



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Strassen ASTRA**  
**Bundesamt für Umwelt BAFU**

**DOKUMENTATION**  
**FUNKTIONSKONTROLLE**  
**VON WILDTIERPASSAGEN**

---

*Ausgabe 2019 V1.00*  
*ASTRA 88012*

## Impressum

### Autoren

Marguerite Trocmé (ASTRA N-SSI, Vorsitz und Erarbeitung)  
Kim Krause (Kaden & Partner AG, Frauenfeld)

### Begleitgruppe

Adrien Zeender (BAFU, Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften)  
Claude Fischer (Hepia, Genève)  
Stefan Suter (ZHAW, Wädenswil)  
Antonio Righetti (B+S, Bern)  
Roman Kistler (Jagd- und Fischereiverwaltung, TG)  
Hubert Krättli (Stiftung Fledermausschutz, Zürich)

### Übersetzung

Sprachdienste ASTRA (Originalversion in Deutsch)  
(französische Übersetzung)

### Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA  
Abteilung Strassennetze N  
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI  
3003 Bern

### Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch) heruntergeladen werden.

© ASTRA 2019

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Impressum</b> .....	<b>2</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>4</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1 Zweck der Dokumentation .....	7
1.2 Adressaten .....	7
1.3 Inkrafttreten und Änderungen .....	7
<b>2 Bewertung der Funktion von Wildtierpassagen</b> .....	<b>8</b>
2.1 Funktion von Wildtierpassagen .....	8
2.1.1 Ziel und Zweck von Funktionskontrollen .....	8
2.1.2 Wirkung von Wildtierpassagen – eine Literaturanalyse .....	8
2.2 Ergebnisse der Funktionskontrollen von Wildtierpassagen am Nationalstrassennetz in der Schweiz (2000-2016) .....	10
2.3 Fazit aus den Funktionskontrollen von Wildtierpassagen: Indikatoren für den Erfolg ..	11
<b>3 Einflussfaktoren auf die Funktion von Wildtierpassagen</b> .....	<b>13</b>
3.1 Umgebungsfaktoren .....	13
3.2 Anthropogene Einflussfaktoren .....	14
3.3 Bau und Gestaltung .....	16
<b>4 Vorgehen bei Funktionskontrollen an Wildtierpassagen</b> .....	<b>18</b>
4.1 Klare Ziele in Planung und Betrieb .....	18
4.1.1 Ausführungsprojekt .....	18
4.1.2 Detailprojekt .....	19
4.1.3 Bauphase und Bauabnahme.....	19
4.1.4 Betrieb .....	19
4.2 Anforderungen an Funktionskontrollen .....	20
4.3 Methoden zum Nachweis der Nutzung von Wildtierpassage durch die Fauna .....	20
4.3.1 Mittelgrosse bis grosse Säugetiere .....	21
4.3.2 Kleinmusteliden .....	21
4.3.3 Fledermäuse .....	22
4.3.4 Amphibien .....	22
4.3.5 Reptilien .....	22
4.3.6 Weitere Artengruppen .....	23
4.4 Datenablage .....	23
<b>Anhänge</b> .....	<b>25</b>
<b>Glossar</b> .....	<b>35</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>36</b>
<b>Auflistung der Änderungen</b> .....	<b>41</b>

## Résumé

Cette documentation présente les résultats (chapitre 3.3) du contrôle de fonctionnement de 20 passages à faune spécifiques en Suisse. Il s'agit de 18 passages supérieurs, un passage inférieur et un pont paysager aménagés sur des routes nationales ou cantonales. Malgré les instructions pratiques pour l'évaluation des effets des passages à faune de l'OFEV de 2006 [1], les suivis n'ont pas appliqués de méthodologie uniformes, rendant une comparaison des résultats difficile. Toutefois les suivis démontrent que les passages sont bien acceptés par la faune. Si certaines espèces, comme le chevreuil, renard et lièvre adoptent tous les passages spécifiques, le sanglier n'a été démontré que sur 50 % des ouvrages. Le cerf a été recensé que sur 4 passages.

Ce constat reflète bien les résultats d'autres pays et la littérature scientifique (chapitre 3.2). Le dernier rapport de 2017 du CEDR « Roads and Wildlife Manual » établit clairement la nécessité de combiner clôtures à faune et passages spécifiques pour assurer une sécurité suffisante contre les collisions avec la grande faune le long des autoroutes. Les facteurs principaux influençant l'utilisation des passages à faune (chapitre 4) sont leur positionnement dans le paysage en accordance avec les réseaux écologiques, leurs dimensions, la qualité de l'aménagement du passage et leur protection contre les dérangements.

Le chapitre 5 présente l'état de la technique actuelle pour le suivi des passages à faune fondé sur le spectre complet de la faune suisse. A l'avenir il s'agit non seulement de concevoir des ouvrages pour quelques espèces cibles mais de favoriser l'utilisation des ouvrages par toute la faune régionale. Un groupe d'accompagnement d'experts a permis de rassembler les techniques les plus efficaces de suivi faunistiques. L'annexe I propose un cahier de charge modèle permettant d'uniformiser la méthodologie des suivis et donc une interprétation plus large à l'avenir des résultats. Il s'agit de relever l'état existant avant la construction et de cibler le suivi sur 2 années, de préférence la deuxième et quatrième année après la construction, afin de donner du temps à la faune à s'adapter au passage et finir le suivi avant l'écoulement de la durée de garantie, mais aussi de laisser un peu de temps s'écouler avant le début du suivi. Le suivi devrait être programmé pendant la période de garantie, afin de pouvoir prendre des éventuelles mesures correctrices, dont l'opportunité aurait été révélé par le suivi. En parallèle au suivi classique avec pièges photos ou vidéos, il s'agit aussi de récolter avec des méthodes simples des données sur les reptiles et batraciens, certains micromammifères et les chauves-souris. Une durée optimale de suivi de 3 semaines par saison est suggérée.

## Zusammenfassung

Diese Dokumentation stellt die Ergebnisse (Kapitel 3.3) der Funktionskontrollen von 20 spezifischen Wildtierpassagen in der Schweiz vor. Dabei handelt es sich um 18 Wildtierüberführungen, eine Wildtierunterführung und eine Landschaftsbrücke. Alle Bauwerke befinden sich auf Nationalstrassen oder Kantonsstrassen. Trotz der vom BAFU 2006 verfassten praktischen Anleitung [1], wurden die Kontrollen ohne einheitliche Methode durchgeführt, was den Vergleich der Ergebnisse erschwert. Nichtsdestotrotz belegen die Kontrollen, dass Wildtiere die Passagen annehmen. Während Reh, Fuchs und Hase auf allen Wildtierpassagen zu finden sind, konnte das Wildschwein jedoch nur auf 50% und der Hirsch nur auf 4 der Passagen nachgewiesen werden.

Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen anderer Länder und der Fachliteratur (Kapitel 3.2). Der letzte CEDR-Bericht von 2017 «Roads and Wildlife Manual» besagt eindeutig, dass auf Autobahnen eine ausreichende Sicherheit gegen Kollisionen mit grossen Tieren nur durch die Kombination von Wildtierzäunen und faunaspezifischen Bauwerken gewährleistet werden kann. Die Wichtigsten Faktoren zur Nutzung von Wildtierpassagen (Kapitel 4) sind die richtige Auswahl der Standort in der Landschaft mit Anschluss an ökologische Netze, die Dimensionierung, die Qualität der Gestaltung und die Abschirmung gegen Störfaktoren.

Kapitel 5 erläutert, basierend auf dem kompletten Schweizer Spektrum an Wildtieren, den aktuellen Stand der Technik zur Funktionskontrolle von Wildtierpassagen. In Zukunft sollen Querungsbauwerke entworfen werden, die nicht nur von bestimmte Zieltierarten, sondern von der gesamten regionalen Fauna genutzt werden. Eine Expertenbegleitgruppe hat es möglich gemacht die effizientesten Methoden zur Funktionskontrolle zu sammeln. Im Anhang I befindet sich ein Pflichtenheft, welches als Vorlage verwendet werden kann. So können in Zukunft Kontrollmethoden vereinheitlicht werden, was wiederum eine ausführlichere Analyse der Ergebnisse möglich macht. Der Zustand vor Bau der Wildtierpassage wird zukünftig dokumentiert, die Kontrolle der Wildtierpassage sollte dann vorzugsweise während dem 2. und 4. Jahr nach dem Bau stattfinden. So vergeht ein bisschen Zeit vor der ersten Prüfung und die Tiere können sich an die neu Situation gewöhnen, ausserdem bleibt nach der zweiten Prüfung noch etwas Garantiezeit übrig. Die Kontrolle sollte während der Garantielaufzeit stattfinden, damit durch die Kontrolle aufgedeckte Verbesserungsmassnahmen umgesetzt werden können. Zusätzlich zur klassischen Kontrolle mit Foto- oder Videofallen, sollten mit einfachen Methoden auch Daten zu Reptilien und Amphibien, bestimmten Kleinsäugetieren, sowie Fledermäusen gesammelt werden. Die empfohlene optimale Kontrolldauer beträgt 3 Wochen pro Jahreszeit.

## Abstract

This documentation presents the results (chapter 3.3) of the functionality check carried out on 20 specific Suisse wildlife passages. 18 bridges, one underpass and one landscape bridge. All constructions are located on national or cantonal roads. Despite the practical guide on the assessment of the effect of wildlife passages published by the FOEN in 2006 [1], follow-ups on the constructions used different methods, thus making comparison difficult. Nevertheless follow-ups show that animals accept the passages well. While deer, fox and hare use all passages, the presence of wild boar could be proven only on 50% of the passages and the presence of stags only on 4 passages.

These findings coincide well with the results in other countries and scientific literature (chapter 3.2). The last CEDR report from 2017 “Roads and Wildlife Manual” states clearly that a combination of wildlife fences and specific wildlife passages is necessary to insure sufficient protection against collisions with large animals on motorways. The main factors influencing the use of wildlife passages (chapter 4) are the location in the landscape in accord with ecological networks, the dimensions, layout quality and protection against disturbances.

Chapter 5 presents the state of the art of wildlife passage follow-up methods based on the entire spectrum of Swiss wildlife. Future projects should be designed not only to accommodate a few target species but to enhance use by the entire regional wildlife. Thanks to an expert advisory group the most efficient follow-up methods could be gathered. Appendix I is a specification proposal to standardize the follow-up method, thus making more thorough result interpretations possible in the future. The idea is to document the state prior to construction, then follow-up should focus on 2 specific years, preferably the second and fourth year after construction. With this choice, follow-up is finished before the end of the warranty of the construction and doesn't start right after construction finishes giving time for animals to adapt. Follow-up should take place before the end of the warranty leaving room for the implementation of possible improvements revealed by the follow-up. Simultaneously to classical follow-up with specially equipped cameras, data on reptiles and amphibians as well as certain micromammals and bats should be collected with simple methods. An optimal time span of three weeks per season is suggested.

# 1 Einleitung

## 1.1 Zweck der Dokumentation

Die vorliegende Dokumentation fasst die Resultate aus Funktionskontrollen von Wildtierpassagen der letzten 16 Jahre zusammen. Artikel 16 Abs. 3 Nationalstrassenverordnung (NSV) räumt dem UVEK die Möglichkeit ein, die Genehmigung des Ausführungsprojektes von grösseren Umweltmassnahmen an die Durchführung einer Wirkungskontrolle zu binden. Der Grundlagenbericht zur UVEK Richtlinie [2] und die Richtlinie ASTRA 18008 „Querungshilfen für Wildtiere“ [3] fordern bei faunaspezifischen Bauwerken in Korridoren von überregionaler Bedeutung von dieser Möglichkeit Gebrauch zu machen.

Die bisherigen Kontrollen wurden oft zu unterschiedlichen Jahreszeiten und Zeitspannen realisiert. Je nach Zielarten wurden auch verschiedene Methoden angewendet. Ein Vergleich der verschiedenen Bauwerke ist aus diesem Grund kaum möglich.

Diese Dokumentation stellt den Stand der Technik für Funktionskontrollen dar und ersetzt damit die frühere Handlungsanleitung BAFU „Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen“ aus dem Jahr 2005 [1]. Während früher nur grössere Wildtiere berücksichtigt wurden, soll heute ein breites Spektrum an Tierarten gefördert werden. Auch kleinere Arten wie das Mauswiesel oder mobile Arten wie Fledermäuse werden stark von Zerschneidungseffekten beeinträchtigt. Ziel ist es, mit vergleichbarem Aufwand mehr Informationen zu generieren, um den Nutzen dieser Bauwerke für die geänderten Anforderungen zu optimieren.

## 1.2 Adressaten

Mit dieser Dokumentation werden Fachspezialisten im Bereich Fauna und Verkehr, Bauherren, Planer, Erhaltungsplaner sowie Verantwortliche für den betrieblichen Unterhalt angesprochen.

## 1.3 Inkrafttreten und Änderungen

Dieses Dokument tritt am 22.05.2019 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 41 dokumentiert.

## 2 Bewertung der Funktion von Wildtierpassagen

### 2.1 Funktion von Wildtierpassagen

Lineare Verkehrsinfrastrukturen zerschneiden natürliche Lebensräume und behindern die Bewegungen von Wildtieren. Ab einem durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) von ca. 10'000 Fahrzeugen stellen Strassen für Wildtiere eine nahezu vollständige Barriere dar [4]. Umzäunte Autobahnen haben besonders für Schalenwild die höchste Barrierewirkung, da keine Querung mehr möglich ist.

Wildtierpassagen sind faunaspezifische Bauwerke, welche eigens für die Nutzung durch die Fauna erstellt werden. Sie dienen der Erhaltung oder der Wiederherstellung der Lebensraumvernetzung, in dem sie der Fauna ein sicheres Queren der Verkehrsinfrastruktur ermöglichen. Sie werden immer in Kombination mit Wildschutzzäunen erstellt und tragen auch wesentlich zur Verkehrssicherheit bei, da sie das Eindringen von Wildtieren in den Fahrbahnbereich entscheidend reduzieren.

Eine funktionierende Wildtierpassage zeichnet sich dadurch aus, dass sie den unterschiedlichen Bewegungen der Fauna eine Querung der Verkehrsinfrastruktur ermöglicht. Dabei handelt es sich um regelmässige Bewegungen, um nötige Ressourcen innerhalb des Aktionsraums einer Art zu finden (lebenswichtige Bewegungen), um saisonale Bewegungen zwischen verschiedenen Lebensräumen sowie um gelegentliche Ausbreitungsbewegungen auf der Suche nach neuen unbesetzten Lebensräumen.

#### 2.1.1 Ziel und Zweck von Funktionskontrollen

Nach dem Bau eines faunaspezifischen Bauwerks ist zu kontrollieren, ob die Massnahmen sachgerecht durchgeführt wurden und die Funktion erfüllt wird. Damit wird sichergestellt, dass die finanziellen Mittel richtig und wirkungsvoll eingesetzt worden sind. Als Messgrösse kann unter anderem Umfang und Art der Nutzung der Passage durch Wildtiere verwendet werden. Funktionskontrollen sind derart zu gestalten, dass neben der Erreichung der Zielsetzung auch ein Vergleich mit anderen Bauwerken möglich ist. Erkenntnisse daraus können bei der Umsetzung zukünftiger Wildtierpassagen einfließen. Ist z. B. die Nutzung einer Wildtierpassage ungenügend, sind zweckmässige Optimierungsmassnahmen vorzusehen. Aus diesem Grund sollen Funktionskontrollen fundiert, nachvollziehbar und nach einer standardisierten Methodik durchgeführt werden [1], [5].

#### 2.1.2 Wirkung von Wildtierpassagen – eine Literaturanalyse

In den 1980er Jahren wurden in Frankreich die ersten Wildtierpassagen erstellt, um die Lebensraumvernetzung wiederherzustellen bzw. aufrechtzuerhalten. Bereits diese ersten Massnahmen wurden einer Erfolgskontrolle unterzogen. Mittlerweile wurden weltweit in Europa, Nordamerika und in jüngster Zeit auch in Australien, Asien, Afrika und Südamerika, etliche Wildtierpassagen erstellt, welche nachweislich von Wildtieren benutzt werden [6].

##### Positive Wirkung

Eine Metaanalyse von 121 Studien weltweit über den Erfolg von Querungsbauwerken bestätigt, dass die meisten Bauwerke erfolgreich benutzt werden [7].

Die meisten Funktionskontrollen beschränken sich auf die Erhebung der Nutzungshäufigkeit durch Wildtiere. Neben den Nutzungshäufigkeiten können zusätzlich auch die Fallwildzahlen der Strasse als wichtiger Indikator herangezogen werden.

Das "Roads and Wildlife Manual", die neuste Publikation der Conference of European Directors of Roads (CEDR), hebt die Kombination von Wildtierpassagen mit Wildschutzzäunen als effektivste Massnahme hervor, um Verkehrsunfälle mit Wildtieren zu reduzieren und gleichzeitig eine gewisse Durchlässigkeit für Wildtiere zu gewährleisten [5], [8]. Im Banff-Nationalpark in Kanada konnten mit dieser Kombination an Massnahmen, die Verkehrsunfälle mit grösseren Säugetieren um mehr als 80 % verringert werden [9].



## Einfluss Faktoren

In der Literatur finden sich zahlreiche Studien, welche den Erfolg von Wildtierpassagen untersuchen. In Europa untersuchten u.a. Pfister et al. [10] mit standardisierten Methoden die Wirksamkeit für Wildtiere von insgesamt 16 Wildtierbrücken aus Deutschland, den Niederlanden, Frankreich sowie der Schweiz. Die Studie kommt zum Schluss, dass Grünbrücken für alle terrestrischen Tiergruppen eine geeignete Massnahme sind, um Zerschneidungseffekte der Verkehrsinfrastruktur mindestens lokal zu kompensieren. Weiter wurde anhand einer Analyse der Nutzungshäufigkeit und des Wildtierverhaltens eine optimale Breite für grössere Säuger von 50–60 m festgestellt [11]. Eine umfangreiche Studie in Frankreich bestätigt, dass nur grössere Grünbrücken von anspruchsvollen Wildtieren wie zum Beispiel, dem Rothirsch benutzt werden [12].

Am wirksamsten sind Grünbrücken, wenn sie nicht nur als reine Bewegungskorridore einzelner Individuen die Querung der Strasse ermöglichen, sondern gleichzeitig als Lebensraumteil in den Aktionsraum einer Art integriert werden. Eine langjährige Untersuchung an 66 Wildtierpassagen (von Überführungen bis Kleintierdurchlässen) mittels Fotofallen zeigte, dass Passagen, welche nahe eines ökologischen Vernetzungssystems liegen, häufiger benutzt werden als andere [12].

Eine Untersuchung zur Nutzung von spezifischen Wildtier-Unterführungen an 24 Bauwerken in Österreich, Schweiz, Deutschland, Frankreich und den Niederlanden zeigt, dass Unterführungen vom Reh regelmässig, aber vom Rothirsch selten benutzt werden [13]. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Nutzungshäufigkeit von Unterführungen gegenüber Wildtierüberführungen für Huftiere als gering einzuschätzen ist.

## Methoden bei den Wirkungskontrollen

Im Rahmen von Funktionskontrollen zeigte sich, dass die Nutzung neugebauter Wildtierpassagen einer artabhängigen Gewöhnungsphase unterliegen [9], [12], [14]. Gewisse Tiere nehmen die Bauwerke sofort nach dem Bau an, andere benötigen eine längere Anpassungszeit. Die Untersuchungsdauer für den Nachweis, dass alle vorkommenden Arten eine Wildtierpassage queren, variiert je nach Studie. Mata et al. weisen auf eine artabhängige saisonale Nutzung von Wildtierpassagen hin [15]. Funktionskontrollen sollten deshalb berücksichtigen, dass die Nutzung von Wildtierpassagen im Jahresverlauf Schwankungen unterliegen kann. Anhand der Nutzungshäufigkeit von 22 Querungsbauwerken haben Malo et al. für Nordwestspanien festgestellt, dass über 25 Tage notwendig sind, um mehr als 80 % der vorkommenden Arten zu zählen, welche das Bauwerk queren [16]. Daten von vier Wildtierpassagen aus den Niederlanden zeigen, dass im Mittel 240 Tage benötigt werden, um alle querenden Wildtierarten nachzuweisen [17]. Aus diesem Grund wird empfohlen, Erhebungen zur Nutzungshäufigkeit mindestens während zwei unterschiedlicher Jahreszeiten durchzuführen, im Idealfall im Frühling und im Herbst.

Die gewählte Methodenwahl soll die Nutzungshäufigkeit von mehreren Arten erheben können. Bei den meisten Studien werden verschiedene Methoden zum Nachweis von Tierquerungen kombiniert, so z. B. Spurenabdrücke in Sandbetten mit automatisch auslösenden Infrarotkameras (Fotofallen) [7]. Für den Nachweis von grösseren Säugetieren haben sich Fotofallen als geeigneter als die Spurenabdruck-Methode herausgestellt, vor allem für Untersuchungen über längere Untersuchungszeiträume [18]. Es wird empfohlen, mehrere unterschiedliche Erhebungsmethoden anzuwenden, um Schwächen einer Methode durch andere ausgleichen zu können [19], [20]. Ein Überblick aller Methoden, welche auf internationaler Ebene für den Nachweis von Nutzungshäufigkeiten angewendet werden, kann dem CEDR-Bericht [21] entnommen werden.

Im CEDR-Bericht wird ein BACI-Ansatz (Vorher-Nachher-Wirkung) empfohlen. Erhobene Nutzungshäufigkeiten sollen vor der Erstellung von Bauwerken mit den Häufigkeiten nach der Erstellung und zusätzlich mit Kontrollstellen im Umfeld des Bauwerkes verglichen werden [22], [23]. Diese Forderungen gehen über den Rahmen normaler Funktionskontrollen hinaus. Die Autoren betonen, dass weitere wissenschaftliche Studien unerlässlich sind, um das Verständnis über die Wirkung von Wildtierpassagen zu erhöhen.

Eine Alternative zum BACI-Ansatz wurde bei einer Untersuchung in die USA angewendet.

Dabei wurden 15 Wildtierbrücken, 20 Bachdurchlässe sowie 20 weitere Querungsbauwerke mit Fotofallen über fünf Jahre beobachtet. Als Messgrösse wurde die Anzahl der Tiere, welche das Bauwerk überquerten, mit der Anzahl der Tiere, welche sich dem Bauwerk nur angenäherten, verglichen [24].

Über die Wirkung von Zerschneidungseffekten auf den Gen-Austausch zwischen Populationen ist einiges bekannt [25]. Weniger bekannt ist der spezifische Einfluss von Wildtierpassagen auf den Gen-Austausch [22], [26]. Eine australische Studie hat auf genetischer Ebene eine positive Wirkung schon innerhalb der ersten 5 Jahre gezeigt [27]. Vermehrt wird gefordert, die Wirkung von Wildtierpassagen auch auf Populationsebene anhand genetischer Methoden zu untersuchen [26]–[31]. Bauherren wie z. B. VINCI Autoroutes in Frankreich vertreten die Meinung, dass solche Untersuchungen zur Grundlagenforschung gehören, da sie nichts direkt zum Projekt beitragen können. [12].

## 2.2 Ergebnisse der Funktionskontrollen von Wildtierpassagen am Nationalstrassennetz in der Schweiz (2000-2016)

Die zwei ersten Wildtierüberführungen der Schweiz wurden 1992 mit dem Neubau der A7 im Kanton Thurgau erstellt (*Aspiholz* und *Fuchswies*). Seither wurden weitere 29 spezifische Bauwerke gebaut, welche Wildtieren die Überquerung des Nationalstrassennetzes ermöglichen.

Für 20 Querungsbauwerke existieren Berichte über Funktionskontrollen (Standorte der Bauwerke siehe Abb. 2.1). Bei den analysierten Bauwerken handelt es sich um 18 Wildtierbrücken, eine Wildtierunterführung sowie eine Landschaftsbrücke. Diese queren Nationalstrassen, Kantonsstrassen, aber auch Bahnstrassen.

In der Schweiz wurde ein pragmatisches Vorgehen zur Bewertung der Nutzungshäufigkeit vorgeschlagen (Handlungsanleitung, „Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen“ des Bundesamtes für Umwelt, BAFU [1]). Der Erfolg einer Wildtierpassage wird dabei aufgrund der definierten Zielvorgaben gemessen. Die Anleitung hat ein sehr breites Spektrum an unterschiedlichen Aufnahmemethoden vorgeschlagen. Dies hatte zur Folge, dass Funktionskontrollen in unterschiedlichster Art und Umfang durchgeführt wurden.

Aufgrund unterschiedlicher Bauwerksmasse, Methodenwahl und der Erfassung des Ausgangszustands sowie variierender Zeiträume der Erhebungen (von drei Tagen bis zwei Jahren) ist ein direkter Vergleich der Bauwerke schwierig.

Die Datenerhebungen zur Funktionskontrolle wurden anhand verschiedener Methoden durchgeführt. Oftmals wurden Methoden kombiniert angewendet, was einen Mehrwert in Bezug auf Anzahl verschiedener Arten und Querungen bringt. Die Methoden unterscheiden sich beträchtlich in Bezug auf Effizienz sowie Vor- und Nachteilen.

Spektrum verwendeter Methoden:

- Fotofallen
- Infrarot-Videoaufnahmen
- Sandstreifen
- Spurent transekte im Schnee
- Befragung ortskundiger Personen
- Bodenfallen für Käfer

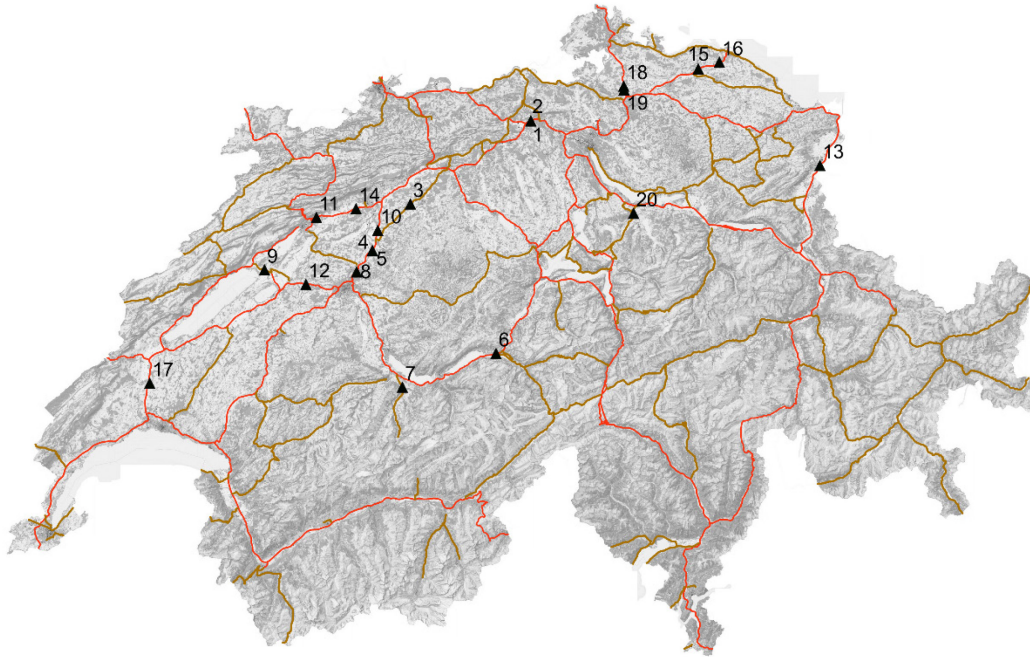


Abb. 2.1 Lage der berücksichtigten Wildtierpassagen an Nationalstrassen (rot) und Hauptstrassen (braun). Die Bauwerksnummerierung verweist auf Tabelle II.2 im Anhang II.2. (Quelle Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo)

Die Analyse der Funktionskontrollen zeigt, dass alle Bauwerke grundsätzlich von Wildtieren genutzt werden. Dabei ist es allerdings ohne Telemetrie schwierig zu unterscheiden, ob es sich beim erfassten Tier um ein Individuum handelt, welches die Wildtierpassage regelmässig benutzt um nötige Ressourcen innerhalb seines Aktionsraums zu finden (lebenswichtige Bewegungen), sich auf einer saisonalen Wanderung zwischen verschiedenen Lebensräumen bewegt oder aber diese Passage nur vereinzelt nutzt und dabei lange Strecken auf der Suche nach neuen unbesetzten Lebensräumen (Ausbreitungsbewegungen) zurücklegt. Die angewendeten Methoden zur Registrierung eines Tieres, bestätigen daher nur die Präsenz auf dem Bauwerk zu einem bestimmten Zeitpunkt.

Für die Arten Reh, Fuchs und Feldhase konnten Querungen bei fast allen Bauwerken nachgewiesen werden. Teilweise kann aufgezeigt werden, dass Rehe die Wildtierüberführungen auch als Teil ihres Lebensraums annehmen und Wohlfühlverhalten auf den Bauwerken zeigen. Das Wildschwein konnte bei ca. 50 % der untersuchten Bauwerke nachgewiesen werden. Hingegen hat der Rothirsch sehr grosse Ansprüche an Wildtierüberquerungen. Er konnte bei den Wildtierüberführungen *Birchiwald* (BE), *Hirschsprung* (SG), *Kaltenboden* (SZ) und *Bois d'Oulens* (VD) nachgewiesen werden.

Auch die häufige Querung von kleineren Säugern wie Marder, Iltisse, Mäuse und Igel wurden festgestellt. Die verwendete Methodik, welche meist auf die Erfassung grosserer Säuger abzielt, wird von den Autoren als unpassend für die Registrierung kleinerer Tiere eingestuft. Die Funktionskontrollen bei *Birchiwald* (BE), *Neu-Ischlag* (BE), *Müliholz* (BE), *Aspiholz* (TG) und *Fuchswies* (TG) zeigen zudem, dass auch andere Tiergruppen wie Amphibien, Reptilien, Insekten und Vögel die Wildtierüberführungen nutzen, wenn geeignete Strukturen auf dem Bauwerk vorhanden sind. Eine Zusammenfassung der Methoden und Ergebnisse zu den analysierten Funktionskontrollen ist in Anhang II.3 zu finden.

## 2.3 Fazit aus den Funktionskontrollen von Wildtierpassagen: Indikatoren für den Erfolg

Die bestehenden Funktionskontrollen an Wildtierpassagen zeigen national wie auch international, dass Wildtiere diese rege zur Querung der Verkehrsinfrastruktur benutzen.

Für die Erfolgsbewertung von Wildtierpassagen wurde in der Schweiz bisher der Indikator

„Nutzungshäufigkeit“ herangezogen. Angesichts der Komplexität wird empfohlen, Funktionsanalysen nicht anhand eines einzelnen Indikators durchzuführen, sondern mehrere Indikatoren kombiniert in die Bewertung einfließen zu lassen.

Anhand der Übersicht zum aktuellen Stand der Technik lassen sich folgend weitere Indikatoren formulieren, welche zur Beurteilung des Erfolgs eines Bauwerks herangezogen werden sollten, z. B.:

- Alle in der Umgebung einer Wildtierpassage vorkommenden Tierarten queren regelmäßig das Bauwerk.
- Zielarten queren das Bauwerk.
- Lokal nicht vorkommende einheimische Arten queren gelegentlich das Bauwerk.
- Videoaufnahmen zeigen zudem querende Tiere, welche auf dem Bauwerk verweilen (Wohlfühl-Verhalten).
- Bei Fledermäusen ist die Anzahl Arten, welche das Bauwerk als Flugkorridor nutzen, mindestens gleich hoch, wenn nicht sogar grösser als vor Umsetzung der Massnahme.
- Nach einem Neubau nehmen in den ersten Jahren Tierquerungen zu. Bei im Betrieb stehenden Bauwerken bleibt die Anzahl querender Arten mehr oder weniger konstant oder nimmt sogar zu.
- Kollisionen mit Wildtieren in der Umgebung von neuen Querungsbauwerke nehmen ab.

## 3 Einflussfaktoren auf die Funktion von Wildtierpassagen

Die Literaturanalyse sowie die Funktionskontrollen aus der Schweiz haben ergeben, dass die Nutzung einer Wildtierpassage durch zahlreiche Faktoren beeinflusst wird.

### 3.1 Umgebungsfaktoren

#### Geographie und Geomorphologie

Als übergeordneter Faktor - ungeachtet weiterer ökologischer und anthropogener Faktoren - ist die lokale Geographie und Geomorphologie von entscheidender Bedeutung [32]. Die Anbindung an einen bereits bestehenden Vernetzungskorridor bzw. Lebensraumverbund erhöht die Nutzungswahrscheinlichkeit beträchtlich [12]. In Bezug auf eine geeignete Geomorphologie sollte das Gelände nahe der Wildtierpassage nicht zu steil sein und in einer Zone von 100 m rund um das Bauwerk keinen markanten Geländeknick aufweisen. Weiter muss bei Unterführungen die (Durch-) Sicht offenbleiben. Ansonsten wird der Zugang zum Bauwerk erschwert und kann von den Tieren weniger leicht gesichtet werden [33], [34].

#### Einbindung ins Vernetzungssystem

Um eine hohe und regelmässige Nutzung von Wildtierpassagen zu garantieren, müssen diese an das natürliche Habitat einer Art angebunden sein [11], [12], [35]. Dabei ist von Art zu Art zu differenzieren. Der Einfluss, wie diese Bauwerke an örtliche Lebensraumstrukturen angebunden werden, konnte in einer deutschen Studie gezeigt werden [36]: Am Waldrand gelegene Grünbrücken wurden deutlich stärker frequentiert als solche, welche direkt im Wald liegen oder auf offener Flur. Auch für das Reh wird diese These bestätigt: Dieses bevorzugt Übergangsbereiche vom Wald ins Offenland mit einem Höchstabstand der Wildtierpassage zur nächsten bewaldeten Fläche von 250 m [37], [38].

Jede Art hat dabei andere Ansprüche an Ihr Habitat. Dies macht es schwierig, allgemeine Richtlinien zu Wildtierpassagen aufzustellen. Rotwild meidet aber in der Regel kleine Unter- und Überführungen, das territoriale Rehwild hingegen stellt keine hohen Ansprüche an Wildtierpassagen, weshalb Querungen dieser Arten wertvolle und ergänzende Informationen und Hinweise über die Qualität von schon vorhandenen Brückenbauwerken oder die Eignung eines bestimmten Standortes liefern können [39].

Zudem kann das Vorhanden- bzw. Nichtvorhandensein von natürlichen Fressfeinden einen Einfluss darauf haben, ob ein Bauwerk von einer bestimmten Tierart genutzt wird [14].

#### Mündungsbereich / nahe Umgebungsgestaltung

Im näheren Umfeld von Wildtierpassagen sind naturnahe Gestaltungsmaßnahmen wichtig, um die Fauna zielgerichtet hinzuleiten. Sowohl im Wald wie im Offenland ist eine diversifizierte, halboffene und strukturreiche Landschaft zu fördern [37]. Besonderes Augenmerk ist auf eine Vegetation mit deckungsreichem Charakter zu legen. Die Österreichische Forschungsgesellschaft für Strasse, Schiene und Verkehr (FSV) empfiehlt Gehölze mit einer Höhe von über 2 m einzusetzen [34]. Von besonderer Wichtigkeit sind solche Leitstrukturen auch für Fledermäuse: Werden durch die Verkehrsinfrastruktur relevante Flugwege von Fledermäusen gekreuzt, können Wildtierpassagen wichtige Querungshilfen darstellen [40], [41]. Besonders im Offenland ist das Errichten von möglichst ununterbrochenen Leitstrukturen in Form von Hecken oder Baumreihen von grosser Bedeutung für die Orientierung von Fledermäusen im Raum, zur Feindvermeidung sowie zur Hinleitung zu den Querungsbauwerken [41].

Eine abwechslungsreiche Geländemorphologie im nahen Umfeld des Bauwerkes mit kleinen Mulden und Kuppen mit einem Höhenunterschied von 30–80 cm im Umkreis stellen weitere wichtige Deckungsmöglichkeiten für Tiere dar [34], [42] und sind gleichzeitig schwer passierbar und somit unattraktiv für den Menschen.

## Populationsdruck

Die Entwicklung der Populationsgrößen von Wildtieren, kann einen starken Einfluss auf die Ausbreitungsrate von Individuen haben [43]. Besteht ein hoher Populationsdruck, sind Individuen eher bereit höhere Risiken im Zuge Ihrer Ausbreitungsbewegung einzugehen [44]. Dies bedeutet, dass bei hohem Populationsdruck einer Art im Umfeld einer Wildtierpassage, diese häufiger für Ausbreitungsbewegungen benutzt wird.

## 3.2 Anthropogene Einflussfaktoren

### Störung durch Menschen

Allgemein hat die Präsenz des Menschen einen entscheidenden Einfluss darauf, wann und wo sich Wildtiere, in ihrem Aktionsraum aufhalten, wie zum Beispiel eine Studie zum Reh zeigt [45].

Es hat sich gezeigt, dass sich die Nutzung von exponierten Bereichen mit wenig oder viel Deckung nach Tageszeit und Wochentag klar unterscheiden. Am Tag werden Bereiche mit wenig Deckung vom Reh weniger häufig aufgesucht als in der Nacht. Dasselbe Phänomen wird an Wochenenden festgestellt. Dieses Verhalten wird als „Feindvermeidung im Distanzfeld“ bezeichnet [46]. Ähnliches stellten Barrueto et al. fest, indem sie die Querungszahlen von Tieren im Verlauf der Tageszeit untersuchten [47]: Die Querungszahlen nahmen dabei bei allen untersuchten Tierarten am Abend markant zu, während diese am nächsten Morgen wieder markant absanken.

Eine Störung von Wildtieren durch Menschen kann auch zu Verhaltens- oder Stoffwechselveränderungen der Tiere führen [48]. Die Reizantwort der Tiere muss jedoch nicht explizit ein Schutz- oder Fluchtverhalten auslösen, sondern kann im Falle einer Gewöhnung auch dahinführen, dass eine erkennbare Reaktion ausbleibt [49].

Die Furcht vor Menschen ist aus verhaltensbiologischer Sicht kein angeborenes Meide- oder Schutzverhalten, sondern ein Lernvorgang, bei welchem sich der Mensch als bedrohlicher Reiz äussert. An dieser Furcht ist in vielen Fällen die Jagd ausschlaggebend [50]. In der internationalen Publikation COST 341 wird ein Mindestabstand von 500 bis 2000 m zu Jagdgebieten gefordert [51].

Eine weitere Studie zeigt, dass bei Brückenbauwerken, welche von Menschen mitbenutzt werden (z. B. durch Wege auf den Bauwerken), von Wildtieren weniger benützt werden. Bei einer Mitnutzung durch den Menschen zeigten die Tiere ein gestresstes Verhalten indem sie das Bauwerk möglichst schnell zu überqueren versuchten [52], [53].

Grundsätzlich ist man sich auf internationaler Ebene einig: Wege auf Querungsbauwerken sind zu vermeiden. Das Mitführen von solchen Wegen kann die Funktionsfähigkeit von Querungsbauwerken für Gross- und Kleintiere erheblich mindern [54], [55]. Sollte jedoch ein Weg mitgeführt werden müssen, ist eine klare Funktionstrennung sicherzustellen.

### Licht

Künstliches Licht wird häufig aus Sicherheitszwecken vor allem bei Bauwerken mit Fusswegen für Menschen eingesetzt. In einer Studie von Bliss-Ketchum et al. wurde der Einfluss von künstlichem Licht auf verschiedene Tierarten untersucht [56]: Künstliches Licht hat dabei einen eindeutig negativen Einfluss auf die Querungsbereitschaft vieler Arten, während bei anderen Arten kein oder sogar ein positiver Einfluss nachweisbar ist.

Künstliches Licht kann auf gewisse Tierarten eine Barrierewirkung haben, während es auf andere eine gewisse Anziehung auswirkt. Dabei hat sich gezeigt, dass das Farbspektrum entscheidend ist [57].

In einer Publikation des FGSV ist künstliches Licht in der Nähe von Querungsbauwerken zu vermeiden [58]: Gewisse Fledermausarten meiden generell Lichtquellen, während andere Arten Jagd auf angelockte Insekten betreiben und somit Gefahr laufen, mit dem Strassenverkehr zu kollidieren.

Die Lichtemissionen des Verkehrs lassen sich im Bereich von Wildtierpassagen durch hohe Irritationsschutzwände abschwächen (Höhe mindestens 2 m). Zu beachten ist, dass diese Schutzwände bei schmalen Bauwerken (Breite weniger als 20 m) nicht zu hoch gestaltet werden, da ansonsten ein negativer Tunneleffekt für die Tiere entstehen kann [51].

## Lärm

Verkehrslärm kann erhebliche Einflüsse auf Wildtiere haben. Auf der Ebene von Individuen kann dies zu einer Verhaltensänderung der Tiere führen oder erhöhten physiologischen Stress auslösen [59]. Auf Populationsebene kann Verkehrslärm die Mortalität erhöhen oder den Fortpflanzungserfolg verringern [60]. Dies führt dazu, dass für Lärm empfindliche Arten weniger Lebensraum zur Verfügung steht. In Gegenden mit einer hohen Strassendichte wie Europa oder Nordamerika kann dieser Lebensraumverlust dramatisch sein [61], [62].

Strassenverkehrslärm wirkt sich generell negativ auf die Querungszahlen von Wildtieren aus [32], [48], [63], [64]. Eine Studie in den USA hat gezeigt, dass Rehe Unterführungen ab einem Lärmpegel von 67 dB(A) nicht mehr benutzen [65]. Georgii et al. haben festgestellt, dass dabei die unregelmässig auftretenden Schallpegelspitzen, wie sie durch besonders laute Kraftfahrzeuge (Lastwagen, schnelle PKW, Motorräder) verursacht werden, eine bedeutsame Rolle spielen [36].

Die Lärmemissionen des Strassenverkehrs lassen sich im Bereich von Wildtierpassagen durch die Installation von Lärmschutzwänden entscheidend reduzieren. Auf breiten Bauwerken kann ein Erdwall entlang der Aussenseite des Bauwerks bepflanzt mit einer Hecke optimalen Schutz bieten [51].

## Strassen und Wege

Strassen oder Wege, welche parallel zu überquerenden Hauptverkehrsachsen verlaufen, haben einen spürbar negativen Einfluss auf die Benutzung von Wildtierpassagen: Sie erschweren den Zugang und stellen für die Tiere eine weitere zu querende Barriere dar [66], [67]. In einer schweizerischen Studie konnte gezeigt werden, dass Rehe die Nähe von Strassen meiden und sich eher weiter weg als nahe an Strassen aufhalten [68]. Es wird generell empfohlen, dass keine Strassen oder Wirtschaftswege durch die nahe Umgebung einer Wildtierpassage verlaufen. Ist dies unverzichtbar, sind diese in einem grösstmöglichen Bogen um die Wildtierpassage herum zu führen [51], [54].

## Infrastruktur und Siedlungen

Auch Siedlungsräume in der Nähe von Wildtierpassagen können die Attraktivität für die Fauna negativ beeinflussen [42], [51], [58].

Die Österreichische Forschungsgesellschaft für Strassen, Schienen und Verkehr (FSV) hat relevante Kennzahlen, unterteilt nach verschiedenen Typen von Wildtierkorridoren, erarbeitet [34]: Bei einer Wildtierpassage, welche einen überregionalen Wildtierkorridor überführt, wird ein Mindestabstand zu einzelnen Wohnhäusern, Einzelgehöfen und Windkraftanlagen mit deckungsreichem Gelände von 300 m vorgegeben. Zu geschlossenen Verbauungen wie Siedlungen, Gewerbegebieten, Windkraftanlagen in deckungsarmem Gelände wird ein Mindestabstand von 500 m gefordert. Zusätzlich hat das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie bei Wildtierpassagen in lokalen Wildtierkorridoren einen Abstand von 100 bis 500 m festgelegt, in dem nicht mehr als 3 Gebäude, und in einer Entfernung von unter 100 m keine bewohnten Gebäude liegen dürfen [39].

## Windkraftanlagen

Spezifische Studien zur Problematik von Windkraftanlagen und Wildtierpassagen wurden keine gefunden. Jedoch lassen sich aus der bestehenden Literatur zum Einfluss von Windkraftanlagen auf Säugetiere wichtige Ergebnisse ableiten. Eine international breit abgestützte Publikation zeigt, dass Windturbinen vor allem für Vögel und Fledermäuse eine Gefahr darstellen, da die rotierenden Turbinenblätter die Tiere tödlich verletzen können [69]. Eine aktuelle Meta-Studie kommt zum Schluss, dass nicht, wie bisher angenommen, nur Fledermausarten auf ihren saisonalen Wanderungen, sondern in besonderem Masse

alle relativ schnell fliegenden Arten, welche im höheren Luftraum jagen, betroffen sind [70].

Spezifische Wirkungen, wie Lärm oder visuelle Effekte von Windkraftanlagen auf verschiedene, weitere Tierarten, wurden bis dato nur wenig untersucht. Generell kann aber gesagt werden, dass die Kommunikation oder die Fähigkeit annähernde Feinde zu hören, gestört werden kann [71].

Für Säugetiere scheinen Windanlagen bezüglich Lärm und Optik keine Stressquelle zu sein. Allerdings weiss man nicht, ob es ein Unterschied zwischen sesshaften und wandernden Tieren gibt. Hasen, Rehe und Rotfüchse in der Nähe von Windturbinen scheinen kein anderes Verhalten zu zeigen als in Gebieten ohne solche Infrastruktur [72]. Allerdings haben die mit den Windenergieanlagen verbundenen Infrastrukturen (Montageplätze, Zufahrtstrassen, Stromleitungen, technische Bauten) negative Auswirkungen auf die Habitatnutzung von Säugetieren und somit auch einen Einfluss auf die Nutzung von Wildtierpassagen [71]. Die österreichische Forschungsstelle Strasse Schiene Verkehr FSV fordert deshalb, analog zur Nähe zu Siedlungen und Bauwerken; einen Mindestabstand von Windkraftanlagen zu Wildtierpassagen von 300 m im deckungsreichen Gelände und von 500 m im deckungsarmen Gelände [34]. Das schweizerische Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) hat diese Abstände auch im neuen Konzept Windenergie des Bundes (2017) übernommen [73]: Rund um Wildtierpassagen von Nationalstrassen gilt das Gebiet bis 300 m Abstand als «grundsätzliches Ausschlussgebiet» (Planung des Bundes nur in Ausnahmefällen möglich). Daran anschliessende Gebiete zwischen 300 und 500 m Abstand gelten als «Vorbehaltsgebiete» (Richtplanverfahren möglich).

### 3.3 Bau und Gestaltung

#### Dimensionierung

Die Studie von Pfister et al. hat bei Brücken einen statistischen Zusammenhang zwischen Bauwerkbreite und Nutzungsfrequenz von Säugetieren belegt [11].

Auf internationaler Ebene wird generell eine Breite für Wildtierpassagen von 25–80 m [74] bzw. von 40–50 m empfohlen [51]. In den USA werden Breiten von 50–70 m [75] bzw. von 40–50 m empfohlen [76]. Die deutsche Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen (FGSV) empfiehlt genauso wie die Österreichische FSV für Standard-Grünbrücken eine Breite von 50 m [34], [58].

In der Schweiz wurde bei der Richtlinie des UVEK zu Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen wie auch für die VSS-Norm 640 694 eine Breite von 50 m definiert [2], [77]. Die UVEK Richtlinie fordert für Wildtierüberführungen von überregionaler Bedeutung eine Breite von  $45 \text{ m} \pm 5 \text{ m}$ . Die VSS Norm empfiehlt für spezifische Wildtierüberführungen eine Breite von 20–50 m. Bei der Erhaltung von Korridoren von überregionaler Bedeutung verweist sie auf die Richtlinie UVEK.

Bei spezifischen Unterführungen ist die Formulierung von Richtwerten für die Bauwerksmasse schwieriger, da bisher kein statistischer Zusammenhang zwischen den Bauwerksmassen und der Querungshäufigkeit von Huftieren gefunden wurde [13]. Experten empfehlen trotzdem eine minimale Höhe von 5 m und eine relative Openness (Höhe x Breite / Länge) von mindestens  $4,5 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$  bei der Dimensionierung von Unterführungen für Grosstiere [13].

#### Boden und Bepflanzung

Massgeblich für den Erfolg von Wildtierpassagen (besonders von Brückenbauwerken) ist der Bewuchs. Empfohlen wird das Anpflanzen einer waldrandähnlichen Vegetation ohne Baumschicht. Hierfür sollte ein Boden aus Rohboden und Humus von ca. 30 bis 50 cm aufgeschüttet werden. Durch Variation des Verhältnisses zwischen Humus und Rohboden lässt sich eine natürliche Waldrandstruktur nachbilden [77].

Die Vegetation auf einem Bauwerk sollte dem angrenzenden Habitat entsprechen und einen lückenlosen Übergang zur Umgebung bilden. Ein abwechslungsreiches Mosaik der Bepflanzung ist bedeutsam [48]. Lineare Heckenstrukturen über eine Wildtierbrücke bilden



eine Führungslinie für die Tiere und gleichzeitig eine Abschirmung gegenüber der Licht- und Lärmbelastung von der Strasse [51].

Die Sicht auf die gegenüberliegende Seite des Bauwerkes ist wichtig sowie ein Mosaik von bestockten und offenen Flächen [34].

### Kleinstrukturen

Kleinstrukturen sind wichtige Gestaltungselemente von Wildtierpassagen. Sie erhöhen die Effektivität meist ohne Mehrkosten. Sie gestalten diese als Lebensraum und geben Kleintieren Deckung. So wird ein breites Artenspektrum angezogen [42]. Stein- bzw. Asthaufen sowie Baumstämme oder Wurzelstöcke bieten sowohl Deckung wie auch Kleinsthabitate für Wirbellose, Reptilien, Amphibien und andere Kleintiere [78]. Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über zu verwendende Lebensraumrequisiten, deren Funktionen sowie Positionierung. Die Wahl der geeigneten Kleinstrukturen und deren Positionierung ist von den Zielarten abhängig. Wildtierpassagen spielen damit eine wichtige Rolle beim Aufbau der ökologischen Infrastruktur.

Tab. 3.1 Kleinstrukturen, deren Positionierung und Funktion [42, ergänzt].

Kleinstrukturen	Leitstruktur	Deckung	Hydroregulation	Thermoregulation	Sitzwarte	Nistmöglichkeit	Ersatzlebensraum	Positionierung
Steinhaufen	•	•		•	•	•	•	Punktuell
Steinriegel	•	•		•	•	•	•	Linear
Asthaufen	•	•			•	•	•	Punktuell
Totholzriegel	•	•			•	•	•	Linear
Baumstubben	•	•			•	•	•	Punktuell
Offenboden				•		•	•	Punktuell, teilweise linear (Pfade)
Erdwälle	•	•		•		•	•	Linear
Kleine Hügel		•		•	•			Punktuell
Sumpfstellen	•		•			•	•	Punktuell
Kleingewässer	•	•	•	•		•	•	Punktuell
Einzelgehölze	•	•			•	•	•	Punktuell oder linear

## 4 Vorgehen bei Funktionskontrollen an Wildtierpassagen

### 4.1 Klare Ziele in Planung und Betrieb

Bereits in der Planungsphase einer Wildtierpassage sind klare Ziele festzulegen und die verschiedenen Aspekte frühzeitig zu berücksichtigen.

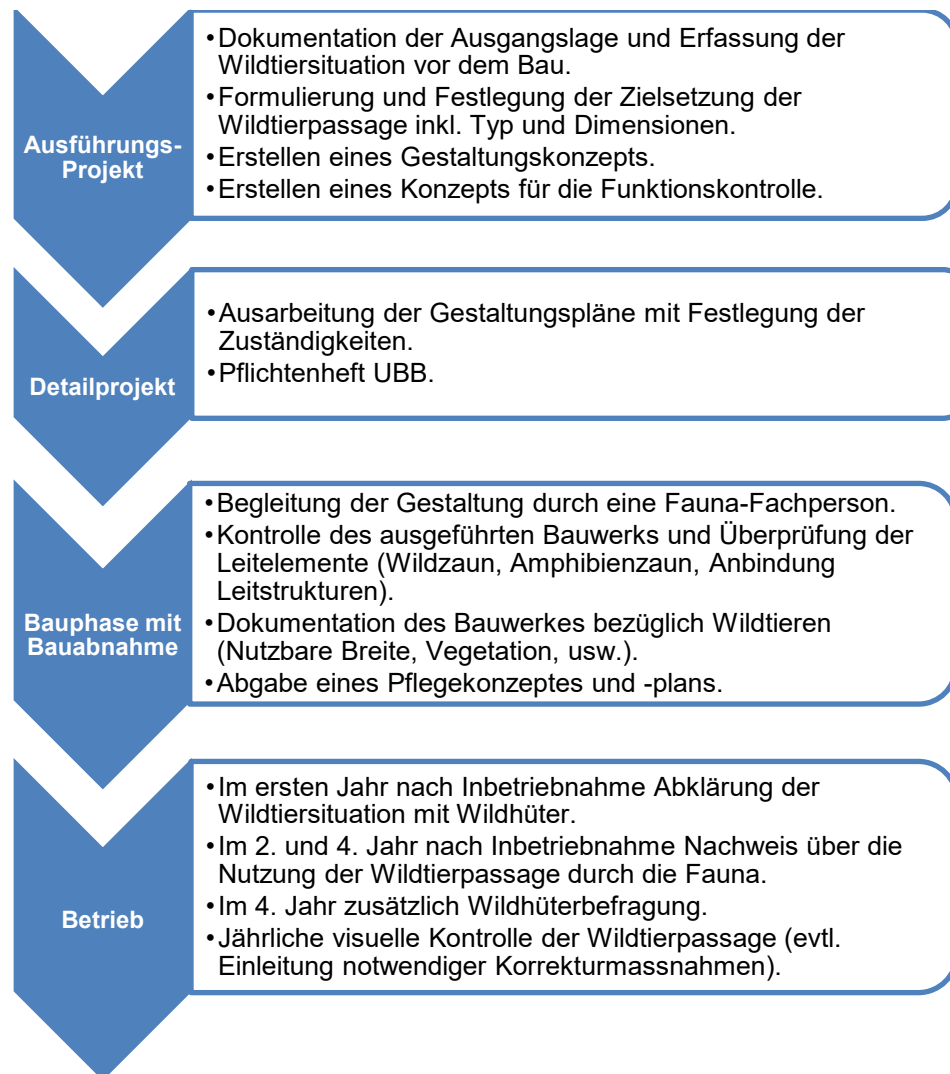


Abb. 4.1 Vorgehen bei Planung, Bau und Betrieb von Wildtierpassagen

#### 4.1.1 Ausführungsprojekt

In einem ersten Schritt gilt es, die Ausgangssituation bezüglich der vorkommenden Tierarten und ihrer Populationsdynamik festzuhalten und zu beschreiben bzw. mittels GIS festzuhalten. Dazu gehören u. a. zentrale Einstandsgebiete, traditionelle Wechsel und das Fallwildaufkommen durch den Strassenverkehr der letzten 10 Jahre auf den umliegenden Strassen. Zu diesem Zweck sollen ortskundige Personen wie Wildhüter und Jagdaufseher befragt werden. Neben den Angaben zur aktuellen Situation können so auch allfällige frühere Vorkommen von Tierarten dokumentiert werden. Zusätzlich sind die vorkommenden Fledermausarten und deren Flugkorridore sowie weitere relevante Artengruppen (z. B. Amphibien) zu erheben. Die VSS-Normen 640692 [79] und 640694 [77] sind grundsätzlich anzuwenden.

Auf dieser Basis werden in einem zweiten Schritt die konkreten Zielsetzungen des Bauwerks – inklusiv Bauwerkstyp, Dimensionen und Gestaltung, formuliert.

#### **4.1.2 Detailprojekt**

Der genaue Verlauf und der Typ des Wildzauns sind zu bestimmen. Boden, Bepflanzungsplan mit Kleinstrukturen und Anbindung der Leitstrukturen sind festzulegen.

Störquellen wie Lärm oder Lichtemissionen sind durch zweckmässige Massnahmen zu minimieren.

Die notwendigen Pflegepläne sind aufzustellen sowie die Zuständigkeiten für Pflege und Kontrolle der Wildtierpassagen ist abzuklären.

Die Durchführung der Funktionskontrolle ist zu planen. Eine Liste von Wildtierarten, welche darin berücksichtigt werden, ist gemäss Kap. 4.2 und 4.3 auszuarbeiten.

#### **4.1.3 Bauphase und Bauabnahme**

Während der Bauphase ist die Gestaltung durch eine Fachperson Fauna zu begleiten.

Zur Bauabnahme gehört die Abgabe des Pflegeplans.

Neben den Bepflanzungen auf dem Bauwerk sind auch die Leitelemente (Wildzaun, Amphibienzaun, Leitstrukturen und Anbindung an das Bauwerk) in der näheren Umgebung (50 m) zu überprüfen. Mängel sind zu beheben.

#### **4.1.4 Betrieb**

Das optimale Vorgehen sieht wie folgt aus:

Im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme der Wildtierpassage sollen Nutzungshinweise durch Wildtiere und Hinweise auf Störungen gesammelt werden und falls notwendig Massnahmen ergriffen werden. Zudem wird der zuständige Wildhüter oder Jagdaufseher zur Situation befragt.

Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass keine Fremdnutzungen stattfinden. Eine gezielte Information der Bevölkerung in Form von Hinweistafeln oder auch Pressemitteilungen ist zu empfehlen.

Im 2. und 4. Jahr nach der Bauabnahme, und noch während der Garantiezeit, ist eine standardisierte Funktionskontrolle der Wildtierpassage durchzuführen (Anforderungen und Methoden, Kap. 4.2 und 4.3). Allfällige Störquellen, welche die Funktion der Passage beeinträchtigen, sind zu dokumentieren und zu beheben.

Im 4. Jahr ist erneut eine Wildhüterbefragung durchzuführen. Die Bestandsentwicklung und Fallwildsituation in der Umgebung sind zu beschreiben. Falls die Funktionskontrolle Defizite ausweist, sind die notwendigen Verbesserungsmassnahmen noch vor Budgetabschluss durchzuführen.

Der Zustand der Querungsbauwerke ist jährlich bei den Pflegearbeiten zu kontrollieren. Dabei sind die Leiteinrichtungen (Wildschutzzaun, Amphibienzaun, Leitstrukturen und Anbindung an das Bauwerk), die Blendschutz-Massnahmen sowie die Entwicklung der Vegetation zu kontrollieren. Im Fall des Auftretens von invasiven Neophyten sind diese zu entfernen. Besonderes Augenmerk ist darauf zu legen, dass das Bauwerk nicht von Drittnutzern zweckentfremdet wird.

## 4.2 Anforderungen an Funktionskontrollen

Die Funktionskontrolle soll den Nutzungsnachweis des umliegenden Artenspektrums erbringen. Neben mittelgrossen bis grossen Säugetieren (meist Reh, Dachs, Feldhase, Wildschwein, Baumarder, Iltis, usw.) sollen zusätzlich und je nach Vorkommen auch Amphibien, Reptilien und Fledermäuse untersucht werden. Sind bei der Zielsetzung der jeweiligen Wildtierpassage zusätzliche Zielarten formuliert worden, sind diese auch zu berücksichtigen.

Im ersten Jahr nach der Bauabnahme sind allgemeine Hinweise auf die Benutzungen der Wildtierpassage durch die Fauna und evtl. durch den Menschen (Störungen) zu dokumentieren. Dieses kann zum Beispiel mittels Begehungen oder Fotofallen durchgeführt werden.

Der wissenschaftliche Nutzungsnachweis sollte im 2. und 4. Jahr nach Inbetriebnahme (noch während der Garantiezeit) durchgeführt werden.

Dabei sind folgende Fragen zu beantworten:

1. Welche Arten nutzen die Wildtierpassage zur Querung der Nationalstrasse?
2. Welche Arten kommen in der näheren Umgebung der Wildtierpassage vor?
3. Wie häufig wird die Wildtierpassage zur Querung durch die jeweilige Art benutzt – einzelne oder mehrere Individuen?
4. Wie verhalten sich die Tiere bei der Querung der Wildtierpassage?
5. Wie oft kommen Störungen durch menschliche Aktivitäten vor?

## 4.3 Methoden zum Nachweis der Nutzung von Wildtierpassage durch die Fauna

Für den Nutzungsnachweis werden automatische Fotofallen mit Videofunktion, Infrarot-Video und Wärmebildkameras, mobile Fledermausdetektoren und stationäre Fledermauslogger, Spurentunnel und Reptilienbleche verwendet sowie durch nächtliche Begehungen durch Experten ergänzt. In Tabelle 4.1 ist ersichtlich, welche Nachweismethode sich für welche Tiergruppe eignet.

Tab. 4.1 Übersicht der Methoden für den Nutzungsnachweis.

Methode	Mittelgrosse bis grosse Säugetiere	Kleinstmusteliden (Marderartige)	Fledermäuse	Amphibien	Reptilien
Automatische Fotofallen inkl. Videofunktion	X	X			
IR-Videoüberwachung / Wärmebildgeräte	X	X		X	X
mobile Fledermausdetektoren und stationäre Fledermauslogger			X		
Nächtliche Begehungen			X	X	
Spurentunnel		X			
Reptilienbleche					X

### 4.3.1 Mittelgrosse bis grosse Säugetiere

Der Nutzungsnachweis von mittelgrossen bis grossen Säugetieren (u.a. Rothirsch, Reh, Gämse, Wildschwein, Dachs, Fuchs, Feldhase, Marder) soll durch automatische Infrarot-Fotofallen erbracht werden. Zu beachten ist, dass die gesamte Breite des Bauwerks (aus Sicht der Tiere) durch den Erfassungsbereich der Fotofallen abgedeckt ist. Zudem sollen Videoaufnahmen mit zusätzlichen Fotofallen gemacht werden, um das Verhaltens der Tiere bei Querungen zu erfassen.

Zusätzliche Fotofallen sind auf beiden Seiten der Querungsbauwerke zu installieren, um Tiere zu erfassen, welche sich dem Bauwerk annähern aber nicht queren.

Ziel ist es, alle mittelgrossen bis grossen Säugetierarten sowie deren Nutzungshäufigkeit zu ermitteln. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die meisten Arten mit dem Verlauf der Jahreszeiten mehr oder weniger aktiv sind. Um möglichst alle Arten zu erfassen, wird eine Kampagnendauer von mindestens drei Wochen pro Jahreszeit bzw. nach artspezifischen Aktivitätsspitzen empfohlen [16], [17].

*Tab. 4.2 Nachweis von mittelgrossen bis grossen Säugetieren.*

<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Automatische Infrarot-Fotofallen an beiden Enden des Bauwerks.</li> <li>- Fotofallen mit Videofunktion zur Überwachung des mittleren Bereichs des Bauwerks.</li> </ul>
<b>Zeitpunkt und Dauer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 Wochen pro Jahreszeit bzw. artspezifischer Aktivitätsspitzen.</li> </ul>
<b>Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfassung aller querenden mittelgrossen bis grossen Säugetierarten.</li> <li>- Nutzungshäufigkeit der jeweiligen Art.</li> <li>- Rückschlüsse auf das Verhalten der Tiere bei der Querung (Video).</li> </ul>

### 4.3.2 Kleinmusteliden

Der Nachweis von Kleinmusteliden (Mauswiesel, Hermelin, Iltis) erfolgt anhand von Spurenabdrücken (Trittsiegel) gemäss einer von Marchesi et al. ausgearbeiteten Methode [80], welche durch ein gross angelegtes Monitoring bestätigt worden ist [81]. Dazu werden Spurentunnel aus Sperrholz verwendet, welche speziell auf die kleineren Marderartigen zugeschnitten sind (Länge: 100 cm, Höhe innen: 16 cm, Breite innen: 12 cm). In den Tunnel wird ein Brettchen gleicher Länge eingeschoben, welches in der Mitte ein Tintenkissen trägt. Beidseits des Stempelkissens wird ein Abdruckpapier angebracht, auf welchem die Tiere, nachdem sie das Tintenkissen überquert haben, Trittsiegel hinterlassen. Die Trittsiegel lassen sich von Experten bestimmen und einer Tierart zuordnen [82]. Für eine Standard-Wildtierpassage (Breite 50 m) sollten mindestens zwei Spurentunnel auf der Mitte des Bauwerks platziert werden, bei grösseren Bauwerken entsprechend mehr. Im Idealfall werden die Tunnel an Lebensraumgrenzen (Hecken, Waldrand) oder an auffallenden Strukturen (Steinhaufen, Asthaufen, Einzelbaum usw.) aufgestellt.

Der ideale Zeitraum liegt zwischen den Monaten August und November, wenn die Musteliden-Populationen normalerweise die höchsten Dichten aufweisen und Jungtiere bereits ausgewachsen sind. Die Spurentunnel sollten mindestens fünf Wochen auf dem Bauwerk installiert und wöchentlich kontrolliert werden.

Seit 2017 läuft das Projekt TubeCam an der ZHAW Wädenswil, welches die Entwicklung einer neuen Nachweismethode zum Ziel hat [83]. Dabei soll eine automatische Kamera im Rohr die Tiere erfassen. Das Projekt ist vielversprechend. Der Gesamtaufwand würde sich im Vergleich zur klassischen Spurentunnel-Methode entscheidend verringern.

*Tab. 4.3 Nachweis von Kleinmusteliden.*

<b>Methode</b>	- Spurentunnel (Bestimmung Trittsiegel).
<b>Zeitpunkt und Dauer</b>	- Zwischen August und November. - Mindestens 5 Wochen mit wöchentlicher Kontrolle.
<b>Ziele</b>	- Erfassung aller vorkommenden Arten.

### 4.3.3 Fledermäuse

Fledermäuse benützen die Leitstrukturen von Wildtierpassagen zur Überquerung von Strassen [40], [41], [84]. Nachweise über Flugaktivitäten können mit bioakustischen Methoden (qualitativ und quantitativ) erbracht werden. Hierfür eignen sich stationäre Fledermauslogger welche die Fledermausrufe aufnehmen und auf einem Datenträger speichern. Die aufgenommenen Fledermaus-Rufe sind entsprechend dem Standard der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG auszuwerten und zu validieren [85]. Die stationären Aufnahmegeräte sollten auf dem Querungsbauwerk und an Kontrollstellen daneben an drei Erfassungsblöcken von jeweils 5–7 aufeinanderfolgenden Nächten (und bei guter Witterung) zum Einsatz kommen: Erster Block Mitte April bis Mitte Mai, zweiter Block im Juni und dritter Block Mitte August bis Mitte September [40]. Wenn Querungen festgestellt werden, sind zusätzlich Videoaufnahmen mit Infrarot-Beleuchtung oder Wärmebildkameras durchzuführen. Wird dabei erkannt, dass Tiere das Querungsbauwerk seitlich umfliegen, ist die Funktion der Leitelemente zu überprüfen [41].

*Tab. 4.4 Nachweis von Fledermäusen.*

<b>Methode</b>	- Stationäre Fledermauslogger/Hochfrequenz-Detektoren/Trajektographie. - IR-Videoaufnahmen oder Wärmebildkamera.
<b>Zeitpunkt und Dauer</b>	- Stationäre Fledermauslogger: 3 Blöcke à 5 - 7 Nächte in April/Mai, Juni, August/September. - Videoaufnahmen oder Wärmebildaufnahmen während 1-3 Abenden.
<b>Ziele</b>	- Erfassung aller Fledermausarten auf dem Bauwerk. - Nutzungshäufigkeit der jeweiligen Art. - Nachweis, dass das Bauwerk zur Querung genutzt wird (Video / Wärmebild). - Nachweis, dass die Querungen nicht neben dem Bauwerk erfolgen (Akustik / Video, Wärmebild).

### 4.3.4 Amphibien

Befinden sich in der näheren Umgebung Amphibienlaichgewässer oder wurden Weiher bzw.- Tümpel auf dem Bauwerk angelegt, sind auch die Amphibien bei der Funktionskontrolle zu erfassen. Dabei ist die Frühjahreswanderung zu den Laichgewässern zu erfassen: Je nach Witterung und Höhenlage findet diese zwischen Mitte Februar und Anfang April statt. Es sollten 3–5 Nachtbegehungen bei idealen Zugbedingungen durchgeführt werden. Idealerweise wird auch die Hauptzugnacht berücksichtigt. Zudem soll die maximale Anzahl beobachteter Tiere pro Art und Nacht in folgenden Klassen dokumentiert werden: 1-20; 21-50; 51-100 und > 100 Tiere.

*Tab. 4.5 Nachweis von Amphibien.*

<b>Methode</b>	- Begehungen durch Amphibienexperte oder Kamera.
<b>Zeitpunkt und Dauer</b>	- Mitte Februar bis Anfang April. - 3–5 Nachtbegehungen, idealerweise während Hauptzugnacht.
<b>Ziele</b>	- Erfassung aller querenden bzw. laichenden Amphibienarten. - Anzahl Laichballen bzw. -schnüre. - Maximale Anzahl beobachteter Tiere pro Nacht und Art in Klassen.

### 4.3.5 Reptilien

Für den Vorkommens- bzw. Nutzungsnachweis von Reptilien sollen künstliche Verstecke mit der Hilfe sog. Reptilienbleche angelegt werden. Optimal sind hierfür schwarze Kunststoff-Wellplatten, es können aber auch andere Materialien verwendet werden. Die Bleche sollen ein Format von ca. 100 x 50 cm aufweisen und entlang eines Transektes, welches

über das Bauwerk verläuft, ausgebracht werden. Abhängig von der Transektlänge sind zwischen 5 und 10 Bleche pro Transekt zu installieren. Von Mai bis September soll mindestens einmal pro Monat das Transekt abgeschritten werden. Hierbei ist auf ideale Wetterbedingungen zu achten (nicht zu kalt, heiss oder nass). Alle Reptilien entlang des Transektes, sowohl auf wie auch unter den Blechen, sind zu erheben. Fehlende Bleche sollten ersetzt werden.

*Tab. 4.6 Nachweis von Reptilien.*

<b>Methode</b>	- Ausbringen von Reptilienblechen entlang eines Transektes.
<b>Zeitpunkt und Dauer</b>	- Mai bis September mindestens eine Begehung pro Monat.
<b>Ziele</b>	- Erfassung aller vorkommenden Reptilienarten auf dem Bauwerk und seiner näheren Umgebung.

#### 4.3.6 Weitere Artengruppen

Werden in der Zielformulierung für Wildtierpassagen weitere Arten bzw. Artengruppen genannt, für welche bisher keine konkreten Methoden vorliegen, liefert der CEDR-Bericht [5] weitere hilfreiche Angaben.

Werden beim Nutzungsnachweis Arten gefunden, welche nicht explizit zu erheben sind, so sind diese auf jeden Fall in den Bericht über die Funktionskontrolle aufzunehmen.

#### 4.4 Datenablage

Damit in Zukunft Auswertungen der Funktionskontrollen möglich sind, sollen die Berichte mit ausgewählten und aussagekräftigen Originaldateien (mit Fotos und Videos) zentral abgelegt werden. Dazu kann eine Kunstbauten-Datenbank (wie KUBA bei ASTRA) eine ideale Ablage darstellen. Eine Kopie des Berichtes (mit aussagekräftigen Fotos und Videos) ist an das Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Landschaftsmanagement, zu liefern. Die Nachweise von Fledermäusen sind gemäss dem Standard der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG [85] an die kantonalen Fledermausschutz Beauftragten abzugeben.





## Anhänge

<b>I</b>	<b>Muster-Pflichtenheft für Funktionskontrollen.....</b>	<b>26</b>
I.1	Allgemeines.....	26
I.2	Beschaffungsgegenstand.....	26
I.2.1	Berichterstattung.....	27
I.2.2	Anforderungen, Voraussetzungen.....	27
<b>II</b>	<b>Übersicht der ausgewerteten Funktionskontrollen in der Schweiz, deren Methodik und Artenfunde.....</b>	<b>28</b>
II.1	Verzeichnis der analysierten Funktionskontrollen.....	28
II.2	Übersicht der analysierten Wildtierpassagen.....	29
II.3	Zusammenfassung der Methodik sowie Artenfunde in den ausgewerteten Wirkungskontrolle.....	30
II.3.1	Verwendete Methoden.....	32
II.3.2	Fotofallen.....	32
II.3.3	Infrarot Videoaufnahmen.....	32
II.3.4	Sandstreifen.....	33
II.3.5	Spurentransekte im Schnee.....	33
II.3.6	Befragung ortskundiger Personen.....	33
II.3.7	Bodenfallen.....	33
II.4	Beobachtete Einflussfaktoren in der Schweiz.....	34

# I Muster-Pflichtenheft für Funktionskontrollen

## I.1 Allgemeines

Das vorliegende Pflichtenheft soll dem Auftraggeber ermöglichen, standardisierte Leistungen für die Durchführung einer Funktionskontrolle an Wildtierpassagen innerhalb der Garantiezeit bei einem Auftragnehmer in Form einer Offerte abzufragen.

## I.2 Beschaffungsgegenstand

Für die Durchführung der Funktionskontrolle sind folgende Leistungen vor und nach dem Bau vorzusehen:

### 1. Erhebung der Ausgangssituation (vor dem Bau)

- Erfassen der Wildtiersituation und Populationsdichte im Einflussbereich der Wildtierpassage sowie das Fallwildaufkommen in der Umgebung (im Umkreis von 3 km) durch Wildhüterbefragung.
- Ermitteln der Wildtiersituation im näheren Umfeld der zukünftigen Wildtierpassage durch automatische Infrarot-Fotofallen (3 Wochen pro Jahreszeit) und Spurentunnel (5 Wochen im Zeitraum von August bis November).
- Erhebung der Flugkorridore von Fledermäusen (aufgrund Luftbilder) in einer Umgebung von 500 m. Abfrage und Darstellung von Fledermauskolonien innerhalb von 5 km (Daten beim Kantonalen Fledermausschutz-Beauftragten).
- Ist eine Amphibienzugstelle vorhanden, soll deren Zugstärke und -richtung während der Frühjahrswanderung im Zeitraum von Februar bis April (je nach Höhenlage) erhoben werden. Hierfür sind 3-5 Nachtbegehungen bei idealen Zugbedingungen durchzuführen, idealerweise auch in der Hauptzugnacht.

### 2. Nachweis der Nutzung von Wildtierpassagen durch die Fauna (nach dem Bau)

- Im 1. Jahr sind allgemeine Hinweise auf die Benutzungen der Wildtierpassage durch die Fauna und evtl. durch den Menschen (Störungen) zu dokumentieren (s. Kapitel 4.2).
- Im 2. und 4. Jahr nach dem Bau der Wildtierpassage ist ein Nutzungsnachweis der Fauna durchzuführen. Dieser umfasst den Nachweis der querenden Arten und deren Häufigkeit sowie die Dokumentation des Verhaltens der Tiere auf dem Bauwerk.
- Im 4. Jahr ist die Wildtiersituation im Einflussbereich der Wildtierquerung durch eine zusätzliche Wildhüterbefragung zu dokumentieren.
- Der Nutzungsnachweis umfasst alle Arten von mittleren bis grossen Säugetierarten, welche in der Umgebung vorkommen. Werden weitere Arten als Zielarten bei der Planung festgelegt, sind diese ebenfalls zu erfassen. Mittlere bis grosse Säuger sollen mit der Hilfe von automatischen Fotofallen während 3 Wochen pro Jahreszeit untersucht werden. Kleinmusteliden sollen mit Spurentunnel während 5 Wochen im Zeitraum von August bis November erfasst werden.
- Befinden sich Gewässer in der Umgebung oder auf dem Bauwerk (Tümpel), ist das Vorkommen von Amphibien während der Frühjahrswanderung im Zeitraum von Februar bis April (je nach Höhenlage) zu untersuchen. Hierfür sind 3-5 Nachtbegehungen bei idealen Zugbedingungen durchzuführen, auch hier idealerweise auch in der Hauptzugnacht.
- Das Vorkommen von Reptilien ist mittels geeigneter Bleche (künstliche Verstecke)

entlang eines Transektes, welches über das Bauwerk verläuft, zu erheben. Abhängig von der Länge des Transektes sind zwischen 5 und 10 Bleche auszubringen. Im Zeitraum zwischen Mai und September muss das Transekt mindestens monatlich begangen werden.

- Das Vorkommen von Fledermäusen sowie deren Flugkorridore sollen in 3 Blöcken von jeweils 5–7 aufeinanderfolgenden Nächten (und bei guter Witterung) untersucht werden. Erster Block Mitte April bis Mitte Mai, zweiter Block im Juni und dritter Block Mitte August bis Mitte September. Wenn Querungen festgestellt werden, sind zusätzlich Videoaufnahmen mit Infrarot-Beleuchtung oder Wärmebildkameras durchzuführen.

### I.2.1 Berichterstattung

Der Auftragnehmer liefert folgende Dokumente und Karten:

- Umgebungskarte im Massstab von mind. 1:25'000 über die Wildtiersituation im Umfeld der geplanten Wildtierpassage. Für Wildsäuger sind darauf die Einstandsgebiete, die Hauptwechsel wie auch das Fallwild des Strassenverkehrs der letzten 10 Jahre, für Fledermäuse deren Quartiere und potenziellen Flugkorridore, zu verzeichnen.
- Bericht über die Wildtiersituation im näheren Umfeld vor dem Bau der Wildtierpassage. Diese ist mit Fotofallen zu erheben. Auf einer Karte sind die Standorte der Fotofallen zu vermerken.
- Bericht über den Nutzungsnachweis der Wildtierpassage durch Wildtiere inkl. Fledermäuse, Reptilien und Amphibien jeweils im 2. und 4. Jahr (und evtl. 1. Jahr) nach dem Bau der Passage. Detaillierte Auflistung der nachgewiesenen Arten und deren Häufigkeiten sowie ein Beschrieb des Verhaltens der Tiere auf dem Bauwerk. Unter Berücksichtigung der Ausgangslage und der Zielformulierung ist anhand der Indikatoren, welche in Kapitel 2. beschrieben sind, der Erfolg der Wildtierpassage zu bewerten. Darauf basierend sind allfällige zweckmässige Optimierungsvorschläge zu erarbeiten.
- Die Berichte der Funktionskontrolle inklusive deren Rohdaten sind in der Kunstbauten-Datenbank (bei ASTRA ist das KUBA) abzulegen. Eine Kopie des Berichtes mit ausgewählten und aussagekräftigen Originaldateien (mit Fotos und Videos) sind an das Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Landschaftsmanagement, zu liefern. Die Nachweise von Fledermäusen sind gemäss dem Standard der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG an die kantonalen Fledermausschutz Beauftragten abzugeben.

### I.2.2 Anforderungen, Voraussetzungen

Fundierte Erfahrungen im Fachgebiet Wildtiere und Verkehr, insbesondere in Planung und Anwendung von Methoden zum Nachweis von Wildtieren.

## II Übersicht der ausgewerteten Funktionskontrollen in der Schweiz, deren Methodik und Artenfunde

### II.1 Verzeichnis der analysierten Funktionskontrollen

*Tab. II.1 Folgende Funktionsanalysen wurden im vorliegenden Bericht berücksichtigt.*

Etter, A., 2012. Wildtierpassage Grauholz - Erfolgskontrolle (Semesterarbeit). Berner Fachhochschule, Zollikofen.

Eyholzer, R., Struch, M., 2007. A5 Kanton Solothurn - Erfolgskontrolle Wildtierbrücke Riemberg. Wildtierbiologischer Arbeitskreis Bern.

Gräminger, M., 2013. Wildtierüberführung Kaltenboden - Auswertung der Fotofallen 2010 bis 2013. Amt für Natur, Jagd und Fischerei, Kanton Schwyz.

Hatt, S., 2000. Grünbrücke Loterbuck A4.2.9: Eine Erfolgskontrolle nach drei Jahren. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 151, 290–297. doi:10.1007/s10470-011-9601-1

Krause, K., Rieder, J., 2014. Untersuchung über die Durchlässigkeit der Autobahn A7 für Wildtiere im Kanton Thurgau. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft TNG 67.

Malli, H., 2006. Erfolgskontrolle der Wildquerungen Birchiwald und Neu-Ischlag in Bezug auf die Arthropodenfauna (Ergebnisse Sommer 2003). Büro Biolex, Trimstein, Liebefeld.

Meienberger, C., Kaden, D., 1993. Erfolgskontrolle der ökologischen Massnahmen an der Neubaustrecke der N7. Kaden, Beerli & Meienberger, Frauenfeld.

Mosimann, Strebel, 2014. Umfahrungsstrasse H10, Ökologische Ersatz- / Ausgleichsmassnahmen, Erfolgskontrolle 2009-2013. Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis III.

PiU GmbH, 2012a. Wildtierpassage Birchiwald. Wirkungskontrolle Phase B - 2012. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2012b. Wildtierpassage Neu-Ischlag. Wirkungskontrolle Phase B - 2012. Liebefeld.

PiU GmbH, 2012c. Wildtierpassage Stöck. Wirkungskontrolle Phase B - 2012. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2009. Wildtierpassage Hirschensprung. Bericht der Wirkungskontrolle 2008. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2008a. Brücke Müliholz über die A1 (Mühleberg). Wirkungskontrolle. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2008b. Wildtierpassage Badwald. Erfolgskontrolle 2002-2008. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2007. Wildtierpassage Brienzwiler. Erfolgskontrolle nach 10 Jahren. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2006a. Wildtierpassage Grauholz. Erfolgskontrolle zweite Phase - 2004/05. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2006b. Wildtierpassage Neu-Ischlag. Erfolgskontrolle 2001-2006. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2006c. Wildtierpassage Stöck. Erfolgskontrolle 2002-2006. Liebefeld.

PiU GmbH, 2005a. Wildtierpassage Birchiwald. Erfolgskontrolle 2001-2005. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2005b. Wildtierpassage Hirschensprung. Kurzbericht der Wirkungskontrolle 1999-2005. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2001. Ökobrücke N13 - Rüthi - Erste Resultate zur Akzeptanz der Ökobrücke. Ergebnisse der Fährten- und Spurenbehebung im Rahmen der Erfolgskontrolle. Piu GmbH, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld.

PiU GmbH, 2013. Wildtierpassage Chappelengand / Wirkungskontrolle. Oberingenieurkreis I, Thun.

WLS.CH GmbH, 2013. Monitoring im Wildtierkorridor AG-R7 «Baregg-Grosszelg». Schlussbericht 2013. WLS.ch GmbH, Fribourg.

## II.2 Übersicht der analysierten Wildtierpassagen

Tab. II.2. Analyisierte Wildtierpassagen

Nr. auf Karte	Name	Kt.	Gemeinde	Korridor-Nr	Verkehrsträger	Art der Passage	Baujahr	B	L	H	Koordinaten
1	Baregg Grosszelg	AG	Birmensdorf	AG R7	Kantonsstrasse	Wildtierüberführung	2003	41	17		2'662 650 / 1'256 300
2	Baregg Weiermatt	AG	Birmensdorf	AG R8	A2	Wildtierunterführung	2003/04	30	41	6	2'662 650 / 1'256 301
3	Badwald	BE	Herzogenbuchsee		SBB	Wildtierüberführung	2001	77	36		2'621 885 / 1'228 210
4	Birchwald A17.1	BE	Kernenried	BE 7	SBB	Wildtierüberführung	2002	30	12		2'609 010 / 1'212 460
5	Birchwald A17.2	BE	Kernenried	BE 7	A1, Kantonsstr.	Wildtierüberführung	2002	50	46		2'609 090 / 1'212 370
6	Brienzwiler	BE	Brienzwiler		A8	Überführung f. kl./m.	1995	15	25		2'650 865 / 1'177 660
7	Chappelegand	BE	Aeschi	BE 14	H221, BLS	Wildtierüberführung	2007	20	36		2'619 175 / 1'166 270
8	Grauholz	BE	Bern	BE 6	A1, Kantonsstr.	Wildtierüberführung	1995	23	61		2'603 700 / 1'205 240
9	Islerenhölzli	BE	Gampelen	BE 13	T10, BLS	Wildtierüberführung	2001	75	28		2'572 514 / 1'205 953
10	Neu-Ischlag	BE	Utzenstorf	BE 8	A1, SBB	Wildtierüberführung	2002	60	54		2'610 851 / 1'219 291
11	Stöck	BE	Pieterlen	BE 2	A5, SBB	Wildtierüberführung	2001	80	80		2'590 100 / 1'223 650
12	Mülholz	BE	Mühleberg	BE 13	A1	Überführung	2006	5	65		2'586 550 / 1'201 000
13	Hirschensprung	SG	Rüthi	SG 10	A13, Gemeindestr.	Wildtierüberführung	1999	50	40		2'760 483 / 1'241 248
14	Riemberg	SO	Nennigkofen	SO 1	A5, SBB	Wildtierüberführung	2001	75 / 1	38		2'603 500 / 1'226 600
15	Aspholz	TG	Wigoltingen	TG 15	A7	Wildtierüberführung	1992	140	25		2'719 300 / 1'273 900
16	Fuchswies	TG	Kemmental	TG 19	A7	Wildtierüberführung	1992	200	25		2'726 450 / 1'276 150
17	Bois d'Oulens	VD	Oulens	VD 6.2	A1	Wildtierüberführung	2010	43	45		2'553 730 / 1'168 120
18	Loterbuck	ZH	Henggart	ZH 34	A4.2.9, Kantonsstr.	Wildtierüberführung	1996	96	42		2'694 100 / 1'268 050
19	Kaiserbuck	ZH	Nefenbach	ZH 34	A4	Landschaftsbrücke	1996	135	15		2'694 200 / 1'266 800
20	Kaltenboden	SZ	Feusisberg	SZ 01	H8	Wildtierüberführung	2000	40	70		2'697 420 / 1'225 053





### II.3.1 Verwendete Methoden

Die Datenerhebungen zur Artenhäufigkeit in den analysierten Funktionskontrollen wurden anhand sehr verschiedener Methoden durchgeführt:

- Fotofallen
- Infrarot-Videoaufnahmen
- Sandstreifen
- Spurent transekte im Schnee
- Befragung ortskundiger Personen
- Bodenfallen für Käfer
- Hochfrequenz-Detektoren

Diese Methoden unterscheiden sich in Bezug auf ihre Effizienz stark voneinander und bringen verschiedene Vor- wie auch Nachteile mit sich. Vielfach werden die Methoden kombiniert angewendet, was in Bezug auf die Ermittlung der Anzahl verschiedener Arten und Querungen einen klaren Mehrwert bringt.

### II.3.2 Fotofallen

Mit Fotofallen (Wildtierkameras) werden im Vergleich zu anderen Methoden jeweils am meisten Tiere registriert. Die Registrierung einer Wildtierquerung mittels Fotofalle gilt als sehr effektiv und liefert ein gutes Abbild des Artenspektrums sowie der Querungsfrequenz der jeweiligen Arten.

Vorteil dieser Technik ist, dass nur Aufnahmen gemacht werden, wenn sich auch Tiere im Erfassungsbereich befinden. Dies verringert den Aufwand bei der Sichtung des Datenmaterials enorm. Zudem ist die Batteriekapazität ausreichend für Aufnahmen über mehrere Monate.

Zu beachten ist dabei, dass die Sichtfelder der Kameras zusammengenommen die gesamte Breite des Bauwerks abdecken und im gewünschten Zeitraum ohne Unterbruch laufen. Dies wurde in den analysierten Erfolgskontrollen nicht immer erreicht. Häufig waren technische Probleme der Grund dafür, dass in den Datenreihen grosse Lücken entstanden. Mit einer genügend grossen Anzahl Kameras kann dieses Problem klar reduziert werden. Eine vollumfängliche zeitliche und räumliche Abdeckung ist jedoch sowohl kosten- wie auch zeitintensiv.

### II.3.3 Infrarot Videoaufnahmen

Diese Methode ist, so wie sie in den Erfolgskontrollen verwendet wurde, mittlerweile veraltet. Durch die rasante technische Entwicklung der Fotofallen ist es heutzutage möglich, nicht nur Bilder aufzunehmen, sondern auch Videoaufnahmen in Full-HD-Qualität zu machen.

Bei der (veralteten) Video-Technik hält bereits der Akku häufig nur für eine Nacht. Da die Technik relativ aufwendig ist, werden Aufnahmen zumeist nur während wenigen Nächten, über mehrere Jahre verteilt, gemacht. Der zeitliche Aufwand für die Durchsicht des Materials ist hoch. Auch treten häufig technische Probleme auf, welche danach Lücken in den Datenreihen generieren. Im Bericht des Bauwerks Badwald (BE) wird erwähnt, dass von den relativ grossen Kameras eine gewisse Störungswirkung für die Tiere ausgeht, jedoch nur in deren unmittelbarer Nähe.

Generell gilt für Videoaufnahmen, dass diese ein genaues Bild über die benutzenden Tiere geben. Damit kann ergänzend zu Fotoaufnahmen auch das Verhalten eines Tieres auf der Brücke beobachtet und jede Querung individuell genauer analysiert werden.

Wichtigste Nachteile dieser Technik sind: Bei suboptimaler Witterung, wie beispielsweise starker Regen oder Nebel erhält man schlechte bis unbrauchbare Aufnahmen. Kleine Tiere, die sich zwischen der Bodenvegetation verstecken können, sind mittels Kamera sehr schwierig feststellbar. Dies kann zwar durch Mähen der Vegetation behoben werden, zerstört aber gleichzeitig Deckungsmöglichkeiten, welche für viele Tiere sehr wichtig sind.



### II.3.4 Sandstreifen

Angelegte Sandstreifen als „Abdruckkissen“ für Tierspuren werden ebenfalls häufig zur Datenerfassung verwendet. Bei einer Begehung der Sandstreifen werden diese auf Tierspuren untersucht und anschliessend wieder flach ausgereicht. Damit das Artenspektrum korrekt abgebildet wird, muss der Sandstreifen genügend oft begangen werden. Ansonsten sind diese Erhebungen nur als Zufallsstichproben nutzbar.

Ein wichtiger Vorteil ist, dass diese Erhebungsmethode keinen grossen finanziellen Aufwand nach sich zieht, jedoch bei regelmässigen Auswertungen viel Zeit in Anspruch nimmt. Nachteilig ist, dass kleine Säugetiere aufgrund ihres geringen Körpergewichts oft ungenügende Spurenabdrücke im Sand hinterlassen und mit dieser Methode schwierig nachweisbar sind. Auch hier kann die Witterung die Resultate beeinflussen: Bei starkem Regen oder Wind können die Spuren überprägt oder verwischt werden. Und bei zu langen Unterbrüchen zwischen den einzelnen Auswertungen können sich verschiedene Tierspuren überlagern und die Spuren nicht mehr identifizierbar sein.

### II.3.5 Spure transekte im Schnee

Diese Technik ähnelt der Erhebung mittels Sandstreifen. Auch hier sind regelmässige Erhebungen durchzuführen, damit sie aussagekräftige Resultate liefern. Spuren Erhebungen im Schnee haben den Vorteil, dass sie nicht nur statisch an einem Ort durchgeführt werden können. Dadurch lässt sich nicht nur das Bauwerk, sondern auch dessen nähere Umgebung analysieren.

Negativ wirkt sich aber die Abhängigkeit von der Witterung aus: Nur bei genügend Schnee können Datenerhebungen durchgeführt werden. Dies gestaltet die Planung für Begehungen unflexibel, da bei plötzlichem Neuschnee oder Schneeschmelze die Spuren verschwinden können. Diese Schwierigkeiten wurden in vielen Studien hervorgehoben und kann die Datenerhebung komplett verunmöglichen. Vorsicht ist auch bei der Interpretation der Daten gegeben: Spuren in unmittelbarer Nähe einer Wildtierüberführung bestätigen die Nutzung des Bauwerkes nur, wenn die Spuren sich auch über die Brücke zurückverfolgen lassen.

### II.3.6 Befragung ortskundiger Personen

Die Befragung ortskundiger Personen, bevorzugt Wildhüter, können genauere Einblicke in das Geschehen rund um Wildtierpassagen geben. Die Resultate dieser Befragungen werden meist als Ergänzung zu den selbst erworbenen Erkenntnissen genutzt. Das Wissen eines Wildhüters über den aktuellen Wildbestand und die Entwicklung eines Gebietes kann wertvolle Informationen liefern, welche für die qualitative Bewertung der Effizienz eines Bauwerkes entscheidend sind. Genauere Zahlen können zumeist aus solchen Befragungen allerdings nicht gewonnen werden. Auch sollte eine „kritische“ Distanz zu derartigen externen Informationen gewahrt werden, denn auch wenn eine Tierart in der Umgebung vorkommt, bedeutet das noch nicht, dass diese das Bauwerk auch annimmt und benutzt.

### II.3.7 Bodenfallen

Die Nachweismethodik der Anthropodenfauna mittels Bodenfallen wurde in keiner Untersuchung angewendet. Diese Fallen können ohne grosse Mittel selbst angefertigt werden und sind nicht sehr kostenintensiv. Auch der zeitliche Aufwand scheint vertretbar, da sich die Erhebungsdaten über die Zeit aufsummieren und nicht ständig erneuert werden müssen.

## II.4 Beobachtete Einflussfaktoren in der Schweiz

Aus den analysierten Studien und Berichten der Funktionskontrollen in der Schweiz (Anhang II) können folgende Einflussfaktoren, welche die Nutzung von Wildtierpassagen beeinflussen zusammengefasst werden.

### Positiv beeinflussende Faktoren

- Eine optimal gestaltete Oberflächenvegetation, wie z. B. extensiv genutzte Wiesen, Gebüschgruppen und weitere Strukturelemente schaffen wichtige Lebensräume für Arten wie Grossschmetterlinge, weitere Insektengruppen oder seltene Vögel (Berichte zu Wildtierüberführungen Asp Holz, Fuchswies (beide TG) und Islerenhölzli (BE)).
- Das Anlegen von Tümpeln auf Bauwerken ist in allen Fällen erfolgversprechend: Die Tümpel wurden von Amphibien und Libellen besiedelt und als Lebensraum angenommen. Auch bei extra für Reptilien angelegten Strukturen können positive Resultate erzielt und Mauereidechsen sowie Blindschleichen nachgewiesen werden.
- Viele Studien zeigen, dass die Bauwerke als wildbiologisch wertvolle Flächen eingestuft werden, da z. B. Rehe Wohlfühlverhalten auf den Brücken zeigen. Dies ist das Resultat einer effizienten Vegetationsgestaltung der Wildtierbrücken.

### Negativ beeinflussende Faktoren:

- Die Präsenz des Menschen auf Querungsbauwerken wird in vielen Studien als klar negativ bewertet: Tierereignisse treten dort später in der Nacht auf, wenn Menschen innerhalb der vorhergegangenen 24 Stunden das Bauwerk betreten haben. Dies konnte beispielsweise bei der Wildtierüberführung Baregg Grosszelg (AG) oder den SBB-Unterführungen Surhard II und III gezeigt werden.
- Fehlende Leitstrukturen und Deckungselemente führen dazu, dass Tiere die Wildtierbrücken nur in den Nachtstunden benutzen und sind zeitlich einschränkt. Dazu kommt es z. B., wenn Gebüsche auf den Bauwerken zu stark zurückgeschnitten (Pflege) oder ausschliesslich Laubgehölze verwendet werden, die im Winter wenig Deckung bieten. Insbesondere offene, trockene und besonnte Flächen werden von den meisten Waldarten gemieden. Weiter ist auch die Pflege der für Amphibien angelegten Gewässer wichtig, da sich die Lebensqualität der Amphibien durch das Zuwachsen der Tümpel verschlechtert.
- Die Ausbreitung von Gewerbe- und Industriezonen, sowie Überbauungen wie Parkplätze und Reithallen in der Nähe einer Wildtierüberführung stellen Störungsfaktoren für die Nutzung dar.
- Zäune im Bereich der Wildtierkorridore stellen ein Hindernis für die Wildtiere dar.

### Wichtige Begleitmassnahmen:

1. Der störende Einfluss des Menschen kann eingedämmt werden, indem Hinweistafeln für nutzende Menschen angebracht werden.
2. Die Jagd in einem festgelegten Umgebungsbereich sollte verboten werden.
3. Fusswege, die zu einem Bauwerk hinführen, sind gezielt umzuleiten.
4. Lockeres Mosaik aus Hochstauden, Gebüsch und Holz- sowie Lesesteinhaufen schaffen.
5. Gewerbe- und Industriezonen, Festzäunen sowie grosse Veranstaltungen sollten im Bereich von Wildtierpassagen generell vermieden werden. Zudem wird empfohlen, auf Festzäune in einem Umkreis von 500 m um die Wildtierquerungen zu verzichten.
6. Leinenpflicht für Hunde.

## Glossar

Begriff	Bedeutung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
CEDR	Conference of European Directors of Roads
COST	Cooperation in the field of Scientific and Technical research of the European Community
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
Durchlässigkeit	Eignung eines Verkehrsweges, von der Fauna ohne besondere Vorkehrungen überquert werden zu können.
Fauna	Überbegriff für alle Tierarten. Im vorliegenden Dokument wird der Begriff Wildtiere als Synonym verwendet.
FGSV	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e. V.
FSV	Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr
Grünbrücke	Synonym für spezifische Wildtier-Überführung verwendet.
Irritationsschutzwände	Schützen wandernde Tiere vor störendem Lärm und Blendwirkungen des Verkehrs und ermöglichen eine sichere Querung des Bauwerks.
Kleinmusteliden	Dabei handelt es sich um die kleinen Vertreter der Musteliden (Marderartigen): Mauswiesel, Hermelin und Iltis.
KUBA	Kunstabauten-Datenbank des ASTRA, in der Daten zu allen Kunstabauten abgelegt sind. Diese Daten dienen in erster Linie zur Planung der Überwachung und von Erhaltungsmaßnahmen.
KUBA	Kunstabauten -Datenbank des ASTRA
NFK 2.6	Normierungs- und Forschungskommission Grünräume und Fauna des VSS
SBBG	Swiss Bat Bioacoustics Group
Spezifische Wildtier-Überführung	Wildtierpassagen welche als Überführung den Verkehrsträger überspannen und speziell für die Querung der Fauna erstellt werden.
Spezifische Wildtier-Unterführung	Wildtierpassagen welche als Unterführung den Verkehrsträger unterqueren und speziell für die Querung der Fauna erstellt werden.
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VSS	Forschung und Normierung im Strassen- und Verkehrswesen
Wildtiere	Alle Wirbeltierarten, welche nicht gezähmt sind und in Freiheit leben. In der vorliegenden Richtlinie wird der Begriff Fauna als Synonym verwendet.
Wildtierkorridor	Bevorzugte Bewegungsachsen der Wildtiere, welche durch natürliche Hindernisse, Überbauungen und intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen eingegrenzt werden. Innerhalb des Verbreitungsgebiets einer Art ermöglichen Sie die Verbindung zwischen abgetrennten oder begrenzten Habitaten von Teil- oder Subpopulationen.
Wildtierpassage (= Wildquerung in der KUBA-Datenbank)	Bauwerke (Über- bzw. Unterführungen), welche den Wildtieren eine sichere Querung von Verkehrsinfrastruktur erlauben sollen. Sie minimieren die vom Verkehrsträger ausgehende Fragmentierung der Lebensräume und stehen damit im Einklang mit den Forderungen von Art. 18 Abs. 1 <sup>ter</sup> NHG. Der Begriff Wildtierpassage bezieht sich im vorliegenden Dokument auch auf Querungshilfen für Amphibien.
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

## Literaturverzeichnis

### Dokumentation und Berichte

- [1] BUWAL, "Standardisierte Wirkungskontrolle an Wildtierpassagen - Grundlagenbericht," Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 2005.
- [2] UVEK, "Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen," Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), 2001.
- [3] ASTRA, "Querungshilfe für Wildtiere-Richtlinie 18008," Richtlinie ASTRA 18008, 2013.
- [4] S. Müller and G. Berthoud, "Sicherheit Fauna/Verkehr. Praktisches Handbuch für Bauingenieure," Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Département de génie civil (LAVOC), Lausanne, 1994.
- [5] E. O'Brien, E. A. van der Grift, M. Elmeros, R. Wilson-Parr, and C. Carey, "CEDR Contractor Report 2017-1, CEDR Roads and Wildlife Manuals," 2017.
- [6] R. van der Ree, D. J. Smith, and C. Grilo, *Handbook of road ecology*. Wiley-Blackwell, 2015.
- [7] R. van der Ree, E. van der Grift, N. Gulle, K. Holland, C. Mata Estacio, and F. Suarez, "Overcoming the barrier effect of roads - How effective are mitigation strategies? An international review of the effectiveness of underpasses and overpasses designed to increase the permeability of roads for wildlife," presented at the International Conference on Ecology and Transportation (ICOET) 2007, Little Rock, Arkansas, 2007.
- [8] T. Rytwinski *et al.*, "How Effective Is Road Mitigation at Reducing Road-Kill? A Meta-Analysis," *PLOS ONE*, vol. 11, no. 11, 2016.
- [9] A. P. Clevenger, "15 Years of Banff Research: What We've learned and why It's important to transportation managers beyond the park boundary," in *2011 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2011)*, 2012.
- [10] H.-P. Pfister, V. Keller, H. Reck, and B. Georgii, "Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege - Hauptbericht," *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, vol. 756, 1997.
- [11] H. P. Pfister, B. Georgii, V. Keller, D. Heynen, and F. von Lerber, "Häufigkeit und Verhalten ausgewählter Wildsäuger auf unterschiedlich breiten Wildtierbrücken (Grünbrücken). Ergebnisse von Beobachtungen mittels Infrarot-Video-Technik.," Schweizerische Vogelwarte Sempach, Sempach, 1999.
- [12] S. Fagart, G. Quaintenne, C. Heurtebise, and P. Chavaren, "Retour d'expérience des aménagements et des suivis faunistiques sur le réseau VINCI Autoroutes," VINCI Autoroutes, 2016.
- [13] A. Righetti, C. Eicher, A. Wegelin, C. Thiel-Egenter, P. Schütz, and D. Keller, "Gestaltung von Wildtierunterführungen," Bundesamt für Strassen (ASTRA), Forschungsprojekt VSS 2011/602, 2016.
- [14] A. Clevenger and N. Waltho, "Long-term, year-round monitoring of wildlife crossing structures and the importance of temporal and spatial variability in performance studies," in *Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation*, 2003.
- [15] C. Mata, I. Hervás, J. Herranz, J. E. Malo, and F. Suárez, "Seasonal changes in wildlife use of motorway crossing structures and their implication for monitoring programmes," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 14, no. 7, 2009.
- [16] J. E. Malo, I. Hervás, J. Herranz, C. Mata, and F. Suárez, "How many days to monitor a wildlife passage? Species detection patterns and the estimation of the vertebrate fauna using crossing structures at a motorway," presented at the International Conference on Ecology and Transportation, Raleigh, 2005.
- [17] E. A. van der Grift, "Estimating crossing rates at wildlife crossing structures - How to improve our monitoring methods?," presented at the IENE International Conference on Ecology and Transportation, Lyon, 2016.
- [18] A. T. Ford, A. P. Clevenger, and A. Bennett, "Comparison of Methods of Monitoring Wildlife Crossing Structures on Highways," *Journal of Wildlife Management*, vol. 73, no. 7, 2009.
- [19] E. A. van der Grift and R. van der Ree, "Guidelines for evaluating use of wildlife crossing structures," in *Handbook of Road Ecology*, John Wiley & Sons, 2015.
- [20] G. Gužvica, I. Bošnjak, A. Bielen, D. Babić, B. Radanović-Gužvica, and L. Šver, "Comparative analysis of three different methods for monitoring the use of green bridges by wildlife," *PLoS ONE*, vol. 9, no. 8, 2014.
- [21] E. van der Grift and A. Seiler, "Guidelines for evaluating the performance of road mitigation measures," Conference of European Directors of Roads (CEDR), CEDR Call 2013: Road and Wildlife SAFEROAD Technical report 6, 2016.
- [22] D. Lesbarrères and L. Fahrig, "Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know?," *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 27, no. 7, 2012.
- [23] E. A. van der Grift *et al.*, "Evaluating the effectiveness of road mitigation measures," *Biodiversity and Conservation*, vol. 22, no. 2, 2013.

- [24] P. C. Cramer, "Design recommendations from five years of wildlife crossing research in Utah," in *Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013)*, Scottsdale Arizona, United States, 2013.
- [25] J. Remon *et al.*, "Multi-species gene flow across several large-scale transportation infrastructures," presented at the IENE Konferenz 2018, Eindhoven, NL, 2018.
- [26] L. Corlatti, K. Hackländer, and F. Frey-Roos, "Ability of Wildlife Overpasses to Provide Connectivity and Prevent Genetic Isolation," *Conservation Biology*, vol. 23, no. 3, pp. 548–556, 2009.
- [27] K. Soanes, A. C. Taylor, P. Sunnucks, P. A. Vesk, S. Cesarini, and R. van der Ree, "Evaluating the success of wildlife crossing structures using genetic approaches and an experimental design: Lessons from a gliding mammal," *Journal of Applied Ecology*, 2017.
- [28] R. Kuehn, K. E. Hindenlang, O. Holzgang, J. Senn, B. Stoeckle, and C. Sperisen, "Genetic effect of transportation infrastructure on roe deer populations (*Capreolus capreolus*)," *Journal of Heredity*, vol. 98, no. 1, 2006.
- [29] F. T. Van Manen, M. F. Mccollister, J. M. Nicholson, L. M. Thompson, J. L. Kindall, and M. D. Jones, "Short-term impacts of a 4-lane highway on american Black Bears in Eastern North Carolina," *Wildlife Monographs*, vol. 181, no. 1, 2012.
- [30] D. Hepenstrick, D. Thiel, R. Holderegger, and F. Gugerli, "Genetic discontinuities in roe deer (*Capreolus capreolus*) coincide with fenced transportation infrastructure," *Basic and Applied Ecology*, vol. 13, no. 7, 2012.
- [31] M. A. Sawaya, S. T. Kalinowski, and A. P. Clevenger, "Genetic connectivity for two bear species at wildlife crossing structures in Banff National Park," *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, no. 1780, 2014.
- [32] A. Clevenger and N. Waltho, "Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada," *Conservation Biology*, vol. 14, no. 1, 2000.
- [33] M. Trocmé *et al.*, "COST 341 - Habitat fragmentation due to transportation infrastructure - The european review," Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2003.
- [34] Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse - Schiene - Verkehr, "RVS 04.03.12 - Wildschutz," Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse - Schiene - Verkehr, Wien, 2007.
- [35] D. Glista, T. DeVault, and J. DeWoody, "A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways," *Landscape and urban planning*, vol. 91, 2009.
- [36] B. Georgii, E. Peters-Ostenberg, M. Henneberg, M. Herrmann, Müller-Stiess, and L. Bach, "Nutzung von Grünbrücken und anderen Querungsbauwerken durch Säugetiere. Gesamtbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 02.247/2002/LR," Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Bonn, 2006.
- [37] M. Herrmann and A. Mathews, "Wirkung von Barrieren auf Säuger und Reptilien," Öko-Log Freilandforschung, D-16247 Parlow, 2007.
- [38] E. Ueckermann and P. Olbrich, "Untersuchung der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren und der Eignung von Wilddurchlässen," Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 1984.
- [39] F. Völk, I. Glitzner, and M. Wöss, *Kostenreduktion bei Grünbrücken durch deren rationellen Einsatz*, Strassenfo. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2001.
- [40] R. Brinkmann *et al.*, "Planung und Gestaltung von Querungshilfen für Fledermäuse - Eine Arbeitshilfe für Straßenbauvorhaben im Freistaat Sachsen," Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, 2012.
- [41] A. Lugon, C. Eichler, and F. Bontadina, "Fledermausschutz bei der Planung, Gestaltung und Sanierung von Verkehrsinfrastrukturen - Arbeitsgrundlage," Bundesamt für Strassen (ASTRA) sowie Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2017.
- [42] E. M. Kramer-Rowold and W. A. Rowold, "Zur Effizienz von Wilddurchlässen an Strassen und Bahnlinien," Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim, Inform.d.Naturschutz.Niederschs., 2001.
- [43] H. Cayuela *et al.*, "Demographic and genetic approaches to study dispersal in wild animal populations: A methodological review," *Molecular Ecology*, Sep. 2018.
- [44] D. E. Bowler and T. G. Benton, "Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behaviour to spatial dynamics," *Biological Reviews*, vol. 80, no. 2, 2005.
- [45] R. F. Graf, C. Signer, M. Reifler-Bächtiger, M. Wyttenbach, B. Sigrist, and R. Rupf, "Wildtier und Mensch im Naherholungsraum," vol. 13, no. 2, Feb. 2018.
- [46] H. Herbold, "Anthropogener Einfluß auf die Raumnutzung von Rehwild (*Capreolus capreolus*)," *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, vol. 41, no. 1, 1995.
- [47] M. Barrueto, A. T. Ford, and A. P. Clevenger, "Anthropogenic effects on activity patterns of wildlife at crossing structures," *Ecosphere*, vol. 5, no. 3, 2014.
- [48] B. Georgii *et al.*, "Use of wildlife passages by invertebrate and vertebrate species," Wildlife passages in Germany 2011, 2011.

- [49] D. Whittaker and R. Knight, "Understanding wildlife responses to humans," *Wildlife Society Bulletin*, vol. 26, no. 2, 1998.
- [50] B. Georgii, "Auswirkungen von Freizeitaktivitäten und Jagd auf Wildtiere," *Laufener Seminarbeiträge, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), D-Laufen*, 2001.
- [51] B. Iuell *et al.*, "COST 341 - Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: Wildlife and traffic: a European handbook for identifying conflicts and designing solutions," KNNV, 2003.
- [52] E. A. van der Grift, F. Ottburg, R. Pouwels, and J. Dirksen, "Multiuse overpasses: Does human use impact the use by wildlife?," in *2011 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2011)*, 2012.
- [53] S. M. Suter, B. Karwowska, and E. Schweizer, "Schlussbericht: Wildtierbiologische Erfolgskontrolle an den SBB-Unterführungen Surhard II und III," WLS.ch GmbH, Fribourg, im Auftrag der Abteilung Landschaft und Gewässer, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau, 2016.
- [54] H. Reck *et al.*, "Grünbrücken, Faunatunnel und Tierdurchlässe. Anforderungen an Querungshilfen.," Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 2017.
- [55] E. A. van der Grift and R. van der Ree, "Recreational co-use of wildlife crossing structures," in *Handbook of Road Ecology*, John Wiley & Sons, 2015.
- [56] L. L. Bliss-Ketchum, C. E. de Rivera, B. C. Turner, and D. M. Weisbaum, "The effect of artificial light on wildlife use of a passage structure," *Biological Conservation*, vol. 199, 2016.
- [57] K. Spoelstra *et al.*, "Response of bats to light with different spectra: light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light," *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 284, no. 1855, 2017.
- [58] "Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Straßen: M AQ," Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2008.
- [59] C. R. Kight and J. P. Swaddle, "How and why environmental noise impacts animals: an integrative, mechanistic review: Environmental noise and animals," *Ecology Letters*, vol. 14, no. 10, 2011.
- [60] K. Parris, "Ecological impacts of road noise and options for mitigation," in *Handbook of Road Ecology*, John Wiley & Sons, 2015.
- [61] R. T. T. Forman and R. D. Deblinger, "The ecological road-effect zone of a Massachusetts (U.S.A.) suburban highway," *Conservation Biology*, vol. 14, no. 1, 2000.
- [62] J. R. Barber, K. R. Crooks, and K. M. Fristrup, "The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms," *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 25, no. 3, 2010.
- [63] A. P. Clevenger and N. Waltho, "Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals," *Biological Conservation*, vol. 121, no. 3, 2005.
- [64] F. Shilling *et al.*, "Wildlife-Crossing Mitigation Effectiveness with Traffic Noise and Light - A Research Report from the National Center for Sustainable Transportation," National Center for Sustainable Transportation, USA, 2018.
- [65] A. Collins *et al.*, "Traffic noise and light as potential explanations for suppressed use of wildwildlife crossing structures," presented at the IENE Conference, Eindhoven, NL, 2018.
- [66] H. Wölfel and H.-H. Krüger, "Zur Gestaltung von Wilddurchlässen an Autobahnen," *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, vol. 41, no. 3, 1995.
- [67] M. Di Giulio, R. Holderegger, M. Bernhardt, and S. Tobias, *Zerschneidung der Landschaft in dicht besiedelten Gebieten. Eine Literaturstudie zu den Wirkungen auf Natur und Mensch und Lösungsansätze für die Praxis*. Zürich: Haupt, 2008.
- [68] A. Staeubli, "Raumverhalten des Rehs in Abhängigkeit von Strassen und Wegen," Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Umweltingenieurwesen, Semesterarbeit 1, 2016.
- [69] W. P. Kuvlesky Jr, L. A. Brennan, M. L. Morrison, K. K. Boydston, B. M. Ballard, and F. C. Bryant, "Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities," *Journal of Wildlife Management*, vol. 71, no. 8, 2007.
- [70] E. B. Arnett *et al.*, "Impacts of wind energy development on bats: A global perspective," in *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*, C. C. Voigt and T. Kingston, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2016.
- [71] J. Helldin, J. Jung, W. Neumann, M. Olsson, A. Skarin, and F. Widemo, "The impacts of wind power on terrestrial mammals - A synthesis," Swedish environmental Protection Agency, 2012.
- [72] C. Menzel and K. Pohlmeier, "Indirekter Raumnutzungsnachweis verschiedener Niederwildarten mit Hilfe von Losungsstangen („dropping marker“) in Gebieten mit Windkraftanlagen," *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, vol. 45, no. 4, 1999.
- [73] Bundesamt für Raumentwicklung ARE, "Konzept Windenergie. Basis zur Berücksichtigung der Bundesinteressen bei der Planung von Wildenergieanlagen," Bern.
- [74] EuroNatur, "TEWN Manual. Recommendations for the reduction of habitat fragmentation caused by transport infrastructure development," EuroNatur Foundation, Radolfzell, 2010.

- 
- [75] U.S Department of Transportation - Federal Highway Administration, "Wildlife-vehicle collision reduction study: Report to congress," FHWA-HRT-08-034, 2008.
- 
- [76] A. Clevenger and M. P. Huijser, "Wildlife crossing structure handbook - Design and evaluation in North America," Central Federal Lands Highway Division, Lakewood, USA, FHWA-CFL/TD-11-003, 2011.
- 
- [77] VSS-Norm 640694, "Fauna und Verkehr, Schutzmassnahmen." Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), 2004.
- 
- [78] Ministry of Agriculture Food and the Environment, "Technical prescriptions for wildlife crossing and fence design (Second edition, revised and expanded)," Ministry of Agriculture Food and the Environment, Madrid, Documents for the mitigation of habitat fragmentation caused by transport infrastructure, 2016.
- 
- [79] VSS Norm 640 692, "Fauna und Verkehr – Faunaaanalysemethoden." Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), 2004.
- 
- [80] P. Marchesi, F. Dunant, V. Rebsamen, and A. Rauss, "Biomonitoring des petits carnivores en 2003 à Genève. Test de la méthode des tunnels à traces. Rapport du bureau Drosera SA.," OFEFP, SGW, SFPNP, Genève, 2004.
- 
- [81] S. Capt and P. Marchesi, "Monitoring der Kleinmusteliden in der Schweiz - Resultate der Erhebungen von 2010," Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF), Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2012.
- 
- [82] P. Marchesi, M. Blant, and S. Capt, *Säugetiere der Schweiz – Bestimmungsschlüssel. Fauna Helvetica* 22. Neuchâtel: CSCF & SGW, 2008.
- 
- [83] ZHAW, "Die Entwicklung einer neuen Nachweismethodik für Kleinsäuger mit Fokus auf Kleinmusteliden und Schläfer.," 19-Oct-2017. [Online]. Available: <https://www.zhaw.ch/de/lsfm/institute-zentren/iunr/integrative-oekologie/wildtiermanagement/referenzprojekte/tubecam/>.
- 
- [84] M. Elemeros, J. Dahl Møller, J. Dekker, I. Garin, M. Christensen, and H. J. Baagøe, "Bat mitigation measures on roads - a guideline," Conference of European Directors of Roads (CEDR), 2016.
- 
- [85] E. Bader, F. Bontadina, A. Frey-Ehrenbold, C. Schönbächler, P. E. Zingg, and M. K. Obrist, "Richtlinien für die Aufnahme, Auswertung und Validierung von Fledermaus-Rufen in der Schweiz," Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG, [www.sbbg.ch](http://www.sbbg.ch), Version 1.1d vom Juli 2018, 2018.
-





## Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2019	V1.00	22.05.2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Inkrafttreten Ausgabe 2019 (Originalversion in Deutsch)</li></ul>

