturbelag (meistens B < 5 m)	√	-	√	√	√	(√)	√	√ / √	(√)
Einspurige Überführung mit Hartbelag	-	-	(√)	(√)	(√)	(√)	√	√ / -	-
Mehrspurige Überführung mit Hartbelag	-	-	-	-	-	-	(√)	(√) / -	-
Überführung mit Verkehrsspuren und Grünbereich (minimal > 1 m für Insekten und Kleintiere, > 2 m für grössere Arten)	√	-	√	√	√	xx	√	√ / √	xx
Tunnelstrecken der Verkehrsträger	√	√ mit Fliessgew.	√	√	√	√	√	√ / √	√

	Fisch- otter	Wild- schwein	Wildkatze	Luchs	Wolf	Reh, Gämse	Rot- hirsch	Vögel	Fledermäuse struktur- gebunden	Fledermäuse hoch fliegend
Unterführung Feldweg mit Naturbelag (meistens B < 5 m)	xx	-	(√)	√	√	(√)	(√)	(√)	√ H ≥ 3 m	-
Unterführung mit Hartbelag B < 5 m	-	-	-	-	(√)	-	-	(√)	√ H ≥ 3 m	-
Unterführung mit Hartbelag B > 5 m	xx	(√)	(√)	(√)	(√)	(√)	-	(√)	(√)	√ H ≥ 4.5 m, B = 4–6 m
Unterführung mit separatem Bereich für Wildtiere (minimal > 2 m)	xx	√ H ≥ 2.5 m	√	√	√	√ H ≥ 3.5 m O = 1.75	√ H ≥ 5 m O = 5	(√)	√ H ≥ 3 m	√ H ≥ 4.5 m, B = 4–6 m
Kleiner Gewässerdurchlass B < 1 m, mit Bermen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grosser Gewässerdurchlass B > 5 m, mit Bermen	√	√	√	√	√	√	√	(√)	√ H ≥ 3 m	-
Viadukt und Talbrücke	√	√	√	√	√	√	√	√	H ≥ 3 m	√ H ≥ 4.5 m, B = 4–6 m
Überführung mit Naturbelag (meistens B < 5 m), Angabe Höhe bezieht sich auf Blendschutz	(√)	√ H ≥ 1.6 m	√	√	√	√ H ≥ 1.6 m	(√) H ≥ 2 m	√	(√)	-
Einspurige Überführung mit Hartbelag	-	-	-	-	-	-	-	√	(√)	-
Mehrspurige Überführung mit Hartbelag	-	-	-	-	-	-	-	√	(√)	-
Überführung mit Verkehrsspuren und Grünbereich (minimal > 1 m für Insekten und Kleintiere, > 2 m für grössere Arten)	√	√ B ≥ 1.6 m	√ B ≥ 1.6 m	√ B ≥ 1.6 m	√ B ≥ 1.6 m	√ B ≥ 1.6 m	(√) B ≥ 2 m	√	√	√
Tunnelstrecken der Verkehrsträger	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Zusammenfassung aller multifunktionalen Bauwerkstypen

Auch Iuell [56] fasst aufgrund einer Expert*innen-Befragung die potentielle Funktionalität von multifunktionalen Bauwerken für die Fauna grob in einer Tabelle zusammen. Wie der Vergleich der Tab. 3 und Tab. 4 zeigt, stimmen diese weitgehend überein.

Tab. 4 Potentielle Funktionalität von multifunktionalen Bauwerken für die Fauna – Expert*innen-Befragung, aus [53])

● optimale Lösung / ○ Funktionalität mittels Massnahmen möglich / -- nicht geeignet / ? unbekannt, zusätzlich Untersuchungen notwendig / 1 falls genügend Feuchtigkeit und Leitelemente vorhanden sind.

	Multiuse overpasses	Adapted Viaducts and river crossings	Multiuse underpasses	Adapted culverts
Moose, Red deer	○	●	○	—
Roe deer, Chamois	○	●	○	—
Wild boar	○	●	○	○
Brown bear	○	●	○	—
European lynx	○	●	○	○
Wolf	●	●	●	—
Fox	●	●	●	●
Wildcat	●	●	●	●
Badger	●	●	●	●
Otter, European mink	○	●	●	●
Marten, Stone marten	●	●	●	●
Other small mustelid	●	●	●	●
Genet	●	●	●	○
Lagomorphs				
Hare	●	●	●	○
Rabbit	●	●	●	○
Insectivores				
Hedgehogs	●	●	●	○
Shrews	●	●	●	○
Rodents				
Red squirrel	●	●	●	—
Dormice	○	●	?	—
Mice, voles	●	●	●	○
Beaver	○	●	●	●
Bats	●	●	○	○
Snakes, Lizards	●	●	○	○
Lizards	●	●	○	○
Tortoises	●	●	○	—
Amphibians	○1	●1	○1	○1
Fish	—	—	—	—
Invertebrates dry habitats	●	●	○	—
Invertebrates humid habitats	○	●	○	○

Je nach Bauwerkstyp sind, neben einer möglichst geringen Nutzungsfrequenz durch den Menschen – mit Fahrzeugen unterwegs, zu Fuss mit oder ohne Hund – folgende Rahmenbedingungen zur Erreichung eines möglichst hohen Nutzungspotentials von besonderer Bedeutung:

Multifunktionale Unterführungen für die Fauna

- Vorhandensein oder Erstellen von ökologischen Vernetzungselementen beidseits des Bauwerks.
- Die natürlichen Habitate oder Vernetzungselemente sollten nach Möglichkeit von der gegenüberliegenden Seite sichtbar sein.
- Zwischen dem Bauwerk und den nahtlos angrenzenden Vernetzungselementen sind Barrieren zu vermeiden bzw. bestehende Hindernisse zu entfernen.
- Wo immer möglich – insbesondere bei Forst- und Landwirtschaftswegen – ist die Unterlage im Bauwerk und seiner unmittelbaren Umgebung flächig naturnah auszubilden – Naturboden oder unbefestigt.
- Wo der Fahrbereich mit Hartbelag ausgeführt werden muss, ist darauf zu achten, dass möglichst beidseitig ein minimal 1 m breiter naturnaher Streifen vorhanden ist.
- Randlich bzw. im Bereich des naturnahen Streifens innerhalb des Bauwerks sind Strukturelemente anzulegen (z. B. Wurzelstrünke, Steine, Steinhäufen).
- Entlang des Verkehrsträgers sind mindestens im Bereich des Bauwerks Blendschutzmassnahmen zu ergreifen (z. B. mittels einer Holzwand).
- Jegliche Drittnutzungen – etwa durch abgestellte Fahrzeuge oder anderes Material – sind zu verbieten.

Multifunktionale Überführungen für die Fauna

- Vorhandensein oder Erstellen von ökologischen Vernetzungselementen beidseits des Bauwerks.
- Zwischen dem Bauwerk und den nahtlos angrenzenden Vernetzungselementen sind Barrieren zu vermeiden bzw. bestehende Hindernisse zu entfernen.
- Wo immer möglich – insbesondere bei Forst- und Landwirtschaftswegen – ist die Unterlage auf dem Bauwerk und seiner unmittelbaren Umgebung flächig naturnah auszubilden – Naturboden oder unbefestigt.
- Wo der Fahrbereich mit Hartbelag ausgeführt werden muss, ist darauf zu achten, dass möglichst beidseitig ein minimal 1 m bzw. bei Zielarten wie Reh, Wildschwein, Rothirsch, baumbewohnenden Säugern und strukturgebunden fliegenden Fledermäusen ein 2–3 m breiter, naturnaher Streifen vorhanden ist.
- Die Randbereiche von Bauwerken mit Naturbelag und die Randstreifen von Bauwerken mit Hartbelag und Zielarten wie Reh oder Rothirsch sollten über eine Bodenschicht von mindestens 20 cm verfügen. In den übrigen Fällen genügen 10 cm.
- Die naturnahen Randbereiche sind zu begrünen – mit einer angepassten Samenmischung – und bei Zielarten wie Reh, Wildschwein, Rothirsch, baumbewohnenden Säugern und strukturgebunden fliegenden Fledermäusen zusätzlich mit einer lockeren Strauchbestockung zu versehen.
- Bei zu erstellenden Bauwerken sind die naturnahen Randstreifen insofern bereits bei der Planung zu berücksichtigen, als ihre Breite zu jener der verkehrstechnisch notwendigen Bauwerksbreite dazu addiert werden muss. Falls dies aus bautechnischen oder anderen Gründen notwendig ist, können die Randstreifen gebündelt auf einer Bauwerksseite erstellt werden. Der so breiter ausgebildete Randstreifen kann auch für die Fauna Vorteile bringen.
- Mindestens entlang des Bauwerks sind Blendschutzmassnahmen zu ergreifen (z. B. mittels einer Holzpallisade). Die Dimensionierung richtet sich nach den Bedürfnissen der Zielarten, der Dimension des Bauwerks und soll sich nach Möglichkeit gleichzeitig nach den entsprechenden Vorgaben der Norm VSS 40 693 [4] richten.
- Randlich bzw. im Bereich des naturnahen Streifens sind Strukturelemente anzulegen (z. B. Wurzelstrünke, Steine, Steinhäufen).
- Die zuführenden „Rampen“ auf die Überführung sollten nicht zu steil sein (> 25–30 %).

Viadukte, Talbrücken, Tunnelstrecken und Galerien für die Fauna

- Jegliche Drittnutzungen, welche die Fauna an der Nutzung der Freiflächen hindern, sind zu vermeiden. Eine diesbezügliche raumplanerische Sicherung sowie Hindernisse, die eine Nutzung verhindern, sind die zielführendsten und nachhaltigsten Lösungen.
- Die Lebensraumsituation unter oder über dem Verkehrsträger ist möglichst naturnah zu erhalten, wiederherzustellen oder neu zu gestalten.
- Viadukte und Talbrücken haben eine Minimalhöhe über Boden einzuhalten, welche unterhalb des Bauwerks eine lebensraumspezifische Vegetationsentwicklung erlauben – mindestens 5 m bei bestockungsfreier Vegetation, mindestens 10 m über bestockten Flächen.
- Entlang von weniger als 10 m hohen Viadukten und Talbrücken sind mindestens im Bereich des Bauwerks Blendschutzmassnahmen zu ergreifen (z. B. mittels einer Holzwand).
- Entlang der offenen Seite einer Galerie sind für die Fauna Zugangsmöglichkeiten auf die Überdeckung zu errichten. Je nach Zielart können dies Gittersteinkörbe, schmälere oder breitere Rampen sein.

Diskussion/Fazit

Grundsätzlich ist es generell wichtig, bei jedem multifunktionellen Bauwerk, welches sich innerhalb einer ökologischen Infrastruktur befindet, Massnahmen zu ergreifen. Bauwerke, deren Umgebung bereits Vernetzungselemente aufweisen und in erster Linie der Forst- und Landwirtschaft dienen – mit entsprechend geringen nächtlichen Verkehrsfrequenzen – sind prioritär zu behandeln. Solche Massnahmen sind auch ausserhalb der wichtigen Vernetzungsachsen der Fauna grundsätzlich anzustreben.

Im European Handbook [56] werden bauliche Massnahmen bei multifunktionalen Unterführungen lediglich für Bauwerke mit Breiten von > 10 m empfohlen. Aus unserer Sicht kann diese Empfehlung in der Schweiz nur bedingt gelten. Sofern eine grössere Openness gleichbedeutend mit höherem Verkehrsaufkommen ist, könnten namentlich störungsanfällige Arten wie Wildschwein, Rothirsch oder Wildkatze durch diese Störungen von Querungen abgehalten werden.

Die oben aufgeführten Massnahmen entsprechen zu einem grossen Teil jenen, die in der Schweiz in der Vergangenheit angewendet worden sind und teilweise Teil der geltenden Normierung sind [11]. Bei einigen Bauwerkstypen sind die Angaben allerdings sehr rudimentär, so dass bei der Umsetzung häufig Fragen entstehen. Entsprechend ist eine ergänzende Information und mit Abbildung erläuterte Darstellung sinnvoll.

An dieser Stelle gilt es weiter festzuhalten, dass faunistisch aufgewertete multifunktionale Unter- und Überführungen gegenüber faunaspezifischen Bauwerken in der Regel deutlich geringere Nutzungswerte aufweisen [55]. Im Sinne einer Verbesserung der Grunddurchlässigkeit sollten zudem auch ausserhalb des ökologischen Netzwerkes alle sich bietenden Möglichkeiten zur faunistischen Aufwertung von Bauwerken ergriffen werden. Weiter gilt es Beobachtungen vertieft zu untersuchen, wonach die Nutzung von multifunktionalen Bauwerken für die Fauna nicht nur von deren möglichst fachgerechten Ausgestaltung und Vernetzung mit der Umgebung abhängt, sondern auch mehr oder weniger stark vom Verkehrsaufkommen des gequerten Verkehrsträgers abhängt (vgl. [41]).

3.3.2 Gewässerdurchlass

Gewässerdurchlässe besitzen grundsätzlich ein hohes Vernetzungspotential – und werden entsprechend bei der ökologischen Infrastruktur berücksichtigt, weil Gewässer für zahlreiche aquatische, amphibische und terrestrische Arten und Artengruppen ein wichtiges Basis-Vernetzungssystem darstellen. Gleichzeitig fehlten bis vor ein, zwei Jahrzehnten Angaben und Empfehlungen dazu, wie faunagerechte Gewässerdurchlässe zu gestalten sind sowie bestehende Bauwerke zu sanieren sind. Die aktuelle Norm zu Gewässerdurchlässen [14] geht primär auf einen 2008 abgeschlossenen Forschungsauftrag des VSS zurück [39]. Aufgrund ihrer breiten Abstützung auf umgesetzte Projekte sowie Wirkungskontrollen und

Expert*innen-Wissen sind für die folgenden Ausführungen, neben eigenen Erfahrungen mit der Anwendung der VSS-Norm zu Gewässerdurchlässen [14], insbesondere die Ausführungen von Jedrzejewski [37], Van der Ree [55] und dem European Handbook [56] rahmende.

Analyse

Bei der Planung eines neuen Bauwerks oder von faunaspezifischen Massnahmen bei einem bestehenden ist es vordringlich, dass die hydraulische Funktionalität des Bauwerks und damit auch jene der gequerten Verkehrsträger jederzeit gewährleistet ist. Dabei gilt es nicht zuletzt die erwartete Zunahme von Starkniederschlägen zu berücksichtigen.

Eine weitere wichtige Grundvoraussetzung ist, dass der Unterhalt des Bauwerkes sowohl die hydrologische als auch faunistische Funktionalität nachhaltig sichert. Um dieses Ziel erreichen zu können, muss der Durchlass – wenn auch unter erschwerten Bedingungen – begehbar sein. Dies ist bei Bauwerken mit einem Durchmesser von < 1 m kaum möglich. Entsprechend sollen in solchen Bauwerken nur in Ausnahmefällen faunistische Massnahmen ergriffen werden. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn wie bei Ableitungen aus Entwässerungsgräben kein Geschiebetransport zu erwarten ist und somit keine regelmässigen Unterhaltsarbeiten notwendig sind. Sind jedoch regelmässig grosse Geschiebemenngen und damit zusammenhängende Arbeiten zu erwarten, ist ein Querschnitt von 2 m und mehr notwendig. In der Literatur bewegen sich die Vorgaben zur minimalen Dimensionierung von Gewässerdurchlässen bis hin zu einem Querschnitt von über 3 m.

Die faunistischen Massnahmen bei einem Gewässerdurchlass haben zwei Hauptziele. Zum einen soll das Bauwerk einen naturnahen Durchfluss des Gewässers erlauben. Dazu gehören in Hinblick auf die Nutzung durch aquatische Arten eine möglichst naturnahe Ausgestaltung der Sohle und der Gewässerführung sowie die Vermeidung von Abstürzen. Zum anderen muss die amphibische und terrestrische Fauna die Möglichkeit haben – allenfalls mit kurzfristigen Unterbrüchen während Hochwasserperioden – den Durchlass „trocken“ passieren zu können. Auch Amphibien oder der Biber und der Fischotter [110], welche einen grossen Teil ihres Lebens im Wasser verbringen, queren Gewässerdurchlässe nicht schwimmend. Entsprechend ist es wichtig, dass sowohl aus dem Gewässer als auch vom Landlebensraum her die trockene Querungsmöglichkeit im Durchlass erreicht werden kann. Für alle Arten und Artengruppen gilt, dass die Bauwerke möglichst kurz und hell sein sollten.



Abb. 3 Naturnah gestalteter Gewässerlauf (Bild aus [53]).



Abb. 4 Nachträglich montiertes Holzbankett.



Abb. 5 Fuchs quert Gewässerdurchlass auf einem Betonbankett.



Abb. 6 Trockenröhre neben dem Gewässerdurchlass – für Amphibien nicht geeignete Massnahme (Bild aus [53]).

Im Einzelnen sind für aus Sicht der Fauna funktionelle Gewässer folgende Rahmenbedingungen wichtig:

Für die aquatische Fauna – in erster Linie Fische

- Das Gewässer hat über eine naturnahe Sohle und nach Möglichkeit Uferstruktur zu verfügen.
- Die Strömungsverhältnisse und Wassertiefen haben jenen der angrenzenden Gewässerabschnitte zu entsprechen und die Lebensraumsprüche der jeweiligen Zielarten zu erfüllen – unter Umständen sind hierfür im Gewässer Strukturen wie Blöcke einzubauen.
- Durchgehende Abstürze, Stufen oder andere künstliche Hindernisse sind innerhalb des Bauwerks und unmittelbar anschliessend zu vermeiden oder es sind Massnahmen zu ergreifen, dass diese umgangen werden können.
- Es ist zu vermeiden, dass es im Bereich des Gewässerdurchlasses zu übermässiger Geschiebeakkumulation kommt.
- Bei der Dimensionierung eines Gewässerdurchlasses ist zu berücksichtigen, dass die Openness mit zunehmender Länge ebenfalls grösser wird – 0.25 bei $L < 30$ m / 0.5 bei L zwischen 30 und 60 m / 0.75 bei $L > 60$ m.

Für amphibische und terrestrische Fauna

- Möglichst beidseits des Gewässerdurchlasses sind durchgehende Laufflächen zu installieren und an die angrenzenden Uferbereiche anzubinden.
- Die Wahl des Materials der Laufflächen hat sich an den Bedürfnissen der Zielarten/Zielartengruppen zu orientieren und besonders bei bestehenden Bauwerken nach den hydraulischen sowie bautechnischen Rahmenbedingungen zu richten.
- Die Laufflächen müssen mindestens oberhalb der 2-jährlichen Hochwasserlinie angelegt werden. Mittels stufenförmigen Banketten oder der einseitigen Installation höher liegender Laufflächen kann auch bei Spitzenhochwasser eine trockene Querung ermöglicht werden.
- Die Dimensionierung der Laufflächen (Breite und lichte Höhe) hat sich nach den Bedürfnissen der Zielarten/Zielartengruppen zu richten.

Diskussion/Fazit

Gewässerdurchlässe besitzen für eine Vielzahl von Faunagruppen eine sehr grosse Bedeutung. Faunengerecht ausgebildete Gewässerdurchlässe funktionieren zudem im Vergleich zu anderen Querungsbauwerken sehr gut. Insbesondere aufgrund ihrer grossen Bedeutung für die Grunddurchlässigkeit eines Verkehrsträgers sollte grundsätzlich jeder Gewässerdurchlass mit einem Durchmesser von > 1 m – falls häufige maschinelle Unterhaltsarbeiten zu erwarten sind > 2 m – neben seiner hydraulischen Funktion auch der Fauna als Querungsmöglichkeit der Infrastruktur dienen können.

Die oben skizzierten Rahmenbedingungen entsprechen weitgehend den Vorgaben, welche in VSS 40 696 [14] formuliert sind. Einzig bei der Höhe der Lauffläche über der Wasserlinie besteht ein markanter Unterschied. So soll gemäss VSS 40 696 [14] die Lauffläche oberhalb der Niederwasserhöhe angelegt werden, bei der Publikation von CEREMA [53] hingegen ist der Hochwasserstand die Bezugsgrösse. Angesichts der Klimaentwicklung mit häufigeren Starkniederschlägen wird es – trotz bislang guten Erfahrungen mit den Vorgaben der VSS 40 696 [14] – als sinnvoll erachtet, Laufflächen zukünftig höher anzulegen. Inwieweit eine Lage oberhalb HQ 2 zielführend ist, gilt es noch im Detail abzuklären. Als Material der Laufflächen haben sich Beton und Holz bewährt.

3.3.3 Amphibienschutzmassnahmen

Einige Amphibienarten (Kröten, Frösche, Molche) wandern im Frühling von ihren Winterquartieren zu ihren Laichgewässern, um dann weiter zu den Sommerquartieren zu ziehen. Bei diesen Wanderungen legen die Amphibien je nach Art mehrere 100 m bis zu mehreren km zurück. Bei der Querung von Strassen und Wegen werden dabei zahlreiche Tiere überfahren. Bereits Mitte des letzten Jahrhunderts starteten freiwillige Rettungsaktionen. Die wichtigste – und heute an vielen Stellen weiterhin eingesetzte – Massnahme war das Aufstellen von mobilen Zäunen vornehmlich während der Frühlingswanderung zum Laichgebiet. Die Tiere werden damit in Kesselfallen geleitet und so gefangen. Anschliessend können sie über den Verkehrsweg getragen werden. Das Manko dieser Massnahme ist der Umstand, dass die rückwandernden Tiere nicht geschützt werden. In der Vergangenheit wurden während den Frühlingswanderungen teilweise sogar Strassenabschnitte gesperrt.

Eine sichere Querung der Verkehrsträger, auch der rückwandernden Adulten und der Jungtiere, erlaubte aber erst die Installation von fixen Anlagen mit Amphibiendurchlässen. Erste Anlagen wurden bereits in den frühen 80-er Jahren des letzten Jahrhunderts gebaut [43] und 1996 in der ersten Version der VSS-Amphibienschutz-Normen dargestellt ([5], [6], [7]) sowie in den aktuell geltenden vertieft [13]. Die Funktionalität solcher Bauwerke wurde im Rahmen einer breit abgestützten Untersuchung 2017 im Auftrag des BAFU überprüft [43]. Wie eine 2020 erschienene Analyse dieser Massnahmen durch die karch aufzeigt [44], sind Amphibiendurchlässe zusammen mit Leitelementen, welche die Tiere zu den Quermöglichkeiten führen, sowie faunagerechte Bachdurchlässe entlang von Verkehrsträgern – neben dem Schutz der Laichgewässer – die nachhaltigsten Schutzmassnahmen für Amphibien allgemein. Nur diese Massnahmen garantieren einen ganzjährigen Schutz der Wanderrouten. Unerlässlich ist dabei, dass die Massnahmen (Querungsbauwerke und Leitelemente) fachgerecht installiert und regelmässig unterhalten werden.

Zusammen mit den Erfahrungen aus Frankreich [53] ist diese Untersuchung und die Jahrzehnte lange Erfahrung von S. Zumbach (karch) die Basis der folgenden Ausführungen.

Analyse

Grundsätzlich soll an dieser Stelle unterstrichen werden, dass die mobilen Schutzzäune im Frühling – trotz ihrem Manko bzgl. ihrer zeitlich beschränkten Wirkung – vielerorts die einzig praktikable Massnahme darstellen und damit für den Amphibienschutz unerlässlich bleiben.

Bei den fixen Amphibienschutzmassnahmen mit Amphibiendurchlässen gibt es zwei Systeme. Der sogenannte Einweg-Durchlass beschränkt mittels einem Fallschacht die Bewegung in eine Richtung. Tiere, welche die Gegenrichtung einschlagen, landen in einer Sackgasse. Der Zweiweg-Durchlass seinerseits erlaubt eine Nutzung von beiden Seiten her. Der gleiche Durchlass steht damit den Tieren für die Hin- und Rückwanderung zu und von den Laichgewässern zur Verfügung. Nicht zuletzt Brenneisen und Szallies [43] haben aufgezeigt, dass aufgrund der gegebenen Funktionalität, der gleichzeitig einfacheren Konstruktion und dem aufwandärmeren Unterhalt in der Regel der Zweiweg-Durchlass einzusetzen ist. Zudem wird dieser Bauwerkstyp auch von Kleinsäugern und Reptilien regelmässig genutzt. Derart ausgebildete Amphibiendurchlässe müssen grundsätzlich über funktionelle Leitelemente verfügen sowie mit einer Umkehrschleife und einer Prallplatte ausgerüstet sein. Die Zahl der im Laufe der letzten Jahrzehnte gebauten fixen Anlagen reicht für den Schutz der Amphibien bei Weitem noch nicht aus. So weist die karch schweizweit

über 1900 Verkehrswege querende Amphibienzugstellen aus ([Amphibienwanderungen \(karch.ch\)](#) [111], [44]).

Zur optimalen Funktionalität der primär auf bekannte Amphibienzugstellen zu beschränkenden fixen Amphibienschutzmassnahmen sind folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

- Fixe Amphibienschutzmassnahmen brauchen in der Regel mehrere Amphibiendurchlässe und in jedem Fall Leitelemente, eine Umkehrschlaufe und eine Prallplatte.
- Leitelemente sollen in der Regel so nahe wie möglich an die Verkehrsinfrastruktur gelegt und mittels Leitplanken gesichert werden. Die Linienführung soll möglichst gerade sein.
- Leitelemente müssen möglichst dauerhaft sein sowie glatte Oberflächen besitzen und keine potentielle Gefahr für die Tiere darstellen. Vor diesem Hintergrund sind Zementelemente gegenüber Kunststoff- oder Metallelementen vorzuziehen.
- Leitelemente sind in der Regel rechtwinklig zum Untergrund zu erstellen, müssen eine minimale Höhe von 40 cm besitzen, eine Schutzvorrichtung gegen das Überklettern besitzen und an ihrem Ende U-förmig ausgebildet sein. Die Oberkante der Elemente soll bündig mit dem Niveau der Infrastruktur sein, damit Tiere die Gefahrenzone verlassen können.
- Der Bereich unmittelbar vor dem Leitelement ist vegetationsfrei zu halten, die angrenzenden Flächen hingegen sollten Deckungsmöglichkeiten bieten.
- In der Regel sind Zweiweg-Amphibiendurchlässe zu erstellen.
- Die Durchlässe sind so kurz wie möglich zu halten und deshalb meist rechtwinklig zur Verkehrsinfrastruktur anzuordnen. Sie können je nach Situation auch leicht von der Wanderrichtung abweichen.
- Die Abstände zwischen den einzelnen Amphibiendurchlässen sind – wo dies möglich ist – Zielarten spezifisch zu wählen und liegen idealerweise zwischen 25 und 50 m.
- Bei der Konstruktion neuer Verkehrswege sind Kasten- oder Bogendurchlässe vorzuziehen. Bei Sanierungen (Mikrotunneling) können bautechnisch bedingt alternativ Rohrdurchlässe Sinn machen.
- Bei der Dimensionierung ist die Länge des Amphibiendurchlasses zu berücksichtigen. Die zur Erreichung optimaler Nutzungsfrequenzen sinnvollen Werte sind in Tab. 5 zusammengestellt.

Tab. 5 Aus Sicht Amphibien optimale Dimensionen von Amphibiendurchlässen (aus [56])

Durchlasstyp	Zu querende Länge des Durchlasses			
	<20 m	20 – 30 m	30 – 40 m	40 – 50 m
Kastendurchlass (B*H)	1.0 x 0.75 m	1.5 x 1.0 m	1.75 x 1.25 m	2.0 x 1.5 m
Bogendurchlass (B*H)	1.0 x 0.7 m	1.4 x 0.7 m	1.6 m x 1.1 m	-

- Der Untergrund des Amphibiendurchlasses ist nach Möglichkeit aus naturnahem Material zu erstellen. Ist dies nicht möglich, sollte Beton eingesetzt werden, der mit Unterboden gefüllt oder rau ausgestaltet ist.
- Stehendes Wasser ist zu vermeiden.
- Das Strassentwässerungssystem im Bereich von Amphibienunterführungen ist amphibien sicher auszugestalten (z. B. keine Einlaufschächte etc.).

Je nach Situation können Amphibiendurchlässe auch bei der Bahninfrastruktur gemäss den Normen zum Einsatz kommen. Der Nachteil ist allerdings, dass aus Sicherheitsgründen die Unterführungen tief unter den Gleisen gebaut werden müssen und die Leitelemente unten am Bahndamm zu liegen kommen. Der Bahndamm stellt jedoch für viele Organismen z. T. auch für Amphibien einen wichtigen Lebensraum oder Überwinterungsort dar. Wird er durch Leitelemente abgetrennt, ist er für diese Arten in der Folge nicht mehr zugänglich. Zur Vermeidung der Barrierewirkung, welche von Schienen ausgeht, bzw. der

Verminderung der Amphibienmortalität bei Bahnanlagen wurde vom Kanton Aargau – in Zusammenarbeit mit der karch und den SBB – eine neue Methode entwickelt (siehe Abb. 7 [119]). Es handelt sich dabei um ein Ableitsystem, mit welchem Amphibien zu einer Querungsmöglichkeit der Schiene geführt werden – Vertiefungen im Schotterbett oder ein Kanal aus Beton oder allenfalls Kunststoff. Aktuell sind weitere Systeme in Prüfung, u. a. „gleisnaher Kleintierdurchlass Typ Dwarselfiger Fauna Passage“ (K. Hilfiker mdl., [112]).

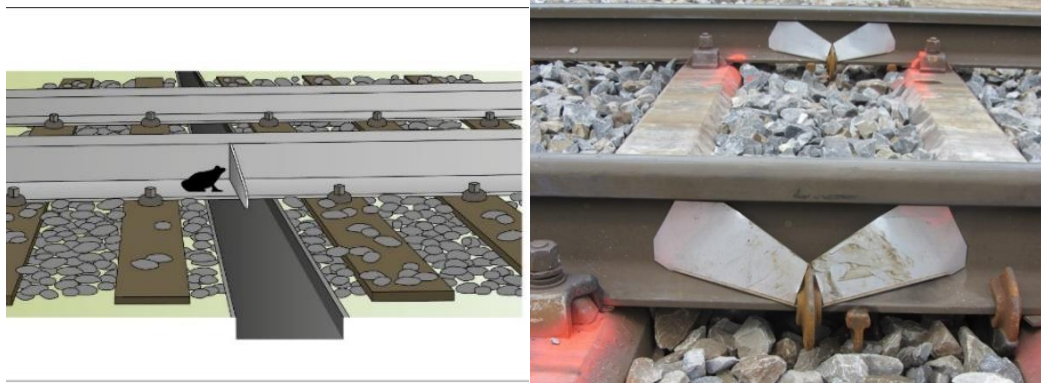


Abb. 7 Ableitsysteme entlang von Schienen (Bild aus [56]).

Diskussion/Fazit

Die mesiten der aktuell angewandten Amphibienschutzmassnahmen beziehen sich auf Amphibienbewegungen innerhalb einzelner Populationen, werden insbesondere aufgrund der Frühlingswanderungen sichtbar und sind entsprechend dokumentiert. Zum Austausch zwischen einzelnen Populationen hingegen fehlt ähnlich gutes Wissen. Umso wichtiger ist es darum, dass die Grunddurchlässigkeit möglichst hoch ist. Am wichtigsten hierfür sind faunagerecht gestaltete Gewässerdurchlässe. Fehlen solche, sind zusätzliche regelmässig angeordnete Querungsmöglichkeiten (z. B. alle 500 m) wichtig.

Die Schweiz besitzt im Zusammenhang mit Amphibienschutzmassnahmen mit der karch ein grosses Fach-Knowhow. Dieses Fachwissen ist nicht zuletzt in die Entwicklung der aktuellen Normen [12] und [13] eingeflossen und war bestimmend zur Definition europäischer Standards [56]. Die grösste Differenz zwischen diesen und den VSS-Normen [12], [13] ist die Dimensionierung der Durchlässe, welche in Europa (European Handbook [56]) deutlich höher liegt. Wie beim Gewässerdurchlass (Kap. 3.3.2) und Kleintierdurchlass (Kap. 3.3.4) ist es sinnvoll, dass im Hinblick auf den Unterhalt der Durchmesser grundsätzlich > 1 m misst. Gestützt auf dieses Wissen gilt es weiter festzuhalten, dass Amphibiendurchlässe nicht nur für diese geschützte Artengruppe wichtig sind, sondern auch anderen Kleintiergruppen die gefahrlose Querung von Verkehrswegen ermöglichen. Wie Dosch et al. [44] weiter ausführen, ist zur Gewährleistung ihrer Funktionalität eine Baubegleitung durch erfahrene Experten*innen von zentraler Bedeutung. Zudem müssen sämtliche fixe Anlagen angemessen unterhalten werden.

In der aktuellen Norm zu den Amphibienschutzmassnahmen wird auch die Thematik der Bordsteinkanten angesprochen (Ziffer 17 von [13]). Für zahlreiche Amphibienarten (namentlich Jungtiere) stellen die gängigen, senkrechten Trottoirränder und teilweise auch Kabelkanäle entlang der Bahnstrecken kaum überwindbare Barriere dar. Die Suche nach Querungsmöglichkeiten verlängert die Verweildauer der Tiere im Strassen- und Bahnbereich. So wird die Unfallgefahr erhöht oder aufgrund des Zeitverlustes eine erfolgreiche Laichablage verhindert. Aus Sicht der karch (S. Zumbach mdl.) besteht bei der Umsetzung der Vorgabe nach abgeflachten Bordsteinkanten ein grosser Handlungsbedarf.

An dieser Stelle ist schliesslich darauf hinzuweisen, dass Brenneisen und Szallies [43] im Zusammenhang mit der Akzeptanz und Nutzung von Amphibiendurchlässen durch juvenile Amphibien einen Forschungsbedarf ausweisen. Die Resultate solcher Untersuchungen könnten weitere Rückschlüsse zur Dimensionierung – allfällig Angleichung an die europäischen Standards – und Gestaltung der Massnahmen zur Folge haben.

Bei den Vorgaben zu den Amphibienschutzmassnahmen [13] fehlen Angaben zur Zusammensetzung des einzusetzenden Betons. Gemäss einzelnen Beobachtungen scheint bzgl. der Funktionalität von Durchlässen auch diese von Belang. So wurden bei einem Durchlass in Deutschland viele verendete Jungtiere gefunden und es kam die Vermutung auf, dass ein Zusammenhang mit der chemischen Zusammensetzung des Betons besteht (S. Zumbach mdl.). Angesichts der Tragweite dieser Beobachtungen, welche etwa auch für Gewässerdurchlässe wichtig sein könnten, sind diesbezügliche vertiefte Untersuchungen vorzuziehen.

3.3.4 Kleintierdurchlass

Die Artengruppe der Reptilien gesamthaft und zahlreiche Kleinsäuger sind schweizweit geschützt oder in der Roten Liste aufgeführt. Wie auch Amphibien sind sie häufige Opfer des Verkehrs. Aus diesem Grund formuliert [11] zu den kleinen Durchlässen Vorgaben. Diese entsprechen in groben Zügen den Vorgaben für Amphibiendurchlässe, wobei in der Regel keine Leitelemente wie bei den Amphibien notwendig sind. Gleiches zeigt sich bei der Analyse verschiedener Standardwerke wie Jedrzejewski et al. [37], CEREMA [53] und Van der Ree et al. [55].

Analyse

Neben den oben erwähnten Arten können immer wieder auch mittelgrosse Arten wie Fuchs, Steinmarder und Dachs oder auch der Igel bei der Nutzung von Kleintierdurchlässen beobachtet werden. Die Nutzung durch Fledermäuse und Reptilien konnte auch bei eigenen Untersuchungen dokumentiert werden.

Vor diesem Hintergrund besitzen Kleintierdurchlässe für die Biodiversität grundsätzlich einen hohen Wert. Dies führt u. a. dazu, dass in Zusammenhang mit einer minimalen Durchlässigkeit von Verkehrsträgern die Frage aufgeworfen wird, ob nicht eine systematische Erstellung von solchen Bauwerken anzustreben ist – z. B. alle 300 m [53], sofern nicht andere Querungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen – in [11] beträgt dieser Abstand 500 m.

Zur Anlage von Kleintierdurchlässen formulieren [53] und [55] zahlreiche Rahmenbedingungen:

- Kleintierdurchlässe sind dort zu errichten, wo Verkehrswege naturnahe Gebiete mit hoher Artenvielfalt queren.
- Im Hinblick auf die Nutzung möglichst vieler Arten/Artengruppen sind Bereiche vorzuziehen, wo der Verkehrsträger auf einem Damm geführt wird.
- Gehören zu den Zielarten solche, welche in der Regel immer die gleichen Wege wählen (Wechsel), so sind die Bauwerke dort zu erstellen, wo diese den Verkehrsträger kreuzen.
- Der Durchmesser eines Kleintierdurchlasses soll 1 bis optimalerweise 1.5 m betragen.
- Bei der Konstruktion neuer Verkehrswege sind Kastendurchlässe vorzuziehen. Bei Sanierungen (Mikrotunneling) können bautechnisch bedingt Rohrdurchlässe Sinn machen.
- Beim Bau von Kleintierdurchlässen ist Beton einzusetzen. Der Untergrund der Querungsmöglichkeit soll jedoch nach Möglichkeit aus naturnahem Material bestehen. Ist dies nicht möglich, sollte Unterboden eingetragen werden oder der Beton aufgeraut werden.
- Im Hinblick auf seine Drainage hat der Durchlass eine geringe Neigung aufzuweisen (minimal 1 %) und gleichzeitig ist der Abfluss des Wassers zu gewährleisten.
- Die Eingangsbereiche zum Durchlass sind von jeglichen Störungen durch den Menschen frei zu halten.
- Die Wildschutzzäune sollen als seitliche Leitelemente zum Durchlass dienen. Zusätzlich sind weitere Leitelemente zu angrenzenden ökologisch wertvollen Lebensräumen notwendig (vgl. [122]).
- Mittels Unterhaltarbeiten ist zu gewährleisten, dass der Durchlass durchlässig bleibt.

Diskussion/Fazit

Aufgrund der hohen Bedeutung für die Grunddurchlässigkeit und den relativ geringen Erstellungskosten ist der Bau von Kleintierdurchlässen als prioritäre Aufgabe im Zusammenhang mit der Ökologischen Infrastruktur zu betrachten.

Die bestehenden Vorgaben in der aktuellen Norm [11] sind auf der Basis der oben angeführten Rahmenbedingungen zu konkretisieren. Beschränkt auf ökologische Vorranggebiete – insbesondere national bedeutende Schutzgebiete oder Vernetzungsachsen – erscheint es als sinnvoll, auch die Maximaldistanz zwischen den Bauwerken von 500 auf 300 m zu reduzieren, sofern keine anderen Querungsmöglichkeiten vorhanden sind.

3.3.5 Wildtierunterführung

Wildtierunterführungen werden in der Regel dann erstellt, wenn sich der Verkehrsträger in Dammlage befindet. Zielarten sind dabei in erster Linie grössere Wildsäuger – z. B. Reh, Rothirsch, Wolf, Luchs, Bär. Dieser Bauwerkstyp war vor wenigen Jahren (2016) Gegenstand eines Forschungsauftrages des VSS [40]. Das Ziel der Arbeit war insbesondere die Erarbeitung von Empfehlungen und Vorgaben zur Dimensionierung und Gestaltung von Wildtierunterführungen. In der Folge werden die wichtigsten Schlüsse daraus zusammengefasst und, wo notwendig, ergänzt.

Analyse

Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass beim Schalenwild die Benutzungsfrequenzen von Wildtierunterführungen tiefer liegen als bei Wildtierüberführungen oder Talbrücken. So stufen u. a. Iuell et al. [56], Clevenger und Waltho [105], Bisonette und Cramer [106], Kusak et al. [83] sowie Schiefenhövel et al. [104] Überführungen gesamtökologisch als nachhaltigere Vernetzungsmassnahme als Unterführungen ein. Der Hauptgrund hierfür ist, dass Überführungen von mehr Tiergruppen genutzt werden. Besonders augenscheinlich wird dies bei einer vor kurzem erschienenen Arbeit entlang der A4 in Westpolen dokumentiert (Mystajek et al. [107]). So nutzte von den Schalenwildarten nur das Reh regelmässig alle Bauwerke. Rothirsch und Wildschwein hingegen querten die Autobahn fast ausschliesslich über die Wildtierüberführungen. Die tiefe Querungsrate beim Rothirsch blieb über die ganze Untersuchungsperiode von drei Jahren unverändert. Gemäss der gleichen Untersuchung bevorzugt umgekehrt der Feldhase Unterführungen.

Für alle Arten und Artengruppen gilt, dass die Bauwerke möglichst kurz und hell sein sollten. Wie in [40] ausführlich dargestellt, gehen die Minimalvorgaben bei der Dimensionierung von Wildtierunterführungen weit auseinander. Besonders gross sind die Unterschiede bei der Breite (aus Sicht Fauna), bei welcher Minimalwerte von 15 m (VSS 40696 [11]) bis zu 80 m und eine lichte Höhe von mindestens 5 m (BFN [52]) angegeben werden. Bei diesen Angaben gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass mehrheitlich von verschiedenen Arten/ Artengruppen ausgegangen wird. Weiter wird nur teilweise ein Unterschied gemacht zwischen Individuen, welche das Gebiet regelmässig nutzen (Standwild) oder solchen, welche zum ersten Mal vor dem Bauwerk stehen (wandernde Individuen). Schliesslich wird die Funktion des Bauwerkstandorts innerhalb des ökologischen Netzwerkes nicht berücksichtigt.

Geringer sind die Differenzen bei der Höhe des Bauwerks. Für die Artengruppe Schalenwild liegen die Minimalwerte zwischen 2.5 / 2.7 m beim Wildschwein und bis rund 5 m beim Rothirsch [40]. Zur Definition der Bauwerksdimensionen wird zudem häufig der Openness-Index aufgeführt, bei dem neben der Breite und der Höhe auch die zu querende Länge einbezogen wird. Wie bei der Breite sind die Unterschiede gross – zwischen >0.7 [37] und 1.4 (Seiler und Olsson [88]) oder 1.75 in VSS 40 696 [11]. Bei der Dimensionierung einer Unterführung ist zu berücksichtigen, dass der Openness-Index mit zunehmender Länge ebenfalls grösser wird.

Weitgehend Einigkeit herrscht hingegen bei der Gestaltung von Wildtierunterführungen. Einerseits gilt es im Bauwerk sowie seiner unmittelbaren Umgebung Störungen zu vermeiden und andererseits – um den Tunneleffekt des Bauwerks zu verringern – den Boden möglichst nicht abzutiefen.

Gestützt auf [40] und den Expert*innen-Diskussionen zur Dimensionierung sollen für Wildtierunterführungen in erster Linie folgende Rahmenbedingungen gelten:

- Die Bauwerke sollten entweder innerhalb von Waldgebieten liegen oder zumindest mit nahe gelegenen Waldlebensräumen möglichst gut vernetzt sein sowie direkte Zu- und Leitstrukturen auf beiden Seiten der Unterführung aufweisen. Die Funktionalität dieser Vernetzungselemente muss langfristig gesichert sein.
- Die Länge des Bauwerks sollte für eine gute Akzeptanz durch die querende Fauna möglichst kurz sein.
- Bei der Dimensionierung sind folgende Eckwerte einzuhalten: Mindesthöhe des Bauwerks = 5 m, Openness = 4.5 +/- 0.5.
- 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. In der Umgebung des Bauwerks sind Hunde anzuleinen.
- Die Umgebung des Bauwerkes ist raumplanerisch zu sichern.
- Es sind Voraussetzungen zu schaffen (Naturboden, genügend Feuchtigkeit und Lichteinfall), damit innerhalb des Bauwerkes Vegetation gedeihen kann. In diesem Sinne ist im Eingangsbereich der Unterführung auf eine dichte Bestockung zu verzichten.
- Licht-/Lärmimmissionen sind mittels einer Wand parallel zur Strasse zu minimieren. Diese hat sich über das Bauwerk hinaus hinzuziehen – mindestens 50 m beidseits des Bauwerks.
- Die Unterführung ist als integrales Bauwerk anzulegen – also ohne Bewegungsfuge.

Diskussion/Fazit

Die Mehrheit der oben aufgeführten Rahmenbedingungen fand in der Schweiz im Laufe der letzten Jahre bereits Anwendung. In Analogie zu Wildtierüberführungen (Kap. 3.3.6), wo dies in einzelnen Kantonen bereits der Fall ist, soll zudem in der Umgebung der Wildtierunterführungen der Jagdbetrieb verboten sein.

Trotzdem gilt es auch an dieser Stelle zu unterstreichen, dass grundsätzlich der Bau von Wildtierüberführungen anzustreben ist (vgl. European Handbook [56]). Abweichungen von diesem Primat sind in erster Linie bei Standorten möglich, bei denen der Verkehrsträger auf einem Damm verläuft und das Erstellen einer Wildtierüberführung im Konflikt mit dem Landschaftsschutz steht.

3.3.6 Wildtierüberführung

Wildtierüberführungen sind mit ihrer von weitem sichtbaren Bestockung die augenfälligste Schutzmassnahme für die Fauna. Entsprechend werden sie in der breiten Öffentlichkeit als wichtigste Massnahme wahrgenommen. Sie besitzen denn auch für die grösseren Wildtierarten eine unbestritten grosse Bedeutung. Wie zahlreiche Arbeiten dokumentieren (u. a. [53], [105], [106], [83], [104]), sind in der Regel bei mehreren Arten – allen voran Reh, Rothirsch und Wildschwein – die Nutzungsfrequenzen höher als bei der Mehrzahl von Wildtierunterführungen. Bei einer geeigneten Gestaltung können sie zudem anderen Arten und Artengruppen nicht nur die Möglichkeit geben, den Verkehrsträger zu queren, sondern stellen für zahlreiche Insektenarten innerhalb landwirtschaftlich intensiv genutzten Landschaftskammern wichtige Rückzugsgebiete dar. Gesamtökologisch auf Stufe der Erhaltung ganzer Lebensräume ist ihre Bedeutung jedoch, wie die Tab. 6 zeigt, geringer als jene von Landschaftsbrücken.

In der Schweiz wurden die ersten Wildtierüberführungen vor rund 30 Jahren erstellt.

Tab. 6 Potentielle Funktionalität faunaspezifischer Bauwerke für die Fauna – Expert*innen-Befragung (aus [56], ergänzt)

• geeignete Lösung / ○ Funktionalität mittels Massnahmen möglich / – nicht geeignet / ? unbekannt, zusätzlich Untersuchungen notwendig / 1 falls genügend Feuchtigkeit und Leitelemente vorhanden sind / 2 falls Fliessgewässer integriert werden können.

	Landscape bridges (Ecoducts)	Wildlife overpasses	Wildlife underpasses	Wildlife under- passes for small animals
Moose, Red deer	•	•	•	—
Roe deer, Chamois	•	•	•	—
Wild boar	•	•	•	—
Brown bear	•	•	•	—
European lynx	•	•	•	—
Wolf	•	•	•	—
Fox	•	•	•	•
Wildcat	•	•	•	•
Badger	•	•	•	•
Otter, European mink	○	○	•	•
Marten, Stone marten	•	•	•	•
Other small mustelid	•	•	•	•
Genet	•	•	•	•
Lagomorphs				
Hare	•	•	•	○
Rabbit	•	•	•	•
Insectivores				
Hedgehogs	•	•	•	○
Shrews	•	•	•	•
Rodents				
Red squirrel	•	•	•	—
Dormice	•	•	?	—
Mice, voles	•	•	•	•
Beaver	○	○	•	•
Bats	•	•	○	○
Snakes, Lizards	•	•	○	○
Lizards	•	•	○	○
Tortoises	•	•	○	○
Amphibians	•	○ ¹	○ ¹	○ ¹
Fish	○ ²	○ ²	○ ²	—
Invertebrates dry habitats	•	•	○	○
Invertebrates humid habitats	○	○	○	○

Analyse

Wildtierpassagen werden in erster Linie im Zusammenhang mit der Erhaltung oder der Sanierung von Wildtierkorridoren erstellt. Die anfänglichen Kontroversen bezüglich ihrer Dimensionierung wurden mit der 2001 erschienenen UVEK-Richtlinie zur „Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen“ beigelegt [3]. Darin wurde als Richtwert für ein Standard-Bauwerk innerhalb eines überregionalen Wildtierkorridors und über eine vier-spurige Nationalstrasse eine „nutzbare Breite von 45 +/- 5 m“ festgelegt. Dieser Richtwert diente zusammen mit landesspezifischen Erfahrungen auf der Basis von Wirkungskontrollen in der Folge in zahlreichen anderen Ländern als Grundlage zur Entwicklung eigener

Vorgaben (vgl. [37], [52], [53]). Dabei wurden ähnliche oder teilweise höhere minimale Nutzbreiten definiert. So gilt in Österreich [36] bei überregionalen Wildtierkorridoren die Breite 80 m, in Deutschland 50 +/- 15 m [52].

In einzelnen Ländern wurde in der Vergangenheit zudem diskutiert, inwieweit es notwendig ist, in besonders wichtigen Gebieten mehrere Wildtierüberführungen systematisch anzulegen. In Österreich wurden hierzu konkrete Distanzvorgaben formuliert [36].

In der Schweiz wurden in den letzten Jahrzehnten mehrere Wildtierpassagen errichtet, welche bereits zwei, drei Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten durch die Zielarten – in der Regel Reh, Wildschein und Rothirsche – genutzt wurden [46]. Bei mehreren Bauwerken, bei denen wir Wirkungskontrollen durchgeführt haben, konnten bereits in den ersten Wochen nach Bauabschluss neben Füchsen und Steinmardern auch Rehe beobachtet werden. Dies sogar bei Bauwerken, auf denen sich teilweise auch Menschen aufhielten. Bis Wildschweine oder Rothirsche das Bauwerk nutzten, vergingen mehrere Monate.

Auch zu diesem Bauwerkstyp formuliert das European Handbook [56] zahlreiche wichtige Rahmenbedingungen:

- Bei der konkreten Standortwahl der Wildtierpassage im Bereich von (überregionalen) Wildtierkorridoren ist darauf zu achten, dass in der Umgebung Wechsel der Zielarten vorhanden sind und das Störungspotential durch Menschen möglichst gering ist.
- Wenn immer möglich ist eine Wildtierpassage an Stellen zu errichten, wo der Verkehrsträger im Einschnitt oder niveaugleich mit der Umgebung verläuft.
- Das Bauwerk muss, sofern dies nicht bereits der Fall ist, mittels Leitelementen an das angrenzende Netzwerk angebunden werden. Nach Möglichkeit sollen die Leitelemente des Bauwerks mit jenen der Umgebung verbunden sein.
- Die Umgebung des Bauwerkes ist raumplanerisch zu sichern. Menschliche Störungen sind grundsätzlich zu vermeiden – wichtige Rahmenbedingungen sind: keine Wege in unmittelbarer Nähe, Aufstellen von Hinweistafeln, Anleinplicht von Hunden, Jagdverbot.
- Müssen für das Bauwerk Dämme errichtet werden, so ist darauf zu achten, dass der Böschungswinkel maximal bei 25 %, lokal 30 %, liegt.
- Die nutzbare Breite einer Wildtierpassage – Bereich innerhalb der Wildschutzzäune bzw. Lärm-/Lichtschutzwand – soll 45 +/- 5 m betragen. Soll das Bauwerk möglichst vielen Arten/Artengruppen dienen, sind 50 m zu wählen. Eine Reduktion der Breite auf 20 m ist nur dann zulässig, wenn das Bauwerk nur von wenig sensiblen Zielarten genutzt werden soll (z. B. Reh) oder die topographische Situation die Tiere auf einen engen Querungspunkt hinleitet (z. B. schmale Kuppe).
- Muss die Wildtierpassage mehrere Verkehrsträger überbrücken und nimmt dadurch ihre Länge deutlich zu, so darf der Quotient Bauwerkslänge / Bauwerksbreite 0.8 nicht unterschreiten. Gleichzeitig ist es wichtig, dass die zu querende Länge möglichst reduziert wird – etwa indem die Widerlager des Bauwerkes möglichst nah an die Fahrbahn angelehnt werden (Abb. 8).
- Die Bodenaufgabe ist aus bautechnischen Gründen grundsätzlich zu minimieren. Das Auftragen einer Humusschicht (20 cm) ist auf zu bestockende Bereiche zu beschränken. Auf der übrigen Fläche genügt in der Regel eine Schicht Unterboden (30 cm).
- Bei der Gestaltung der Wildtierpassage ist darauf zu achten, dass neben einer Bestockung, welche der Fauna als Leitelement und Deckung dient, sowie von Strukturen für Kleintiere, zusätzlich möglichst viele in der Umgebung des Bauwerks vorhandene Lebensraumtypen angelegt werden (u. a. auch Teiche) – um damit die Zahl der querenden Organismengruppen zu maximieren. Hierzu sind einheimische, standorttypische und ökologisch wertvolle Straucharten und Samenmischungen einzusetzen. Mit dem Ausbringen sogenannter „Wildäsungsmischungen“ kann die Akzeptanz des Bauwerkes für Herbivoren verbessert werden.

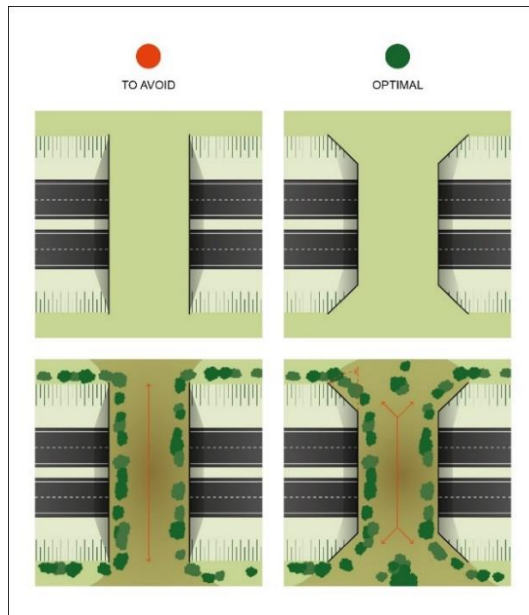


Abb. 8 Minimierung der für die Fauna zu querenden Länge mittels möglichst grosser Abwinklung der Widerlager (aus [56]).

- Auf der Wildtierpassage und deren Umgebung – mindestens 50 m beidseits des Bauwerks – sind im Sinne eines Irritationsschutzes Licht- und Lärmschutzmassnahmen zu ergreifen. Hierfür eignen sich Holzschutzwände mit einer Höhe von 2 m am besten. Diese Wände übernehmen gleichzeitig die Funktion von Wildschutzzäunen.
- Beim Anschluss der Wildschutzzäune ist darauf zu achten, dass für die Fauna keine Fallensituationen entstehen.

Diskussion/Fazit

Die aufgeführten Rahmenbedingungen sind entweder bereits in der bestehenden Norm [7] enthalten oder gehören zum Standard bei der Planung und Bauausführung. In diesem Sinne sollten sie grundsätzlich mehrheitlich übernommen werden können. Als wichtiger offener Diskussionspunkt verbleibt aus unserer Sicht lediglich die Frage bzgl. der Vorgabe aus dem European Handbook [56], wonach der Quotient Bauwerkslänge / Bauwerksbreite von 0.8 nicht unterschritten werden darf. Da sowohl Untersuchungen, welche die Vorgabe stützen, als auch solche, welche sie widerlegen, fehlen, muss wohl ein auf Expert*innen-Meinungen und Erfahrungen basierender Grundsatzentscheid gefällt werden. Aufgrund der Hinweise aus [50] sind zudem weitere Punkte im Zusammenhang mit dem Fledermausschutz zu ergänzen. Eine Vorgabe von Maximaldistanzen zwischen den Bauwerken erscheint hingegen hinsichtlich der aktuellen Lebensraumsituation in der Schweiz mit klar definierten Wildtierkorridoren nicht angebracht zu sein.

3.3.7 Landschaftsverbindung

Eine Landschaftsverbindung bezeichnet ein Bauwerk, welches, anders als etwa eine Wildtierüberführung, nicht nur der Fauna eine Möglichkeit bietet, den Verkehrsträger zu überqueren, sondern vielmehr überaus wertvolle Lebensräume, eine intakte Landschaftskammer oder allenfalls Landwirtschaftsflächen unzerschnitten erhalten soll. Mit seiner Breite von über 80 m ist ein solches Bauwerk eher als Tunnel zu bezeichnen. In der aktuellen VSS-Norm 40 694 wird der Begriff „Landschaftsbrücke“ verwendet. Mit der neu gewählten Namensgebung soll jedoch die Funktion des Bauwerks hervorgehoben werden. Der neue Begriff entstand im Rahmen der Diskussionen zum vorliegenden Bericht. Ein Schweizer Beispiel ist die Landschaftsverbindung bei Tavannes an der A16.

Analyse

Landschaftsverbindungen bedingen in der Regel auch im Ausland das Vorhandensein von einzigartigen Natur- oder Landschaftswerten mit einem hohen Schutzstatus [53]. Dieser

Schutzstatus hat auf klaren rechtlichen Grundlagen zu basieren. Dies ist in der Schweiz z. B. dann der Fall, wenn das Schutzziel die ungeschmälerte Erhaltung der ökologischen Funktionalität eines Biotopes von nationaler Bedeutung umfasst.

Bei der Gestaltung von Landschaftsverbindungen ist grundsätzlich die Lebensraumsituation und Landschaftsnutzung vor dem Baueingriff zu übernehmen.

Diskussion/Fazit

Landschaftsverbindungen stellen unter den Bauwerkstypen einen Ausnahmefall dar. Die diesbezüglichen Ausführungen in der Norm [7] sind zielführend.

3.3.8 Tree-top bridge / Baumkronen-Brücken

Auch kletternde Kleinsäuger (Eichhörnchen, Schläfer) werden regelmässig zu Verkehrsopfern beim Überqueren von vielbefahrenen Strassen. Bei fehlenden Unter- und Überführungen können Baumkronen-Brücken eine sichere Alternative zur Strassenquerung sein – in der Literatur tree-top bridge, canopy bridge, squirrel oder auch rope bridge genannt.

Analyse

In der Literatur finden sich zahlreiche Hinweise [55] zur Nutzung solcher Querungshilfen durch Primaten oder andere baumbewohnende Arten in tropischen Ländern. Aus europäischen Ländern sind keine systematischen, wissenschaftlichen Studien bekannt. Ersten Erfahrungen in Deutschland und Grossbritannien zu Folge ([94], [95], [96]) scheinen Eichhörnchen solche Bauwerke zu nutzen.



Abb. 9 Eichhörnchenseil in der Dantestrasse in München. © aktion tier [94].

Der Einsatzbereich solcher Seilbrücken wird jedoch durch mehrere Faktoren eingeschränkt. Die bisher installierten Seile wurden jeweils in mindestens 10 m Höhe angebracht, damit bei durchhängendem Seil in der Strassenmitte immer noch eine sichere Durchfahrt für LKW und andere Grossfahrzeuge gewährleistet ist. Dafür müssen genügend grosse und starke Bäume beidseits der Strasse vorhanden sein. Zudem ist die Breite der überspannbaren Strasse begrenzt. Auch die Nutzung durch Fledermäuse erscheint wahrscheinlich.

Gemäss SafeBatPath [60] erwiesen sich simple Drahtbrücken als nicht effektiv. Ob aufgrund fehlender Schallreflektoren oder anderer Gegebenheiten ist nicht bekannt. Es muss davon ausgegangen werden, dass auch die einfachen Eichhörnchenseile wenig Schallreflektion bieten.

Diskussion/Fazit

Es ist fraglich, ob ausserhalb von städtischen Gebieten die geeigneten Bäume für eine Befestigung solcher Seile vorhanden sind. Entlang von Hauptverkehrsachsen (Strasse und Schiene) ist dies aufgrund der geltenden Sicherheitsvorgaben sicher nicht der Fall. Vor diesem Hintergrund beschränken sich die Anwendungsmöglichkeiten dieser Massnahme auf Eichhörnchen und unter Umständen Schläfer auf Strassen entlang urbaner Bereiche. Allenfalls ist deren Anwendung lokal auch in dichten Waldbereichen entlang von kleineren Strassen möglich.

3.4 Schutzmassnahmen für Fledermäuse und deren Effektivität

Wie im Kapitel 3.2 ausgeführt, kann der Verkehr unter bestimmten Umständen bei Fledermäusen zu einer hohen Mortalitätsrate führen. Um dies möglichst zu vermeiden, wurden im Laufe der letzten Jahre verschiedene Lösungsansätze entwickelt. Dabei geht es grundsätzlich darum, die Fledermäuse dazu zu bewegen, den Verkehrsträger möglichst in sicherer Höhe zu überfliegen oder – sofern entsprechende Bauwerke vorhanden sind – zu unterqueren. Ebenfalls wird eine Empfehlung zur Implementierung der Methoden in die ökologische Infrastruktur der Schweiz abgegeben.

Im Folgenden werden basierend auf den Ergebnissen des CEDR Projektes SafeBatPath [60] und der Arbeitshilfe BAFU/ASTRA [50] Fledermaus-Querungshilfen vorgestellt und ihre Praxistauglichkeit unter Berücksichtigung weiterer Studien diskutiert.

3.4.1 Unterführungen

Gewässerdurchlässe, Unterführungen für Fuss- und Veloverkehr wie auch für kleinere Strassen – in erster Linie für Land- und Forstwirtschaft – werden von einigen, vorwiegend tieffliegenden Fledermausarten gerne genutzt.

Analyse

Bei der Nutzungsintensität dieses Bauwerkstyps stellen die Ausmasse des Durchlasses, insbesondere die Höhe, einen entscheidenden Faktor dar. Das CEDR-Projekt SafeBatPath [60] gibt in seinem Bericht für die verschiedenen funktionalen Gruppen der europäischen Fledermäuse die optimale Höhe und Breite einer durch Fledermäuse nutzbaren Unterführung an, wobei die Mindestmasse 2 x 2 Meter betragen. Auch in der Studie von Berthinusson & Altringham [59] zeigte sich, dass grosse, breite Unterführungen von Fledermäusen effektiv genutzt werden, wohingegen kleinere Durchlässe nur von einem Teil der Population (30–67%) durchflogen wurden und die Effektivität somit eher gering ist.

Im Weiteren ist es wichtig, dass die Unterführungen in bestehenden Flugrouten zu liegen kommen und wiederum gut an die umliegende Vegetation angebunden sind. Die Fledermäuse sollten möglichst ihre Flughöhe beibehalten können und durch geeignete Massnahmen (Pflanzungen, Zäune) in die Unterführung geleitet werden. Zäune oberhalb und seitlich der Querungsmöglichkeit können helfen zu verhindern, dass die Fledermäuse über die Strasse oder das Bahntrasse fliegen [50].



Abb. 10 Wildtierunterführung mit leitenden Strukturen und einem Zaun, der die Fledermäuse dazu bewegt, die Unterführung zu nutzen oder die Strasse oberhalb des Verkehrs zu queren. Aus Lugon A., Eicher C., Bontadina F. (2017) [50].

Auf eine Beleuchtung der Unterführung ist zu verzichten. Bei multifunktional genutzten Unterführungen (Fauna sowie Fussgänger-, Velo-, Strassen-Unterführung) ist auf eine fledermausfreundliche Beleuchtung zu achten [117]. Um den Flugkorridor im Dunkeln zu halten, wird optimalerweise entlang des Verkehrsträgers ein seitlicher Blendschutz angebracht [50].



Abb. 11 Multifunktional genutzte Unterführung mit Blendschutz aus Holz, um den Flugkorridor im Dunkeln zu halten. Aus Lugon A., Eicher C., Bontadina F. (2017) [50].

Gewässerdurchlässe sind besonders geeignet, um Fledermäuse unter dem Verkehrsträger durchzuführen. Dabei ist auch hier auf die Grösse des Durchlasses zu achten und die

Vegetation in und vor den Eingängen der Durchlässe regelmässig zurückzuschneiden, um eine Barrierewirkung zu verhindern.

Diskussion/Fazit

Die Aufwertung von Unterführungen kommt einer Vielzahl von tieffliegenden und struktur-gebunden fliegenden Fledermäusen zugute. Sie stellen ein effektives Mittel zur Verbesserung der Vernetzung der Landschaft für diese Artengruppe dar.

Die zentralen Rahmenbedingungen hierfür lassen sich mehr oder weniger bei jeder Unterführung anwenden. Entsprechend wäre deren Berücksichtigung im Normenwerk sinnvoll.

3.4.2 Fledermausfreundliche Brücken

Von kleineren und weniger frequentierten Brücken – z. B. für den land- und forstwirtschaftlichen Verkehr – ist bekannt, dass diese auch von Fledermäusen zur Querung stark frequentierter Strassen genutzt werden.

Solche Bauwerke können – falls sie nicht bereits als sogenannt multifunktionales Bauwerk für die Fauna erstellt worden sind – durch die Schaffung eines begrünten Streifens auf einer oder beiden Seiten der eigentlichen Fahrbahn der Brücke weiter faunistisch aufgewertet werden. Im Hinblick auf die Funktionalität dieses Grünstreifens für Fledermäuse soll dieser möglichst durchgehend locker mit Büschen bestockt sein. Von Grünkorridoren auf Brücken können alle Fledermausarten profitieren und je nach Breite und zusätzlichen Gestaltungsstrukturen Kleinsäuger, Insekten, Reptilien und Amphibien.

Analyse

Verschiedene durchgeführte Arbeiten haben die Wirksamkeit solcher Bauwerke nachgewiesen (u. a. [59] und [51]) und gleichzeitig unterstrichen, dass folgende Rahmenbedingungen einzuhalten sind:

- Der Grünkorridor muss gut an die bestehenden Landschaftsstrukturen angebunden werden und die Vegetation darf keine Lücken aufweisen.
- Es sind einheimische Bäume und Sträucher für die Pflanzungen zu verwenden. Die Vegetation auf der Brücke soll eine Höhe von 3–4 m oder mehr erreichen.
- Die Leitstrukturen müssen regelmässig überprüft und die Vegetation gepflegt werden. Lücken in der Vegetation können Fledermäuse dazu verleiten, die Struktur zu verlassen.
- Die Überführung und auch der Grünstreifen dürfen nicht beleuchtet werden.
- Optimalerweise werden die Grünstreifen durch Verkleidungen an den Rändern der Brücke vor Lärm und Licht des Verkehrs unterhalb geschützt.
- Der Verkehr auf der Überführung sollte nachts minimal sein.

Eine einfachere und kostengünstigere Methode stellt das Anbringen von Palisadenzäunen an den Rändern der Brücke dar. Sie sorgen für bessere akustische Reflexion und reduzieren vor allem den Lärm und die Lichtstörung des Verkehrs darunter [50]. Diese Strukturen sollten mindestens 2 m hoch sein. Der alleinige Einsatz solcher Zäune dürfte weniger effektiv sein und bei nachträglich angebrachtem Blendschutz fehlen noch Ergebnisse zur Wirksamkeit.

Im Idealfall ergänzen solche Palisadenzäune den grünen Korridor über die Brücke, um beste Bedingungen für querende Fledermäuse zu schaffen [50].



Abb. 12 Eine mit Zaun, Blendschutz und Pflanzungen aufgewertete Brücke für landwirtschaftliche Fahrzeuge im Bahretal, Sachsen, DEU. Aus Lugon A., Eicher C., Bontadina F. (2017) [50].

Diskussion/Fazit

Mit Grünstreifen aufgewertete Brücken weisen hohes Potential für eine Vielzahl migrierender und jagender Fledermäuse auf und haben sich als wertvolle Ergänzung zu den Wildtierpassagen etabliert. Diese Aufwertung von bestehenden Bauten oder eine geplante, multifunktionale Nutzung ist in den bestehenden Normen bereits in der Form der „nichtspezifischen Faunapassagen“ integriert. Für die Ansprüche der Fledermäuse sind nur einige zusätzliche Details zu beachten.

Das Anbringen von Palisadenzäunen anstelle von Pflanzungen dürfte weniger effektiv sein, es liegen aber noch nicht genügend Studien dazu vor, um ein abschliessendes Urteil abzugeben.

In der Schweiz bestehen bereits einige multifunktionale Bauwerke für die Fauna. Diese wurden allerdings primär im Hinblick auf die Ansprüche von Reh und Rothirsch sowie Kleintieren konzipiert. Sie haben sich bewährt. Aktuell läuft für ein faunistisch aufgewertetes Bauwerk im St. Galler Rheintal eine Wirkungskontrolle an (B+S AG), bei welcher auch die Funktionalität in Bezug auf die Lebensraumnutzung von Fledermäusen untersucht wird.

3.4.3 Chiroptéroduc (Fledermausbrücke)

Ein Chiroptéroduc (kurz: Chiroduc; engl.: bat gantry) ist eine strassenüberspannende offene oder geschlossene Konstruktion, meist aus Stahl, welche die Fledermäuse sicher über die Strasse und den Verkehr leiten und so die Landschaftsverbindung aufrechterhalten soll.



Abb. 13 Chiroptéroduc über die A89. Hier fehlen die zu-führenden Leitelemente. Quelle: www.vigienature.fr/fr/actualites/chauves-souris-effets-negatifs-routes-s-observent-tres-larges-echelle-3595



Abb. 14 Bat Gantry mit Reflektorkugeln, UK. Quelle: iene.se/wp-content/uploads/Berthinussen_181127.pdf

Verschiedene solcher Chiroduc-Modelle wurden bereits in Frankreich, Grossbritannien und weiteren europäischen Staaten erstellt und deren Effizienz in Monitorings getestet. Die Resultate dieser Studien fielen mässig positiv aus. Das CEDR-Projekt SafeBatPath [60] fasst die Resultate folgendermassen zusammen:

- Draht- und Maschendrahtbrücken sind ineffektiv.
- Drähte mit grossen Kugeln in kurzen Abständen (Abb. 14) zeigten ein gewisses Potential, die Methode muss jedoch noch strenger getestet werden. Die Kugeln dienen als akustische Reflektoren für die Rufe der Fledermäuse.
- Es wurden Fledermäuse beobachtet, die geschlossene Chiroducs (Abb. 13) nutzen, doch auch hier sind weitere Überprüfungen notwendig, um deren Wirksamkeit zu bestätigen.
- Die Chiroducs müssen unbedingt gut an die angrenzenden Flugkorridore der Fledermäuse angebunden sein. Hecken- und Baumplantagen sollen die Lücken schliessen. Bei Abb. 13 fehlt die Anbindung an die natürlichen Leitelemente.
- Die Chiroducs müssen exakt in die existierenden Flugrouten der Fledermäuse platziert werden.
- Die Chiroducs und die angrenzenden Leitstrukturen dürfen nicht beleuchtet werden.

Die Chiroducs sind spezifisch auf Fledermäuse ausgerichtet, dadurch profitieren von diesem Bauwerk, wenn überhaupt, kaum weitere Tierarten.

Analyse

Die Effektivität von Chiroducs wurde bereits in verschiedenen Studien getestet, wobei die Resultate sehr unterschiedlich ausfielen.

Berthinussen & Altringham [58] untersuchten die Effektivität von 16 strassenquerenden Strukturen für Fledermäuse (unter anderen bat gantries) im Nordwesten Englands. Sie beobachteten nur vereinzelt Tiere, welche die Strukturen nutzen. Gemäss ihrer Definition ist die Effektivität einer Massnahme jedoch erst gegeben, wenn mindestens 90 % der Tiere die Struktur nutzen. Demzufolge kamen sie zum Schluss, dass die untersuchten bat gantries nicht effektiv sind.

Die Studie von Solowczuk [90] überprüfte die Effektivität von neu erstellten Chiroducs, welche den „S3 Expressway“ in Polen überspannen. Entgegen den Resultaten des CEDR-Projekts SafeBatPath [60] kam die Studie zum Schluss, dass solche Strukturen sogar zu neuen Flugrouten führen können, wenn links und rechts des Verkehrsträgers die Landschaftselemente symmetrisch und fledermausfreundlich gestaltet werden.

Claireau et al. [91] führten eine Vorher-Nachher-Studie bei der Installation einer Fledermaus-Querungshilfe durch. Ein bekannter Flugkorridor (20 m breite Hecke) war durch eine Schnellstrasse während 16 Jahren unterbrochen. Im Mai 2017 wurde ein Metallgerüst in Form einer üblichen Signalanlage installiert und mit einem 1.5 m hohen Metallgitter auf der Anlage ergänzt. Die Überflüge der Schnellstrasse entlang dieses Chiroduc nahmen signifikant zu (Spezies *P. pipistrellus*, *P. kuhlii/nathusii*, *B. barbastellus*). Die Autoren rufen zur Installation und Untersuchung weiterer Chiroducs bei unterbrochenen Korridoren auf.

Ein Bericht der französischen Verwaltungseinheit Cerema (Centre d'etudes et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) schätzt die Effektivität der existierenden Chiroducs über den Schnellstrassen Frankreichs als sehr variabel ein: gespannte (grossflächige) Netze scheinen zu funktionieren, wohingegen Drahtsysteme (Abb. 14) eher weniger wirksam sind. Geschlossene Metallstrukturen müssen noch genauer untersucht werden. Generell sind noch zu wenig Erfahrungswerte zu Chiroducs vorhanden (Cerema [92]).

Diskussion/Fazit

Nach aktuellen Studien werden die Chiroducs von den Fledermäusen zu wenig genutzt, als dass sich der bautechnische und finanzielle Aufwand lohnen würde.

Für die Schweiz könnte allerdings eine Anpassung von bestehenden Signalportalen, welche in bekannten Flugkorridoren von gewissen Fledermausarten stehen, in Betrachtung gezogen werden. Es wäre daher sinnvoll, entsprechende Untersuchungen zu Machbarkeit und Kosten anzugehen.

3.4.4 Hop-Overs

Bei sogenannten Hop-Overs (franz.: *tremplin vert*) soll hohe Vegetation beidseits der Strassenränder dafür sorgen, dass die Fledermäuse ihre Flughöhe beibehalten oder gar erhöhen, um die Strasse in einer sicheren Höhe über dem Verkehr zu überqueren (Abb. 15). Im Idealfall sind die Baumkronen überhängend und bilden ein geschlossenes Kronendach, in oder entlang welchem die Fledermäuse die Strasse überqueren. Optional kann entlang der Strassenränder ein Zaun (mind. 3-4 m hoch) installiert werden, der die Fledermäuse ebenfalls motivieren soll höher zu steigen (Abb. 16).

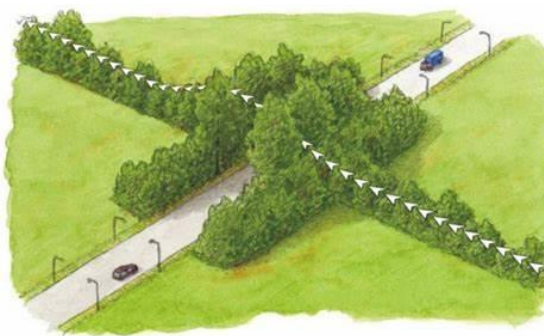


Abb. 15 Schema eines Hop-Overs. Quelle: www.naturalcity.nl/2016/02/25/oversteekplaats-vleer-muizen/



Abb. 16 Fledermausschutzzaun. Foto von M. Elmeros aus: iene.se/wp-content/uploads/Elmeros_181127.pdf

Analyse

Der Erfolg von Hop-Overs hängt vom artspezifischen Flugverhalten der Fledermäuse ab und eignet sich nur für schmale Strassen. Arten, welche in mittlerer Höhe und nahe der Vegetation fliegen, könnten auf sichere Flughöhe gebracht werden, indem der Unterwuchs entfernt wird und in der Nähe der Strasse nur noch das hohe Kronendach vorhanden ist. Arten jedoch, welche tief und in dichter Vegetation fliegen, tendieren bei fehlender Leitstruktur dazu, noch tiefer zu fliegen. Sie würden die Strasse in Bodennähe überqueren. Zudem ist davon auszugehen, dass sie bei installierten Zäunen diesen entlangfliegen wer-

den, um dann an deren Ende die Strasse tieffliegend zu überqueren oder nach dem Überfliegen des ersten Zauns zwischen den Zäunen sofort wieder in Bodennähe gehen würden (Karst, Biedermann, Schorcht & Bontadina [93]).

Da viele strukturgebunden fliegende Fledermausarten Licht meiden, müsste auch die Strasse im Bereich des Hop-Overs unbeleuchtet bleiben. Um allfällige Konflikte mit Vorgaben der Verkehrssicherheit zu vermeiden, könnte unter Umständen der Einsatz von intelligenten Beleuchtungsmechanismen in Frage kommen – z. B. Steuerung durch Bewegungsmelder.

Diskussion/Fazit

Die Effektivität von Hop-Overs variiert von Art zu Art und auch von Situation zu Situation bei derselben Art. Vor der Umsetzung dieses methodischen Ansatzes sollten unbedingt genaue Kenntnisse zur lokalen Situation vorliegen – u. a. betroffene Arten und ihr Flugverhalten vor Ort sowie Lebensraumsituation allgemein und Materialisierung des Hop-Over. Eine Verallgemeinerung der Lösungsansätze scheint grundsätzlich schwierig, wenn nicht unmöglich, so dass jeder Standort eine Einzelfalllösung braucht. Weiter gilt es abzuklären bzw. abzuwägen, ob im Falle von nicht eingezäunten Verkehrswegen die getroffene Fledermausschutzmassnahme (Zäune) zu negativen Wirkungen für andere Tiergruppen führt.

Angesichts all dieser offenen Fragen und Unsicherheiten sind wir der Ansicht, dass Hop-Overs aktuell keine praktikable und allgemein anwendbare Schutzmassnahme darstellen. Eine Anwendung in Einzelfällen sollte jedoch nicht ausgeschlossen werden.

3.5 Schutzmassnahmen für Vögel und deren Effektivität

Verkehrsanlagen stellen besonders für tieffliegende Vogelarten grundsätzlich ein mitunter grosses Gefahrenpotential dar. Wie bei den Fledermäusen müssen Massnahmen dahinzielen, dass die Vögel einen Verkehrsträger möglichst hoch queren.

Analyse

Im European Handbook [56] wird der Vorschlag gemacht, Vögel mittels minimal 4 m hohen Dämmen entlang des Verkehrsträgers zum Überfliegen zu bewegen.

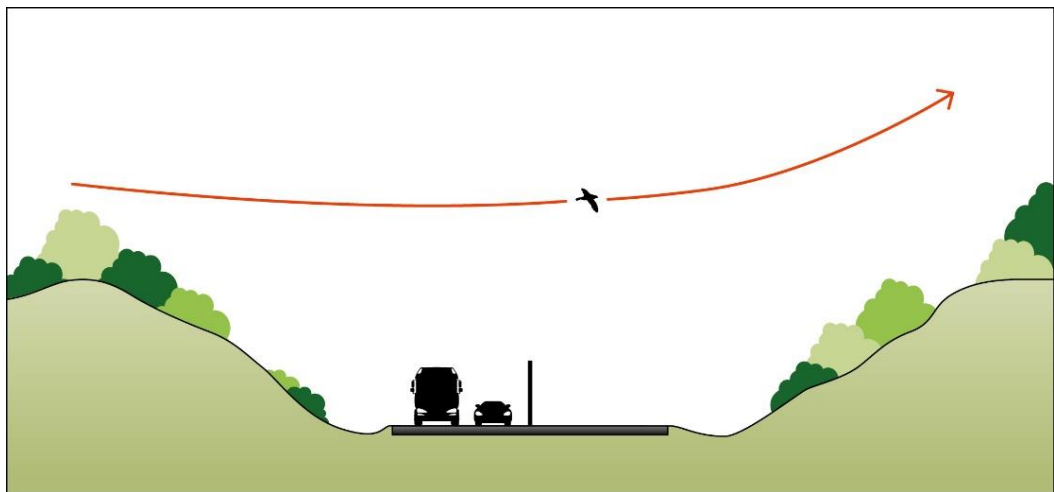


Abb. 17 Strassenbegleitende Dämme erleichtern den Überflug der Vögel (aus European Handbook [56]).

In anderen Ländern kommen hierfür 3–4 m hohe, strassenbegleitende Wände zum Einsatz [56]. Systematische Untersuchungen zur Wirkung solcher Massnahmen fehlen allerdings. Zudem gilt es zu bedenken, dass derart hohe Wände sich negativ auf das Landschaftsbild auswirken können und zudem, sofern der Verkehrsträger nicht eingezäunt ist, der Lebensraum für terrestrische Arten zerschnitten würde.

Um der Gefahr zu begegnen, welche von durchsichtigen Lärmschutzwänden ausgeht, hat die Schweizerische Vogelwarte in der Vergangenheit Massnahmen entwickelt und Erfahrungen zur Effektivität gesammelt (Vogelglas (vogelwarte.ch), [97])

Der Vermeidung negativer Verkehrsfolgen auf Vögel widmet auch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung eine ausführliche Arbeitshilfe ([98]). Darin werden Massnahmen zur Minderung der Mortalität vorgeschlagen und gleichzeitig kritisch hinterfragt. So wird aufgezeigt, dass für gewisse Arten die Bestockung der an den Strassenraum angrenzenden Flächen die Mortalität senkt. Gleichzeitig zieht dieser Lebensraum jedoch andere Arten an, welche vermehrt Opfer des Verkehrs werden. Ein wichtiges Thema in dieser Publikation sind auch Massnahmen zur Minderung der Lärmbelastung. Diese reichen, je nach Relevanz des betroffenen Lebensraumes und der Bedeutung der vorkommenden Arten, von der Erstellung von Lärmschutzwänden, über den Einbau lärmarmen Beläge bis hin zu Tunnelführung der Strasse und Anpassung der Trasseeführung.

Diskussion/Fazit

Bei bestehenden Strassen und angesichts der mehrheitlich engen Raumverhältnisse in der Schweiz sowie den sich aus gesamtökologischer Betrachtung teilweise widersprechenden Zielen, erscheint einzig der Einbezug von Vogelschutzmassnahmen bei durchsichtigen Lärmschutzwänden ins Normenwerk sinnvoll. Bei Neubauten und entsprechenden Raumverhältnissen können in Einzelfällen Dämme jedoch eine prüfenswerte Option darstellen.

Massnahmen zur Lärmbekämpfung – etwa Lärmschutzwänden – fehlt eine direkte rechtlich Grundlage. Die Gesetzgebung zum Lärmschutz äussert sich nicht bzgl. Vorgaben zum Lärmschutz der Fauna. Bei der Planung von neuen Strassen könnte dessen ungeachtet der Einbezug der Lebensraumansprüche bzw. Lebensraumnutzung der Vögel verbessert werden. Als rechtlicher Hintergrund könnten Forderungen des Biotopschutzes herangezogen werden. So fordern etwa Art. 14 Abs. 2 a NHV «*Massnahmen zur Wahrung oder nötigenfalls Wiederherstellung ihrer ... biologischen Vielfalt*» und Art. 14 Abs. 2 c NHV «*Gestaltungsmassnahmen, mit denen das Schutzziel erreicht, bestehende Schäden behoben und künftige Schäden vermieden werden können*». Da Vorranggebiete für den Naturschutz häufig auch für den Landschaftsschutz wichtig sind, gilt es allerdings wünschenswerte Massnahmen des Naturschutzes – etwa Lärmschutzwände – mit den Schutzzielen des Landschaftsschutzes abzustimmen.

3.6 Wildschutzzäune

Wie im Kapitel 1 bereits ausgeführt, gehören Wildschutzzäune zu den ersten im Zusammenhang mit der Thematik Fauna und Verkehr ergriffenen Massnahmen. Entsprechend gross sind die diesbezüglich gewonnenen Erkenntnisse. Der aktuelle Stand dazu wurde 2020 im Rahmen des Forschungsauftrages VSS 201/212 aufgearbeitet [47]. Gemäss der durchgeführten Literaturrecherche stellen Wildschutzzäune – im Hinblick auf die zu schützenden Tierarten dimensioniert und regelmässig unterhalten (vgl. auch [53]) – die wirksamste Massnahme zur Vermeidung der Mortalität der Fauna und zur Verhinderung von Unfällen bzw. für den Schutz der Verkehrsteilnehmer*innen dar. Aufgrund ihrer negativen Wirkung bzgl. der Durchlässigkeit eines Verkehrsträgers ist allerdings ihr Einsatz auch mit negativen Folgen für die Fauna verbunden.

Die folgende Analyse basiert in erster Linie auf den Ausführungen von [47], [53], [56] und [122].

Analyse

Im Rahmen der Überarbeitung vom European Handbook [56] wurde zur Bestimmung der wichtigsten Eckwerte von Wildschutzzäunen in verschiedenen Ländern Europas eine Umfrage zu den jeweiligen Vorgaben gemacht. Die Tab. 7 stellt die daraus abgeleiteten Empfehlungen dar. Im Vergleich zur VSS-Norm zu den Wildzäunen [4] und ihrer Anwendung fällt auf, dass sowohl für das Reh als auch den Rothirsch leicht höhere Werte empfohlen werden – 1.6 bis 2.4 m gegenüber 1.4 bis 2.0 m. An dieser Stelle ist jedoch anzuführen,

das aktuell in der Regel in Rotwildgebieten der Schweiz die Zaunhöhen bei 1.8 bis 2.0 m liegen und sich als funktionell erweisen.

Auffallend ist zudem, dass bei vielen Arten das Eingraben des Zaunes vorgeschlagen wird. Demgegenüber unterstreicht [4], dass das Unterschlüpfen oder das Untergraben zu erschweren ist, in dem der unterste Draht des Geflechts auf dem Boden aufliegen soll. Erfahrungen an bestehenden Zäunen machen jedoch deutlich, dass diese Massnahme nach einigen Jahren nicht mehr funktioniert. So kommt es häufig vor, dass es zu Bodenabsenkungen kommt. Als Folge davon gelingt es Füchsen, Dachsen und sogar Wildschweinen immer wieder, unter dem völlig frei liegenden Geflecht durchzuschlüpfen. Keine Erwähnung finden in [4] schliesslich Massnahmen zum Schutz vor dem Überklettern des Zaunes, wie das etwa Luchs und Wildkatze können.

Das European Handbook [56] geht zusätzlich detailliert auf verschiedene Fragestellungen im Zusammenhang mit Wildschutzzäunen ein und stellt diese mit Abbildungen dar. Dabei werden auch gute und schlechte Erfahrungen dokumentiert. So wird die Standortfrage erläutert und die Bedeutung der Anschlüsse an bzw. die Zaunführung zu den Bauwerken unterstrichen. Bezüglich der Materialisierung werden Angaben zum Material des Geflechts und der Pfosten gemacht und auf die Stärke des Geflechts eingegangen. Auch sind der Unterhalt der Wildschutzzäune und deren Umgebung ein Thema.

In den vergangenen Jahren wurden zudem verschiedene Massnahmen entwickelt, welche es den in den Bereich innerhalb der Wildschutzzäune gelangten Tieren erlauben sollen, diesen wieder zu verlassen – ohne dabei gleichzeitig Eintrittsmöglichkeiten zu schaffen [113].

Gestützt auf den in [56] und [122] zusammengestellten Stand der Technik lassen sich im Zusammenhang mit Wildschutzzäunen zusammenfassend folgende (primär faunarelevante) Rahmenbedingungen formulieren:

- Werden Wildschutzzäune installiert, sind diese beidseits des Verkehrsträgers anzulegen. In Situationen, wo Strasse und Bahn in unmittelbarer Nähe geführt werden, sind beide gemeinsam einzuzäunen.
- Das Material der Wildschutzzäune muss gegenüber Korrosion und mechanischen Einwirkungen durch den Unterhalt und die Fauna möglichst widerstandsfähig sein.
- Wildschutzzäune sollten so konzipiert sein, dass sie keine Gefahr für die Tiere darstellen.
- Ausserhalb von Bereichen, bei denen Wildschutzzäune vorgeschrieben sind, haben sich diese auf Abschnitte von Verkehrswegen mit erhöhtem Unfallrisiko zu beschränken. Dieses Risiko hängt in erster Linie von der Fahrzeugfrequenz ($DTV > 10'000$), der gefahrenen Geschwindigkeit und der Übersichtlichkeit des Verkehrsträgers ab.
- Zur Minimierung der eingezäunten Fläche bzw. um die Vernetzungsfunktion der häufig extensiv bewirtschafteten oder bestockten strassennahen Bereiche aufzuwerten, sind die Zäune unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen des Unterhalts möglichst nahe an den Verkehrsträger zu erstellen.
- Im Bereich von Wildschutzzäunen müssen für die Fauna genügend geeignete Querungsmöglichkeiten bestehen.
- Die Linienführung der Wildschutzzäune zu Querungsmöglichkeiten und deren Befestigung an die Bauwerke haben derart zu erfolgen, dass die Fauna zu den Bauwerken geleitet wird und keine Fallsituationen entstehen – sowohl für terrestrische als auch fliegende Arten.
- Bei Ein- und Ausfahrten sind die Wildschutzzäune nach Möglichkeit bis zur nächsten Querungsmöglichkeit weiterzuführen (400–500 m). Sollte es an diesen Stellen gehäuft zu Wildunfällen kommen, sind hier geeignete Massnahmen zum Verlassen des Zaunbereichs zu ergreifen.
- Die Höhe eines Wildschutzzaunes ist grundsätzlich auf die höchsten Anforderungen der vor Ort vorkommenden Zielarten auszurichten. Der zusätzliche Einbezug von Arten, welche innerhalb der Lebensdauer der Zäune im Gebiet zu erwarten sind, ist ebenfalls

sinnvoll. Weiter sind bei der Dimensionierung Schneelagen sowie die Position des Zaunes zu berücksichtigen – insbesondere Damm- oder Einschnittlage. Mit dem Anlegen von bestockten Streifen ausserhalb des Zaunes kann die Höhe minimiert werden (Kostenreduktion).

Tab. 7 Vorschläge für die Festlegung der Wildschutzzaunhöhen für bestimmte Zielarten (aus [56]) – Expert*innen-Befragung, Rahmenbedingungen verschiedener europäischer Staaten)

Target species	Height (cm; above ground)	Mesh type	Mesh size (cm)	Accessory	Installation
Red deer, Fallow deer	200 – 240	Regular or progressive density Knotted mesh 2.5 mm galvanized wire	Progressive mesh: W = 10 – 15; H = 5 at the bottom to 10 – 20 at the top Regular mesh: W = 15; H = 15	Possibility to add a 40 – 60 cm outrigger	Anchored to the ground
Roe deer	160 – 200	Regular or progressive density Knotted mesh 2.5 mm galvanized wire	Progressive mesh: W = 10 – 15; H = 5 at the bottom to 10 – 20 at the top Regular mesh: W = 15; H = 15	-	Anchored to the ground
Wild boar	140 – 160	Regular or progressive density Knotted mesh 2.5 mm galvanized wire	Progressive mesh: W = 10 – 15; H = 5 at the bottom to 10 – 20 at the top Regular mesh: W = 15; H = 15	-	20 – 50 cm buried Reinforcing of existing fences is possible anchoring a welded wire mesh 5x30 cm with the first 30 cm anchored to the soil. Attaching the mesh with special pins or with a horizontal barbed wire is not a less effective alternative.
Brown bear	300	Regular or progressive density 2.7 mm galvanized wire	10 cm	80 cm and 45° outrigger	L-shaped 20 – 50 cm buried
European lynx	200 – 300	Regular welded or knotted mesh	3 x 3	50 cm outrigger	20 – 50 cm buried
Fox, Badger, European vizon, Polecat and carnivore	100	Reinforcing regular welded mesh anchored at the exterior of the large mammal mesh	W = 1 – 15 cm depending on the species H = 1 – 4 cm depending on the species	-	20 – 50 cm buried for burrowing animals
Wildcat	180	Reinforcing regular mesh, knotted or welded, anchored at the exterior of the large mammal mesh	3 x 3	20 cm outrigger	20 – 50 cm buried
Hare	50 – 60	Reinforcing regular welded mesh anchored at the exterior of the large mammal mesh	3 x 3	-	40 cm L-shaped (20 vertical + 20 horizontal) buried
Rabbit	50 – 60	Reinforcing regular mesh anchored at the exterior of the large mammal mesh	3 x 3	-	40 cm L-shaped (20 vertical + 20 horizontal) buried
Beaver	100	Iron plate on the main mesh Welded mesh with regular mesh over the entire height	W = 4 cm H = 4 cm	-	20 – 50 cm buried
Amphibians and Reptiles	40-60	Mesheres are not suitable. Opaque materials with low rugosity such as metal or recycled materials are recommended	H = 40 – 60 cm minimum	-	-

- Mit der Wahl einer angepassten Maschenweite oder allenfalls dem Anbringen von Kunststoff-/Metallplatten/Betonelementen – besonders zum Schutz von Amphibien – ist sicherzustellen, dass Kleintiere den Wildschutzzaun nicht queren können.
- In Abhängigkeit der vorkommenden Arten ist das Geflecht einzugraben. Allenfalls sind andere Massnahmen nötig, um zu verhindern, dass der Wildschutzzaun untergraben werden kann. Falls notwendig – primär beim Vorkommen des Wildschweins – sind kleine Zwischenpfosten vorzusehen.
- In Abhängigkeit der vorkommenden Arten sind Massnahmen zu ergreifen, damit der Wildschutzzaun nicht von kletternden Arten überquert werden kann.
- Im Bereich von Zauntoren oder anderen Zugängen zum Verkehrsbereich sind geeignete Massnahmen zu ergreifen, damit an diesen Stellen keine Tiere auf die Fahrbahn gelangen können.
- In Gebieten, in denen trotz Wildschutzzäunen immer wieder Wildtiere in den Verkehrsraum gelangen, sind – wo Anpassungen der Zaunhöhen und/oder Gestaltung des Zaunes nicht möglich sind – für die Fauna Möglichkeiten zu schaffen, dank denen sie den eingezäunten Raum verlassen kann.
- Wildschutzzäune sind regelmässig zu kontrollieren und zu warten.

Diskussion/Fazit

Verschiedene oben erwähnte Punkte werden auch in der ASTRA-Richtlinie [1] thematisiert. Die diesbezüglichen Aussagen sind jedoch meist knapp und pauschal. Dies führte in der Vergangenheit häufig dazu, dass bei der Anwendung der aktuellen Norm [4] immer wieder Unklarheiten auftauchten. In diesem Sinne sind wir der Auffassung, dass die Norm anzupassen, detaillierter auszuführen und zu ergänzen ist – insbesondere bzgl. des Eingrabens des Geflechts und des Einbezugs der Zielarten Wildkatze und Luchs. Ebenso braucht es Angaben bezüglich der Notwendigkeit eines Übersteigschutzes (lokal) sowie die Anpassung bzw. Konkretisierung der Angaben zur Zaunhöhe, klare Vorgaben zur Bestockung der Umgebung und damit zusammenhängend des Unterhalts. Unterhaltsfragen sind auf bei fehlender Bestockung wichtig – z. B. Stichwort Eingraben des Zaunes. Sinnvoll erscheint es weiter, dass sich die Norm vertiefter zur Lage des Wildschutzzaunes äussert und das Thema der Schaffung von Fluchtmöglichkeiten für die Fauna behandelt.

3.7 Schutzmassnahmen bei nicht eingezäunten Strassen und deren Effektivität

Die überwiegende Mehrheit der Verkehrsunfälle ereignen sich in den Abschnitten der Verkehrsachsen, welche nicht eingezäunt sind. In den letzten Jahrzehnten wurden verschiedene Methoden entwickelt, mit denen die Fauna von einer Querung des Verkehrsweges abgehalten werden oder mindestens auf die Gefahr von nahenden Fahrzeugen aufmerksam gemacht werden soll. Im Laufe der Zeit kamen zusätzlich Lösungsansätze dazu, welche die Verkehrsteilnehmer*innen vor der unmittelbaren Unfallgefahr bzw. der Präsenz von Wildsäugern warnen. Bereits die aktuell geltende VSS 40 694 [11] macht Angaben zur Wirksamkeit verschiedener Schutzmassnahmen.

Im Rahmen der laufenden Überarbeitung des European Handbook [56] wurden von Suter (ZHAW) auf der Basis der heutigen Kenntnisse und eigenen Erfahrungen – siehe ergänzend auch [47] – die bekannten Systeme analysiert. In der Folge werden die Resultate dieser Arbeit kurz zusammengefasst.

3.7.1 Massnahmen zur Warnung der Fauna

Grundsätzlich können drei Wirkungsweisen unterschieden werden: optische, olfaktorische und akustische Schutzmassnahmen.

Optische Schutzmassnahmen

Am Anfang stand das Anbringen von Alufolien an Bäume. Die reflektierenden Folien sollten die Tiere blenden und so auf die nahenden Fahrzeuge aufmerksam machen. Dieses passive Reflektorensystem in verschiedenen Farben wurde mit der Zeit technisch weiterentwickelt und an die den Strassenraum begleitenden Pfosten montiert. Die Erfahrung zeigte immer wieder, dass die anfänglich festgestellte Wirkung auf die Tiere mit der Zeit mehr oder weniger schnell abnahm. Grund dafür war die Gewöhnung der Tiere an die Blendwirkung der Reflektoren.

Olfaktorische Schutzmassnahmen

Bei diesem methodischen Ansatz sollen Duftstoffe die Wildsäuger von der Querung der Strasse abhalten oder mindestens aufmerksamer machen. Hierfür kommen etwa Düfte von Raubtieren zum Einsatz, welche die Tiere erschrecken sollen. Auch bei dieser Methode zeigte es sich bald, dass, wenn auf den Duft keine entsprechenden Gefahrenerfahrungen folgten, der Duftzaun seine Funktion verlor – die Tiere den Duft also quasi ignorierten. Diese Gewöhnung könnte allenfalls verhindert werden, wenn die sogenannten Duftzäune nur zeitlich befristet installiert würden – etwa zur Migrationszeit von Wildsäugern oder wenn sie im Winter auf der Suche nach Nahrung vermehrt Talgebiete aufsuchen und entsprechend häufig Verkehrswege queren müssen.

Akustische Schutzmassnahmen

Seit einigen Jahren sind Geräte im Einsatz, welche – sobald sie von einem Scheinwerfer beleuchtet werden – Töne aussenden. Neben Ultraschalltönen kommen heute Frequenzen oder Laute zum Einsatz, welche die Tiere erschrecken sollen. Die Erfolgsrate der verschiedenen Systeme im ersten Jahr nach deren Installation war häufig hoch. Sie nahm jedoch bei Anlagen mit „künstlichen“ Tönen in den Folgejahren deutlich ab. Neueste Erfahrungen weisen besonders an stark befahrenen Strassen auch bei diesen Massnahmen auf einen Gewöhnungseffekt der Wildtiere hin. Erfolgsversprechender scheinen sogenannte bioakustische Anlagen zu sein, welche Tierlaute aussenden – Schrecklaute der Zielarten oder Lautäusserungen von Prädatoren – diese aber im Laufe der Zeit ändern. Auch hier fehlen aktuell jedoch gezielte und systematische Langzeitstudien und damit der Nachweis, wie lange der methodische Ansatz währt. Entsprechende Arbeiten entlang von Bahnstrecken sind jedoch am laufen [120], [121]. Die diesbezüglichen Resultate werden in den nächsten Jahren erwartet.

Weitere Massnahmen sind an Fahrzeugen installierte Geräte, welche durch den Fahrtwind Pfeifftöne aussenden oder im Strassenbelag eingelassene Geräte, welche beim Überfahrenwerden durch Fahrzeuge Töne aussenden. Zu beiden Methoden fehlen jedoch fundierte Hinweise zu deren Wirksamkeit.

Diskussion/Fazit

Bei allen faunagerichteten Schutzmassnahmen besteht eine mehr oder weniger grosse Gefahr, dass sich die Tiere an die auf ihren Seh-, Riech- oder Hörsinn gerichteten Reize gewöhnen. Dieser Gewöhnungseffekt lässt sich allenfalls durchbrechen oder mindestens vermindern, in dem die Reize möglichst nicht dauernd ausgesendet werden. Zielführend wären in diesem Sinn der temporäre Einsatz der Schutzmassnahme oder ein Wechsel des Reizes bzw. der Einsatz verschiedener Reizquellen.

Grundsätzlich ist es unerlässlich, dass systematische Langzeitkontrollen der Wirksamkeit der verschiedenen Massnahmen durchgeführt werden. Aufgrund der in der Vergangenheit gewonnenen Erkenntnisse und dem darauf basierenden Wissensstand macht es aktuell Sinn, in Zukunft in erster Linie akustische Schutzmassnahmen vertieft weiterzuverfolgen. Zeitlich und standörtlich eng begrenzt, könnten olfaktorische Massnahmen und allenfalls optische Massnahmen eingesetzt werden.

3.7.2 Massnahmen zur Warnung der Strassenbenützer*innen

Dieser methodische Ansatz stand am Anfang der Bemühungen Unfälle zu vermeiden. So wurde schon früh damit begonnen, in besonders unfallträchtigen Gebieten das bekannte Strassenschild „Achtung Wild“ aufzustellen. Gewöhnung – dieses Mal vom Menschen – stand und steht jedoch einer nachhaltigen Wirkung im Weg. Eine geringfügig bessere Wirkung hat die Kombination der „Achtung Wild“- mit einer Geschwindigkeitsbegrenzungs-Tafel. Eine noch bessere Wirkung entfalten solche Tafeln, wenn während Zeiten hoher Wildaktivitäten Blinklichter aktiviert werden.

Vor knapp 30 Jahren wurde in der Schweiz von der Firma Calonder erstmals ein dynamisches, auf die Präsenz von Wildsäugern reagierendes System gebaut, das sich auch noch heute bewährt. Bei diesem sogenannten Calstrom-System wurde eine Signalanlage entwickelt, welche die Warntafel „Achtung Wild“ mit einer Geschwindigkeitsbegrenzungs-Tafel kombiniert. Beide Tafeln werden mittels Sensoren gesteuert und leuchten nur dann eine begrenzte Zeit lang auf, wenn die Sensoren in der Nähe der Strasse Tiere registrieren. So kann ein Gewöhnungseffekt der Strassenbenützer*innen vermieden werden. Dieses System wurde weltweit kopiert und teilweise weiter verfeinert. So kommen in einzelnen Ländern Geräte zum Einsatz, bei welchen bei Bedarf parallel Mensch und Fauna vor der drohenden Gefahr gewarnt werden. Nehmen die Sensoren in der Umgebung Wildsäuger wahr, werden die Strassenbenützer*innen mittels der oben beschriebenen Warntafel-Kombination zum Abbremsen aufgefordert. Stellt die ebenfalls installierte Radarananlage fest, dass dies nicht geschieht, wird zusätzlich die Fauna durch wechselnde akustische Signale aufmerksam gemacht.



Abb. 18 System zur kombinierten Warnung von Tier und Mensch (Sistema di Prevenzione (lifetrade.it)) [99].

2018 wurde mit dem AniMot ein weiteres, auf die Aufmerksamkeitssteigerung des Menschen ausgerichtetes System entwickelt. Hierfür wird auf den gängigen Strassenbegleitpfosten ein kleines, solarbetriebenes Infrarot-Gerät montiert, welches in einem Umkreis von rund 30 Metern die Umgebung absucht. Registriert es dabei Wärmequellen, deutet dies auf Tiere in unmittelbarer Nähe hin. Diese Information lässt im Bereich der Registrierung eine Lampe an den Leitpfosten aufblinken – jeweils eine Serie von drei Pfosten – und warnt damit die Strassenbenützer*innen. Aktuell laufen an der ZHAW Untersuchungen zur Wirksamkeit dieses Systems. Die ersten Resultate sind positiv. So wurde beim Blinken der Anlage festgestellt, dass es zu einer Geschwindigkeitsreduktion der Fahrzeuge kommt – unzweifelhaft ein Zeichen, dass die Fahrer*innen aufmerksamer

sind. Es ist jedoch noch zu früh, um eine abschliessende Beurteilung des Systems abzugeben.

Aktuell steht ein weiteres System in der Prototypphase. Dieses misst mittels einer Radaranlage die Geschwindigkeit des nahenden Autos und aktiviert nur dann die oben beschriebene Tafelkombination, wenn eine bestimmte Geschwindigkeit überschritten wird. Einerseits mahnt sie damit die geltende Geschwindigkeit einzuhalten und andererseits warnt sie vor der Möglichkeit, dass Wildtiere im Strassenbereich auftreten können. In dieser Form erscheint die Anlage besonders dann zielführend zu sein, wenn sich die überwachten Strecken in Bereichen befinden, wo die Geschwindigkeit bereits auf 60 oder weniger km/h beschränkt ist – jedoch höhere Geschwindigkeiten die Regel sind. Bei Bedarf lässt sich dieser Anlagetyp auch mit Wildtiere registrierenden Sensoren kombinieren.

Unabhängig von Warnanlagen für Mensch und Tier sind schliesslich Warneinrichtungen, welche direkt in den Fahrzeugen eingebaut werden. Aktuell sind verschiedene Produkte auf dem Markt, welche mittels Radar- oder Infrarot-Systemen nicht nur sich bewegende Hindernisse erkennen, sondern auch zwischen Menschen und Tieren unterscheiden können. Bis zum serienmässigen Einbau solcher Anlagen, dürften – trotz der rasanten Entwicklung dieses Sicherheitsbereiches der Autoindustrie – noch Jahre vergehen.

Diskussion/Fazit

Schutzmassnahmen, welche die Aufmerksamkeit des Menschen erhöhen bzw. auf das imminente Gefahrpotential hinweisen, sind bei der Vermeidung von Wildtierunfällen erwiesenermassen der erfolgreichste Ansatz. Dabei muss jedoch zwingend gewährleistet sein, dass sich das «Aufmerksammachen» auf effektive Gefahrensituationen beschränkt. Sobald solche Anlagen dauernd in Betrieb sind, werden sie, wie dies bei fixen Signalen der Fall ist, sehr bald ihre Wirkung verlieren.

Bei der Wahl des einzusetzenden Anlagetyps ist – nicht zuletzt aus Kostengründen – die Bedeutung des zu sichernden Abschnitts der Verkehrsachse für die Fauna zu berücksichtigen. Entsprechend sollen sich diese kostspieligen Massnahmen in erster Linie auf ausgewiesene Unfall-Hotspots beschränken. Wie dies u. a. in [47] aufgezeigt wird, sind diese Informationen jedoch nicht flächendeckend vorhanden. Es wäre darum wichtig, ein Tool zu entwickeln, mit welchem die Unfallereignisse systematisch gesammelt und ausgewertet werden könnten (siehe auch Kapitel 3.1.2).

Stand heute erscheint der Einsatz eines dynamischen Wildwarnsystems mit kombinierter „Achtung Wild“- und Geschwindigkeitsbegrenzungs-Tafel nur im Bereich von überregionalen Wildtierkorridoren und Strassenabschnitten mit besonders hohen Fallwildzahlen von Reh, Wildschwein und/oder Rothirsch zielführend. In solchen Gebieten wäre zudem eine Limitierung der Höchstgeschwindigkeit von 80 auf 60 km/h sinnvoll. In der Vergangenheit erwies sich diese Massnahme jedoch in der Regel als nicht bewilligungsfähig.

Bei der Produktwahl ist auch der Standort der Anlage bzw. die im Bereich der zu installierenden Anlage geltende Höchstgeschwindigkeit zu berücksichtigen. Besonders in übersichtlichen Bereichen mit geringen Fallwildzahlen, bei tiefen Geschwindigkeiten (maximal 60 km/h) und/oder bei nur in bestimmten Jahreszeiten sich häufenden Ereignissen, sollten blinkende Anlagen – fixe oder durch die Präsenz von Wildsäugern gesteuerte Anlagen – genügen.

3.8 Wirkungskontrolle getroffener Massnahmen

Die Notwendigkeit der Durchführung von Wirkungskontrollen der ausgeführten Massnahmen ist unbestritten und entsprechend auch in der ASTRA-Richtlinie 18008 [1] explizit gefordert. In die gleiche Richtung äussern sich etwa auch [53], [55] und [56].

Die aktuellen Normen zu den Gewässerdurchlässen [14] und Amphibienschutzmassnahmen [13] machen ebenfalls Hinweise auf die Notwendigkeit von Wirkungskontrollen. Konkrete Angaben zum Vorgehen (beschränkt auf die kostenintensiven Wildtierpassagen) machen Trocmé und Krause in der ASTRA-Dokumentation 88012 [46]. Zudem kann das zur

Wirkungskontrolle von Amphibiendurchlässen angewandte Vorgehen (vgl. [43]) als Vorlage für weitere Untersuchungen genommen werden. Ähnliche Instrumente fehlen jedoch für die anderen Schutzmassnahmen. Werden trotzdem Wirkungskontrollen durchgeführt, so können die erhaltenen Resultate kaum mit anderen Untersuchungen verglichen werden und entsprechend schwierig wird es, daraus Schlüsse zur Verbesserung der Funktionalität der Massnahmen abzuleiten. Auf diesem Hintergrund sind wir der Ansicht, dass es Sinn macht, vermehrt standardisierte Wirkungskontrollen durchzuführen.

Wie dies die Erfahrungen bei der Entwicklung von [46] deutlich machen, brauchen zielführende Untersuchungen grundsätzlich eine systematische Anleitung der Planung, Durchführung und Auswertung der Wirkungskontrolle. Weiter ist es wichtig, dass ein solches Papier eine möglichst hohe Verbindlichkeitsstufe erreicht und im Kreis möglicher Anwender*innen (Bauherrschaft und Ausführende) bekannt und akzeptiert ist. Aufgrund der eigenen Erfahrungen eignet sich dafür eine VSS-Norm zum Thema Fauna und Verkehr am besten. Damit wäre gewährleistet, dass neben dem wissenschaftlichen Fachwissen auch die Bedürfnisse und Erfahrungen der Bauherrschaft und der Unterhaltsverantwortlichen gebührend berücksichtigt werden.

4 Gesamtfazit

Der Vergleich der Resultate der durchgeführten Arbeiten mit den aktuellen Normen macht deutlich, dass die Mehrheit der Normen bereits zahlreiche wichtige Aspekte beinhalten. Gleichzeitig wurden gewisse Lücken ausgewiesen und bei verschiedenen Schutzmassnahmen die Notwendigkeit einer Vertiefung der Vorgaben erkannt.

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

- Welche Zielarten müssen neu berücksichtigt werden?
Die neusten Erkenntnisse machen deutlich, dass die Artengruppe der Fledermäuse und Vögel, bzw. ihre Bedürfnisse, grundsätzlich bei der Definition von angepassten und ergänzten Schutzmassnahmen zu berücksichtigen sind. Weiter ist es wichtig, bei den Vorgaben der Wildschutzzäune [4] zusätzlich die Wildkatze und den Luchs zu berücksichtigen. Unklar ist hingegen, inwieweit Schutzmassnahmen zu Gunsten von Fischotter, Biber und Wasserorganismen genügen – sie sind aktuell nur in der Norm zu den Gewässerdurchlässen [14] berücksichtigt. Schliesslich fehlen aktuell für primär baumbewohnende Arten wie Siebenschläfer, Haselmaus und Eichhörnchen sowie für den Igel die notwendigen Kenntnisse, um für diese allfällige standardisierte Schutzmassnahmen definieren zu können.
- Welche neuen Methoden können für die Zustandsanalyse betreffend Fauna dienen?
Die verschiedenen Methoden zur Gewinnung von Informationen zur Lebensraumnutzung und zur Einschätzung der Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturen auf die Fauna haben sich seit dem Erscheinen der entsprechenden Norm [10] weiterentwickelt. Einerseits stehen neuere Grundlagen zu verschiedenartigen Vernetzungsachsen zur Verfügung, andererseits wurden Hilfsmittel (z. B. Bauwerksdurchlässigkeitsindex [41], genetische Analysen) erarbeitet, die zur Anwendung gelangen können. Weitere, sehr komplexe Analysemethoden sind eher bei grossen Projekten im Einzelfall anwendbar. Diese komplexen Methoden zu standardisieren, sprengt den Rahmen einer VSS-Norm. Wie bis anhin bleiben hingegen Hinweise aus der Analyse von Fallwildzahlen und die Einschätzung von Fachpersonen ein wichtiger Bestandteil der Faunalanalysemethoden.
- Welche neuen Massnahmen sind in der Schweiz umsetzbar und zweckmässig?
Wie eingangs erwähnt, umfassen die bestehenden Normen bereits einen Grossteil der wichtigsten Schutzmassnahmen bzw. werden solche gestützt auf bestehende Empfehlungen – wie zum Beispiel zur Artengruppe der Fledermäuse [50] – bereits umgesetzt. Handlungsbedarf besteht im Zusammenhang mit der Dimensionierung und Ausgestaltung der Wildschutzzäune sowie bezüglich der Grunddurchlässigkeit der Verkehrsträger – namentlich der eingezäunten Abschnitte und nicht gezäunten Strassen mit hohem Verkehrsaufkommen. Hier sind Gestaltungsmassnahmen bei bestehenden Bauwerken und deren Umgebung stärker in den Vordergrund zu rücken. Es ist normativ festzuhalten, wie die für den Menschen konzipierten Bauwerke mit geringen Nutzungsfrequenzen auch für die Fauna nutzbar gemacht werden können. Dazu gehört u. a. das Entfernen von Hartbelägen, das Begrünen von Teilen der Bauwerke und das Anlegen von Kleinstrukturen.
Bei den faunaspezifischen Bauwerken sind mit Ausnahme der Dimensionierungsvorgaben für Wildtierunterführungen keine grösseren Anpassungen notwendig. Im Zusammenhang mit einer funktionellen ökologischen Infrastruktur und der besseren Vernetzung von Schutzgebieten erscheint es jedoch sinnvoll, dass bereits formulierte Vorgaben zur regelmässigen Anordnung von Querungsmöglichkeiten (z. B. ein Kleintierdurchlass alle 500 m) mehr Gewicht erhalten oder gar verschärft werden.
Schliesslich ist es wichtig, dass in den entsprechenden Normen Gestaltungsmassnahmen festgehalten werden, welche die Fauna zu den Bauwerken leiten und solche, welche auf dem Bauwerk und dessen unmittelbaren Umgebung Störungen minimieren.
- Welche Massnahmen erfüllen die in sie gesetzten Erwartungen nicht?
Mit Ausnahme der Massnahmen zur Verhinderung von Wildtierunfällen entlang nicht eingezäunter Verkehrswege erreichen alle in den bestehenden Normen enthaltenen

Schutzmassnahmen – eine fachgerechte Anwendung sowie entsprechenden Unterhalt vorausgesetzt – eine zufriedenstellende bis sehr hohe Funktionalität.

Dank den in den letzten Jahren im In- und Ausland gewonnen Erkenntnissen und daraus entstandenen Handlungsanleitungen (u. a. [52], [53], [55], [56]) ist genügend Wissen vorhanden, um die Mehrzahl der notwendigen Anpassungen zu formulieren. Dies trifft weitgehend auch bei den Massnahmen zur Verhinderung von Wildtierunfällen zu, bei denen aktuell primär Massnahmen im Vordergrund stehen, welche den Menschen vor der vorhandenen Gefahr warnen. Vertiefende Untersuchungen zur nachhaltigen Wirkung solcher Massnahmen, wie auch zu jenen, welche die Fauna warnen oder der Kombination verschiedener Ansätze fehlen jedoch. Weiter ist es – primär auch in Zusammenhang mit einem möglichst sinnvollen und effizienten Einsatz der verfügbaren Mittel – wichtig, Instrumente zu entwickeln, mit welchen die Einsatzbereiche der Massnahmen besser definiert werden können.

- Wo und unter welchen Umständen sind welche Massnahmen zweckmässig?

Auf dem Hintergrund der Strategie Biodiversität Schweiz des Bundes [38] sind (mindestens) im Bereich der Kreuzungsstellen von Verkehrsachsen mit den wichtigen Vernetzungsachsen der Fauna Massnahmen notwendig und entsprechend zweckmässig.

Aus rein faunistischer Sicht ist es von zentraler Bedeutung, dass aufgrund einer möglichst hohen Grunddurchlässigkeit der Verkehrsträger möglichst keine Vernetzungsachsen unterbrochen werden und die Mortalitätsrate möglichst gering ist. Eine klare, allgemeingültige und gleichzeitig umsetzbare Vorgabe, welcher Massnahmentyp wann und wo einzusetzen ist, kann jedoch nicht formuliert werden. Unter Einbezug der geltenden gesetzlichen Vorgaben des Naturschutzes und der Jagd lassen sich jedoch folgende Grundansätze formulieren:

- Werden überregionale Wildtierkorridore oder andere national bedeutende Vernetzungssysteme (z. B. Zugstellen von Amphibien, prioritäre Verbindungen der ökologischen Infrastruktur) tangiert, sind zur Gewährleistung der Funktionalität faunaspezifische Bauwerke mit entsprechenden Leitelementen zu erstellen.
- Werden national bedeutende Biotopinventare tangiert, sind alle den Verkehrsträger querenden Bauwerke als multifunktionale Bauwerke für die Fauna auszugestalten. Dies gilt auch für Gewässerdurchlässe. Sollte die dabei erreichte Durchlässigkeit für die Zielarten der betroffenen Biotope nicht genügen, müssen zusätzlich faunaspezifische Bauwerke erstellt werden.
- In allen übrigen Gebieten sind – wo dies möglich und zielführend ist – zur Erreichung einer möglichst grossen Grunddurchlässigkeit – die den Verkehrsträger querenden Bauwerke als multifunktionale Bauwerke für die Fauna auszugestalten (siehe dazu die diesbezüglichen Ausführungen in [1]).
- Wie soll man bei nicht eingezäunten Strassen oder Bahnen vorgehen? Welche Massnahmen sind zielführend?

Für die Mehrheit der Fauna – insbesondere Kleinsäuger, Amphibien, Reptilien, Wirbellose – sind Strassen und auch Bahnen ungeachtet des Fehlens eines Zaunes eine relevante Barriere oder für teilweise hohe Mortalitätsraten verantwortlich. Entsprechend sind situationsbedingt die gleichen, oben formulierten Grundansätze zu befolgen.

Die durchgeführten Untersuchungen machen schliesslich deutlich, dass aus Sicht der Funktionalität und der Kosten verschiedener Schutzmassnahmen die Durchführung einer Wirkungskontrolle wichtig ist. Um zu garantieren, dass diese Arbeiten möglichst systematisch geplant, ausgeführt und die erhaltenen Resultate auch entsprechend ausgewertet werden, ist die Erarbeitung einer entsprechenden neuen Norm zielführend.

Anhänge

I	Literaturliste	75
---	----------------------	----

I Literaturliste

Aus Platzgründen sind nicht alle erfassten Angaben aufgeführt (Spalten ausgeblendet). Detailliste siehe beigelegte CD bei Druckausgaben. Die Liste kann auch bei den Autoren bezogen werden.

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Abegg	Christoph	2019	Im Durchgang queren Fuchs und Hase die Autobahn	Wildtiere			Verkehr, Wildtierquerung
ALPARC, CIPRA, ISCAR, WWF			Natur ohne Grenzen				
Autret	Yannick	2019	Étude Comparative de deux Methodes de Relevé des collisions entre la faune et le trafic	Wildtiere			Verkehr, Massnahmen
Babinska-Werka	Joanna	2015	Effectiveness of an acoustic wildlife warning device using natural calls to reduce the risk of train collisions with animals	Wildtiere			Eisenbahn, akustische Wildwarner, Tierlaute
Bach	Lothar	2005	Fachbeitrag Fledermäuse an ausgewählten Grünbrücken	Fledermäuse			Green bridge
BAFU, BAV, ASTRA, ARE		2007	Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen				Habitat fragmentation
Baier	Hermann	2006	Freiraum und Naturschutz				Habitat fragmentation, Störungen
Barnum	Sarah A.	2003	Identifying the best locations along highways to provide safe crossing opportunities for wildlife				safe crossings
Bassi	Massimo	2003	Habitat-Modelle in der Wildökologie				Habitat Modelle
Baumann	Thomas	2010	Wo das Wild an Grenzen stösst				
Béga	Steve	2021	The Wildlife Fencing Guide: Amphibians, Reptiles & Small Mammals	Reptilien	Amphibien	Kleine Säugetiere	

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Beier	Paul	2008	Best Management Practices for Wildlife Corridors				wildlife crossings
Bekker	H.		Taking the high road: treetop bridges for arboreal mammals				WTQ, Korridor, Vernetzung
Bellis	Mark A.	2008	Evaluating the effectiveness of wildlife crossing structures in southern vermont				effectiveness, wildlife crossing
Benitez-Lopez	Ana	2010	The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A Meta-analysis	Vögel	Säuger		Biodiversity loss, Bird abundance, Infrastructure, Mean species abundance, Meta-analysis, Traffic intensity, Meta-regression, Roads
Berthinussen	Anna	2012	Do Bat Gantries and Underpasses Help Bats Cross Roads Safely?	Fledermäuse			
Berthinussen	Anna	2012	The effect of a major road on bat activity and diversity	Fledermäuse			barrier effects, bats, foraging activity, habitat degradation, Myotis, Nyctalus, Pipistrellus, roads
Berthinussen	Anna	2015	WC1060 Development of a cost-effective method for monitoring the effectiveness of mitigation for bats crossing linear transport infrastructure	Fledermäuse			
Berthinussen	Anna	2018	The impact of roads on bat activity and diversity and the effectiveness of mitigation in the UK	Fledermäuse			Verkehr, Massnahmen
Berthinussen	Anna	Präsentation (betr. Artikel 2012 + 15)	The impact of roads on bat activity and diversity and the effectiveness of mitigation in the UK	Fledermäuse			
Bil	Michal	2019	A detailed spatiotemporal analysis of traffic crash hotspots				Traffic crash, hotspot, Kernel density estimation, KDE+, Road network, temporal analysis
Bissonette	John A.	2008	Evaluation of the Use an Effectiveness of Wildlife Crossings				effectiveness, wildlife crossing
Bogliani	Giuseppe	2006	Studio sull'efficienza e utilizzo faunistico dei corridoi ecologici realizzati come interventi di deframmentazione della S.S. 336 (Il lotto)				

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Bogliani	Giuseppe		Progetto Biodiversita, La connessione ecologica per la biodiversità				
Bolliger	Janine	2012	Nützen neue Trittsteingewässer den Laubfröschen?	Laubfrosch			
Borda-de-Água	Luís	2017	Railway Ecology	Wildtiere	Vögel		Eisenbahn, Monitoring, Massnahmen, Fragmentierung, Vernetzung
Bosch	Stefan	2016	Vernetzte Lebensräume - eine Voraussetzung für den Schutz des Eichhörnchens	Eichhörnchen			Vernetzung
Boschi	Cristina	2014	Fördermassnahmen für Wiesel im Landwirtschaftsgebiet	Wiesel			Landwirtschaft, Förderung
Bougrain Dubourg	Allain	2011	A89 Balbigny / La tour de Salvagny (DVD)	Fledermäuse			
Brenneisen	Stephan	2017	Wie gut erfüllen Amphibientunnel und -leitsysteme ihren Zweck?	Amphibien			Amphibientunnel
Brumm	Hendrik	2021	Traffic noise disrupts vocal development and suppresses immune function	Vögel			
Bundesanstalt für Strassenwesen (bast)		2014	Monitoring von Grünbrücken				Monitoring WTQ
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie		2007	Umweltschutz Flora und Fauna an Verkehrswegen	Wildtiere			Verkehr, Wildschutz, Signalisation, Wildtierpassagen
Buton	Caryl	2017	Analyse reglementaire et technique	Grande Faune			Fence
Campbell	Mason	2017	Roads to Ruin				
Caron	Renaud	2018	Nationalstrassen - Teilprogramm Sanierung der Wildtierkorridore	Wildtiere			Wildtierkorridore
Cavailhes	Jérôme	2015	Linear transport infrastructures and Reptiles	Reptilien	Schlangen	Eidechsen	Verkehr, Strassen, Eisenbahn

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Cavailhes	Jérôme	2015	Infrastructures linéaires de transport et reptiles	Reptilien			Verkehr, Massnahmen
CEDR, Safe road		2017	Safe roads for wildlife and people				
CEREMA		2018	Chiroptères et infrastructures de transport	Fledermäuse			Verkehr
CEREMA		2018	Critères éco-éthologiques à prendre en compte pour la restauration des continuités écologiques au droit des ouvrages de franchissement d'in- frastructures de transport	Wildtiere			Verkehr, Wildtierpassagen
CEREMA		2019	Clôtures routières et ferroviaires & faune sau- vage	Wildtiere			Wildzaun, Verkehr
CEREMA		2019	Amphibiens et dispositifs de franchissement des infrastructures de transport terrestre	Amphibien			Verkehr, Massnahmen
CEREMA		2020	Infrastructures linéaires de transport et oiseaux	Vögel			Verkehr, Strassen, Eisenbahn
Cerema		2021	Préservation et restauration des continuités écologiques dans le cadre d'un projet d'infras- tructure linéaire de transport	Fauna			
CEREMA			Un outil destiné aux territoires pour réduire l'ac- cidentologie du Lynx	Luchs			Fallwild, Hauptursache Mortalität
Ciabò	Serena	2015	Manual for mitigating the impact of roads on bi- odiversity	Wildtiere			Strassen, Verkehr, Zusammen- stösse
Claireau	Fabien	2018	Impact of major roads on bats and effective- ness of bat overpasses	Fledermäuse			Verkehr, Querungshilfen
Claireau	Fabien	2019	Bat overpasses as an alternative solution to re- store habitat connectivity in the context of road requalification	Fledermäuse			Acoustic flight path reconstruction (AFPR), Bat gantry, Before-after control-impact analysis (BACI), Commuting route, Crossing struc- ture, Mitigation measure
Claireau	Fabien	2019	Major roads have important negative effects on insectivorous bat activity	Fledermäuse			Chiroptera, Barrier effect, Bat acti- vity, Habitat loss, Habitat degrada- tion, Road-effect zone

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Clevenger	Anthony P.	2005	Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals	grizzly bear, wolf	Elk, deer	black bear, cougar	Habitat fragmentation, Mammals, Road ecology, Wildlife crossing structure
Clevenger	Anthony P.	2010	Factors Influencing the Effectiveness of Wildlife Underpasses in Banff National Park				effectiveness, wildlife underpasses
Crosell		2018	Systems of reinforce existing fences against wild boar	Wildschwein			reinforce fence
Damarad	T.	2003	Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure				fragmentation
Dändliker	Gottlieb	2001	Grundlagenbericht für die Richtlinie "Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen"				Wildtierpassagen
Departement Bau, Verkehr und Umwelt. Abt. Landschaft und Gewässer, Kanton Aargau			Gleisabweiser - ein Lösungsansatz, um Bahn- gleise für Amphibien durchgängig zu machen	Amphibien			Eisenbahn, Gleisabweiser
Dosch	Oliver	2021	Projektbericht «Konflikt Amphibien und Verkehr – Teil 2 Dispersion Wanderungen zwischen den Populationen»	Amphibien			
Durand	Eric	2010	Zone humide „des Piles“, commune de la Saulce				
Dutilleux	Guillaume	2015	Bruit routier et faune sauvage	Wildtiere			Verkehr, Lärm
Elmeros	Morten	2018	Bat mitigation on roads - a review of effectiveness	Fledermäuse			Infrastrukturen
Elmeros	Morten		Bat mitigation on roads - a review of effectiveness	Fledermäuse			
EuroNatur Foundation, Radolfzell, Germany		2010	EuroNatur (2010). TEWN Manual. Recommendations for the reduction of habitat fragmentation caused by transport infrastructure development.				fragmentation
Eyholzer	R.	2007	A5 Kanton Solothurn				Erfolgskontrolle

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Fagart	Sylain	2016	Restauration des continuités écologiques sur autoroutes				Erfolgskontrolle, Fotofallen
Fairbank	Elizabeth R.	2017	The Reliability and Effectiveness of a Radar-Based Animal Detection System	Wildtiere			Wildtiererfassung
Fey	Karen	2016	Roads are no barrier for dispersing red squirrels in an urban environment	Eurasisches Eichhörnchen			natal dispersal, road crossings, traffic mortality, urban ecology
Flechos del Cueto	Manuel Fabio	2013	Estudio sobre la Permeabilidad para la Fauna en la Autovia A-15				
Gagnon	Jeffrey W.	2011	Factors Associated with use of Wildlife Underpasses and Importance of Long-Term Monitoring	16 wildlife species (red deer, white-tailed deer, mule deer)	5 domestic species		crossing structure, mitigation, monitoring, passage structure, wildlife underpass, wildlife-vehicle collisions, Underpass crossing, habituation, structural attributes, placement
Gaus	Simon	2008	Amphibien in Entwässerungsanlagen	Ampibien	Reptilien		Entwässerung
Georgiadis	Lazaros	2018	Joining Ecology and Transportation for 20 years				
Georgii	Bertram	2005	Nutzung von Grünbrücken durch Wildtiere in Baden-Württemberg - Nachkontrolle				Green bridge
Georgii	Bertram	2007	Nutzung von Grünbrücken und anderen Querungsbauwerken durch Säugetiere	Bilche	Fledermäuse	alle	Kleinsäuger, Green bridge, Querungsbauwerk
Georgii	Bertram	2008	Strassen und Wildtiere				
Georgii	Bertram	2008	Barrieren überwinden				wildtiergerechte Raumplanung, Barrieren
Georgii	Bertram	2011	Use of wildlife passages by invertebrate and vertebrate species	ground beetles, grasshoppers, butterflies, burnet moths, spider	voles, shrews, dormice, medium sized mammals (hare and predators)	bats, ungulates	positive effect width and age, negative effect dense canopy, traffic noise, number of gravel roads, human intensity, nearby buildings
Godet	Claire	2021	Améliorer la transparence écologique des grandes infrastructures de transport.	Säugetiere	Reptilien und Amphibien	Vögel	

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Heigl	Florian	2017	Amphibian and reptile road-kills on tertiary roads in relation to landscape structure: using a citizen science approach with open-access land cover data	Amphibien			roadkills, citizen science
Helldin	J. O.	2011	3 roadkill and barrier effects; case studies of retrofitted roads in Sweden				relevance, efficiency, monitor, international protocol
Helldin	Jan Olof	2019	Effectiveness of small road tunnels and fences in reducing amphibian roadkill and barrier effects at retrofitted roads in Sweden				Biodiversity, Conservation Biology, Ecology, Environmental Impacts, Population Biology
Helldin	Jan Olof	2019	Predicted impacts of transport infrastructure and traffic on bird conservation in Swedish Special Protection Areas	Vögel			Verkehr, Artenschutz
Hepenstrick	Daniel	2011	Spannende Forschung an Rehen im Wildtierkorridor Suret	Rehe			Fragmentierung, genetische Analyse
Hepenstrick	Daniel	2012	Genetic discontinuities in roe deer (Capreolus capreolus) coincide with fenced transportation infrastructure	Reh			Functional connectivity; Genetic structure; Landscape genetics; Nuclear microsatellites; Overlay; Wildlife corridor
Herrmann	Mathias	2005	Fachbeitrag Bedeutung von Grünbrücken an der B31neu für Dachse	Dachs			Green bridge
Herrmann	Mathias	2007	Wirkung von Barrieren auf Säuger & Reptilien	Säuger	Reptilien		Barrieren
Hilfiker	Karin	2019	Auswertung der Ereignisse von Wildtierunfällen an SBB Bahnstrecken zwischen 2003 und 2017	Wildtiere			
Hlaváč	Václav		On The Permeability Of Roads For Wildlife				
Hlaváč	Václav	2019	Wildlife and Traffic in the Carpathians				Impact
Hofland	Adam	2018	Crossing borders for a greener and sustainable transport infrastructure				
Hohmann	Ulf	2003	Gutachterliche Stellungnahme zur Barrierewirkung von Straßen für Rotwild (Cervus elaphus) dargestellt am Beispiel Pfälzerwald/Nordvogesen	Hirsch			Ausbau Strasse, Wildtierkorridorsystem erstellen

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Holderegger	Rolf	2019	Werkzeugkasten Naturschutzgenetik: eDNA Amphibien und Verbund	Amphibien			
Holzgang	Otto	2001	Korridore für Wildtiere in der Schweiz				Korridore, Vernetzung
Holzgang	Otto	2005	Schweizer Wildtierkorridore auf dem Papier, in den Köpfen und in der Landschaft	Hirsch			corridors, greenbridges, habitat, habitat fragmentation, Malme, planning tool, traffic, transportation infrastructure, wildlife corridors
Huck	Maren	2010	Habitat suitability, corridors and dispersal barriers for large carnivores in Poland	Wolf	Luchs		least cost path analysis, ecological niche factor analysis, green bridge, roads
Huck	Maren	2011	Analyses of least cost paths for determining effects of habitat types on landscape permeability: wolves in Poland	Wolf			Barriers, Ecological corridors, GIS, Habitat suitability, Least cost paths
Huiser	Marcel P.	2009	Cost-Benefit Analyses of Mitigation Measures Aimed at Reducing Collisions with Large Ungulates in the United States and Canada: a Decision Support Tool	Huftiere			Vekehr, Wildzäune
IENE		neues Kapitel 10: 2020	Wildlife & Traffic, A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions Kapitel 10: "Maintenance of ecological assets on transport linear infrastructure"	Wildtiere			
IENE-Kongress		2016	Integrating Transport Infrastructure with Living Landscapes	diverse			
IENE-Kongress			Réalisation de dispositifs d'échappatoires type « sanglière » - Schéma de principe	Wildschwein			Wildzaun
IENE-Kongress			Caractéristiques dimensionnelles (en mm)	Wildtiere			Wildtiergatter
IUCN		2015	Corridors d'infrastructures, corridors écologiques?				infrastructures linéaires de transport et continuités écologiques
Iuell	Björn	2003	Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure				fragmentation

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Jaeger	J.A.G.	2019	Clôtures et passages fauniques pour les petits et moyens mammifères le long de la route 175 au Québec	Kleinsäuger	moyens mammifères		mitigation effectiveness, road ecoogy, road mitigation, treffic mortality, wildlife-vehicle collisions, Fotofallen, Monitoring, Zäune, WTQ
Jakes	Andrew F.	2018	A fence runs through it: A call for greater attention to the influence of fences on wildlife and ecosystems				Barriers, Connectivity, Ecosystem processes, Fence modification, Fencing, Wildlife
Jedrzejewski	Wlodzimierz	2009	Animals and Roads				mitigation
Jungelen	H.	2000	Die Problematik „Wildkatzen und Strassen“				Mortalität, Strasse, Fragmentierung, Verkehrsplanung, WTQ
karch		2006	Reptilienschutz im Rahmen der Lärmsanierungsprojekte der Eisenbahnen	Reptilien			Eisenbahn, Lärmschutzwand, Massnahmen
karch			Einheimische Reptilien schützen und fördern	Reptilien			Massnahmen, Verkehrswege
Karst	Inken	2019	Verhindern Schutzzäune Kollisionen von Fledermäusen an Straßen?	Fledermäuse	Kleine Hufeisennase		
Kays	Roland	2011	Camera Traps as Sensor Networks for Monitoring Animal Communities				Sensor networks, Camera traps, Animal monitoring
KBNL		2018	Neues Tool für Erfolgskontrollen - Amphibien	Amphibien			Bestimmungstool
KBNL		2018	Dimmbare LED Strassenleuchten: Gute Aussichten für Nachtinsekten und Fledermäuse?	Fledermäuse			Beleuchtung, Insekten
Kelly	M. J.	2008	Design, evaluate, refine: camera trap studies for elusive species				
Kerth	Gerald	2011	Arbeitshilfe Fledermäuse und Strassenverkehr (Auf der Grundlage der Ergebnisse des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens FE 02.256/2004/LR)	Fledermäuse			
Kintsch	Julia	2011	Permeability of Existing Structures for Terrestrial Wildlife: A Passage Assessment System	Wildtiere			wildlife, wildlife crossing, permeability, connectivity, retrofit, bridge, culvert, fence, enhancements

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Kklar	Nina	2009	Anwendung eines Habitatmodells für die Wildkatze im Freistaat Bayern	Wildkatze			Habitat Modelle
Klar	Nina	2008	Habitat selection models for European wildcat conservation	Wildkatze			Carnivore conservation, Use-availability habitat model, Germany, GLMM, European habitats directive
Klar	Nina	2009	Effects and Mitigation of Road Impacts on Individual Movement Behavior of Wildcats	Wildkatzen			
Klar	Nina	2012	Quantifying permeability of existing major roads				permeability
Klaus	Siegfried	2012	Die Gefährdung von Wildkatzen (<i>Felis silvestris</i>) durch den Straßenverkehr in Thüringen	Wildkatzen			Wildkatze, Verkehrsoffer, unzerschnittene Räume, Thüringen
Kleist	Andrea M.	2007	Using Video Surveillance to Estimate Wildlife Use of a Highway Underpass				monitoring
Kofler	Hugo	2011	S35 Monitoring Wildbrücke Süd, Mautstatt-Röthelstein				permeability
Kupferschmid	Thomas	2018	Anforderungen und Konstruktion von Faunabrücken	Wildtiere	Fledermaus		Faunabrücke, Anforderungen, Konstruktionen, Beispiele
Kusak	Josip	2009	The permeability of highway in Gorski kotar (Croatia) for large mammals	Braunbär	Luchs	Wolf	Green bridge, Habitat continuity
Langbein	Jochen	2010	Pilot study to assess the potential of selected existing structures on the A30 und A38 trunk roads in Southwest England to provide safer crossing places for deer	deer			
Laurance	William	2018	If you can't build well, then build nothing at all				
Lawton	Graham	2018	Road kill				road kill
Lehaire	François	2013	Collisions entre véhicules et animaux en liberté : Etat des lieux à partir d'une enquête au sein de la police	Wildtiere			Verkehr, Wildunfälle
List	Friedrich	2008	Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Strassen				Querungshilfen

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Lugman	Hirzi	2018	No distinct barrier effects of highways and a wide river on the genetic structure of the Alpine newt (<i>Ichthyosaura alpestris</i>) in densely settled landscapes	Bergmolch			Amphibians, Barrier effect, Functional connectivity, Gene flow, Landscape genetics
Malli	Heinz	2007	Nutzung der Wildtierpassagen Birchiwald und Neuschlag durch Laufkäfer und Bodenspinnen	Insekten	Spinnentiere		Wildtierpassagen
MAQ		2008	Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Strassen	Wildtiere	Fledermäuse		Querungshilfen, UF Farbe, Wildschutzzaun, Leiteinrichtung
Mayer	Christian		Einfluss von Lärmschutzwänden auf das Raumnutzungsverhalten von Reptilien	Reptilien			Eisenbahn, Lärmschutzwand, Massnahmen
McGregor	Melanie Elizabeth	2016	Fauna Passages as an Effective Way to Increase Habitat				Fauna passage
Miller	Christine	2017	Das Reh und sein Lebensraum - vom gegenseitigen Nutzen und Nützen	Reh			Biologie Reh
Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino		2011	Encomienda de gestión de trabajos de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias competencia de la dirección general de calidad y evaluación ambiental (2009-2013)				
Ministry of Agriculture, Food and the Environment		2016	Documents for the mitigation of habitat fragmentation caused by transport infrastructure	diverse			design of wildlife crossings and fences
Movares		2019	Sleeper Fauna Passage in English	Amphibien			Eisenbahn, Gleisquerung
Müller-Stiess	Heiko	2005	Fachbeitrag Bilche auf der Grünbrücke Schwarzgraben (B31neu)	Bilche			Green bridge
Müri	Helen	1999	Wildtierkorridore im Kanton Aargau				Wildtierkorridore
Müri	Helen	2010	Grundlagenbericht Wildtierkorridore				Wildtierkorridore
Mysłajek	Robert W.	2016	Utilisation of a wide underpass by mammals on an expressway in the Western Carpathians, S Poland	Säugetiere			wildlife crossing structures, post-investment monitoring, habitat defragmentation
nateco AG		2017	Wildtierkorridore				Wildtierkorridore

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Nezval	Vojtěch	Synthèse 2021 (Arti- kel 2020)	Analyse spatiale des collisions entre la faune sauvage et les trains sur le réseau ferroviaire tchèque	Wildtiere	Reh	Wildschwein	Railway mortality of animals, Wild- life-train collisions, Clustering, Spatial analyses, Rail network, Roe deer, Wild boar
OBrien	Eugene	2016	Design of roads in harmony with wildlife				
Obrien	Eugene	2017	CEDR Contractor Report 2017-1	Fledermäuse			Road mitigation strategies, Road mitigation strategies, Beschaf- fungswesen, Maintainance
Obrien	Eugene	2018	CEDR Contractor Report 2018-3				
Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage		2005	Rapport final concernant le suivi des passages faune de l'A 51				
Olsson	Mattias	2009	The use of a moose and roe deer permeability index to develop performance standards for conventional road bridges	Elch	Reh		permeability
Ostenberg			Zusammenfassung Henneberg				Schneespurenmonitoirng, Befra- gung Wildtiersituation, Todfunder- fassung, Nutzung Bauwerke, Infos zu Bauwerken, anthropologische Störungen
Österreichische Forschungsge- sellschaft Strasse - Schiene - Verkehr		2007	Wildschutz	Rotwild, Wild- schwein, Gams, Reh	Haarwild	Fischotter, Bi- ber	nutzbare Breite, Minimalbreite, Wildwarnanlagen, Zäune, Migrati- onsachsen, Abstände der QH
Österreichische Forschungsge- sellschaft Strasse - Schiene - Verkehr		2009	Schutz wildlebender Säugetiere (ausgenom- men Fledermäuse) an Verkehrswegen	Grossäuger	Kleinsäuger		Strassen- und Bahnprojekte, Me- thoden zur Untersuchung, Ramwi- derstand = Konflikte, Erstellungsmethoden

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Ottburg	Fabrice	2019	Effectiveness of road Mitigation for common toads (<i>Bufo bufo</i>) in the Netherlands	Erdkröte			habitat fragmentation, road mortality, road mitigation, amphibian tunnel, amphibian fence, road, population effect
Patthey	Patrick	2003	Habitat and corridor selection of an expanding red deer (<i>Cervus elaphus</i>) population	Hirsch			corridor
Peterman	Pascal	2019	Querungshilfen für die Fauna am A3-Abschnitt Eltenberg-Bergherbos				Querungshilfen
Peters-Ostenberg	Elke	2006	Nutzung von Grünbrücken und anderen Querungshilfen durch Säugetiere				Green bridge, Querungshilfen
Peters-Ostenberg	Elke	2021	Monitoring Grünbrücke Wredenhausen A19 Mecklenburg-Vorpommern	Wildtiere	grosse Säuger (Rot-hirsch, Dam-hirsch)	Fledermäuse	
Petrovan	Silviu	2019	long culverts suitable for fauna?	kleine Wirbeltiere	Amphibien	Reptilien	length
Pfister	Hans Peter	2005	Zerschnitten, zerstückelt oder vernetzt? Landschaftszerschneidung contra Lebensraumverbund				Habitat fragmentation
Pir	Jacques B.	2011	Bedeutung von Wildbrücken zur Vernetzung von Wanderkorridoren für die Europäische Wildkatze (<i>Felis silvestris silvestris</i> Schreber, 1777) am Beispiel von Pettingen/Mersch (Luxemburg)	Wildkatze			Vernetzung
Plante	Judith	2019	How do landscape context and fence influence roadkill locations of small and medium-sized mammals	Kleinsäuger	moyens mammifères		detection probability, fence-end effect, road ecology, road mitigation, traffic mortality, hotspots, mitigation effectiveness, wildlife-vehicle collisions
Reck	Heinrich	2019	Grünbrücken, Faunatunnel und Tierdurchlässe	alle			crossing aid, corridors, green-bridges, habitat fragmentation, Fence, transportation infrastructure, wildlife corridors, design of crossing aid

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Reichholf	Josef H.	2003	Vogelschläge im Straßenverkehr: Aufschluss- reich für das Vogelschlagrisiko im Luftverkehr?	Vögel			
Reimoser	Susanne	2009	Roe-deer habitat suitability and predisposition of forest to browsing damage in ist dependence on forest growth - Model sensitivity in an alpine forest region	Reh			Modelling, Sensitivity analysis, Forest growth, Habitat suitability, Browsing damage, Vegetation
Righetti	Antonio	1997	Passagen für Wildtiere				
Righetti	Antonio	2007	Wildtiere und Strassenbau (Referat)	Reh	Wildschwein	Hirsch	Nutzung unspezifischer Bauwerke, Wildhut, Nutzung spezifischer Bauwerke
Righetti	Antonio	2009	Spezifische und unspezifische Bauwerke für Wildtiere im Kanton Freiburg				
Righetti	Antonio	2016	Gestaltung von Wildtierunterführungen	Hirsch			Wildtierunterführungen
Righetti	Antonio	2019	Plan d'action biodiversité - Projet pilote A7.1 – projet partiel 1b) Améliorer la perméabilité des routes nationales pour la faune	Artengruppen „Reh“ (Reh, Rothirsch, Wildschwein)	Amphibien		
Roberts	Nathan James	2011	Investigation into survey techniques of large mammals: surveyor competence and camera- trapping vs. transect-sampling				
Roedenbeck	Inga A.	2007	The Rauischholzhausen Agenda for Road Ecol- ogy				
Rosell	Carme	2018	Testing an exclusion fence to prevent damage caused by wild boar to bird populations in a wetland area	Wildschwein			Zäune, Schutzgebiet, hunting pe- riod
Rosell	Carme	2020	Maintenance of ecological assets on transport linear infrastructure	Wildtiere			
Rovero	Francesco		Camera trapping for inventorying terrestrial ver- tebrates				phototrapping, checklist, mam- mals, survey, occupancy

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Rytwinski	Trina	2015	Experimental Study Designs to Improve the Evaluation of Road Mitigation				Population persistence, Road planning, Experimental design, Before-after-control-impact, Effectiveness, Road impacts
Sächsisches Staatsministe- rium für Wirt- schaft, Arbeit und Verkehr		2012	Planung und Gestaltung von Querungshilfen für Fledermäuse	Fledermäuse			Querungshilfen
Saudan	Myriam	2000	Corrélation entre facteurs écogéographiques et capacité de soutien chez le Chevreuil (Capreolus capreolus) dans le Valais	Reh			
Sauer	Jan		Charakterisierung und Erfassung der effektiven Durchlässigkeit von Verkehrsbauwerken als Querungshilfe an prioritären Standorten zur Wiedervernetzung				permeability, Querungshilfen
Schiefenhövel	Philipp	2010	assessment for ungulates	Hirsch	Marderhund	Wildkatze	Biotopverbund, Zerschneidungseffekt, Migration, Querungshäufigkeit, Beutegreifer, Schalentiere
Schiefenhövel	Philipp	2010	Autobahnunterführungen als Querungsmöglichkeiten für Wildtiere	Wildtiere			Wildtierquerungen, Verkehr, Autobahn
Schmellen- kamp	Cyrus	2012	Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren				Bewertung Brücken
Schulz-Dübi	Christine	2014	Amphibienfreundliche Kabelkanäle	Amphibien			Eisenbahn, Kabelkanal, Rampe
Schweizeri- scher Versiche- rungsverband, JagdSchweiz, Schweizer Tier- schutz STS		2012	Präventionsprojekt "weniger Wildunfälle!"	Grosssäuger			akustische Wildwarner, Wirkung
Seiler	Andreas	2009	Are non-wildlife underpasses effective pas- sages for wildlife?	Moose, roe deer,	red fox, bad- ger	hares	conventional road underpasses, increase attractiveness of existing passages to provide more cost-efficient mitigation

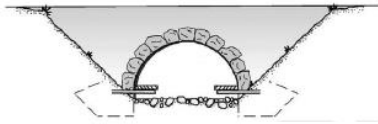
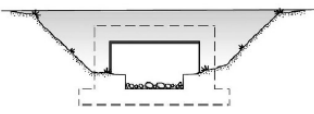
1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Seiler	Andreas	2018	Infrastructure permeability assessment for ungulates				permeability
Sétra		1987	Amenagements pour la faune sauvage	Wildtiere			Verkehr, Querungshlfen
Sétra		2003	Systèmes et mesures visant à réduire le nombre de collisions avec les grands ongulés	Grosssäuger			collision
Sétra		2006	Routes et passages à faune				
Sétra		2007	Biodiversité et infrastructures de transports terrestres				
Sétra		2007	Les mustélidés semi-aquatiques et les infrastructures routières et ferroviaires	Fischotter			
Sétra		2007	Natura 2000 - Principes d'évaluation des incidences des infrastructures de transports terrestres	Wildtiere			Verkehr, Auswertung, Einfüsse
Sétra		2008	Clôtures routières et faune				Fence
Sétra		2009	Chiroptères et infrastructures de transport terrestres	Fledermäuse			Verkehr, Gefährdungsursachen, Massnahmen
Sétra		2011	Infrastructures de transport, biodiversité et territoire				
Sétra		2013	Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques	Fische			Wasserbauten
Siegi	Klaus	2012	Die Gefährdung von Wildkatzen (Felis silvestris) durch den Strassenverkehr in Thüringen	Wildkatze			Mortalität, Strasse, Fragmentierung, Verkehr, Topographie, Bio-monitoring, Saison
Simmons	Jody M.	2010	Beyond Roadkill, Radiotracking, Recapture and FST—a Review of Some Genetic Methods to Improve Understanding of the Influence of Roads on Wildlife	alle			barrier; dispersal; gene flow; genotypic analyses; habitat fragmentation; road ecology
Simon	Olaf	2010	Nutzen Wildkatzen bestehende Unterführungen?	Wildkatze			
Soanes	Kylie	2015	Conservation at the cross-roads: how roads and other linear infrastructure influence conservation				

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Soanes	Kylie	2018	Evaluating the success of wildlife crossing structures using genetic approaches and an experimental design: Lessons from a gliding mammal	Säugetiere	Flug-Säugetiere		Verkehr, Querungshilfen
Sołowczuk	Alicja	2019	Determinants of the Performance of Bat Gantries Installed to Carry Bat Commuting Routes over the S3 Expressway in Poland	Fledermäuse			bats; gantry structures; bat activity surveys; road lighting; trac noise
Spanowicz	Ariel G.	2020	An adaptive plan for prioritizing road sections for fencing to reduce animal mortality	Wildtiere			fence-end effect, FLOMS, mitigation measures, multiple scales, road ecology, road mortality, road-kill hotspots, thresholds, trade-offs
Stephani	Annette	2017	Prävention von Wildtierunfällen auf Strassenverkehrsinfrastrukturen	Grossäuger			Zutritt verwehren, Elektromatten, Rost, Wildtierrost, Jump-out, Zäune, olfaktorische und akustische Vergrämung
Stephani	Annette	2021	Evaluation der akustischen Wildwarner im Bereich der SBB-Bahnlinie bei Schützen	Wildtiere			
Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein		2017	Biologische Vielfalt sichern durch Wiedervernetzung	Wildtiere			
Struch	Mark	2007	Bahn 2000 - Wildtierkorridor SO3				
Suter	Stefan	2009	Wildtierkorridore und Vernetzungsachsen im Kanton Zürich				permeability
Suter	Stefan	2018	Schlussbericht Wildtierbiologische Erfolgskontrolle an den SBB-Unterführungen Surhard II und III	Wildtiere			Eisenbahn, Wildtierquerung
Suter	Stefan	2020	Prävention von Wildtierunfällen auf Strassenverkehrsinfrastrukturen	Wildtiere			
Suter	Stefan	2020	Videomonitoring und Entwicklung von bioakustischen Wildtierwarnanlagen an der SBB Bahnlinie zwischen Thalheim und Stammheim	Wildtiere			
swiss academies		2018	Wildtier und Mensch im Naherholungsraum	Wildtiere			Wildtier-Mensch-Interaktion

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Troc��	Mar- guerite	2014	Querungshilfe für Wildtiere				Querungshilfen
Troc��	Mar- guerite	2019	Funktionskontrolle von Wildtierpassagen				Wirkungskontrolle
Underhill	Jackie	2002	Roads and wildlife: a study of the effects of roads on mammals in roadside habitats	Säuger			roadside habitat
UVEK		2001	Planung und Bau von Wildtierpassagen an Ver- kehrswegen				Wildtierpassagen
van der Grift	Edgar A.	2012	Evaluating the effectiveness of road mitigation measures				effectiveness
van der Grift	Edgar A.	2015	Guidelines for evaluating the effectiveness of road mitigation measures				wildlife crossing structures, effective- ness, preservation of biodiver- sity, experimental design
van der Ree	Rodney	2011	Effects of Roads and Traffic on Wildlife Popula- tions and Landscape Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales				animal movement; animal-vehicle collisions; barrier effect; ecological threshold; gene flow; habitat frag- mentation; mitigation; population viability analysis; road ecology; road-effect zone; traffic mortality; traffic noise; traffic volume; trans- portation planning
van der Ree	Rodney	2015	Handbook of road ecology	Insekten, Säugetiere	Amphibien, Eichhörnchen	Fledermäuse u. viele mehr	
V��lk	Friedrich	2007	Wildquerungshilfen ��ber Verkehrsträger				Querungshilfen
Voser	Marlies	2005	Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtier- passagen				Wirkungskontrolle
Weber	Martin	2011	Potential kleinerer Autobahnunterführungen als Querungsmöglichkeit für Wildtiere	Reh	Feldhase	Marderartige	fragmentation, GLMM, Faktoren- analysen
Weinberger	I.	2021	Der Fischotter im Strassenverkehr	Fischotter			
West	Martin	2012	Bundesprogramm Wiedervernetzung				
WHCWG		2010	Washington Connected Landscapes Projekt: Statewide Analysis				

1. Autor Nachname	1. Autor Vorname	Jahr	Titel Publikation	Tierart 1 / Tiergruppe 1	Tierart 2 / Tiergruppe 2	Tierart 3 / Tiergruppe 3	Keywords (Freitext)
Wölfel	H.	1995	Zur Gestaltung von Wilddurchlässen an Autobahnen!				
Zentschrit für Naturschutz und Landschaftspflege		2013	Schwerpunkt: Überwinden von Barrieren				Multi-Spezies-Ansatz (S.489), Multifunktionalität der Ökosysteme, Verkehrsbegleitflächen (S. 493), Grüne Infrastruktur (S. 497)
Zhang	Shuping	2013	Do Major Roads Reduce Gene Flow in Urban Bird Populations?	Feldsperling			
Zinner	Friederike	2018	Wirksamkeit von Querungshilfen für Kleintiere	Amphibien, Reptilien	Insekten		Lebensraumtypen, Vernetzung, Mikrohabitat, Anpassung an Zielarten von kleinen Tieren
Zinner	Friederike	2018	Wirksamkeit von Querungshilfen für Kleintiere. - Efficiency of wildlife overpasses for small animals and their habitats.	Kleintiere (z.B. Laufkäfer, Grashüpfer, Grille, Schmetterling)	Reptilien und Amphibien		Green bridges, overpass use, barrier effects, monitoring, mobility patterns, grasshoppers and crickets (Saltatoria), butterflies and burnets (Lepidoptera; Rhopalocera, Zygaenidae), ground beetles (Coleoptera; Carabidae), herpetofauna (Reptilia and Amphibia)

Glossar

Begriff	Bedeutung
Amphibienzugstellen	Orte, wo Amphibien auf ihren Wanderungen Strassen oder Bahnlinien überqueren.
Bogendurchlass	 Quelle [14]
Durchlässigkeit	Durchlässigkeit bezeichnet im vorliegenden Bericht die Möglichkeit für die Wildtiere, die Strasse an geeigneten Stellen queren zu können.
Fauna	Fauna steht als Überbegriff für alle Tierarten. Im vorliegenden Bericht wird der Begriff Wildtiere als Synonym verwendet.
Faunaspezifische Bauwerke	Bauwerke, welche ausschliesslich der Erhaltung oder Wiederherstellung der Lebensraumvernetzung der Fauna dienen (z. B. Amphibiendurchlässe, Wildtierüber- und Wildtierunterführungen).
HQ	Abkürzung für höchste Abflussmenge innerhalb einer bestimmten Periode (Beispiel: HQ1 = höchste jährliche Abflussmenge)
Grunddurchlässigkeit	Bezeichnet die Eignung eines Verkehrsweges von der Fauna ohne besondere Vorkehrungen überquert werden zu können.
Irritationsschutz	Mit Irritationsschutz werden Massnahmen bezeichnet, mit welchen etwa Wildtierpassagen vor der störenden Wirkung von Licht- oder Lärmeinflüssen geschützt werden – z. B. durch Holzwände.
Kastendurchlass	 Quelle [14]
KUBA	Kunstabautendatenbank der schweizerischen Nationalstrassen des Bundesamts für Strassen
LEK	Landschaftsentwicklungskonzept
Multifunktionale Bauwerke	Es handelt sich dabei in erster Linie um kleinere Verbindungsstrassen, Waldstrassen und übergeordnete Verkehrswege querende Feldwege, welche nicht speziell für die Nutzung durch die Fauna konstruiert worden sind. Mittels teilweise einfachen Massnahmen lassen sich solche Bauwerke jedoch derart umgestalten, dass sie potentiell auch einzelnen oder mehreren Arten die Querung von Verkehrswegen erlauben.
ÖQV	Öko-Qualitätsverordnung ÖQV; Verordnung vom 4. April 2001 über die regionale Förderung der Qualität und der Vernetzung von ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft.
Openness	Die Openness berechnet sich aus Höhe x Breite eines Bauwerks dividiert durch seine Länge (siehe unten). Es stellt damit ein Mass der Raumempfindung bei der Querung einer Unterführung dar.
	
Schalenwild	Der Begriff Schalenwild stammt aus der Jagdsprache und umfasst die einheimischen Paarhufer. Als Schalen werden hierbei die Klauen der Tiere genannt. Zu den einheimischen Schalenwildarten gehören Wildschwein, Reh, Rothirsch, Gämse und Steinbock.

Standwild	Der Begriff Standwild stammt aus der Jagdsprache und bezeichnet Tiere (Wild), die sich mehr oder weniger ganzjährig im gleichen Revier aufhalten. Im Gegensatz dazu ändert Wechselwild periodisch sein bevorzugtes Aufenthaltsgebiet.
Tunneleffekt	Hohe Irritationsschutzwände können auf einzelne Arten (z. B. Rothirsche) ähnlich abschreckend wirken wie schmale Unterführungen oder Tunnels.
Vernetzungsachsen	Als Vernetzungsachsen werden Landschaftsbereiche bezeichnet, entlang deren sich die Fauna bewegt. Im vorliegenden Bericht wird der Begriff sowohl für regelmässige (z. B. zwischen einzelnen Nahrungsgebieten, zwischen den saisonal genutzten Lebensräumen) als auch für einmalige Bewegungen (z. B. bei der Besiedlung neuer Gebiete) genutzt.
Wildtiere	Als Wildtiere gelten alle Wirbeltierarten, welche nicht gezähmt sind und in Freiheit leben. In der vorliegenden Richtlinie wird der Begriff Fauna als Synonym verwendet.
Wildtierkorridore	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 Fauna offen zu halten gilt.
Wildtierpassagen (=Wildquerung in der KUBA-Datenbank)	Wildtierpassagen sind Bauwerke, welche den Wildtieren die (möglichst) sichere Querung einer Verkehrsinfrastruktur erlauben. Sie minimieren so die vom Verkehrsträger ausgehende Fragmentierung der Lebensräume und stehen damit im Einklang mit den Forderungen von Art. 18 Abs. 1 ^{ter} NHG. Der Begriff Wildtierpassage bezieht sich im vorliegenden Papier auch auf Querungshilfen für Amphibien.
Wildzaun / Wildschutz- zaun	Im vorliegenden Text wird im Zusammenhang mit der bestehenden Norm (vgl. [4]) von Wildzaun gesprochen, ansonsten wird der Begriff Wildschutzzaun verwendet. Diese Begriffe sind im vorliegenden Bericht als Synonyme zu verstehen. Der Begriff Wildzaun bezeichnet primär Zäune, mit welchen Waldflächen vor Schäden durch Wildsäuger geschützt werden sollen. Dieser Schutz vor dem Eindringen der Wildsäuger wurde analog bei Strassen angewendet und in der entsprechenden VSS-Norm zu diesem Thema verwendet (vgl. [4]). Beim Begriff Wildschutzzaun steht der Schutz der Wildtiere vermehrt im Vordergrund. In diesem Zusammenhang ist heute der Begriff Wildschutzzaun gebräuchlicher.

Literaturverzeichnis

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA (2014), „**Querungshilfen für Wildtiere**“, *Richtlinie ASTRA 18008*.
- [2] Bundesamt für Strassen ASTRA (2015), „**Richtlinie 18007. Grünräume an Nationalstrassen – Gestaltung und Betrieblicher Unterhalt**“.
- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (2007), „**Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen**“, *UVEK Weisung 78002*, Entspricht gleichnamiger Publikation des UVEK Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (2001).

Normen

- [4] SN 640 693: „**Wildzäune**“, Ausgabe 1994, aktuelle Version VSS 40 693a 2019-03.
- [5] SN 640 697 / floss in VSS 40 698a ein: „**Schutz der Amphibien, Grundlagen und Planung**“.
- [6] SN 640 698 / floss in VSS 40 698a ein: „**Schutz der Amphibien, Grundlagen und Planung**“.
- [7] SN 640 699: „**Schutz der Amphibien, Massnahmen**“ / aktuelle Version VSS 40 699a 2019-03.
- [8] VSS 640 690a: „**Fauna und Verkehr, Grundnorm**“, aktuelle Version 2004.
- [9] VSS 40 691a: „**Fauna und Verkehr – Planungsverfahren**“, aktuelle Version 2019-03.
- [10] VSS 40 692: „**Fauna und Verkehr – Faunalanalysemethoden**“, aktuelle Version 2019-03.
- [11] VSS 40 694 „**Fauna und Verkehr – Schutzmassnahmen**“, aktuelle Version 2019-03.
- [12] VSS 40 698a: „**Fauna und Verkehr – Schutz der Amphibien, Grundlagen und Planung**“, aktuelle Version 2019-03.
- [13] VSS 40 699a: „**Fauna und Verkehr – Schutz der Amphibien, Massnahmen**“, aktuelle Version 2019-03 (inkl. Anhang zum Themenkreis Entwässerungssysteme).
- [14] VSS 40 696: „**Fauna und Verkehr – Faunagerechte Gestaltung von Gewässerdurchlässen**“, aktuelle Version 2019-03.

Dokumentation

- [15] Holzgang, O., et al. (2001), „**Korridore für Wildtiere in der Schweiz – Grundlagen zur überregionalen Vernetzung von Lebensräumen**“, *Schriftenreihe Umwelt Nr. 326, Wildtiere, Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW)*.
- [16] Dumont, A.-G. et al. (2002), „**Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation, Manuel**“, *Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laboratoire des voies de circulation LAVOC, Office fédéral des routes*, 200 S.
- [17] Oggier, P., Righetti, A., Bonnard, L. (2001), „**Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen**“, *COST 341, Schriftenreihe Umwelt Nr. 332, ARE, BAV, ASTRA, BUWAL*.
- [18] Bundesamt für Umwelt (2004), „**Nationales ökologisches Netzwerk REN**“, *Schriftenreihe Umwelt SRU*, 131 S.
- [19] Service romand de vulgarisation agricole (SRVA) (2002), „**Boite à outils CEP. Guide méthodologique pour les conceptions d'évolution du paysage**“.
- [20] Winter, D. (2001), „**Die Öko-Qualitätsverordnung (ÖQV) des Bundes, Umsetzungen von regionalen Vernetzungsprojekten. Grundlagen, Vorgehen und Planungsabsichten in den Kantonen der Deutschschweiz**“, *Master-Thesis*.
- [21] Suter, S. (2007), „**Wildtierkorridore und Vernetzungsachsen im Kanton Zürich. Räumliche Ausscheidung, Evaluation der Durchlässigkeit und Massnahmenkatalog zur Sanierung der Wildtierkorridore**“, *Im Auftrag der Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Zürich*.
- [22] Grillmayer, R., Proscheck, M., Köhler, C. (2007), „**GIS – Modellierung von wildökologischen Vernetzungspotentialen als Grundlage zur Raumplanerischen Absicherung**“, *Umweltbundesamt, Austria*, auf ResearchGate.
- [23] Klar, N., Herrmann M. (2012), „**Quantifying permeability of existing major roads – a model based on field data**“, *OEKO-LOG*.
- [24] Bassi, M. (2003), „**Habitat-Modelle in der Wildtierökologie**. Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft“, Wien.

- [25] Huck, M., Borowik, T., Novak, S. (2011), „**Analyses of least cost paths for determining effects of habitat types on landscape permeability: wolves in Poland**“, *Acta Theriol* 56: 91–101.
- [26] Hirzel, A.H., Le Lay, G., Helfer, V., Randin, C., Guisan, A. (2006), „**Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences**“, *Ecol Model* 199: 142–152, doi:10.1016/j.ecolmodel.2006.05.017
- [27] Seiler, A., Olsson, M., Lindkvist, M. (2018), „**Infrastructure permeability assessment for ungulates**“, *Präsentation SLU*.
- [28] Assis, J., Giacomini, H., Ribeiro, M. (2019), „**Road Permeability Index: Evaluating the heterogeneous permeability of roads for wildlife crossing**“, *Ecological Indicators* 99: 365–374.
- [29] Luqman, H. et al. (2018), „**No distinct barrier effects of highways and a wide river on the genetic structure of the Alpine newt (*Ichthyosaura alpestris*) in densely settled landscapes**“, *Conservation Genetics* <https://doi.org/10.1007/s10592-018-1046-y>
- [30] Zhang, S., Suo, M., Liu, S., Liang, W. (2013), „**Do Major Roads Reduce Gene Flow in Urban Bird Populations?**“ *PloS ONE* 8(10): e77026. Doi:10.1371/journal.pone.0077026
- [31] Simmons, J. M., Sunnucks, P., Taylor, A. C., van der Ree, R. (2010), „**Beyond roadkill, radiotracking, recapture and FST—a review of some genetic methods to improve understanding of the influence of roads on wildlife**“, *Ecology and Society* 15(1): 9.
- [32] Hepenstrick, D. et al. (2012), „**Genetic discontinuities in roe deer (*Capreolus capreolus*) coincide with fenced transportation infrastructure**“.
- [33] Soanes, K., Taylor, A.C., Sunnucks, P., Veski, P.A., Cesarini, S., van der Ree, R. (2018), „**Evaluating the success of wildlife crossing structures using genetic approaches and an experimental design: Lessons from a gliding mammal**“, *J. Appl. Ecol.* 55: 129–138.
- [34] Alimentation y Medio Ambiente Ministerio de Agricultura (2015), „**Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales**“.
- [35] Wildlife Institute of India (2016), „**Eco-friendly measures to mitigate impacts of linear infrastructure on wildlife**“.
- [36] ASFINAG (2007), „**Normen und Standards betreffend Wildtierpassagen in Österreich**“, RVS 3.01.
- [37] Jedrzejewski, W., Nowak, S., Kurek, R., Mystajek, R. W., Stachura, K., Zawadzka, B., Pchatek, M. (2009), „**Animals and Roads – Methods of mitigating the negative impact of roads on Wildlife**“, *Mammals Research Institute, Polish Academy of Sciences Białowieża*.
- [38] Bundesamt für Umwelt (BAFU, Hrsg.) (2017), „**Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz**“, Bern.
- [39] PiU GmbH, Kissling+Zbinden AG, Hydra, karch (2008), „**Faunagerechte Sanierung von bestehenden Gewässerdurchlässen**“, *Forschungsprojekt VSS 2003/603*; Grundlage zur Erstellung der VSS 40 696.
- [40] B+S AG und Fornat AG (2016), „**Zur Gestaltung von Wildtierunterführungen**“, *Forschungsprojekt VSS 2011/602*.
- [41] Trocmé, M., Krause, K. & Rieder, J. (2017), „**Grunddurchlässigkeit von Nationalstrassen für Wildtiere**“, *ASTRA Dokumentation 88013*.
- [42] B+S AG (2019), „**Plan d'action biodiversité – Projet pilote A7.1 – projet partiel 1b) Améliorer la perméabilité des routes nationales pour la faune**“, *Teilprojekt Durchlässigkeitsmodell, Etappe 1, Auftraggeber BAFU*.
- [43] Brenneisen, S. & Szallies, A. (2017), „**Wie gut erfüllen Amphibientunnel und -Leitsysteme ihren Zweck**“, *ZHAW*.
- [44] Dosch, O., Mermoud, M., Zumbach, S. (2020), „**Projektbericht «Konflikt Amphibien und Verkehr»**“, *Bundesamt für Umwelt (BAFU); info fauna – karch, Bern*.
- [45] Hilfiker, K., Suter, S., Ratnaweera, N., Laube, P. (2019), „**Auswertung der Ereignisse von Wildtierunfällen an SBB Bahnstrecken zwischen 2003 und 2017**“, *ZHAW, SBB*.
- [46] Trocmé, M. & Krause, K. (2019), „**Funktionskontrolle von Wildtierpassagen**“, *Dokumentation ASTRA 88012, Bundesamt für Strassen ASTRA*.
- [47] ZHAW (2020), „**Prävention von Wildtierunfällen auf Strassenverkehrsinfrastrukturen**“, *VSS 2015/212, ZHAW Wädenswil*.
- [48] Gunson, K.E. et al. (2009), „**A Comparison of Data Sets Varying in Spatial Accuracy Used to Predict the Occurrence of Wildlife-Vehicle Collisions**“, *Environmental Management*. 2009, Bd. 44, S. 268–277.
- [49] Collinson, W.J. et al. (2014), „**Wildlife road traffic accidents: a standardized protocol for counting flattened fauna**“, *Ecology and Evolution*, 2014, Bd. 4, 15, S. 3060–3071.
- [50] Lugon, A., Eicher, C., Bontadina, F. (2017), „**Fledermausschutz bei der Planung, Gestaltung und Sanierung von Verkehrsinfrastrukturen – Arbeitsgrundlage**“, *Im Auftrag von BAFU und ASTRA*, 78 S.
- [51] O'Brien, E., van der Grift, E., Elmeros, M., Wilson-Parr, R. & Carey, C. (2018), „**Call 2013: Roads and Wildlife. The Roads and Wildlife Manual**“, *CEDR Contractor Report 2018-3*.

- [52] Reck, H., Hänel, K., Strein, M., Georgii, B., Henneberg, M., Peters-Ostenberg, E., Böttcher, M. (2017), „Grünbrücken, Faunatunnel und Tierdurchlässe – Anforderungen an Querungshilfen“, *BFN-Skript* 465.
- [53] CEREMA (2021), „Préservation et restauration des continuités écologiques dans le cadre d'un projet d'infrastructure linéaire de transport“.
- [54] CEREMA (2016), „Chiroptères et infrastructures de transport – Guide méthodologique“.
- [55] Van der Ree, R. et al. (2015), „Handbook of Road Ecology“, Wiley Blackwell, Chichester UK.
- [56] Iuell, B. (2003), „Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure – Wildlife & Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions“, *European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research, COST 341* / überarbeitete Version erscheint 2021.
- [57] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (2005), „Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen – Grundlagenbericht“, Bern.
- [58] Berthinussen, A. & Altringham, J. (2012), „Do Bat Gantries and Underpasses Help Bats Cross Roads Safely?“ *PLoS ONE* 7(6): e38775. Doi: 10.1371/journal.pone.0038775.
- [59] Berthinussen A. & Altringham, J. (2015), „Development of a cost-effective method for monitoring the effectiveness of mitigation for bats crossing linear transport infrastructure – WC1060“, *Final Defra report, University of Leeds*, 60 S.
- [60] Morten, E. & Dekker, J. (2016), „SafeBatPaths. Flumblin in the dark – effectiveness of bat mitigation measures on roads– final report“, *CEDR Call 2013: Roads and Wildlife*.
- [61] Limpens, H. J. G. A., Twisk, P., Veenbaas, G. (2005), „Bats and road construction“, *Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management Directorate-General for Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Institute, Delft, the Netherlands and the Association for the Study and Conservation of Mammals, Arnhem, the Netherlands*, 24 p.
- [62] Lesinski, G., Sikora, A., & Olszewski, A. (2011), „Bat casualties on a road crossing a mosaic landscape“, *European Journal of Wildlife Research*, 57(2), 217–223.
- [63] Erickson, W. P., Johnson, G. D., Young, Jr., David, P. (2005), „A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions“, *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191*, 1029–1041.
- [64] Brumm, H., Goymann, W., Derégnaucourt, S., Geberzahn, N., Zollinger, A. S. (2021), „Traffic noise disrupts vocal development and suppresses immune function“, *Sci. Adv.* 2021, 7 : eabe2405.
- [65] Klar, N., Herrmann, M., Kramer-Schadt, S. (2009), „Effects and Mitigation of Road Impacts on Individual Movement Behavior of Wildcats“, *Journal of Wildlife Management* 73(5), 631–638, 1 July 2009.
- [66] Herrmann, M., Mathews, A. (2007), „Wirkung von Barrieren auf Säuger und Reptilien“, *Projekt des Deutschen Jagdschutz-Verbandes*, gefördert vom Bundesamt für Naturschutz.
- [67] Fornat und Kaden & Partner (2014), „Einfluss von Lärmschutzwänden auf das Raumnutzungsverhalten von Reptilien“, *Forschungsauftrag 2010/601 VSS*.
- [68] Klaus, S., Pastohr, M., Gärtner, S. (2012), „Die Gefährdung von Wildkatzen (*Felis silvestris*) durch den Straßenverkehr in Thüringen“, *Säugetierkundliche Informationen, Jena* 8, H. 45 (2012), 425–437.
- [69] Bastianelli, M.L. et al. (2021), „Survival and cause-specific mortality of European wildcat (*Felis silvestris*) across Europe“, *Biological Conservation* 261.
- [70] Fey, K., Hämäläinen, S., Selonen, V. (2016), „Roads are no barrier for dispersing red squirrels in an urban environment“, *Behavioral Ecology*, 27(3), pp. 741–747. doi: 10.1093/beheco/arv215.
- [71] McKenna, D. D., McKenna, K. M., Malcolm, S. B., Berenbaum, M. R. (2001), „Mortality of Lepidoptera along roadways in central Illinois“, *Journal of the Lepidopterists' Society* 55: 63–68.
- [72] Pfister, H. P., Keller, V., Reck, V., Georgii, B. (1997), „Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege“, *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, 756, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn.
- [73] Eisenbeis, G., Hassel, F. (2000), „Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Straßenlaternen – eine Studie kommunaler Beleuchtungseinrichtungen in der Agrarlandschaft Rheinhessens“, *Natur und Landschaft*, 75. Jg., Heft 4.
- [74] BFS, „Fallwild nach Art und Todesursache“, *Bundesamt für Statistik (admin.ch)*, Abfrage August 2021.
- [75] BFS, „Infrastruktur und Streckenlänge“, *Bundesamt für Statistik (admin.ch)*, Abfrage August 2021.
- [76] Nussberger, B. (2020), „Wildkatzenmonitoring Schweiz: Verbreitung, Dichte und Hybridisierung der Wildkatze in der Schweiz Ergebnisse der zweiten Erhebung 2018/20“.
- [77] Stahl, P., Vandel, J. M. (1999), „Mortalité et captures de lynx (*Lynx lynx*) en France (1974–1998)“, *Mammalia* 1: 49–59.
- [78] Schmidt-Posthaus, H., Breitenmoser-Würsten, Ch., Posthaus, H., Bacciarini, L. N., Breitenmoser, U. (2002), „Causes of mortality in reintroduced Eurasian lynx in Switzerland“, *J. Wildl. Dis.* 38(1): 84–92.

- [79] Bundesamt für Strassen ASTRA (2011), „Erfassung faunaspezifischer Daten in KUBA, Luftbilddauswertung“.
- [80] Bellis, M.A. (2008), „Evaluating the effectiveness of wildlife crossing structures in southern Vermont“, *University of Massachusetts*.
- [81] Flechoso del Cueto, M.F. et al. (2013), „Estudio sobre la Permeabilidad para la Fauna en la Autovía A-15“, A.P.A.M.C.YL., *Junta de Castilla y Leon*.
- [82] Helldin, J.O. & Petrovan, S. (2019), „Effectiveness of small road tunnels and fences in reducing amphibian roadkill and barrier effects at retrofitted roads in Sweden“, *PeerJ* 7:e7518 <https://doi.org/10.7717/peerj.7518>
- [83] Kusak, J., Huber, D., Gomerčić, T. Schwaderer, G., Gužvica, G. (2009), „The permeability of highway in Gorski kotar (Croatia) for large mammals“, *European Journal of Wildlife Research*.
- [84] Olsson, M. & Seiler, A. (2009), „The use of a moose and roe deer permeability index to develop performance standards for conventional road bridges“, *Trafikverket*.
- [85] Peters-Ostenberg, E. & Henneberg, M. (2006), „Nutzung von Grünbrücken und anderen Querungshilfen durch Säugetiere“, *Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung*, Bonn.
- [86] Petrovan, S. (2019), „Long culverts suitable for fauna?“, *Mailverkehr IENE-Members*.
- [87] Schmellenkamp, C & Tegehof, U. (2012), „Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren“, *Bundesanstalt für Strassenwesen*, 23 S.
- [88] Seiler, A. & Olsson, M. (2009), „Are non-wildlife underpasses effective passages for wildlife?“, *IOCE*.
- [89] CEREMA (2018), „Critères éco-éthologiques à prendre en compte pour la restauration des continuités écologiques au droit des ouvrages de franchissement d'infrastructures de transport“.
- [90] Solowczuk, A. (2019), „Determinants of the Performance of Bat Gantries Installed to Carry Bat Commuting Routes over the S3 Expressway in Poland“, *Symmetry* 11 (8).
- [91] Claireau, F. et al. (2019), „Bat overpasses as an alternative solution to restore habitat connectivity in the context of road requalification“, *Ecological Engineering* 131: 34–38.
- [92] Cerema (2018), „Chiroptères et infrastructures de transport“, *Note d'information n° 07 – Octobre 2018. Collection Connaissances*, 23 S.
- [93] Karst, I., Biedermann, M., Schorcht, W., Bontadina, F. (2018), „Verhindern Schutzzäune Kollisionen von Fledermäusen an Strassen? Ableitungen zur Wirksamkeit von Querungshilfen für die Kleine Hufeisennase“, *Naturschutz und Landschaftsplanung* 51(01): 28–35.
- [94] aktion tier: www.aktiontier.org/projekte-partner/projekt-eichhoernchenseil/ (abgefragt Juli 2021).
- [95] Trees for Life, Jersey: <https://jerseytreesforlife.org/new-squirrel-rope-bridge-in-st-ouen/> (abgefragt Juli 2021).
- [96] Trees for Life, Shildale, Scotland: www.bbc.com/news/uk-scotland-highlands-islands-45101651 (abgefragt Juli 2021).
- [97] Vogelwarte.ch: „Vögel und Glas“, <https://www.vogelglas.vogelwarte.ch/> (abgefragt Juli 2021).
- [98] Garniel, A., Mierwald, U. (2010), „Arbeitshilfe Vögel und Straßenverkehr“, *Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung*.
- [99] Sistema di Prevenzione (lifestrade.it), (abgefragt Juli 2021)
- [100] Eisenbeis, G. (2005), „Artificial Night Lighting and Insects: Attraction of Insects to Streetlamps in a Rural Setting in Germany“, In: Rich, C. & Longcore, T. (Hrsg.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*, Island Press, London: 281–304.
- [101] Frey, K., Hämmäläinen, S., Selonen, V. (2015), „Roads are no barrier for dispersing red squirrels in an urban environment“, *Behavioral Ecology, Volume 27, Issue 3, May-June 2016*, Pages 741–747.
- [102] Schmidt-Posthaus, H., Breitenmoser-Würsten, Ch., Posthaus, H., Bacciarini, L. N., Breitenmoser, U. (2002), „Causes of mortality in reintroduced Eurasian lynx in Switzerland“, *J. Wildl. Dis.* 38(1): 84–92.
- [103] Stahl, P. & Vandel, J.-M. (1999), „Mortalité et captures de lynx (Lynx lynx) en France (1974–1998)“, *Mammalia* 63: 49–59.
- [104] Schiefenhövel, P., Arnold, S., Kunz, B. (2010), „Autobahnunterführungen als Querungsmöglichkeit für Wildtiere“, *Decheniana* 163, S. 121–135, Bonn.
- [105] Clevenger, A. P. & Waltho, N. (2005), „Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals“, *Biological Conservation* 121, S. 453–464.
- [106] Bissonette, J. A. & Cramer, P. C. (2008), „Evaluation of the use and effectiveness of wildlife crossings“, *Report 615 for National Cooperative Highway Research Program, NCHRP Synthesis 400, Transportation Research Board of the National Academies*, Washington.

-
- [107] Myslajek, R. W., Olkowska, E., Wronka-Tomulewicz, M., Nowak, S. (2020), „**Mammal use of wildlife crossing structures along a new motorway in an area recently recolonized by wolves**“, *Europaen Journal of Wildlife Research*.
-
- [108] Clevenger, A. P. & Huijser, M. P. (2011), „**Wildlife Crossing Structure Handbook, Design and Evaluation in North America**“, *Publication No. FHWA-CFL/TD-11-003*.
-
- [109] Klintsch, J & Cramer, P. C. (2011), „**Permeability of existing structures for terrestrial wildlife: a passage assessment system**“, *Report to the Washington State Department of Transportation Research Report No. WA-RD 777.1*
-
- [110] Bouchardy, C., Rosoux, R., Boulade, Y. (2001), „**La loutre d'Europe, histoire d'une sauvegarde**“, *Catiche Production – Libris, Nohanent*. 32 p.
-
- [111] Karch (2021), „**Amphibienzugstellen in der Schweiz. Amphibienwanderungen**“, *karch.ch*.
-
- [112] Schaer, B., Suter, S.M., Stephani, A., Wider S., Ferretti G. (2021). „**Schlussbericht Videomonitoring bei Amphibienzugstellen an Bahngleisen**“, *WildLife Solutions* im Auftrag vom BAFU.
-
- [113] X-AEQUO (2020), „**Retour d'experience sur les dispositifs echappatoires pour la grande faune**“.
-
- [114] Borda-de-Água, L., Beja, R., Beja, P., Pereira, H. M. (2017), „**Railway Ecology**“, Springer Verlag.
-
- [115] BAV (2021), „**Richtlinie Vogelschutz**“, Aktenzeichen: BAV-511.5-00024/00016.
-
- [116] Grade, A. M. & Sieving, K. E. (2016), „**When the birds go unheard: highway noise disrupts information transfer between bird species**“, *Biol. Lett.* 12: 20160113
-
- [117] Fischer, C. & Lamberechts, A. (2019), „**Light management in combined road and railway underpasses**“, *Poster an Landschaftstagung (Koblenz) der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen*.
-
- [118] Voigt, C.C. et al. (2020), „**Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Beleuchtungsprojekten**“, *UNEP / Eurobats*, 67 p.
-
- [119] Kanton Aargau (2020), „**Gleisabweiser – ein Lösungsansatz, um Bahngleise für Amphibien durchgängig zu machen**“, *Amphibienschutz an Bahngleisen – Kanton Aargau* (ag.ch).
-
- [120] Stephani, A., Suter S. (2021). „**Evaluation der akustischen Wildwarner im Bereich der SBB-Bahnlinie bei Schützen. Zwischenbericht 2021.**“ *WildLife Solutions*, p. 17
-
- [121] Suter, S., Schaer, B. (2020). „**Zwischenbericht Videomonitoring und Entwicklung von bioakustischen Wildtierwarnanlagen an der SBB Bahnlinie zwischen Thalheim und Stammheim.**“ *WildLife Solutions*, p. 8
-
- [122] ANIMEX (2021), „**The Wildlife Fencing Guide: Amphibians, Reptiles & Small Mammals**“, *Version 1* <https://www.wildlifefencing.com/>
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 18.11.2021

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2017/228

Projekttitel: Erfolg von Wildtiermassnahmen entlang von Verkehrsträgern

Enddatum: 31.12.2021

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die geltenden Normen nach wie vor zu einem grossen Teil dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik entsprechen. Handlungsbedarf besteht primär in den folgenden Bereichen:

Zielarten: Die Untersuchung zeigt, dass sich die Schutzmassnahmen nach Möglichkeit auf eine Vielzahl von Arten beziehen müssen – also ein sogenannter „multi-species-Ansatz“ zu verfolgen ist. Obwohl in der Grundnorm VSS 40 690 als Zielartengruppen Säugetiere, Vögel, Reptilien, Amphibien, Fische und Wirbellose erwähnt werden, bezieht sich die Mehrheit der Schutzmassnahmen auf Amphibien und grössere Säugetiere wie Rothirsche, Wildschweine und Rehe. Diese Massnahmen haben allerdings (indirekt) auch einen Nutzen für Arten wie etwa Fuchs, Dachs, Feldhase oder terrestrische Kleinsäuger. Weiter geht, beschränkt auf Gewässerdurchlässe, die VSS-Norm 40 696 und macht Angaben zu den Zielartengruppen Reptilien, Mäuseartigen, Fischotter/Iltis, übrige Marderartige und der Gruppe Biber/Fuchs/Hase sowie zu den Gewässerorganismen und Amphibien.

In Hinblick auf einen „multi-species-Ansatz“ ist es zukünftig aber unerlässlich, die Artengruppe der Fledermäuse und Vögel sowie Wildkatze und Luchs bzw. ihre Bedürfnisse bei der Definition von Schutzmassnahmen zu berücksichtigen. Zusätzliche Kenntnisse braucht es schliesslich, um abschliessende Aussagen machen zu können, ob zu Gunsten von Fischotter und Biber auch abseits von Gewässern Schutzmassnahmen notwendig sind und welche Massnahmen für baumbewohnende Arten wie Siebenschläfer, Haselmaus und Eichhörnchen in den Normen zu definieren sind.

Zustandsanalyse: Die verschiedenen Methoden zur Gewinnung von Informationen zur Lebensraumnutzung und zur Einschätzung der Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturen auf die Fauna haben sich seit dem Erscheinen der Norm weiterentwickelt. Einerseits stehen neuere Grundlagen zu Vernetzungsachsen zur Verfügung, andererseits wurden Hilfsmittel (Bauwerksdurchlässigkeitsindex, genetische Analysen) erarbeitet, die zur Anwendung gelangen können. Weiterhin bleiben Hinweise aus der Analyse von Fallwildzahlen und die Einschätzung von Fachpersonen ein wichtiger Bestandteil der Analyse.

Schutzmassnahmen: Beim weitaus grössten Teil der aktuellen Schutzmassnahmen sind höchstens geringfügige Anpassungen notwendig – etwa bei den Dimensionierungsvorgaben für Wildtierunterführungen. Grösserer Handlungsbedarf besteht aber bezüglich

- Massnahmen zur Verhinderung von Wildtierunfällen entlang nicht eingezäunter Verkehrswege – diesbezüglich sind besonders Massnahmen, welche den Menschen warnen, zu fördern.
- die Dimensionierung und Ausgestaltung der Wildschutzzäune – diese sind grundsätzlich zu vertiefen (z. B. in welchen Situationen ist der Zaun einzugraben oder mit einem Übersteigschutz auszurüsten)
- Massnahmen in Hinblick auf die Grunddurchlässigkeit der Verkehrsträger – diesbezüglich weisen Gestaltungsmassnahmen bei bestehenden Bauwerken und deren Umgebung einen besonders hohen Stellenwert auf.

Im Zusammenhang mit einer funktionierenden Ökologischen Infrastruktur ist weiter wichtig, dass in den entsprechenden Normen konkrete Gestaltungsmassnahmen festgehalten werden, welche die Fauna zu den Bauwerken leiten (z. B. Leitelemente) sowie auf dem Bauwerk und dessen unmittelbaren Umgebung Störungen minimieren (z. B. mittels Barrieren und Informationstafeln).

Geltungsbereich der Massnahmen: Die bestehenden VSS-Normen beziehen sich grundsätzlich auf alle Verkehrsanlagen. Deren Umsetzung ist allerdings stark auf eingezäunte Verkehrsträger fokussiert. Im Zusammenhang mit der Biodiversitätsstrategie des Bundes [38] und damit einer maximierten Grunddurchlässigkeit ist es jedoch von zentraler Bedeutung, dass dieser Fokus auf möglichst alle Kreuzungsstellen von Verkehrsachsen mit den wichtigen Vernetzungsachsen der Fauna ausgeweitet wird.

Prioritär anzugehen sind überregionale Wildtierkorridore und andere gut abgrenzbare national bedeutende Vernetzungssysteme. Bei diesen braucht es in der Regel faunaspezifische Bauwerke wie Wildtierüber- und -unterführungen sowie Amphibiendurchlässe. Von ähnlich hoher Bedeutung sind Massnahmen innerhalb von national bedeutenden Biotopinventaren. Hier ist es wichtig, dass die den Verkehrsträger querenden Bauwerke grundsätzlich multifunktional ausgestaltet werden – faunaspezifische Bauwerke dürften die Ausnahme darstellen. Aus rein ökologischer Sicht ist schliesslich auch in den übrigen Gebieten, bei welchen eine Mitbenutzung der Bauwerke durch die Fauna zu erwarten ist, die Förderung multifunktionaler Bauwerke anzustreben.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Mit dem Ziel Grundlagen für die Überarbeitung der Fauna-Verkehr Normen zu erstellen, wurde in der vorliegenden Arbeit dieses Mosaik von neuem Wissen in Bezug zur Thematik Fauna und Verkehr systematisch gesammelt und aufgearbeitet. Es konnten dabei die neuesten Erkenntnisse zu den Wirkungen der Lebensraumzerschneidung und insbesondere der dagegenwirkenden Massnahmen triagiert werden, damit die spezifischen VSS Normen ergänzt oder überarbeitet werden können. Die prioritär zu beantwortenden Fragen wurden beantwortet.

Folgerungen und Empfehlungen:

Der Vergleich der Resultate der durchgeführten Arbeiten mit den aktuellen Normen machen deutlich, dass die Mehrheit der Normen bereits zahlreiche wichtige Aspekte beinhalten. Gleichzeitig wurden gewisse Lücken ausgewiesen und bei verschiedenen Schutzmassnahmen die Notwendigkeit einer Vertiefung der Vorgaben erkannt. Alle Normen gilt es zu überarbeiten, einige mehr als andere. Für Norm zum Planungsverfahren 40 691a wird empfohlen, sie ersatzlos zu streichen. Andererseits folgert das Projektteam, dass es eine neue Norm zu den Wirkungskontrollen braucht.

Publikationen:

Forschungsbericht

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Righetti

Vorname: Antonio

Amt, Firma, Institut: B+S AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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:

Der vorliegende Forschungsbericht zeigt den aktuellen Wissensstand bezüglich des Themas „Erfolg von Wildtiermassnahmen entlang von Verkehrsträgern“ vollständig und verständlich auf. Im Zuge der Literaturrecherche wurden die nationalen wie auch internationalen Publikationen und Normierungen zum Thema untersucht und die Erkenntnisse daraus im Bericht dargestellt. Wesentlich zu erwähnen ist, dass alle Artgruppen berücksichtigt wurden. Damit schliesst der Bericht eine Lücke in der nationalen Betrachtung zu diesem Thema, wo in den aktuellen Normen wesentlich auf die „populären“ Säugetiere sowie auf die Lurche Bezug genommen wird und dabei weitere Artgruppen wie z. B. Fledermäuse keine Beachtung finden.

Umsetzung:

Der Forschungsbericht bildet die Basis für die Überarbeitung des diesbezüglichen VSS-Normenportfolios. Ausgehend vom vorliegenden Forschungsbericht wird es somit möglich, bestehende Normen in eine aktuelle, dem heutigen Wissenstand entsprechende Form zu überführen.

weitergehender Forschungsbedarf:

Weitergehender Forschungsbedarf besteht bei der Klärung der Ansprüche an Vernetzungsachsen und Schutzmassnahmen aktuell in den Normen nicht verteilter Arten wie Otter, Biber oder auch Wildkatzen.

Einfluss auf Normenwerk:

Hoch. Der Forschungsbericht legt die Basis für die kommende Normenüberarbeitung.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Trocmé

Vorname: Marguerite

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA, N / SSI

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Digital signiert von Trocmé Maillard Marguerite VQORLM
2022-01-20 (mit Zeitstempel)