Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Einfluss von Lärmschutzwänden auf das Raumnutzungsverhalten von Reptilien

Influence des parois antibruit sur l'utilisation de l'habitat par les reptiles

Influence of noise barriers on reptile habitat use

Fornat AG
Dr. Christian Mayer
Christof Elmiger

Kaden & Partner
Joggi Rieder-Schmid

Forschungsprojekt VSS 2010/601 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassenverkehrsfachleute (VSS)

November 2014 **1496**

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

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

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

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.
Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Einfluss von Lärmschutzwänden auf das Raumnutzungsverhalten von Reptilien

Influence des parois antibruit sur l'utilisation de l'habitat par les reptiles

Influence of noise barriers on reptile habitat use

Fornat AG
Dr. Christian Mayer
Christof Elmiger

Kaden & Partner
Joggi Rieder-Schmid

Forschungsprojekt VSS 2010/601 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassenverkehrsfachleute (VSS)

November 2014 **1496**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung
Christof Elmiger, Joggi Rieder-Schmid (Co-Projektleitung)

Wissenschaftliche Leitung und Autor
Dr. Christian Mayer

Federführende Fachkommission

FK 6 (Umwelt und Betrieb)

Begleitkommission

Präsidentin
Marguerite Trocmé

Mitglieder
Markus Ammann
Thomas Gremminger
Andreas Meyer
Albert Müller
Antonio Righetti
André Schenker
Véronique Savoy
Michel Tripet
Adrian Verasani

KO-Finanzierung des Forschungsprojekts

Schweizerische Bundesbahnen SBB
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassenverkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum **4**
Zusammenfassung **7**
Résumé **11**
Summary **15**

1 Hintergrund und Forschungsauftrag **17**
1.1 Hintergrund 17
1.2 Forschungsauftrag 17

2 Einleitung **18**
2.1 Ursprüngliche und anthropogen veränderte Reptilienhabitate 18
2.2 Faktoren die das Langzeitüberleben lokaler Populationen bestimmen 18
2.3 Möglicher Einfluss von LSWs auf das Langzeitüberleben von Reptilien 19
2.3.1 Auswirkung von LSWs auf die Vernetzung lokaler Populationen 19
2.3.2 Auswirkung auf die Grösse lokaler Populationen 19
2.4 Beantwortung der Forschungsfragen 20

3 Material und Methoden **21**
3.1 Untersuchungsart Zauneidechse 21
3.2 Untersuchungsstandorte 21
3.2.1 Bahnböschungen 21
3.2.2 Reptilienförderungsmassnahmen an Bahnböschungen 22
3.2.3 Strassenböschungen 23
3.3 Begriffserklärungen 24

4 Auswirkung auf die Vernetzung lokaler Populationen **26**
4.1 Quervernetzung 26
4.1.1 Wie Bahnlinien die Quervernetzung beeinflussen können 26
4.1.2 Einfluss von Bahnlinien auf die Quervernetzung 26
4.1.3 Einfluss der LSW auf die Quervernetzung an Bahnlinien 30
4.1.4 Wiederherstellung der Quervernetzung an Bahnlinien durch Gabionen 31
4.1.5 Wie Strassen die Quervernetzung beeinflussen können 39
4.1.6 Zauneidechsenvorkommen an Autobahnböschungen 39
4.1.7 Quervernetzung über Autobahnen hinweg 40
4.1.8 Einfluss von LSWs auf die Quervernetzung an Autobahnböschungen 40
4.1.9 Empfehlungen für eine bessere Quervernetzung an Bahnlinien und Strassen 41
4.2 Längsvernetzung 42
4.2.1 Fehlleitung in LSW-Korridor 43
4.2.2 Bildung einer Sackgasse 47
4.2.3 Habitatverlust durch LSW-Platzierung 49
4.2.4 Empfehlungen für eine bessere Vernetzung in Längsrichtung 52

5 Auswirkung auf die Grösse lokaler Populationen **53**
5.1 Habitatverlust 53
5.1.1 Platzverbrauch der LSW 53
5.1.2 Empfehlungen für die Verringerung von Habitatverlust durch LSWs 54
5.2 Habitatqualitätsverlust 54
5.2.1 Raumnutzung von Zauneidechsen an Bahnböschungen 54
5.2.2 Raumnutzung von Zauneidechsen an Autobahnböschungen 58
5.2.3 Zusatzsstrukturen für Reptilien 62
5.2.4 Eignung von Gabionen als Versteck 62
5.2.5 Eignung als Thermoregulationsstruktur 65
5.2.6 Eignung als Winterquartier 67

5.2.7 Beschattung 67
5.2.8 Empfehlungen für eine Vermeidung von Habitatqualitätsverlusten durch LSWs 68
5.3 Verringerung der Populationsgrösse während des Baus von LSWs 69
5.3.1 Direkte Auswirkungen des LSW-Baus 69
5.3.2 Experiment: Lassen sich Reptilien aus dem Baubereich vergraulen? 71
5.3.3 Empfehlungen für eine reptilienfreundlichere Durchführung des LSW-Baus 77

6 Empfehlungen für reptilienfreundlichere Projektierung und Bau von LSWs an Bahnlinien und Strassen 78
6.1 Grundsätzliches 78
6.2 Zusammenfassung der Empfehlungen 80

Literaturverzeichnis 85
Projektabschluss 87

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen 90

Zusammenfassung

Im Zuge der Kultivierung unserer Landschaft sind viele der von Reptilien ursprünglich bewohnten strukturreichen Habitate zerstört worden. Das führte zu einem grossen Rückgang der Reptilienpopulationen. Allerdings haben Reptilien es verstanden, neben den seltener werdenden ursprünglichen Reptilienlebensräumen von Menschen erschaffene "Sekundärhabitate" zu besiedeln. Mittlerweile lebt die Hälfte aller Reptilienpopulationen im Schweizer Mittelland auf Verkehrsböschungen. Die intensive Nutzung des Schweizer Mittellandes und der hohe Mobilitätsanspruch der Schweizer Bevölkerung verursachen erhöhtes Verkehrsaufkommen. Um die Bevölkerung vor der steigenden Lärmbelastung zu schützen, werden immer mehr Lärmschutzwände (LSWs) entlang von Verkehrsböschungen gebaut. Dadurch geraten Reptilien nun auch zunehmend in Sekundärhabitaten unter Druck.

Faktoren, die das Langzeitüberleben von Reptilienpopulationen bestimmen

In dieser Studie wurde am Beispiel der Zauneidechse (*Lacerta agilis*) untersucht, wie Lärmschutzwände auf die zwei übergeordneten Faktoren wirken, die das Langzeitüberleben von Populationen bestimmen: **Vernetzung** und **Populationsgrösse**. Schon heute werden gewisse Schutzmassnahmen getroffen, die möglichen negativen Folgen entgegenwirken sollen. Es wurde überprüft, ob die getroffenen Massnahmen die potentiell negativen Auswirkungen von LSWs auf Reptilienpopulationen kompensieren können. Die Untersuchungen wurden sowohl an Bahn- als auch an Strassenböschungen durchgeführt.

Wie Lärmschutzwände die Vernetzung zwischen Reptilien-populationen beeinflussen

Quervernetzung

Translokationsexperimente mit besenderten Zauneidechsen zeigten, dass selbst eine mehrspurige, hoch frequentierte Bahnstrecke für Zauneidechsen kein Querungshindernis ist. Eine LSW hingegen kann von Reptilien nicht überwunden werden und stellt somit ein Hindernis dar, wenn Reptilien von der einen auf die andere Böschungseite wandern wollen (*Quervernetzung*). LSWs verhindern somit den Austausch von Individuen zwischen den beiden Böschungsseiten entlang von Bahnlinien. An vielbefahrenen Strassen hingegen könnten LSWs möglicherweise sogar eine schützende Funktion haben, wenn sie die oft tödlich endenden Versuche wandernder Tiere solche Strassen zu überqueren, verhindern.

Um LSWs für Reptilien durchlässig zu machen, wurden an manchen Bahnstrecken Steinkörbe in LSWs eingebaut. Steinkörbe bestehen aus einem mit Steinen gefüllten Drahtgestell. Die zwischen den Steinen liegenden Hohlräume sollen Reptilien die Möglichkeit bieten, den Steinkorb zu durchqueren. Die Wirksamkeit solcher Steinkörbe ist bis jetzt nicht untersucht worden. Mit Hilfe von Translokationsexperimenten konnten wir zeigen, dass Zauneidechsen tatsächlich einen Weg durch die Steinkörbe und damit auch durch die LSW hindurch finden. Wie einfach ein Reptil durch einen Steinkorb hindurchfindet, ist sowohl von Gestaltung als auch von der Einbauart des Steinkorbs abhängig. Wie häufig die dadurch entstandene Verbindung zwischen den beiden Böschungsseiten letztlich genutzt wird, könnte nur eine vergleichende genetische Untersuchung zeigen.

Die Vernetzung gegenüberliegender Strassenböschungen lässt sich hingegen durch Grünbrücken sehr einfach lösen, wenn das auf der Grünbrücke zur Verfügung gestellte Habitat von den Reptilien als Lebensraum akzeptiert wird.

Längsvernetzung

Verkehrsböschungen eignen sich durch ihre lineare Struktur hervorragend als Vernetzungsachsen, auf denen die Tiere entlang des Verkehrsträgers wandern können (*Längsvernetzung*) - bis zum nächsten Wanderhindernis. Durch LSWs können auf verschiedene Art und Weise Wanderhindernisse entstehen. Allein schon die Platzierung der LSW auf der Böschung entscheidet in vielen Fällen darüber, ob künftig noch Wanderungen entlang der Böschung möglich sind oder nicht. Sekundäre Effekte, wie die Umnutzung des nach dem LSW-Bau verbleibenden restlichen Böschungshabitats, können ebenfalls die Längsvernetzung zerstören. Die lokale Zuwanderung kann in dicht besiedelten Gebieten - und genau in solchen Gebieten werden LSWs hauptsächlich gebaut - häufig aber nur über die Verkehrsböschungen selbst erfolgen. Dies zeigt, wie wichtig Verkehrsböschungen als weitreichendes Längsvernetzungselement sind, insbesondere in dicht besiedelten Gebieten.

Wie Lärmschutzwände die Grösse von Reptilienpopulationen beeinflussen

Habitatgrösse und Habitatqualität

Die Grösse einer Population wird durch die Grösse des zur Verfügung stehenden Habitats und die Habitatqualität (führt zu höheren Individuendichten) bestimmt. Je nach Grösse der Böschung zerstört eine LSW einen mehr oder weniger grossen Teil des Reptilienhabitats. An Bahnlinien kann dieser Verlust besonders gravierend sein. Die Untersuchung des Raumnutzungsverhaltens besenderter Zauneidechsen zeigt nämlich, dass sich die Tiere gerade an strukturlosen Böschungen bevorzugt im Übergangsbereich zwischen Böschung und Gleisbereich aufhalten. In diesem Bereich der Böschung wird i.d.R. die LSW gebaut. Gerade an schmalen unstrukturierten Bahnböschungen führt der Bau einer LSW damit nicht nur zu einem Habitatverlust, sondern auch zu einem gravierenden Verlust an Habitatqualität. LSWs nehmen damit negativen Einfluss auf die Grösse lokaler Populationen.

Dem Verlust an Habitat bzw. Habitatqualität wurde bis jetzt versucht durch die Schaffung reptilienfreundlicher Zusatzstrukturen - meist durch die auch für eine verbesserte Quervernetzung verwendeten Steinkörbe - entgegenzuwirken. Doch wie reptilienfreundlich sind in LSWs eingebaute Steinkörbe? Eine gute "Reptilienzusatzstruktur" sollte folgende Funktionen erfüllen: ein gutes Versteck bieten, gute Thermoregulationseigenschaften besitzen und frostsicher sein. In LSWs eingebaute Steinkörbe erfüllen die meisten an eine gute "Reptilienzusatzstruktur" gestellte Anforderungen nicht: sie erwärmen sich nicht so schnell wie das umgebende Habitat und sind nicht frostsicher, da sie auf betonierten Untergrund gestellt werden. Dadurch ist auch ihre Funktion als Versteck eingeschränkt. Zwar mögen Steinkörbe zu einer verbesserten Quervernetzung führen (s.o.), sie vermögen aber nicht den durch LSWs verursachten Habitat- bzw. Habitatqualitätsverlust zu kompensieren.

Direkte Zerstörung der Population

Interessanterweise ist dem Bau von LSWs bis jetzt so gut wie keine Aufmerksamkeit geschenkt worden. Während des LSW-Baus geht innerhalb des Bauperimeters, zumindest mittelfristig, das gesamte Reptilienhabitat verloren. Wenn die Tiere den Bau überleben wollen, müssen sie ihr Habitat verlassen. Doch tun sie das?

In einem Feldexperiment simulierten wir die Bedingungen des Baubeginns, also der Zeit, in der die Flucht aus der Bauzone für Reptilien noch möglich wäre. Zunächst wurden - mit Hilfe von Telemetriesendern - die Aufenthaltsräume auf der Böschung lebender Zauneidechsen dokumentiert. Ein Teil der Böschung wurde dann durch radikalen Kurzschnitt und Entfernen des Schnittguts stark gestört und entwertet. Die besenderten Zauneidechsen flüchteten in der Folge aber nicht in ungestörte Böschungsbereiche, sondern versteckten sich innerhalb ihrer freigelegten Territorien in Löchern. Auch nach der Störung und Entwertung kam es nicht zu einer Abwanderung von Individuen, z.B. in die nur wenige Meter entfernten, unberührten Teile der Böschung. Beim Bau von LSWs wird diese Standorttreue den Tieren zum Verhängnis: wenn die durch die Baustelle erfolgte Störung nicht zur Flucht der Tiere führt, werden die Tiere durch die schweren Baumaschinen getötet. An schmalen Böschungen bedeutet der Bau einer LSW den Gesamtverlust der lokalen Population. Eine Wiederbesiedlung des bebauten Gebietes kann nur bei intakter Vernetzung erfolgen.

Empfehlungen

Ein möglichst reptilienfreundlicher Bau, bzw. die Sanierung bestehender LSWs berücksichtigt nach Möglichkeit alle oben angesprochenen Faktoren. Aus den Ergebnissen dieser Studie wurden Empfehlungen für einen reptilienfreundlichen Bau von LSWs abgeleitet, die Eingang in das Normenwerk des Schweizerischen Verbandes der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS) finden. Die Ergebnisse der Studie lassen sich aber auch auf andere Bauvorhaben in linearen Reptilienlebensräumen (z.B. Uferböschungen) anwenden.

Résumé

L'aménagement de nos paysages ruraux a détruit un grand nombre d'habitats riches en structures constituant les habitats premiers des reptiles, ce qui a engendré une importante diminution de leurs populations. Les reptiles ont cependant appris à occuper les «habitats secondaires» créés par l'homme à proximité de leurs habitats originaux, devenus plus rares. Il reste que la moitié des populations de reptiles du Plateau suisse habite des talus d'infrastructure de transport. L'exploitation intenasive du territoire et les besoins croissants en mobilité provoquent une forte augmentation du trafic. Pour protéger la population de l'exposition croissante au bruit, de plus en plus de PAB sont construites le long des voies de circulation, ce qui fait également subir une pression accrue aux reptiles des habitats secondaires.

Facteurs déterminants pour la survie à long terme des populations de reptiles

Cette étude a examiné, à l'exemple du lézard agile (*Lacerta agilis*), l'effet des PAB sur les deux principaux facteurs déterminant la survie à long terme des populations: **l'interconnexion** et **la taille des populations**. Des contrôles ont été effectués pour vérifier si les mesures qui sont déjà prises aujourd'hui pour compenser les effets négatifs potentiels des PAB sur les populations de reptiles sont efficaces. Ces contrôles ont été réalisés aussi bien sur des talus de voies ferrées que de routes.

Influence des parois antibruit sur l'interconnexion des populations de reptiles

Interconnexion transversale

Des expériences de translocation menées avec des lézards agiles équipés d'émetteurs ont montré que même une ligne ferroviaire à plusieurs voies très fréquentée ne constituait pas un obstacle pour cette espèce. Par contre, une PAB est un obstacle insurmontable pour les reptiles qui souhaiteraient passer d'un côté à l'autre du remblai (interconnexion transversale). Les PAB empêchent ainsi l'échange d'individus entre les deux côtés du remblai le long des voies ferrées. S'agissant de routes très fréquentées, les PAB pourraient au contraire remplir une fonction de protection en empêchant les tentatives souvent mortelles d'animaux de traverser ces voies de circulation.

Afin que les reptiles puissent franchir les PAB, celles-ci ont été équipées de gabions le long de certaines voies ferrées. Ces gabions sont constitués d'un châssis en fer rempli de pierres, que les reptiles peuvent franchir en se faufilant entre les pierres. L'efficacité de ces dispositifs n'avait pas encore été analysée. Nous avons pu montrer, à l'aide d'expériences de translocation, que les lézards agiles trouvent effectivement leur chemin à travers les gabions et, ainsi, à travers les PAB. La facilité avec laquelle un reptile parvient à traverser le gabion dépend de sa configuration ainsi que du type de montage. Seule une analyse génétique comparative pourrait déterminer la fréquence avec laquelle la liaison entre les deux côtés du remblai est finalement utilisée par les reptiles.

Il est par contre très facile de remédier à la mise en réseau entre deux talus routiers opposés, grâce à des passages à faune. Mais il faut que l'habitat mis à disposition sur ces passages soit accepté par les reptiles.

Interconnexion longitudinale

Les talus de routes, du fait de leur structure linéaire, constituent des axes de mise en réseau idéaux, sur lesquels les animaux peuvent se déplacer le long des voies de circulation (interconnexion longitudinale) – jusqu'au prochain obstacle à leur migration. Les PAB peuvent engendrer différents types d'obstacles à la migration. L'emplacement même de ces dispositifs sur le talus décide, dans de nombreux cas, de la possibilité des migrations le long du talus. Des effets secondaires, comme la modification de l'habitat résiduel du talus après la construction de la PAB, peuvent également interrompre l'interconnexion longitudinale. Dans les zones à forte densité de population, où se construisent justement la plupart des PAB, la migration ne peut souvent avoir lieu que par les talus des axes de transport, qui consti-tuent donc un élément indispensable de l'interconnexion longitudinale.

Influence des parois antibruit sur la taille des populations de reptiles

Taille et qualité de l'habitat

La taille d'une population est déterminée par la taille de l'habitat disponible et par la qualité de celui-ci (induisant des densités plus élevées). Selon la surface du talus, une PAB détruit une partie plus ou moins importante de l'habitat des reptiles. Le long des voies ferrées, cette des-truction peut être particulièrement grave (fig. 4). L'étude sur l'utilisation de l'espace par les lézards agiles équipés d'émetteurs montre, sur les remblais non structurés, une préférence des animaux pour la zone de transition entre le remblai et la voie ferrée. Or, c'est dans cette zone que sont généralement construites les PAB. Dans le cas des talus ferroviaires étroits et non structurés, la construction d'une PAB génère ainsi non seulement une perte d'habitat, mais aussi une sévère diminution de sa qualité. Les PAB ont ainsi une influence néfaste sur la taille des populations locales.

Jusqu'à présent, on a tenté de remédier à la perte (qualitative) d'habitat en créant des structures supplémentaires favorisant les reptiles, généralement des gabions également utilisés pour améliorer l'interconnexion transversale. Mais dans quelle mesure les gabions aménagés dans les PAB sont-ils utiles aux reptiles? Pour être efficace, une structure favorisant les reptiles doit remplir les fonctions suivantes: offrir un bon abri, posséder de bonnes caractéristiques de thermorégulation et résister au gel. Les gabions aménagés dans les PAB ne remplissent pas la plupart de ces exigences: ils ne se réchauffent pas aussi vite que l'habitat environnant et ne résistent pas au gel, car ils reposent sur un support bétonné. Leur fonction d'abri est ainsi également res-treinte. Si les gabions peuvent contribuer à une amélioration de l'interconnexion transversale (cf. plus haut), ils ne compensent pas la perte (qualitative) d'habitat engendrée par les PAB.

Destruction directe de la population

Jusqu'à présent, aucune attention particulière n'a été accordée à la construction des PAB. Pendant cette phase, la totalité de l'habitat des reptiles est détruite au sein du périmètre de construction, du moins à moyen terme. Si les reptiles veulent survivre à cette construction, ils doivent quitter leur habitat. Mais le font-ils? Nous avons simulé, dans une expérience sur le terrain, les conditions au début de la construction, à savoir la période pendant laquelle les reptiles peuvent encore fuir la zone de chantier. Les lieux de séjour des lézards agiles vivant sur le talus ont d'abord été documentés à l'aide d'émetteurs télémétriques. Une partie de l'habitat a ensuite été fortement perturbée et dévalorisée par une coupe rase et par l'enlèvement des déchets végétaux. Les lézards agiles équipés d'émetteurs ne se sont pas enfuis vers des zones préservées du talus mais se sont réfugiés dans des trous à l'intérieur de leurs territoires ainsi dégagés. Après cette perturbation, il n'a pas non plus été constaté de migration d'individus, par exemple

vers les parties intactes du remblai, distantes de quelques mètres seulement. Lors de la construction des PAB, cette sédentarité est fatale aux animaux: si les perturbations provoquées par le chantier ne font pas fuir les animaux, ceux-ci sont tués par les engins de construction. Dans le cas des talus étroits, la construction d'une PAB signifie ainsi la perte totale de la population locale. Une réimplantation dans la zone construite dépend alors entièrement d'une bonne interconnexion.

Recommandations

Pour préserver les reptiles, la construction et l'assainissement des PAB doivent prendre en compte tous les facteurs évoqués ci-dessus, si possible. Des recommandations ont été formulées sur la base des résultats de cette étude. Elles seront intégrées dans les normes de l'Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS). Les résultats de l'étude peuvent cependant aussi être utilisés pour d'autres projets de construction au sein d'habitats reptiliens linéaires (par ex. talus de berges).

Summary

In the Swiss Plateau many of the structurally diverse habitats originally populated by reptiles have been destroyed, as a result of the increased cultivation of our landscape. This has led to a large decline in reptile populations. However, reptiles have been able to colonize anthropogenic altered habitats, so called, "secondary habitats". Nowadays, half of all reptilian populations inhabiting the Swiss plateau live on transport verges. Transports of goods and people cause high traffic loads on Swiss roads and railway systems. In order to protect residents from increasing noise pollution, more and more noise barriers (LSWs) along transport verges are built, putting increased pressure on reptiles living in these secondary habitats.

Factors that determine the long-term persistence of reptile populations

In this study we examined the impact of the construction of noise barriers (LSWs) on populations of the sand lizard (*Lacerta agilis*), focusing on the two overarching factors that determine the long-term persistance of populations: **connectivity** and **population size**. Already today certain management measures are being applied to counteract potential negative consequences of noise barriers on reptile populations. It was tested, in which ways these measures indeed are able to compensate for negative effects of LSWs. Fieldwork was carried out on verges of roads and railway.

How noise barriers influence connectivity among reptile populations

Transversal-interconnection

Translocation-experiments with sand lizards showed that even a multi-lane, high-traffic railway line is no obstacle for sand lizards crossing. An LSW, however, cannot be overcome by reptiles such as sand lizards and snakes. Therefore the LSW constitutes an obstacle to dispersal, preventing the transversal exchange of individuals between the two sides of railroad lines. On high traffic roads, however, LSWs could even have a protective function as the prevention of crossings may reduce road mortality.

On some railroad tracks gabions have been integrated into LSWs in order to make LSWs permeable for reptiles and other small species. A Gabion is a mesh wire basket filled with rocks. The cavities between the stones should offer reptiles the possibility to traverse the stone basket. Yet, the permeability of such stone baskets has not been investigated. By conducting translocation-experiments we showed, that sand lizards actually find a way through gabions and thus are able to cross an LSW.

The ease with which a reptile managed to cross the gabion depended on its configuration and the type of installation. Transversal crossing-frequency of such LSW-gabions might be identified by the use of population genetic analyses only.

Connectivity among the two sides of a high traffic road can be reestablished by wildlife crossings.

Longitudinal-interconnection

Due to their linear structure verges are ideal axes of connectivity, enhancing the exchange of individuals of different populations along railway lines or roads - until the next barrier to migration. The mere positioning of LSWs on the embankment determines whether dispersal along the verge is possible or not. Secondary effects, such as the alteration of the remaining habitat, can also disrupt the longitudinal connectivity. In areas with high population density of reptiles (frequently LSWs are built exactly in such areas), transport embankment corridors are often the only migratory corridors available and therefore constitute an indispensable part of the longitudinal interconnection.

How noise barriers influence reptile population size

Habitat size and quality

The size of a population is determined by the size and the quality (increases density) of the provided habitat. Depending on the initial size of the embankment a relatively large part of reptile habitat is lost when placing an LSW on the embankment. Especially along the usually narrow railroad verges the relative loss of reptile habitat can be seriously high. Radio tracking of sand lizards on unstructured railroad verges showed that individuals particularly use the transition zone between embankment and gravel bed of the rails. Just in this area the LSW is usually built. In the case of narrow and unstructured embankments the construction of an LSW causes not only a loss of habitat, but also a severe reduction in habitat quality. Therefore, LSWs have a negative impact on the size of local reptile populations. So far, it has been tried to compensate the loss of habitat and habitat quality by creating artificial structures for reptiles along embankments with LSWs. Oftentimes it is assumed, that LSW-gabions do not only improve cross-interconnection, but – as additional artificial structure - also improve habitat quality for reptiles. But do they really fulfill this purpose? An artificial structure for reptiles should be suitable at least for hiding, basking and overwintering. Gabions integrated into an LSW do not fulfill these requirements: they do not heat up as fast as the surrounding habitat and don't appear to offer high suitability as a (frost-proof) hiding-places they are usually built on cement baseplates, inhibiting connectivity underground. Such LSW-Gabions can increase cross-interconnection, but they are not able to compensate for habitat loss and/or loss of habitat quality caused by an LSW.

Direct destruction of reptile populations

In Switzerland, the impact of the LSW-construction-phase on local reptile populations has received not much attention so far. This is surprising, since almost all habitat is destroyed during the construction-phase. If reptiles are to survive the LSW-construction they have to leave their habitats in due time. But do they really do that?

We simulated in a field experiment the disturbances prevailing at the start of an LSW-construction. This is the only time period, in which reptiles might be able to escape from the construction area. By radio-telemetry we first documented the home-ranges of sand-lizards. Then, we devaluated the reptiles' habitats by cutting grass and removing the cut material. Radio-tracked lizards did not appear to shift their home ranges towards other uncut, i.e. undisturbed parts of the embankment but took cover within their regular territory. This territoriality of the lizards is fatal: if disturbances caused by the LSW-construction do not provoke the reptiles to leave their home ranges, i.e. the construction area, the lizards are going to be killed by the construction machines. Building an LSW on small embankments means, that the whole local population is lost. Recolonization will only be successful, if the connectivity to surrounding local populations is sufficient.

Recommendations

A reptile-friendly construction or reconstruction of LSWs requires consideration of all factors mentioned above. From the results of this study, we derived recommendations that serve as minimum requirements for a reptile-friendly construction of LSWs and will be integrated in the technical standards of the Schweizerischer Verband der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS). This ensures that the most essential requirements for the conservation of reptiles living along transport verges are publicly accessible and widely used. The results of this study can also be applied to non-LSW related construction projects in other linear reptile habitats.

1 Hintergrund und Forschungsauftrag

1.1 Hintergrund

In intensiv genutzen Landschaften bieten Böschungen an Verkehrswegen für Reptilien wichtige Ersatzlebensräume und besitzen wichtiges Vernetzungspotenzial. Der Stellenwert dieser Vernetzungskorridore ist im dicht besiedelten Schweizer Mittelland besonders gross, speziell für gefährdete Reptilienarten wie die Zauneidechse oder die Schlingnatter.

Durch die Lärmsanierung der Transportinfrastrukturen werden an immer mehr Verkehrswegböschungen Lärmschutzwände erstellt. Es bestehen grosse Bedenken, dass der Bau von Lärmschutzwänden (LSWs) an manchen Standorten die dort heimischen Reptilien stark gefährdet. Die Gefährdung kommt einerseits dadurch zustande, dass die LSWs die notwendige Vernetzung zwischen Funktionsräumen bzw. Populationen quer und längs zur Verkehrsböschung beeinträchtigen. Andererseits kann durch den LSW-Bau die Grösse der auf der Verkehrsböschung lebenden Populationen so stark reduziert werden, dass ihr Langzeitüberleben nicht mehr gesichert ist.

Um diesen negativen Einflüssen frühzeitig entgegenzuwirken werden in sensiblen Gebieten schon heute beim Bau von LSWs gewisse Schutzmassnahmen getroffen wie z.B. der Einbau von Reptiliendurchlässen (Gabionen) in Lärmschutzwände oder die Anlage zusätzlicher Kleinstrukturen zur Steigerung der Habitatqualität. Bis heute wurde aber noch nicht untersucht, wie gravierend die Auswirkungen von Lärmschutzwänden tatsächlich sind und ob begleitende Schutzmassnahmen ihre Wirkung wie erhofft entfalten.

1.2 Forschungsauftrag

Diese Forschungsarbeit soll Antworten auf die zentralen Fragen liefern mit dem Ziel konkrete Anforderungen für Reptilienschutzmassnahmen abzuleiten, welche vom Schweizerischen Verband der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS) für passende Normen im Bereich Lärmschutz und Grünraum übernommen werden können (neue Normen oder Teilergänzungen). Damit soll gewährleistet werden, dass die wesentlichen Grundanforderungen von Massnahmen des Reptilienschutzes gut zugänglich sind und breite Anwendung finden. So können Fehlplanungen vermieden und Reptilien erfolgreich geschützt werden. Die Studie soll konkrete Antwort auf folgende Fragen geben:

(1) Wie wird der Böschungslebensraum von Reptilien in Längs- und Querrichtung zum Verkehrsweg genutzt? Verändert sich die Raumnutzung durch den Bau von Lärmschutzwänden?
(2) Werden die neu geschaffenen Kleinstrukturen (z.B. Steinlinsen, -platten) von den Zielarten angenommen und genutzt? Taugen die Strukturen als Ausgleichsmassnahme?
(3) Funktionieren die für Reptilien eingebauten Durchlässe in Lärmschutzwänden entlang von Bahnlinien?

Die Studie soll auch als Grundlage dienen für Untersuchungen über die langfristigen Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung und Bestandesdichte von Reptilien.

2 Einleitung

2.1 Ursprüngliche und anthropogen veränderte Reptilienhabitate

Reptilien benötigen ein reich strukturiertes Habitat, welches ihnen alle benötigten "Funktionsräume" wie Verstecke, Plätze zur Thermoregulation, Jagdgebiete mit ausreichend Nahrung, Eiablageplätze, vor Wind geschützte Stellen und Winterquartiere bietet.

Bei von Reptilien ursprünglich genutzten "Primärhabitaten" handelt es sich oft um trockenwarme Pionierflächen. Im Zuge der Kultivierung und der immer intensiveren Nutzung der Landschaft sind viele der Primärhabitate zerstört worden. Das hat zu einem grossen Rückgang der Reptilienpopulationen geführt [9]. Insbesondere in der intensiv genutzten Landschaft des Schweizer Mittellandes gibt es nur noch wenige flächige, strukturierte Lebensräume für Reptilien. Allerdings haben Reptilien es verstanden, anstelle ihrer ursprünglichen Lebensräume die von Menschen erschaffenen Kulturflächen zu nutzen und zu besiedeln [9].

Eines der wichtigsten dieser "Sekundärhabitate" sind Böschungen entlang von Verkehrswegen. Annähernd die Hälfte aller Reptilienpopulationen im Schweizer Mittelland leben mittlerweile auf Verkehrsböschungen [9]. Da Reptilien nicht sonderlich mobil sind, benötigen sie zusammenhängende Habitate, damit ein Austausch zwischen den einzelnen lokalen Populationen stattfinden kann und eine natürliche Populationsdynamik zustande kommt. Verkehrsböschungen mit durchgehend geeignetem Reptilienhabitat bieten genau diese Voraussetzungen. Zwar wurden mit Verkehrsböschungen neue "Sekundärhabitate" geschaffen, durch den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und der damit einhergehenden Zersiedelung werden Reptilienvorkommen aber auch voneinander getrennt.

2.2 Faktoren die das Langzeitüberleben lokaler Populationen bestimmen

Das langfristige Überleben einer Population ist von zwei wichtigen Faktoren abhängig: der Vernetzung dieser Population mit andern Populationen und der Populationsgrösse [3, 8].

Durch eine gute Vernetzung von Populationen untereinander, kann auch das Überleben kleiner Populationen deutlich verbessert werden. Der Austausch zwischen einzelnen Populationen ermöglicht die Rettung sehr kleiner Populationen durch Individuen, die aus Nachbarpopulationen zuwandern, oder durch die Wiederbesiedlung eines brauchbaren Lebensraums, nachdem eine Population lokal ausgestorben ist (Metapopulationskonzept) [5]. Die Art und Weise der Vernetzung zwischen den einzelnen Subpopulationen einer Metapopulation kann sehr unterschiedlich sein. Ein Metapopulationssystem, in dem die Gesamtpopulation eine höhere Lebenserwartung erreicht als die einzelnen Subpopulationen, setzt eine ausreichend gute Vernetzung voraus [8]. Bei gestörter Vernetzung zwischen den lokalen Populationen wird die Metapopulationsdynamik zerstört. Die einzelnen lokalen Populationen werden langfristig gesehen aussterben.

Je kleiner eine Population ist, desto grösser ist ihre Aussterbewahrscheinlichkeit. Zufallsereignisse, wie schlechte Wetterverhältnisse, können beispielsweise zu einem kompletten Reproduktionsausfall führen, oder Katastrophen wie grossflächige Überschwemmungen, bei denen der grösste Teil der Population vernichtet wird. Von solchen Zufallsereignissen betroffene Populationen werden plötzlich sehr stark dezimiert. Je kleiner eine Population ist, desto gravierender sind die Folgen einer Dezimierung [3, 5]. Gerade bei kleinen Populationen besteht nach Zufallsereignissen die Gefahr, dass

die überlebenden Individuen nicht mehr in der Lage sind, eine sich selbst erhaltende Population zu bilden (Allee-Effekt [13]). Durch die geringe Anzahl überlebender Individuen kann es ausserdem vermehrt zu negativen genetischen Effekten (Inzucht) kommen, die zu verminderter Reproduktivität führen [3]. Die Grösse einer Population ist abhängig von dem zur Verfügung stehenden Habitat und der Qualität dieses Habitats (Literatur, Modell Biodiversität). Je mehr Habitat zur Verfügung steht, desto mehr Individuen können darin leben. Je höher die Qualität des zur Verfügung stehenden Habitats ist, in desto höheren Individuendichten kann das Habitat genutzt werden. Auf derselben Fläche können in gutem Habitat also mehr Individuen leben als in schlechtem Habitat [7].

Die Grösse und die Qualität des zur Verfügung stehenden Lebensraums bestimmt die Grösse der in diesem Lebensraum vorkommenden Populationen. Die Populationgrösse und die Möglichkeiten des genetischen Austauschs mit anderen Populationen wiederum bestimmen das Langzeitüberleben dieser Populationen.

2.3 Möglicher Einfluss von LSWs auf das Langzeitüberleben von Reptilien

Durch den Bau von Lärmschutzwänden werden Reptilienvorkommen nun auch in Sekundärhabitaten unter Druck gesetzt. Problematisch ist dabei, dass Verkehrsböschungen durch den Bau von Lärmschutzwänden nachteilig verändert oder zerstört werden. In der Literatur werden verschiedene Aspekte diskutiert, wie und warum Lärmschutzwände einen negativen Einfluss auf die Raumnutzung von Reptilien ausüben [1]. Alle negativen Einflüsse haben letztlich Auswirkungen auf die beiden übergeordneten Faktoren, die das Lanzeitüberleben lokaler Populationen beeinflussen: die Vernetzung lokaler Populationen und die Populationsgrösse.

2.3.1 Auswirkung von LSWs auf die Vernetzung lokaler Populationen

In Querrichtung zum Verkehrsträger ist die LSW eine Barriere, die von den meisten Reptilien nicht überklettert werden kann (oder mag). Der Bau einer LSW kann deshalb dazu führen, dass Reptilien in Querrichtung zum Verkehrsträger nicht mehr wandern können. Liegen bestimmte Funktionsräume, die im Tages- oder Jahresverlauf genutzt werden, zu beiden Seiten des Verkehrsträgers, werden diese Funktionsräume durch eine neu erstellte LSW nun voneinander getrennt. Liegen Populationen zu beiden Seiten des Verkehrsträgers, wird der Austausch zwischen diesen lokalen Populationen unterbunden. Darüberhinaus kann eine LSW möglicherweise auch die Funktion einer Verkehrsböschung als Vernetzungsachse in Längsrichtung zum Verkehrsträger beeinträchtigen oder zerstören.

Es besteht also die Gefahr, dass durch den Einfluss von LSWs Reptilienpopulationen voneinander getrennt werden, eine einzige Population isoliert wird, oder dass Individuen von einem Teil ihrer bisher genutzten und benötigten Funktionsräume abgeschnitten werden.

2.3.2 Auswirkung auf die Grösse lokaler Populationen

Eine auf eine Böschung gebaute LSW benötigt Platz und kann somit einen Habitatverlust bedingen. Wird der von der LSW beanspruchte Platz auf der Böschung von Reptilien genutzt, können nach dem LSW-Bau nicht mehr gleich viele Indiviuen auf der Böschung leben wie noch vor dem Bau. Die lokale Populationsgrösse wird somit verkleinert. Je nachdem welcher Böschungsteil von Reptilien genutzt wird, ist der Habitatverlust von unterschiedlich grosser Bedeutung. Allerdings geht ein Habitatverlust eventuell mit einem Verlust an Habitatqualität oder dem Verlust bestimmter Strukturen einher. Möglicherweise verringert eine LSW ausserdem die Habitatqualität der Böschung für Reptilien zum Beispiel durch Beschattung oder den selektiven Verlust bestimmter

wichtiger Strukturen. Sowohl Habitatverlust als auch Habitatqualitätsverlust können sich beide auf die Grösse lokaler Populationen negativ auswirken.

Mit der Einflussnahme auf Vernetzung und Populationsgrösse können LSWs also durchaus einen negativen Effekt auf das langfristige Überleben von Reptilienpopulationen haben, es ist nur nicht klar, welche LSW-Einflüsse genau welche Effekte verursachen, wie stark diese Effekte sind, und wie diesen Effekten entgegengewirkt werden kann. Viele Fragen wurden bisher aus der „Erfahrung“ heraus beantwortet, doch gibt es in der Regel kaum (veröffentlichte) Daten.

2.4 Beantwortung der Forschungsfragen

Aufgrund des enormen zeitlichen Aufwands ist eine empirische, abschliessende Beantwortung der Forschungsfragen im Rahmen dieser Studie unmöglich. Diese Forschungsarbeit basiert damit nicht auf einer Datengrundlage, die wissenschaftlichen Ansprüchen genügen kann, sondern auf einzelnen Experimenten und Beobachtungen, die zusammen mit dem bisherigen Wissen über Reptilien ein konsistentes Bild der Gesamtsituation ergeben. Aus diesem Bild werden Verbesserungsvorschläge erarbeitet.

Die Beantwortung der Forschungsfragen basiert auf einer Untersuchung des Einflusses von LSWs auf die schon oben erwähnten Faktoren Vernetzung und Populationsgrösse (Kapitel 2.2), die gemeinsam das Langzeitüberleben von Populationen bestimmen. Obige Punkte werden in folgender Kapitel-Reihenfolge untersucht und präsentiert:

4 Auswirkung von LSWs auf die Vernetzung lokaler Populationen

4.1 Quervernetzung

4.2 Längsvernetzung

5 Auswirkung von LSWs auf die Grösse lokaler Populationen

5.1 Habitatverlust

5.2 Habitatqualitätsverlust

5.3 Populationszerstörung

Dabei entspricht die Auftrennung in die einzelnen Kapitel weniger einer natürlichen Abgrenzung der einzelnen Faktoren voneinander (die einzelne Faktoren sind oftmals direkt miteinander verknüpft), sondern dem Versuch, eine Zuordnung der in der Literatur diskutierten Faktoren vorzunehmen und so einen besser verständlichen Überblick zu schaffen.

Entsprechend obiger Reihenfolge werden nun in den folgenden Kapiteln die einzelnen für das Langzeitüberleben von Reptilien wichtigen Faktoren Schritt für Schritt behandelt. In jedem einzelnen Kapitel wird erklärt, welchen Einfluss eine LSW auf den jeweiligen behandelten Faktor haben könnte (laut Literatur/theoretischer Überlegungen) und entwickelt, mit Hilfe welcher Fragestellungen der LSW-Einfluss im Rahmen dieser Studie so gut wie möglich untersucht werden kann. Die durchgeführten Versuche/Datenerhebungen werden beschrieben, die zugehörigen Ergebnisse jeweils dazu präsentiert, diskutiert und Empfehlungen für eine reptilienfreundlichern Bau von LSWs abgeleitet. Die aus den einzelnen Kapiteln abgeleiteten Empfehlungen sind durchnummeriert, werden in Kapitel 6 noch einmal aufgelistet und in Kapitel 6.2 einander zugeordnet. Die Empfehlungen können so als Textbausteine in das bestehende VSS-Normenwerk (**Abb. 50**) integriert werden.

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungsart Zauneidechse

Da eine Untersuchung aller auf Verkehrsböschungen vorkommenden Reptilienarten den Rahmen dieser Studie sprengen würde, wurden die Forschungsfragen am Beispiel der Zauneidechse (*Lacerta agilis*) untersucht.

Die Zauneidechse vereint Eigentschaften von Eidechsen- und Schlangenarten, und ist damit für eine Untersuchung zum Einfluss von LSW gut geeignet. Sie ist häufig genug, dass man ihre Vorkommen ohne zu grossen Suchaufwand lokalieren kann. Sie ist keine gute Kletterin, repräsentiert in ihrem Kletterverhalten damit auch die verschiedenen Schlangenarten. Im Gegensatz zu den verschiedenen Schlangenarten oder der Blindschleiche ist sie relativ einfach zu beobachten und zu fangen. Aufgrund ihrer eher geringen Ansprüche an ihre Lebensraumgrösse siedelt sie auch auf schmalen Böschungen, die von einer LSW deutlich stärker beeinflusst werden könnten als breite Böschungen, womit sich der LSW-Einfluss leichter feststellen lässt. Als Kulturfolgerin siedelt sie auch auf Böschungen, die aufgrund ihrer Nähe zu Siedlungen häufig für den Bau von LSWs in Frage kommen. Aufgrund ihrer weiten Verbreitung ist die Zauneidechse von allen Reptilienarten am häufigsten von grossangelegten baulichen Veränderungen entlang von Böschungen betroffen.

3.2 Untersuchungsstandorte

Die Untersuchungen erfolgten getrennt im ersten Untersuchungsjahr an Bahn- und im darauffolgenden Jahr vor allem an Strassenböschungen. Diese Vorgehensweise ist damit begründet, dass an Bahnböschungen über die Reptiliensituation recht viel bekannt ist. An Bahnböschungen wird regelmässig nach Reptilien gesucht und viele Bahnböschungen auch in dicht bewohnten Gebieten sind von Reptilien besiedelt. Es gibt mittlerweile auch einige Bahnstrecken mit LSWs, an denen versucht wurde die Situation für Reptilien durch Einbau von Gabionen oder durch Aufwertemassnahmen zu verbessern. Im ersten Jahr gewonnene Erkenntnisse aus der Untersuchung von Bahnböschungen konnten dabei helfen, die noch unbekannte Situation an Strassenböschungen schneller zu verstehen und damit die Untersuchungen an Strassenböschungen effizienter zu gestalten.

3.2.1 Bahnböschungen

Um geeignete Untersuchungsstandorte entlang von Bahnböschungen zu finden, wurde in QGIS (1.7.0) eine Karte erstellt, die LSW-Standorte und bisher bekannte Fundorte von Zauneidechsen dargestellt. Die LSW-Standorte wurden über Luftbilder in GOOGLE EARTH ermittelt, die Fundorte von Zauneidechsen im Abstand von 25m parallel zu Verkehrswegen in den Kantonen Zürich, Aargau, Basel Land, Bern und Luzern wurden vom Centre Suisse de Cartograhie de la Faune (CSCF) geliefert.

In QGIS wurden die Daten für LSW-Standorte und Zauneidechsen-Vorkommen verschnitten, um so diejenigen LSW-Standorte zu eruieren, an denen Zauneidechsen vorkommen oder wahrscheinlich vorkommen können. Berücksichtigt wurden dabei LSW-Standorte mit Eidechsenvorkommen direkt an der LSW oder in angrenzenden Gebieten.

Das Habitat entlang der berücksichtigten LSW-Standorte wurde per Luftbild in GOOGLE EARTH daraufhin überprüft, ob das Böschungshabitat entlang der LSW für Zauneidechsen geeignet sein könnte. Als geeignet angesehen wurden alle LSW-Böschungen, auf denen Wiesen- oder locker bestandene Gebüschflächen ausgemacht werden konnten. Als geeignet ausgewählte Standorte wurden in einer Feldbegehung mindstens einmal besichtigt und auf Zauneidechsen abgesucht (***Tab. 1***).

Tab. 1 *LSW-Standorte an Bahnböschungen mit dokumentierten Zauneidechsenvorkommen, ZE = Zauneidechsenvorkommen entsprechend eigener Kartierung 2011, 2012, * vereinzelte Vorkommen 2011, doch keine Nachweise in 2012.*

Standort	Kanton	Koordinaten	ZE	Kleinstrukturen
Bassersdorf	ZH	691004/254098	ja	Böschung grenzt an NSG
Bülach	ZH	681793/263113	ja	Gabionen-LSW
Wangen Brüttisellen	ZH	689307/253179	ja*	–
Elsau	ZH	701889/261906	nein	–
Nänikon	ZH	693921/247494	ja	Gabionen
Oerlikon	ZH	684112/251992	nein	Gabionen
Opfikon	ZH	684827/254093	ja	Gabionen, Steinlinsen
Othmarsingen	AG	657747/249653	nein	–
Rothenburg	LU	663270/215790	nein	Gabionen
Rupperswil	AG	652620/250596	nein	–

3.2.2 Reptilienförderungsmassnahmen an Bahnböschungen

Es existieren SBB-Merkblätter aus dem Bereich Fauna und Flora für die Planung und Realisation von Kleinstrukturen im Bahnbereich (***Tab. 2***). Diese Kleinstrukturen sollen eine Aufwertung des Reptilienhabitats bewirken. Erstellt wurden die Merkblätter von AquaPlus im Auftrag und in Koordination mit der SBB. In LSWs eingebaute Gabionen werden ebenfalls als potentielle Kleinstrukturen angesehen (A. Meyer, karch, pers. Mitteilung).

Tab. 2 *Überblick über die als möglichen Fördermassnahmen vorgesehenen Kleinstukturen für Reptilien bei der SBB.*

Titel	Dokumentnummer	Datum
Kleinstrukturen auf Bahnareal	FW-UA GR-002	30.01.2006
Steinhaufen	FW-UA GR-003	30.01.2006
Steinlinsen	FW-UA GR-004	30.01.2006
Steinkörbe	FW-UA GR-005	30.01.2006
Wurzelstockhaufen	FW-UA GR-006	30.01.2006
Rund- oder Kantholzstapel	FW-UA GR-007	30.01.2006
Trockenmauern	FW-UA GR-008	30.01.2006

Während der Feldbegehungen wurde dokumentiert, welche Kleinstrukturen für eine Aufwertung des Reptilienhabitats eingesetzt werden und ob Reptilien diese Kleinstrukturen annehmen.

3.2.3 Strassenböschungen

Im Gegensatz zu Bahnlinien ist über die Situation an Strassen sehr wenig bekannt, im Vergleich zu Bahnböschungen sind nur sehr wenig Reptilienvorkommen dokumentiert, die überhaupt untersucht werden könnten. Es war zu Studienbeginn unklar, ob Reptilien an Strassenböschungen tatsächlich sehr selten vorkommen, oder Strassenböschungen bei Suche nach oder Monitoring von Reptilien z.B. wegen des enorm störenden Verkehrslärms, einfach nur vernachlässigt werden.

Um geeignete Untersuchungsstandorte entlang von Strassenböschungen zu finden, wurden die CSCF-Zauneidechsen-Fundorte in GOOGLE EARTH übertragen. Anhand der Darstellung auf Luftbildern wurde gezielt nach Zauneidechsen-Fundorten entlang von Strassen gesucht. Da entlang von Strassen nur wenig Zauneidechsen-Fundorte dokumentiert sind, wurden Autobahnböschungen per Luftbild abgesucht, um Lärmschutzwände und für Zauneidechsen geeignete Böschungshabitate zu finden (***Tab. 3***). Im Gegensatz zu LSWs entlang von Kantons- oder Durchgangsstrassen bieten LSWs entlang von Autobahnen mehrere Vorteile um Vernetzungprobleme und den Einfluss von LSWs auf die Populationsgrösse untersuchen zu können: (i) sie lassen sich auf Luftbildern leicht finden, (ii) sind schnell zu erreichen, (iii) die LSWs an Autobahnen zu lang, als dass sie von Reptilien einfach umgangen werden könnten, (iv) wenn LSWs Reptilien beieinflussen, wird der Einfluss bei einer langen LSW einfacher zu erkennen sein, als bei einer kurzen, (v) wenn Autobahnböschungen von Reptilien als Lebensraum genutzt werden, handelt es sich um enorm grosse Fläschen, die betroffen sind, da LSWs an Autobahnen im Vergleich zu anderen Strassen sehr lang sein können.

Tab. 3 *Standorte an Strassenböschungen mit dokumentierten Zaunedechsen-vorkommen. ZE = Zauneidechsenvorkommen entsprechend eigener Kartierung 2012.*

Gemeinde	Kanton	Koordinaten	ZE	Kleinstrukturen
Kleinandelfingen	ZH	694147 /273229	ja	Steinlinsen
Oerlingen	ZH	693237/ 275595	ja	–
Adlikon	ZH	693708/271110	ja	Steinlinsen
Mettmenstetten	ZH	675919/ 235012	ja	–
Reutlingen	ZH	698750/265199	nein	–
Wiesendangen	ZH	700864/265339	nein	–
Oberengstringen	ZH	677651/ 250861	nein	–
Rickenbach	ZH	702013/ 268227	ja	–
Unterengstringen	ZH	676217 /251519	ja	–

3.3 Begriffserklärungen

Damit die verwendeten Begriffe bei der Beschreibung der von LSW-verursachten Probleme sowie der präsentierten Untersuchungsergebnisse im Folgenden eindeutig und verständlich sind, werden im Folgenden anhand von Abbildungen die verwendeten Begriffe definiert und beschrieben.

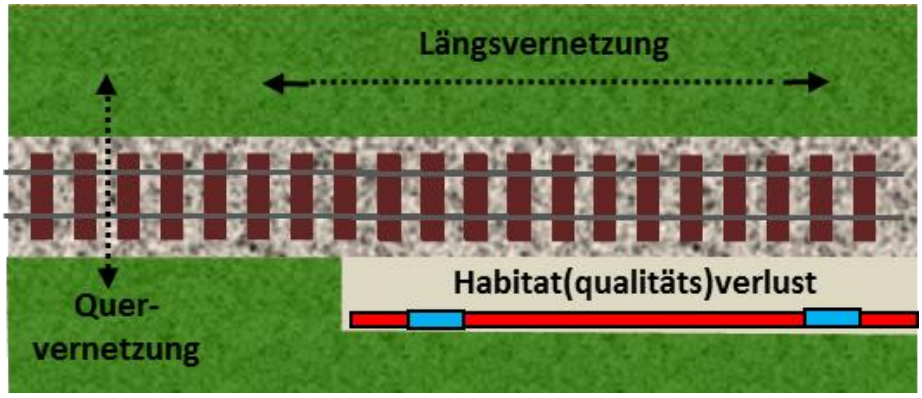

Abb. 1 *Schema einer LSW-Bahnböschung mit und ohne LSW in der Aufsicht. Die LSW ist in rot dargestellt, Gabionen in blau, in grün die Bahnböschungen zu beiden Seiten des Gleises. Quervernetzung bedeutet die Wanderung von Individuen von einer Böschungsseite auf die andere, Längsvernetzung bedeutet die Wanderung von Individuen entlang des Gleises. Die Platzierung der LSW auf der Böschung kann zu zu Habitat- bzw. Habitatqualitätsverlusten führen.*

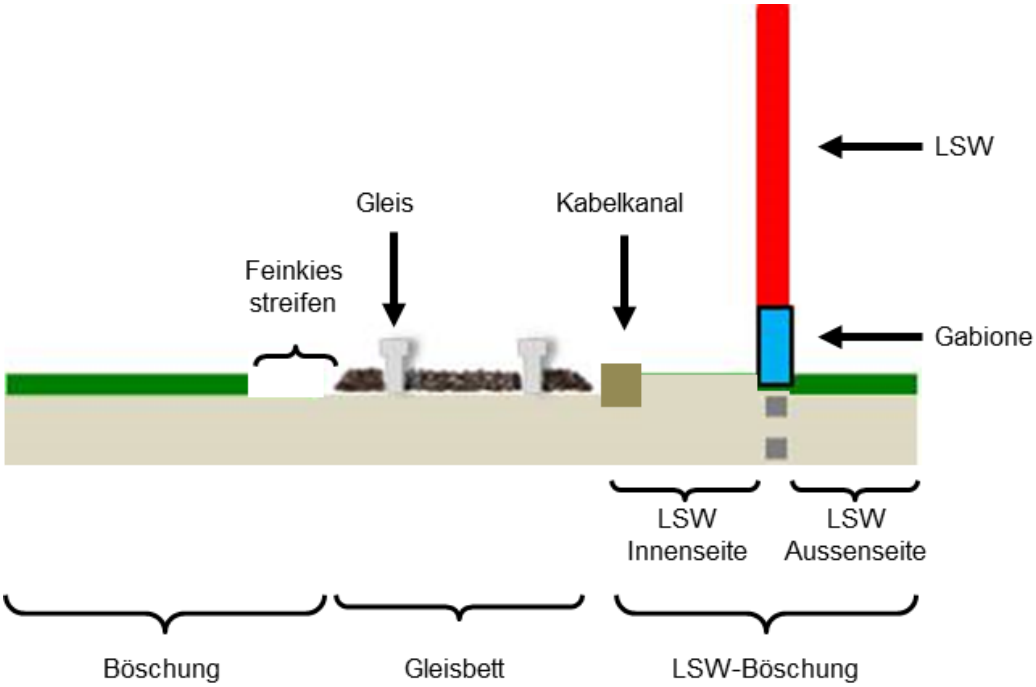

Abb. 2 *Schema einer Bahnlinie mit LSW im Querschnitt mit Begriffserklärungen.*

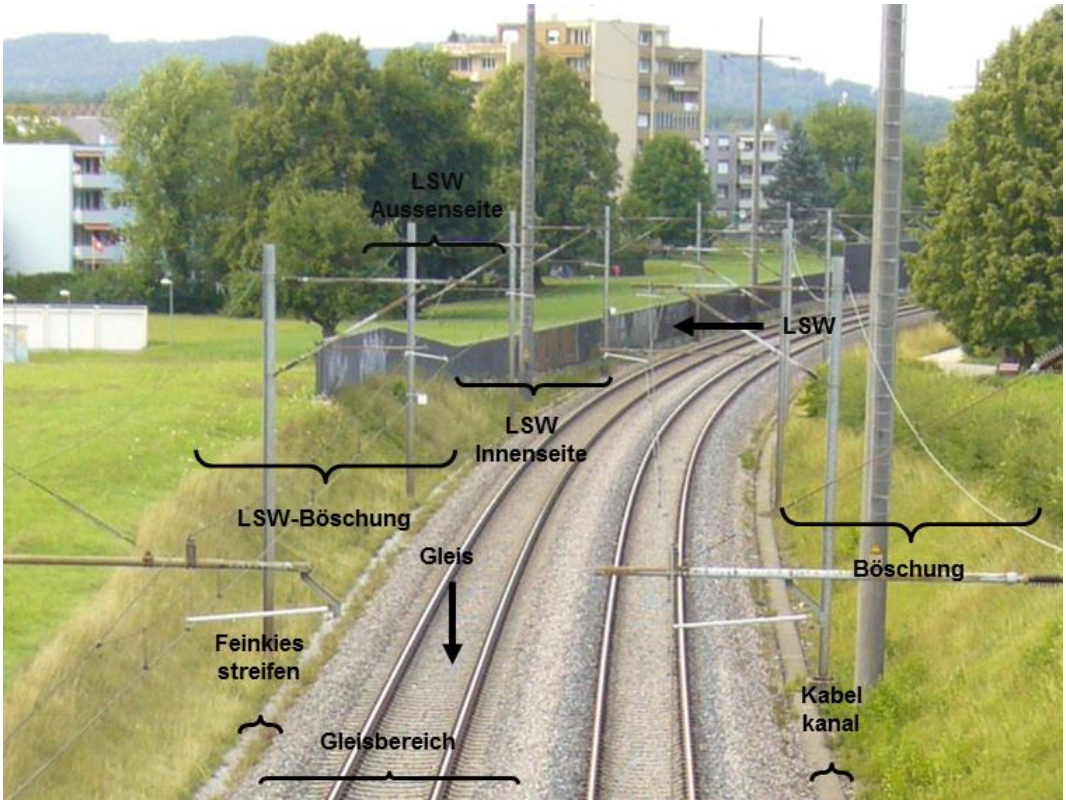

Abb. 3 *Situationsbild: Bahnlinie mit und ohne LSW inklusive Begriffserklärungen.*

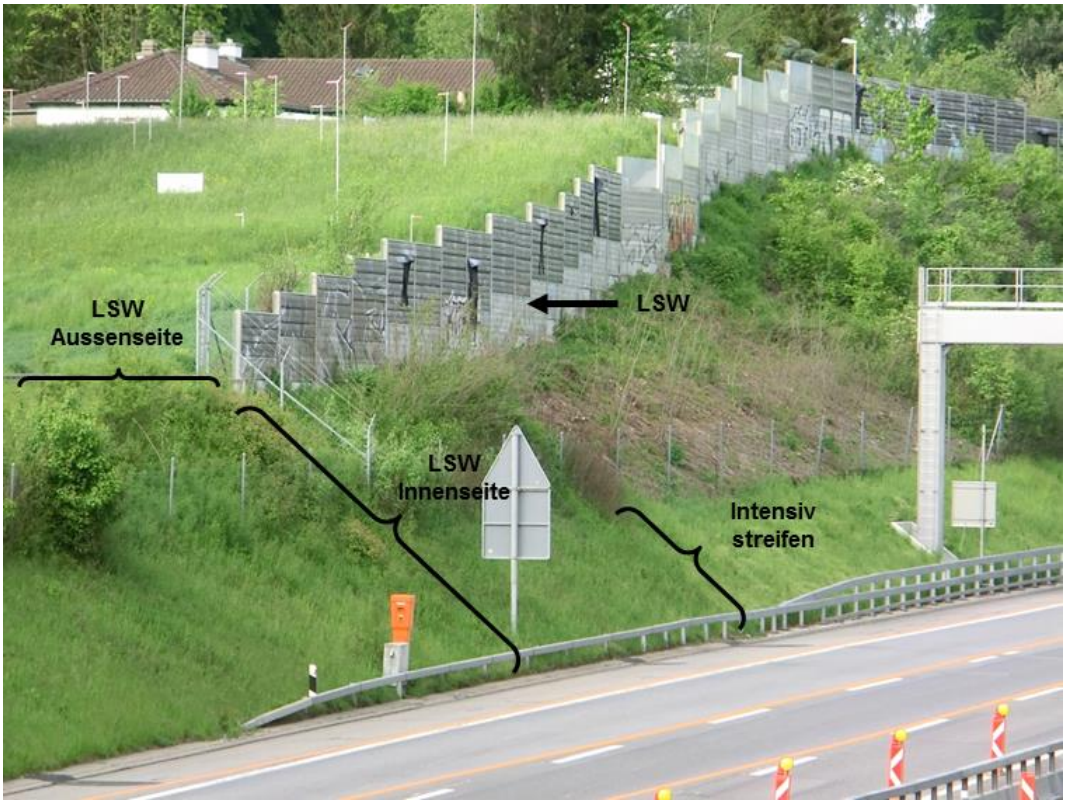

Abb. 4 *Autobahnböschung Begriffserklärungen, Situationsbild.*

4 Auswirkung auf die Vernetzung lokaler Populationen

4.1 Quervernetzung

4.1.1 Wie Bahnlinien die Quervernetzung beeinflussen können

An vielen Bahnlinien befindet sich zu beiden Seiten Reptilienhabitat und Zauneidechsen leben auf beiden Böschungsseiten. Ob und wie intensiv ein Tier dabei den Raum beider Böschungsseiten der Bahnlinie nutzt, ist davon abhängig, wie stark die Bahnlinie selbst eine hemmende Wirkung auf das Dispersal hat. Die Barrierewirkung der Bahnlinie ist allerdings auch abhängig von der Mobilität der betrachteten Art (Schlangen sind mobiler als Eidechsen, legen grössere Entfernungen zurück, haben grössere Lebensräume)

Überquerungen häufig

1. keine/geringe Barrierewirkung: beide Seiten werden ständig genutzt,

2. ausgeprägte Barrierewirkung: hauptsächlich eine Seite wird genutzt

3. absolute Barriere: ausschliesslich eine Seite wird genutzt

keine Überquerungen

Inwiefern eine neu gebaute LSW eine Barrierewirkung hat und damit die Quervernetzung zwischen den beiden Böschungsseiten negativ beeinflusst, ist auch davon abhängig, wie stark die Bahnlinie selbst schon als Barriere wirkt. Im extremen Fall (Punkt 3.) hat die LSW keinen zusätzlichen negativen Effekt auf die Quervernetzung.

Untersuchungen

Um die Barrierewirkung eines Bahngleises abzuschätzen wurden Translokationsexperimente durchgeführt. Die Ergebisse der Translokationsexperimente wurden ergänzt durch Beobachtungen von Gleisüberquerungen oder Gleisüberquerungs-versuchen von Zauneidechsen innerhalb der zweijährigen Feldarbeitszeit.

4.1.2 Einfluss von Bahnlinien auf die Quervernetzung

Tranlokationsexperimente

In Translokationsexperimenten kann sich das Verhalten territorialer Tiere zu Nutzen gemacht werden. Hat man ein Tier aus seinem Territorium entfernt und an einer anderen Stelle wieder ausgesetzt (Translokation), wird es versuchen wieder zu seinem Territorium zurückzugelangen. Hat das Territorium für das Tier, wie bei Zauneidechsen, eine sehr grosse Bedeutung (z.B., dass die Reproduktion ohne eigenes Territorium nur schwer möglich ist), sollte sich das Tier von der Überquerung von Strecken (wie Bahngleisen), die nicht seinem bevorzugten Lebensraum entsprechen, nur wenig behindern lassen. Um herauszufinden, ob ein Bahngleis an vielbefahrenen mehrspurigen Bahnstrecken, an denen LSWs gebaut werden, überhaupt von Zauneidechsen überquert wird oder werden kann wurde für das Translokationsexperiment eine entsprechende Strecke ausgesucht.

Die zu überquerende Bahnstrecke wurde so gewählt, dass dem translozierten Tier die Überquerung aufgrund der vorherrschenden Bedingungen möglichst schwerfällt. Die eine eine Überquerung erschwerenden Bedingungen waren:

- das breite Schotterbett einer zweispurigen Strecke
- hohe zu überwindende Schotterberge aufgrund einer überhöhter Kurve
- eine höhe Störfrequenz durch Zugvorbeifahrten durchschnittlich alle drei Minuten

Wenn ein Tier eine sehr schwierige Strecke überwinden kann, ist es auch in der Lage eine Strecke unter (meistens vorherrschenden) günstigeren Bedingungen zu überqueren, so dass sich das Ergebnis des Experiments verallgemeinern lässt.

Um möglichst nur den Effekt der Bahnstrecke als Querungshindernis zu untersuchen, darf die Durchführung der Translokation selbst das Zurückkehren ins Territorium möglichst nicht erschweren (z.B. durch während der Translokation verusachte mögliche Orientierungsprobleme). Das Tier sollte sich während der Translokation visuell orientieren können,da visuelle Informationen der Umgebung für Reptilien eine wichtige Hilfe bei der Orientierung im Raum sind [15]. Bei der Translokation muss das Tier auf der anderen Seite möglichst nah am Gleis wieder ausgesetzt werden, damit es ausser dem Gleisbereich keine Hindernisse zu überwinden hat.

Für die Translokation wurde an einer Bahnböschung ein Zauneidechsen-Männchen über mehrere Tage beobachtet, um die Grenzen seines Territoriums festzustellen (siehe dazu **Abb. 30** in Kapitel 5.2.1, welche die Bewegungen des Tiers innerhalb seines Territoriums zeigt). Das Tier wurde zwecks Translokation an einem seiner bevorzugten Sonnenplätze gefangen und besendert. Um das Stresslevel durch Fang und Besenderung wieder abzubauen und das Tier zu beruhigen, wurde es für für eine viertel Stunde in einen dunkles Stoffsäckchen gelegt.

Für die Translokation wurde das Tier in einem durchsichtigen Behälter auf kürzestem Weg auf die andere Böschungsseite überführt. Während der Translokation orientierte sich das Tier immer in Richtung seines Territoriums, aus dem es entfernt wurde. Nach seiner Freilassung wurde auf dem Kiesstreifen der anderen Böschungsseite das Verhalten des Tiers weiter beobachtet und per Videoaufzeichnung festgehalten. Das Verhalten des Tieres nach der Translokation ist schematisch in **Abb. 5** aufgezeichnet.

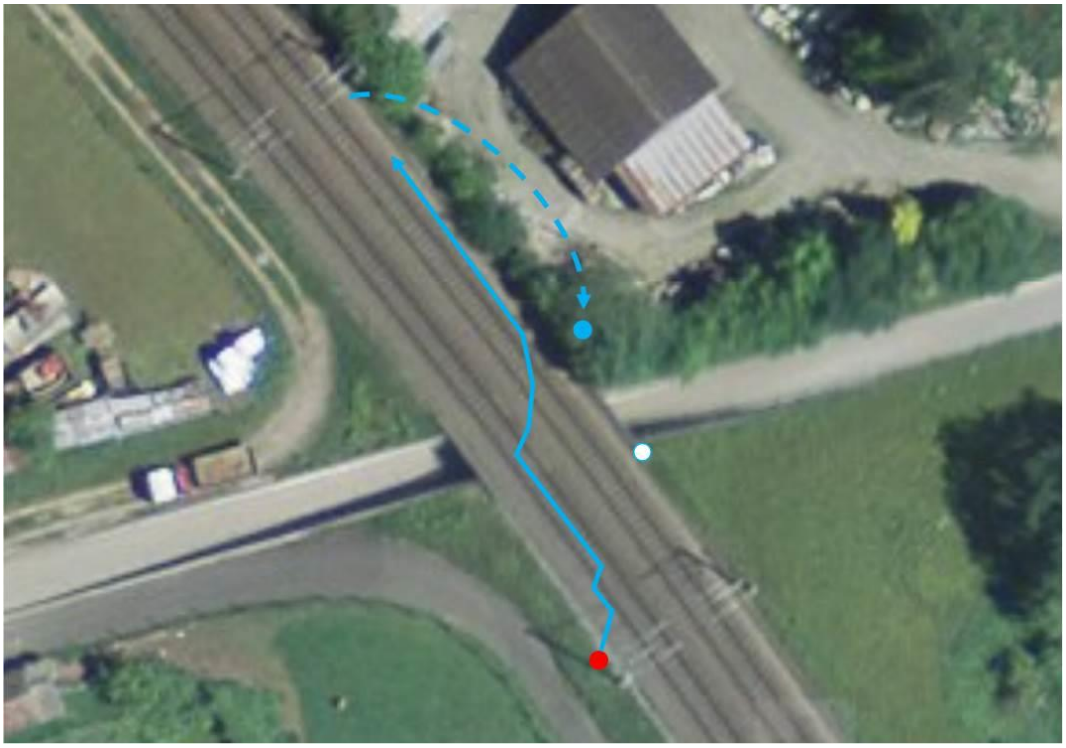

Abb. 5 *Translokationexperiment: Weisser Punkt = Fangort. Roter Punkt = Stelle, an die das Tier transloziert wurde. Blauer Pfeil = vom Tier zurückgelegte Strecke im Gleisbereich. Blauer Pfeil gestrichelt = Strecke, die das Tier unbeobachtet zurückgelegt haben muss. Blauer Punkt = Aufenthaltsort des Tieres 1h nach der Translokation.*

Bemerkenswert ist nicht nur, dass sich das Tier nach nur 4 Minuten Ruhepause sofort auf den Rückweg gemacht hat, sondern dass es ohne zu zögern direkt in das Gleisbett gelaufen ist - ein Verhalten, dass weder vor noch nach dem Translokationsexperiment bei dem Tier jemals festgestellt werden konnte. Leider konnte aus Sicherheitsgründen nur die in **Abb. 5** durchgehend blau eingezeichnete Laufstrecke des Tieres optisch verfolgt werden, aber allein für diese Strecke im Schotterbett von 40m Länge benötigte das Tier bloss 10 Minuten. Dabei wurde es von drei Zügen überfahren und einmal von der Luftschleppe eines Zuges angehoben und nach vorne geschleudert. Das Tier liess sich davon in keiner Weise beeinflussen und wanderte ohne zu Zögern weiter. Interessanterweise versuchte das Tier immer unter den Gleisen durchzuschlüpfen und nie darüber hinwegzuklettern. Wohl deswegen brauchte es beim ersten Gleis relativ lange, um durchzuschlüpfen, weil es nicht so schnell eine Lücke finden konnte (die Strecke wurde kurze Zeit vorher neu geschottert). Am zwanzig Zentimeter aus dem Boden ragenden Kabelkanal blieb das Tier ebenfalls hängen. Anstatt den Kabelkanal zu überklettern, lief es daran entlang, immer wieder auf eine höhere Stelle im Schotterbett kletternd und Ausschau haltend, offensichtlich auf der Suche nach einer Querungsmöglichkeit. Leider konnte nicht mehr beobachtet werden, wie das Tier den Kabelkanal überwinden konnte. Eine Stunde nach Durchführung der Translokation wurde das Tier zusammen mit einem Weibchen auf einem Steinhaufen in der Gärtnerei (blauer Punkt in **Abb. 5**, bekannter Besonnungsplatz innerhalb des Territoriums) wiedergesehen.

Ein Weibchen wurde an derselben Böschung gefangen und auf dem Gleis 3 m vom Böschungsrand entfernt ausgesetzt. Innerhalb von 30 Sekunden lief das Weibchen über den Schotter zurück zum Böschungsrand, wurde aber, wie schon das Männchen im voherigen Translokationsexperiment, vom Kabelkanal aufgehalten. Dort versteckte sich das Weibchen im Schotter. Die Beobachtung wurde nach 15 Minuten abgebrochen.

Beobachtungen

Die während der gesamten Feldzeit gemachten Beobachtungen (35 Kartierungen) von Zauneidechsen an 10 Bahnstrecken ohne LSW ergeben für adulte und subadulte Tiere ein konsistentes Bild:

- Adulte Tiere wurden während zweier Jahre Feldarbeit nie im Gleisbereich gesehen, sondern höchstens auf dem Feinkiesstreifen
- Auf dem Feinkiesstreifen ruhende Tier flüchten bei Annäherung in der Regel immer auf die begrünte Böschung, nie ins Gleisbereich.
- Ein adultes Tier, das ins Gleisbereich geriet (Schreckhandlung eines Weibchens nach Aufscheuchen), flüchtete sofort wieder in den grünen Teil der Böschung
- weder durch Beobachtung noch durch Telemetrie konnte adulte Tiere dokumentiert werden, die das Gleisbereich betreten oder gar überquert hätten

Zumindest während der Brutzeit von Mai bis Anfang August scheinen Adulte und Subadulte Tiere immer nur auf einer Böschungsseite zu leben. Das Gleisbereich selbst scheint die täglichen Bewegungen von Individuen einseitig zu beschränken.

Bei den Juvenilen könnte das Verhalten anders sein. So wie bei vielen anderen Arten sind juvenile Tiere "Ausbreitungseinheiten", die mittels Wanderungen das Gebiet erkunden, in dem sie aufgewachsen sind. Bei diesen Wanderungen ist es ihnen am ehesten möglich den Anschluss an andere Populationen zu finden. Für die Zauneidechse könnte das bedeuten, dass Ausbreitungsbewegungen und Vernetzung zwischen Populationen vor allem durch juvenile Tiere erfolgt. Die Beobachtungen juveniler Tiere deuten jedenfalls darauf hin:

- Juvenile Tiere können immer wieder im Gleisbereich beobachtet werden
- Juvenile sind im Gleisbereich farblich hervorragend getarnt
- Juvenile sind klein genug, um im Lückensystems des Gleisbereich Schutz zu finden

Die Überquerung des Gleisbereichs könnte durch juvenile Tiere erfolgen. Es spricht aber alles dafür, dass solch ein Wechsel zwischen den beiden Böschungsseiten im Zuge von Wanderungs- oder Ausbreitungsbewegungen erfolgt und nicht als ständiger Wechsel zwischen verschiedenen Funktionsräumen innerhalb des Lebensraums.

Schlussfolgerungen

Auch bei ausgesucht sehr schwierigen Bedingungen ist ein zweispuriges Bahngleis für die Zauneidechse kein Querungshindernis. Mit grosser Wahrscheinlichkeit lässt sich das Ergebnis auf die meisten anderen Situationen übertragen. Ein zweispuriges Bahngleis ist also keine absolute Barriere, die nicht überquert werden könnte und eine vielbefahrene Strecke ist an sich noch kein Ausbreitunshindernis.

Die Beobachtungen zeigen aber auch, dass das Bahngleis selbst schon einen gewissen zerschneidenden Effekt hat. Adulte Tiere, die auf einer Böschungsseite leben, wechseln in der Regel wohl nicht oder nur selten im Jahr, die Böschungsseiten. Das Gleis selbst ist für Zauneidechsen also schon ein Hindernis für tägliche bzw. häufige Querungen. Es scheint eine Lebensraumgrenze darzustellen, die jedoch bei Bedarf überschritten werden kann und die Vernetzung lokaler Populationen nicht völlig aufhebt.

Schlangen scheinen dagegen mit Gleisüberquerungen deutlich weniger Mühe zu haben als Zauneidechsen. In einer Telemetriestudie konnten [10] zeigen, dass Schlangen Bahngleise mehrmals täglich überqueren können. Im Vergleich zu Zauneidechsen sind Schlangen allerdings auch wesentlich mobiler, haben grössere Aktionsräume und legen auf ihren täglichen Wanderungen deutlich grössere Strecken zurück [14],

Gleisüberquerungen stellen Zauneidechsen mit grosser Wahrscheinlichkeit auch unter erschwerenden Umständen vor keine grossen Probleme, Gleise können also einfach überquert werden, der Verkehrsträger ist somit keine absolute Barriere.

Bahngleise können lokal einen zerschneidenden Effekt haben, verhindern aber weder Ausbreitung noch demographischen oder genetischen Austausch.

4.1.3 Einfluss der LSW auf die Quervernetzung an Bahnlinien

Eine LSW stellt eine absolute Barriere dar, weil sie nicht überklettert werden kann. Die LSW stellt also neben dem Gleis eine zusätzliche Barriere dar, die im Fall mobiler Arten zu einer Zerschneidung des genutzten Lebensraums, also zu einer Trennung von Funktionsräumen führen kann. Bei sehr mobilen Arten ist aber nicht ausschliesslich davon auszugehen, dass es zu einer starken Trennung lokaler Populationen kommt, wenn LSWs möglicherweise umwandert werden können.

Bei weniger mobiler Arten wie der Zauneidechse wirkt die LSW nicht mehr unbedingt als trennendes Element zwischen Funktionsräumen innerhalb des Lebensraums, sondern führt eher zu einer klaren Trennung auf gegenüberliegenden Böschungsseiten lebender lokaler Populationen.

Die LSW steigert die Barrierewirkung des Verkehrsträgers, da sie eine absolute Barriere darstellt. Aufgrund ihrer Barrierewirkung erfolgen weder Ausbreitungsbewegungen, noch demographischer oder genetischer Austausch zwischen den beiden Seiten eines Verkehrsträgers. Wie stark eine LSW einen negativen Einfluss auf das Überleben der lokalen Reptilienpopulationen hat, ist aber von den jeweiligen lokalen Faktoren abhängig und nicht so einfach verallgemeinerbar.

Die LSW könnte in bestimmten Fällen tatsächlich genetischen Austausch verhindern, allerdings nur unter bestimmten Voraussetzungen. Ist die LSW nämlich relativ kurz (wobei hier keine Abschätzung darüber gemacht werden kann, welche Distanzen unter kurz, relativ kurz, usw. verstanden werden müssten) wird der genetische Austausch zwischen den beiden Seiten am Anfang/Ende der LSW noch stattfinden. Eine negative Auswirkung auf den genetischen Austausch hat die LSW aber spätestens dann, wenn sie sehr lang ist bzw. gleichzeitig auch noch die Längsvernetzung stört. Dann kann es auch nicht über Umwegen zu der notwendigen Vernetzung mit anderen Populationen kommen. Die auf der LSW-Böschung lebenden Tiere sind dann isoliert worden.

Insbesondere lange LSWs stellen eine Barriere dar, welche Ausbreitung, sowie demographischen und genetischen Austausch zwischen lokalen Populationen verhindern kann.

4.1.4 Wiederherstellung der Quervernetzung an Bahnlinien durch Gabionen

Seit 2008 werden in LSWs sogenannte Gabionen eingebaut. Gabionen sind mit Gestein gefüllte Drahtkörbe, die sich anstelle der basalen Betonelemente in die LSW einbauen lassen. Bei entsprechender Korngrösse (siehe dazu Merkblätter der KARCH) entstehen zwischen den einzelnen Steinen der Gabione genügend grosse Hohlräume, dass sich Reptilien darin verstecken können. Ob das tatsächlich funktioniert ist unbekannt. Trotzdem wurden in der Schweiz bis jetzt mehrere hundert Gabionen in LSWs eingebaut. Für den Fall, dass Gabionen von Reptilien nicht zur Durchquerung benutzt werden, stellen sie immerhin eine Struktur dar, die Reptilien sowohl auf der LSW-Innen- als auch auf der Aussenseite Schutz bietet.

In wieweit LSWs mit eingebauten Gabionen eine Durchquerung der LSW ermöglichen ist zum einen davon abhängig, ob Reptilien überhaupt in der Lage sind einen Weg durch eine Gabione zu finden und zum anderen davon, ob Reptilien von dieser Durchquerungsmöglichkeit überhaupt Gebrauch machen. Ob und wie häufig Reptilien Gabionen durchqueren kann nur durch eine gross angelegte Markierungsstudie festgestellt werden. Alternativ dazu würde auch eine genetische Untersuchung darüber Aufschluss geben, ob es zu einer genetischen Differenzierung zwischen den Reptilienvorkommen zu beiden Seiten einer LSW kommt.

In dieser Studie wurde eine Begutachtung von Gabionen durchgeführt und mit Hilfe von Translokationsexperimenten untersucht, ob Reptilien überhaupt in der Lage sind Gabionen zu durchqueren bzw. mit Hilfe von Kartierungen untersucht, ob Gabionen als Lebensraumelement von Reptilien benutzt werden (siehe Kapitel 5.2)

Begutachtung von Gabionen

Die Art und Weise, wie Gabionen in eine LSWs integriert werden ist bei allen untersuchten Gabionen (n=129) prinzipiell gleich. Zwischen in den Boden eingelassene betonierte Stützelemente werden normalerweise Betonelemente gehängt, die den Sockel bilden. Bei der Integration von Gabionen in die LSW wird nun anstelle solch eines Betonsockels ein Steinkorb zwischen die Stützelemente gestellt.

Abb. 6 *In den Boden eingelassene Stützelemente mit dazwischen eingehängten Betonelementen. Rechte Seite: anstelle des hier fehlenden Betonelementes wird eine Gabione eingebaut.*

Es wird angenommen, dass Reptilien einen Weg durch eine Gabione hindurchfinden und so LSWs durchqueren können. Je nach Neigung der Böschung und Position der LSW ergeben sich allerdings verschiedene "Bauarten", wie unten aufgeführte Grafiken verdeutlichen sollen

Ausführungsvariante A

Bei dieser Variante liegt die Böschung zu beiden Seiten der Gabione auf gleicher Höhe. Ein Reptil muss durch die Gabione auf die andere Seite der LSW finden, ohne dabei die andere Seite überhaupt sehen zu können. Eine Durchquerung der LSW sollte bei diesem Ausführungsvariante für Reptilien daher am schwierigsten sein.

Abb. 7 *Gabione der Ausführungsvariante A von der Gleisseite aus gesehen. Rechte Seite: von der LSW-Aussenseite aus gesehen.*

Ausführungsvariante B

Bei dieser Ausführungsvariante liegt die Gabionenoberkante auf gleicher Höhe mit (mindestens) einer der beiden Böschungsseiten (in der Grafik die rechte). Solange sich ein Reptil der LSW von rechts nähert, sollte eine Durchquerung der LSW keine Probleme bereiten, da bauartbedingt immer eine Lücke zwischen dem lärmabsorbierenden Betonelement (rot) und der Gabione (blau) bleibt. Von rechts nach links sollte eine Gabionendurchquerung also leicht machbar sein, da eine visuelle Orientierung möglich ist. Bei einer Durchquerung von links nach rechts dagegen muss im die Gabione vorliegenden Fall zuerst erklettert werden, bevor eine visuelle Orientierung möglich ist. Liegen die beiden Böschungsseiten auf gleicher Höhe und die Oberkante der Gabione auf gleicher Höhe mit dem Erdboden, sollte einer Durchquerung der LSW nichts im Wege stehen. Im Vergleich zu Ausführungsvariante A sollte hier die Durchquerung der LSW also deutlich einfacher sein.

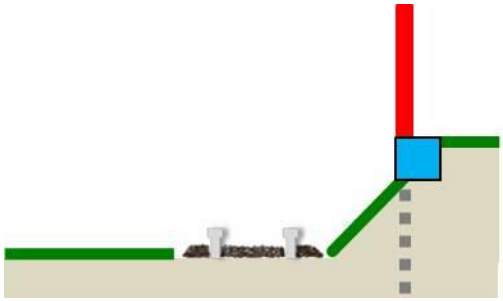

Abb. 8 *Gabione in der Ausführungsvariante B von LSW-Aussenseite des Hangs aus gesehen. Rechte Seite: typische Lücke zwischen eingebauter Gabione und lärmabsorbierenden Betonelement der LSW.*

Ausführungsvariante C

Bei dieser Ausführungsvariante liegt die Böschung links und rechts der LSW auf gleicher Höhe (wie bei Ausführungsvariante A). Allerdings wurde in die Gabione ein Durchlass eingebaut, der eine optische Orientierung zulässt und eine Durchquerung der LSW selbst für grössere Tiere möglich macht. Der Lärmschutz wird dadurch gewährleistet, dass vor die Lücke in der Gabione in einem gewissen Abstand ein Steinkorb platziert wird. Diese Ausführungsvariante sollte eine Durchquerung der LSW unproblematisch machen.

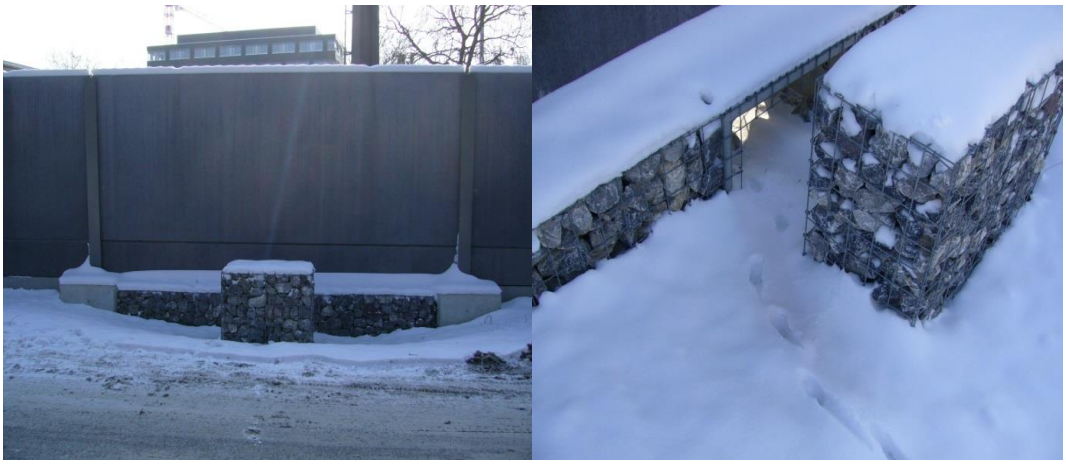

Abb. 9 *Gabione der Ausführungsvariante C von der LSW-Aussenseite aus gesehen. Rechte Seite: eingebauter Durchlass in der Gabione und davorgestellter Steinkorb.*

Translokationsexperimente

In einem Translokationsexperiment wird idealerweise ein an einer mit Gabionen durchlässig gemachten LSW lebendes Tier über die LSW von der einen auf die andere LSW-Seite gebracht. Der einzige Weg zurück ins eigene Territorium geht für das Tier nur durch die Gabione. Mit Hilfe eines angebrachten Telemetriesenders kann das Tier jederzeit lokalisiert und seine Bewegungen verfolgt werden. Dieses Experiment kann zeigen, ob ein transloziertes Tier in der Lage ist eine Gabione zu durchqueren.

Es wäre günstig einen Ort zu wählen, an dem die Zauneidechsendichte relativ hoch ist. Eine hohe Dichte bedeutet, dass es für ein Tier viel Konkurrenz gibt und das Territorium somit ständig verteidigt werden muss, damit es nicht an ein anderes Tier verlorengeht. Der Druck nach einer Translokation zum eigenen Territorium zurückzukommen sollte bei hohen Dichten also deutlich höher sein als bei nur geringen Dichten.

Es konnten an zwei LSW-Böschungen mit in die LSW eingebauten Gabionen Zauneidechsen gefunden werden (siehe Kapitel 5.2.4). Es wurde davon ausgegangen, dass die Ausführungsvariante C aufgrund der eingebauten grossen Öffnung für Reptilien keine Durchquerungsprobleme verursacht. Die Translokationsexperimente wurden daher nur an den kritischen Gabionen-Ausführungsvarianten A und B vorgenommen.

Damit durch den Translokationsvorgang die visuelle Orientierung des translozierten Tieres nicht behindert wurde, erfolgte die Translokation in einem Glasgefäss.

Gabionen-Ausführungsvariante B

Auf der Böschung unterhalb einer Gabione (**Abb. 10**, Koordinaten 684899 / 254695) wurde ein subadultes Männchen gefangen, besendert und mit einer Markierung versehen. Dieses Tier war schon am einige Tage vorher am selben Ort beobachtet worden und besetzte dort ein offensichtlich ein Territorium. Nach erfolgter Besenderung wurde das Tier in ein Glasgefäss gesetzt, auf Höhe der Gabione über die LSW gehoben (**Abb. 10**, rote Linie) und auf der LSW-Innenseite direkt vor der Gabione wieder abgesetzt (**Abb. 10**, rote gestrichelte Linie). Das Glasgefäss wurde beim Absetzen so umgekippt, dass das Tier einfach aus dem Glas herauskriechen konnte.

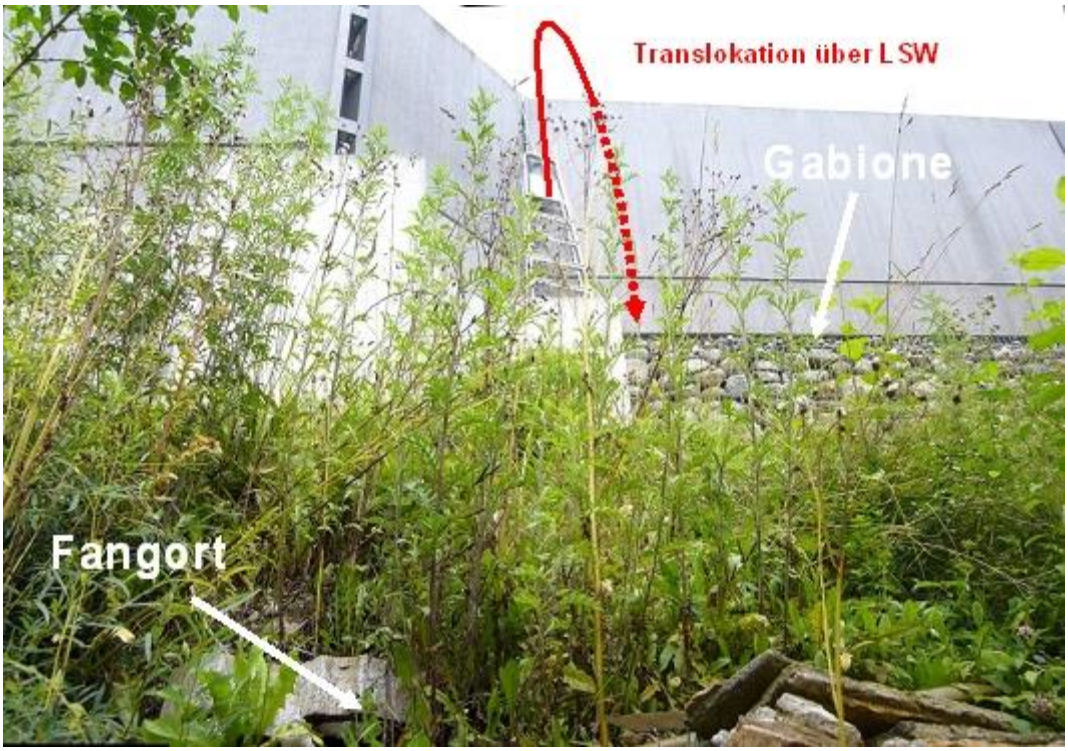

Abb. 10 *Überblick über einen Teil des Böschungslebensraums mit LSW und Gabione im Hintergrund.*

*Nach 15 Minuten Bewegungslosigkeit kletterte das Tier aus dem Glas und begann seine Umgebung zu erkunden (**Abb. 11**). Kurze Zeit später verschwand das Tier zwischen den der Gleisseite zugewandten Steinen der Gabione und tauchte kurze Zeit später auf der LSW-Aussenseite wieder auf.*

Abb. 11 *Linke Seite: Tier erkundet gleisseitigen Teil der Gabione. Rechte Seite: Tier hat die Gabione durchquert und sitzt auf dem böschungsseitigen Rand der Gabione. Der rote Fleck auf dem Kopf des Tieres ist eine aufgeklebte Nylon-Markierung.*

An diesem Punkt wurde die Beobachtung abgebrochen, da das Tier für länger als eine Stunde auf der Gabione sitzen blieb. Am nächsten Tag wurde der Sender des Tiers abgehäutet keine 10 m vom Fangort entfernt auf der Böschung gefunden.

Gabionen-Ausführungsvariante A

Ein ehemals mit Zauneidechsen besiedeltes Schrebergartengelände in Nänikon wurde beim Bau einer LSW im Jahr 2012 fast vollständig zerstört. Im Frühjar 2013 konnten auf dem Gelände gerade noch 3 Zauneidechsen gezählt werden, ein Männchen und ein Weibchen nur 5 m von einer in die LSW eingebauten Gabione entfernt (Koordinaten 693925 / 247492) beobachtet. Das Männchen wurde gefangen und besendert, in einem Glasgefässes über die Gabione gebracht (**Abb. 12**) und auf der LSW-Innenseite vor der Gabione wieder freigelassen (**Abb. 13**).

Abb. 12 *Überblick über die Translokationsstelle an der neugebauten LSW in Nänikon.*

Nach 10 Minuten Wartezeit war das Tier aus dem Glas gekrochen und lief langsam und züngelnd Richtung Gleis. Nach kurzer Strecke wurde das Tier von einem vorbeifahrenden Zug erschreckt und stoppte in seiner Bewegung. Dann orientierte es sich in die entgegengesetzte Richung zur Gabione hin und verkroch sich dort. Nachdem das Tier eine halbe Stunde lang nicht mehr gesehen werden konnte, wurde die Beobachtung abgebrochen. Das Signal des Telemetriesenders kam klar und deutlich aus der Gabione, in der das Tier verschwunden war.

Abb. 13 *Linke Seite: Gabionen-Ausführungsvariante A von der Schrebergartenseite aus gesehen. Diese Gabione muss entweder erst erklettert werden, bevor eine bestehende Sichtlücke zum Überqueren benutzt wird, oder sie muss über das Hohlraumsystem blind durchquert werden. Rechte Seite: die Gabione auf der Gleisseite. Davor das Glasgefäss in dem das Tier transloziert wurde.*

Die weiteren Bewegungen des Tiers wurde mit Hilfe des angehängten Telemetriesenders verfolgt. Insgesamt wurden über einen Zeitraum von 19 Tagen 8 Peilungen genommen. Einen Tag nach der Translokation konnte das Signal nur von der gegenüberliegenden Seite der Bahnlinie aus gepeilt werden, allerdings nur kurz und äusserst schwach. Da von der Schrebergartenseite aus kein Signal zu erhalten war ist klar, dass sich das Tier einen Tag nach der Translokation immernoch auf der LSW-Innenseite befand. Bei einer weiteren Kontrolle drei Tage später kam das Signal von der Schrebergartenseite, allerdings 2 Gabionen weiter dh. knapp 65 m von der Translokationsstelle entfernt (siehe **Abb. 15**). Weitere zwei Tage darauf wurde das Tier wieder in der Nähe des Fangortes gepeilt (10 m entfernt) und in einem Erdloch aufgespürt (**Abb. 14**).

Abb. 14 *Erdloch, in dem das Tier gefunden wurde. Der rote Fleck am Kopf des Tieres (ganz rechts) ist eine aufgeklebte Markierung aus Nylon.*

Die über Telemetriepeilungen verfolgten Wanderungsbewegungen des Tieres sind in **Abb. 15** zusammengefasst.

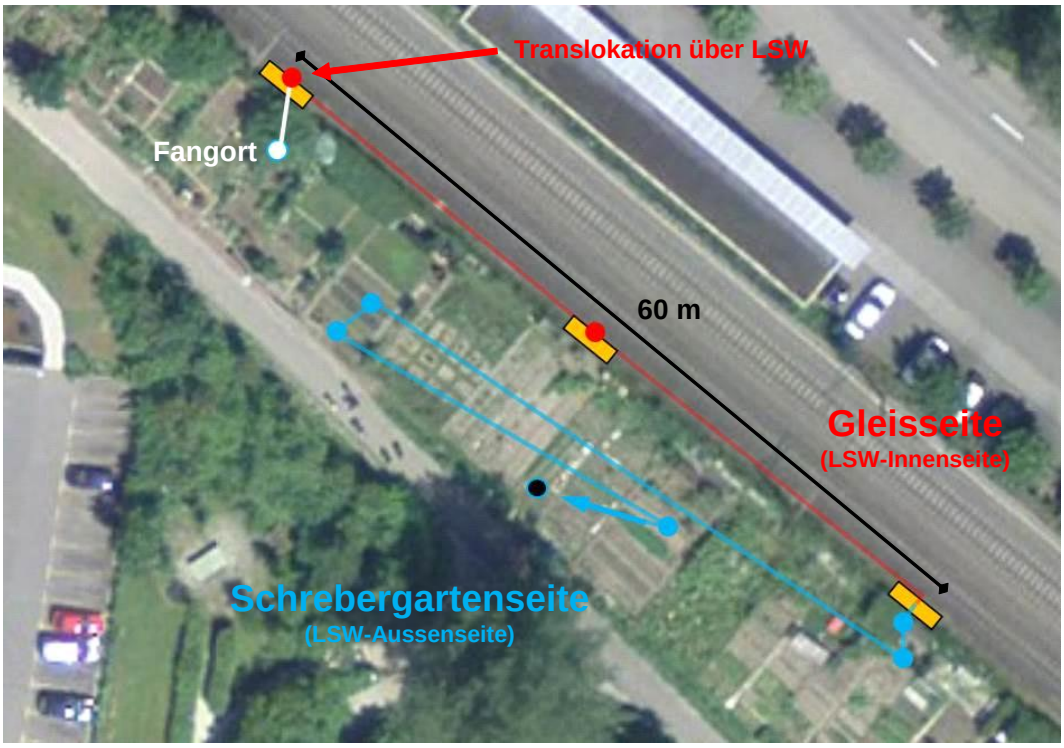

Abb. 15 *Zurückgelegter Weg nach Translokation. Das zugrundeliegende Luftbild zeigt noch den Zustand aus dem Frühjahr 2012, vor dem Bau der LSW, die LSW ist deswegen nicht zu sehen. Punkte entsprechen Peilungen, Linien bezeichnen die kürzest mögliche Strecke zwischen den Peilungen. Weiss = Fangort. Rot = Gleisseite. Blau = Schrebergartenseite. Schwarz = letzte Peilung. Orange Rechtecke = Gabionen. Die Peilung an der mittleren der drei Gabionen ist nicht gesichert, da der Empfang des Signals nur kurz und sehr schwach war. Zu diesem Zeitpunkt kam das Signal aber eindeutig nicht von der Schrebergartenseite. Die erste Peilung auf der Schrebergartenseite wurde direkt vor der dritten Gabione gemacht. Es liegt nahe, dass das Tier durch diese Gabione die LSW durchquert hat.*

Schlussfolgerungen Bahnlinien

Die Translokationsexperimente haben gezeigt, dass Gabionen eine Durchquerung der LSW ermöglichen. Das beobachtete Verhalten der translozierten Tiere passt zu den oben gemachten theoretischen Überlegungen: Gabionen-Ausführungsvariante B ist einfach zu überwinden, wenn das Tier von der Seite der LSW-Böschungsseite kommt, die bündig mit der Gabionenoberkante ist. Gabionen-Ausführungsvariante A ist wahrscheinlich schwieriger zu überwinden als Gabionen-Ausführungsvariante B. Immerhin hatte es mindestens einen kompletten Tag, wahrscheinlich sogar 2 Tage gedauert, bis das translozierte Tier von der LSW-Innenseite auf die Schrebergartenseite zurückgefunden hatte. Die aufgenommenen Peilungen des Telemetriesenders legen ausserdem die Vermutung nahe, dass das Tier auf der LSW-Innenseite an der LSW entlanggelaufen ist und erst die dritte von drei besuchten Gabionen benutzt hat, um wieder zur Schrebergartenseite (LSW-Aussenseite) zurückzukommen. Möglicherweise hat das Tier erst dort einen praktikablen Durchlass gefunden.

Wie die beiden Translokationsexperimente zeigen, können Reptilien einen Durchlass durch Gabionen finden. Je nach Bauart der Gabione scheint die Durchlässigkeit allerdings doch stark zu variieren.

Ob Reptilien auch von sich aus mitten durch eine Gabione hindurchkriechen und auf die andere Seite gelangen ist aber nach wie vor unbekannt. Um die andere Böschungsseite zu erreichen müssten die Tiere nicht nur durch die Gabione hindurchkriechen, sondern

ihre Wanderung über den Schotter des Gleisbereichs fortsetzen, was bisher noch nicht beobachtet wurde.

Wie stark der negative Effekt von LSWs auf die Quervernetzung letztlich ist, bzw. wie stark Gabionen einem zerschneidenden Effekt entgegenwirken, kann nur durch eine breit angelegte genetische Studie geklärt werden.

Gabionen wirken als Durchlässe in der LSW. Ihre Durchlässigkeit ist wahrscheinlich bauartbedingt. Wie häufig sie von Reptilien als Durchlässe benutzt werden kann nur durch eine genetische Untersuchung ermittelt werden.

4.1.5 Wie Strassen die Quervernetzung beeinflussen können

Bezüglich des Faktors Quervernetzung muss deutlich zwischen Bahnlinien und Strassen unterschieden werden. Eine Quervernetzung über eine Strasse hinweg mit oder ohne angrenzende LSW ist aufgrund des gewöhnlich sehr hohen Verkehrsaufkommens und der ausserordentlichen Strassenbreite nicht anzustreben (hohe Verkehrsmortalität). Untersuchungen speziell zur Quervernetzung über Strassen hinweg wurden deshalb nicht vorgenommen.

4.1.6 Zauneidechsenvorkommen an Autobahnböschungen

Bisher ist über Reptilienvorkommen an den Böschungen grösserer und vielbefahrener Strassen, dh. an Strassen, an denen potentiell LSWs errichtet werden, nur sehr wenig bekannt (siehe Kapitel 3.2.3). Untersuchungen im Rahmen dieser Studie sind nur dann sinnvoll, wenn davon ausgegangen werden kann, dass Reptilien an solchen Strassenböschungen überhaupt vorkommen.

Um einen groben Überblick über die Situation an Autobahnböschungen zu erhalten wurde an verschiedenen Autobahnen (A1, A4, A53) im Grossraum Zürich 15 Böschugsabchnitte (jeweils 100 m) bei geeigneter Witterung einmal nach Zauneidechsen abgesucht. An 8 der 15 Böschungen (53%) konnten Zauneidechsen gefunden werden.

Aus Zeitgründen erfolgte der Versuch Zauneidechsen an den ausgewählten Böschungen zu finden nur ein einziges Mal. Die hohe Erfolgsquote, mit der an den ausgewählten Böschungen Zauneidechsen nachgewiesen werden konnten, deutet darauf hin, dass Zauneidechsen an Autobahnböschungen mit geeignetem Habitat womöglich regelmässig vorkommen. Die mangelhafte Dokumentation dieser Zauneidechsenvorkommen ergibt sich möglicherweise daraus, dass Autobahnböschungen bei der Suche nach Reptilien generell vernachlässigt werden.

Viele Autobahnböschungen bieten für Reptilien adäquates Habitat und Lebensraum. An vielen Autobahnböschungen konnten auch Reptilien gefunden werden. Diese Situation sollte beim Bau von LSWs an Autobahnböschungen berücksichtigt werden.

4.1.7 Quervernetzung über Autobahnen hinweg

Die notwendige Quervernetzung über Autobahnen hinweg ist durch den Verkehrsträger an sich unterbrochen [6]. Eine gefährdungsfreie Möglichkeit der Überquerung von Autobahnen sollte sich mit Hilfe von Grünbrücken erreichen lassen, sofern auf den Grünbrücken für Reptilien günstiges Habitat vorhanden ist.

Innhalb der Untersuchungsgebiete konnten 4 Grünbrücken (Kaiserbuck, Loterbuck, Rütibuck, Schneitenberg, alle auf der Strecke A4 zwischen Winterthur und Schaffhausen) auf Zauneidechsenvorkommen hin untersucht werden. Auf allen Grünbrücken wurden Zauneidechsen nachgewiesen.

Anscheinend wird die Grünbrücke nicht nur als durchwanderbares Habitat, sondern als Lebensraum angenommen. Grünbrücken können so die Vernetzung über Strassen hinweg, zumindest punktuell, wiederherstellen.

Bei der Überquerung von Strassen besteht für Reptilien Lebensgefahr. Im Gegensatzt zu Bahnlinien stellen vielbefahrene Strassen wie Autobahnen für Reptilien wohl eine Barriere dar. Eine gefährdungsfreie Vernetzung über Strassen hinweg kann, zumindest punktuell, mit Grünbrücken erreicht werden.

4.1.8 Einfluss von LSWs auf die Quervernetzung an Autobahnböschungen

Auf Autobahnböschungen errichtete LSWs haben auf die Quervernetzung von Reptilienlebensräumen nur dann einen Effekt, wenn das Habitat zu beiden Seiten der LSW genutzt wird (LSW-Innenseite und LSW-Aussenseite, siehe **Abb. 4**).

Um das beurteilen zu können, muss bekannt sein, wie und welches Habitat Reptilien auf Autobahnböschungen überhaupt nutzen. Wie in Kapitel 5.2.2 gezeigt wird, nutzen Zauneidechsen auch den häufig gemähten, lückigen Intensivstreifen der Autobahnböschungen.

Bei der Errichtung von LSWs mitten auf der Strassenböschung muss i.d.R. wohl nicht befürchtet werden, dass Tiere auf der LSW-Innenseite isoliert werden. Wie die Schlussfolgerungen aus Kapitel 5.3 andeuten, kommen die innerhalb der LSW-Baustelle lebenden Tiere beim LSW-Bau mit grosser Wahrscheinlichkeit um. Eine auf der Böschung errichtete LSW verhindert durch ihre Barrierewirkung quer zur Böschung aber die Wiederbesiedlung der jetzigen LSW-Innenseite, die eine gewisse Zeit nach dem LSW-Bau wieder geeignetes Reptilienhabitat anbietet.

Schlussfolgerungen Quervernetzung auf Strassenböschungen

LSWs, die mitten auf eine Strassenböschung gebaut werden be- oder verhindern durch ihre Barrierewirkung die schnelle Wiederbesiedlung bzw. Nutzung geeigneter Reptilienhabitate auf der LSW-Innenseite.

Werden die LSW-Innenseiten nach dem LSW-Bau durch Zuwanderung in Längsrichtung wiederbesiedelt, verhindert die LSW den demographischen und genetischen Austausch zwischen den Reptilienvorkommen auf der LSW-Innenseite und -Aussenseite.

In solchen Fällen, in denen LSWs im Tagesverlauf mal die LSW-Innenseite bzw. die LSW-Aussenseite beschatten, könnten Durchlässe in der LSW zu einem weiteren Nutzen führen: Reptilien können im Tagesverlauf der Sonne folgen und von der ab einer bestimmten Tageszeit beschatteten Seite auf die dann besonnte Seite der LSW wechseln.

Auf Strassenböschungen gebaute LSWs verhindern die Wiederbesiedlung von Böschungshabitaten bzw. den Austausch von Individuen zwischen LSW-Innen- und Aussenseite.

4.1.9 Empfehlungen für eine bessere Quervernetzung an Bahnlinien und Strassen

(1) Zur Förderung der Vernetzung in Querrichtung zur Bahnlinie sind an Böschungen, auf denen Reptilien leben, Gabionen über die gesamte Länge der LSW in die LSW zu integrieren.

(2) Wo Gabionen eingebaut werden, ist eine Gabionen-Ausführungsvariante zu bevorzugen, die eine möglichst gute Quervernetzung bewirkt (z.B. Ausführungsvariante C anstatt A, siehe Kapitel 4.1.4).

(3) Sofern die Platzverhältnisse es zulassen, sollte zusätzlich eine Öffnung der LSW durch überlappende LSW-Elemente geschaffen werden.

(4) Kleine Spalten und Lücken, wie sie durch Passungenauigkeiten zwischen eingebauten Gabionen und der LSW oder durch eine unperfekte Verfüllung von Gabionen entstehen, bilden für Reptilien wichtige visuelle Wegweiser für das Durchqueren einer Gabione. Sie sollten möglichst nicht mit Steinen verstopft werden.

4.2 Längsvernetzung

Böschungen entlang von Verkehrswegen (Bahnlinien und Strassen) stellen lange, lineare Lebensräume dar. Ihre Linearität führt dazu, dass Wanderungsbewegungen von Tiere entlang solcher Böschungen gebündelt werden. Damit bilden Böschungen entlang von Verkehrswegen wichtige Längsvernetzungsachensen, die den Individuenaustausch zwischen Populationen ermöglichen oder erleichtern. Je nach lokalen Verhältnissen kann der Bau von LSWs auf solchen Böschungen zu einer Beeinträchtigung oder Unterbrechung der Längsvernetzung und damit zu einer Trennung von Populationen führen.

Eine Zerstörung der Längsvernetzung wäre dann gegeben, wenn sich die Böschung nach dem LSW-Bau nicht mehr als Lebensraum für Reptilien eignet. Das wäre beispielsweise der Fall, wenn nach dem LSW-Bau auf der Böschung kein Habitat mehr vorhanden wäre. Möglicherweise reicht bei manchen Böschungen das nach dem LSW-Bau verbleibende Habitat nicht mehr aus, damit Reptilien auf der Böschung dauerhaft leben können (zu klein, zu stark gestört oder qualitativ nicht gut genug). In solch einem Fall wäre eine Längsvernetzung, zumindest eingeschränkt eventuell noch möglich. Die Länge solch einer beeinträchtigten LSW-Böschung darf allerdings die natürlichen Wanderungsdistanzen der betroffenen Reptilienarten nicht überschreiten.

Einen Eindruck über Wanderungsdistanzen lässt sich über Translokationsexperimente gewinnen. Bei territorialen Arten, z.B. Zauneidechsen, ist es für translozierte, dh. aus ihrem Territorium entfernte Tiere von grossem Vorteil, wieder zu ihrem Territorium zurückzukehren. Der Drang möglichst schnell über grosse Distanzen und ungünstige Habitate in das eigene Territorium zu wandern wird so künstlich erhöht. Die Ermittlung von Rückkehrdistanzen ist damit eine sehr grobe Abschätzung dafür, welche Wanderungsstrecken die Tiere evtl. auch bei ungünstigeren Habitatverhältnissen zurücklegen könnten. In einer Studie von Strijbosch et al. [12] kehrten bei Translokationsdistanzen von 100 m zwei Drittel der translozierten Zauneidechsen (n = 48) in ihren ursprünglichen Lebensraum zurück. Aber schon bei Translokationsdistanzen von 150 m konnten keine rückkehrenden Tiere mehr gefunden werden.

Wanderungsbewegungen einzelner Tiere von mehreren hundert Metern pro Jahr sind zwar dokumentiert worden (siehe eine Zusammen stellung in Blanke 2010), beziehen sich jedoch auf natürliche Primär- und Sekundärlebensräume und nicht auf durch LSWs stark veränderte (extrem schmal, beschattet, starker Störung unterworfen, etc., siehe unten) Verkehrsböschungen. Es ist fraglich, ob Tiere mit relativ geringem Wanderungsvermögen in der Lage sind, LSW-Böschungen zu durchwandern. Immerhin beträgt beispielsweise die durchschnittliche Länge einer Bahnlinien-LSW im Schweizer Mittelland mehr als 430m (n=143, Kantone AG, BE, BL, SG, SO, SZ, UR, ZG, ZH, [2]).

Diese Vorüberlegungen zeigen, dass einer funktionierenden Längsvernetzung beim Bau von LSWs an Bahnlinien und Strassen besondere Aufmerksamkeit zukommen muss, damit benachbarte Populationen weiterhin miteinander in Verbindung stehen bleiben können.

Untersuchungen

Im Rahmen dieser Studie wurden anhand von Luftbildern und Beobachtungen bei Feldbegehungen Situationen beschrieben, in denen es zu einer Zerstörung oder Beeinträchtigung der Längsvernetzung kommt. Im Folgenden werden diese Situationen beispielhaft aufgelistet und beschrieben. Darüberhinaus wird diskutiert, wie sich solche Situtationen in Zukunft vermeiden lassen, damit für Reptilien eine funktionierende Vernetzung zwischen Populationen langfristig sichergestellt ist. Die folgenden Kapitel bschäftigen sich mit den Faktoren, die zu einer starken Beeinträchtigung oder kompletten Zerstörung der Längsvernetzung führen können.

4.2.1 Fehlleitung in LSW-Korridor

Bei ihrer Wanderung entlang einer Verkehrsböschung können Reptilien in den Verkehrskorridor (LSW-Innenseite) gelangen (**Abb. 16**), wo sie mangels Verstecken durch Predation gefährdet sind oder leicht Opfer des Verkehrs werden können. Ohne Verstecke sind die Tiere dem ständigen Einfluss vorbeifahrender Züge ausgesetzt (Lärmbelastung, Luftschleppe, Vibrationen) ohne sich dem zumindest für eine Zeit lang entziehen zu können. Der dadurch ausgelöste Dauerstress könnte das natürliche Verhalten und die Orientierung der in den LSW-Korridor geratener Tiere stark beeinträchtigen. Behalten die Tiere ihre Wanderungsrichtung bei, müssen sie, je nach Länge der LSW, oft weite Strecken innerhalb des Korridors zurücklegen, um wieder in geeignetes Habitat gelangen zu können.

Abb. 16 *Blick in einen LSW-Korridor.*

In **Abb. 17** sieht man eine Bahnstrecke bei Böckten (BL). Die Böschungen bieten für Reptilien sehr gutes Habitat. Von (im Bild) rechts nach links wandernde Tiere können insbesondere auf der im Bild unteren Böschungsseite sehr leicht in den LSW-Korridor gelangen, der keinen grossen Schutz bietet. Der Pfeil kennzeichnet eine Stelle in der LSW, die auf dem Bild wie eine Lücke aussieht, in Wirklichkeit aber verschlossen ist. Ohne Durchlass müssen in den Korridor geratene Reptilien (im Bild nach links) noch weitere 450 m durch den Korridor wandern, um wieder auf die Böschung zu gelangen.

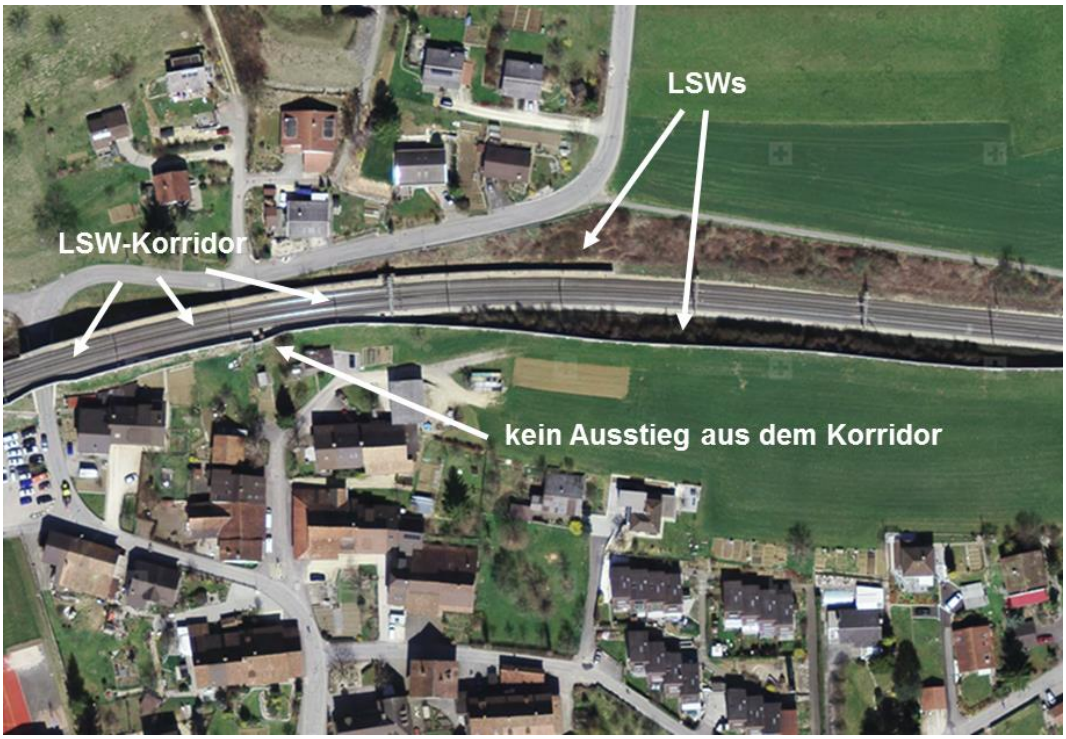

Abb. 17 *Beispiel für einen LSW-Korridor, in den Reptilien bei Wanderungen leicht eindringen können.*

Im oben beschriebenen Fall (**Abb. 17**) wurden in die LSW schon Gabionen eingebaut, so dass für in den Korridor geratene Reptilien der Ausstieg in regelmässigen Abständen möglich wäre. Es handelt sich dabei aber hauptsächlich um Gabionen der für eine Quervernetzung eher ungünstigen Ausführungsvariante A (siehe Kapitel 4.1.4).

Im weiter unten abgebildeten Fall (**Abb. 18**) werden Tiere, die von der besiedelten Böschung aus nach links wandern, fehlgeleitet. Ein Überqueren der Strasse ist aufgrund die Strasse begrenzenden Mauern unmöglich (orange gestrichelte Linie). Als alternative Wanderroute bleibt nur noch der Weg entlang der Gleise (rote und grün gestrichelte Linie). Auf diesem Weg können Reptilien mit Hilfe der Eisenbahnbrücke zwar die Strasse überqueren, kommen jedoch auf dieser Seite des Gleises nicht mehr aus dem Gleiskorridor heraus (rot gestrichelte Linie), da ihnen die LSW den Zugang zur Böschung versperrt. Um wieder in geeignetes Habitat zu gelangen, müssten wandernde Tiere das Bahntrasse überwinden (grün gestrichelte Linie).

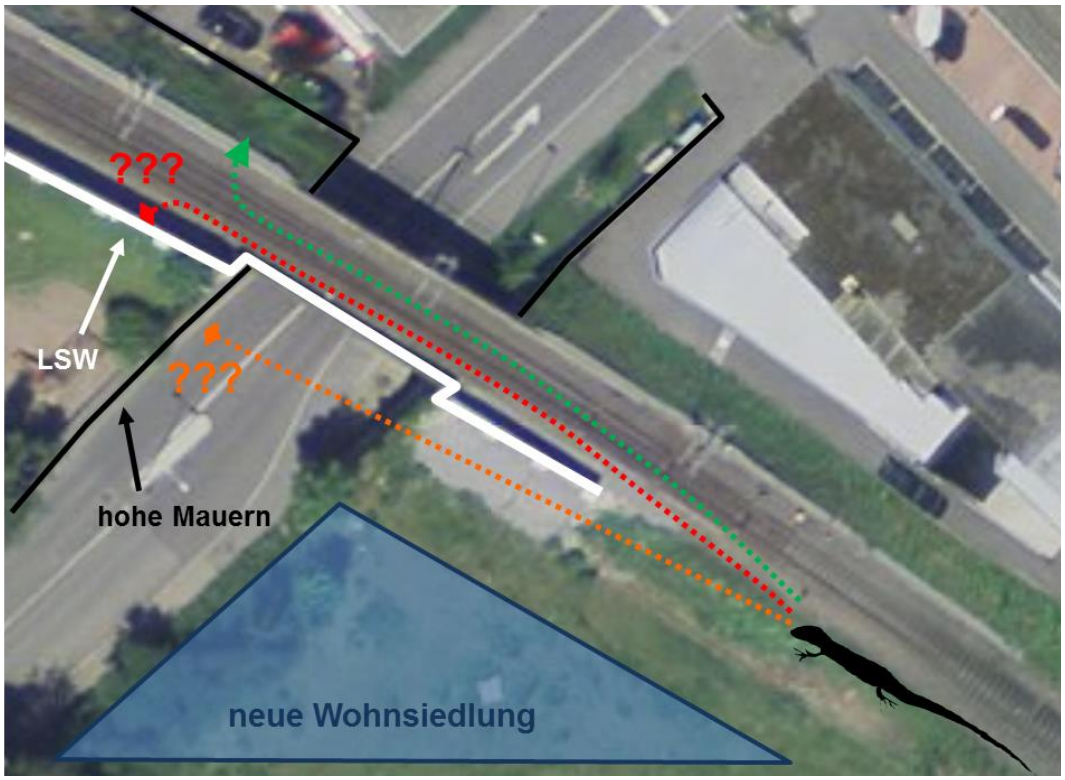

Abb. 18 *Fehlleitung wandernder Reptilien durch eine LSW, die Längsvernetzung geht verloren.*

Abb. 19 *Eine Fehlleitung wandernder Reptilien würde durch eine Öffnung in der LSW verhindert werden, die Längsvernetzung bliebe erhalten.*

Um in den LSW-Korridor geratene Tiere zu schützen, könnten Durchlässe eingebaut werden z.B. in Form von Gabionen (**Abb. 19**). Neben ihrer Funktion als Durchlass bieten Gabionen auch die für in den Korridor geratene Tiere dringend benötigten Versteckmöglichkeiten (siehe Kapitel 4.1.4; das von der LSW-Aussenseite ins Gleisbereich translozierte Tier wird durch einen vorbeifahrenden Zug erschreckt und flüchtet sofort in die Gabione und versteckt sich dort für längere Zeit).

LSWs können Reptilien bei ihren Wanderungen fehlleiten. In LSW-Korridore fehlgeleitete Reptilien benötigen Möglichkeiten, um aus dem LSW-Korridor wieder aussteigen zu können.

4.2.2 Bildung einer Sackgasse

Die Positionierung der LSW kann die Längsvernetzung komplett unterbrechen. Meist geschieht dies dadurch, dass die LSW zu Beginn auf der LSW-Innenseite noch Böschungshabitat freilässt, aber im weiteren Verlauf direkt am Verkehrsträger weiterführt oder endet. In solchen Situationen werden Tiere dazu gebracht das Böschungshabitat innerhalb der LSW zu besiedeln, die besiedelten Flächen bilden allerdings eine Sackgasse.

Abb. 20 *Der erst kürzlich gemähte Habitatstreifen einer Autobahnböschung (LSW-Innenseite) endet an der Strasse.*

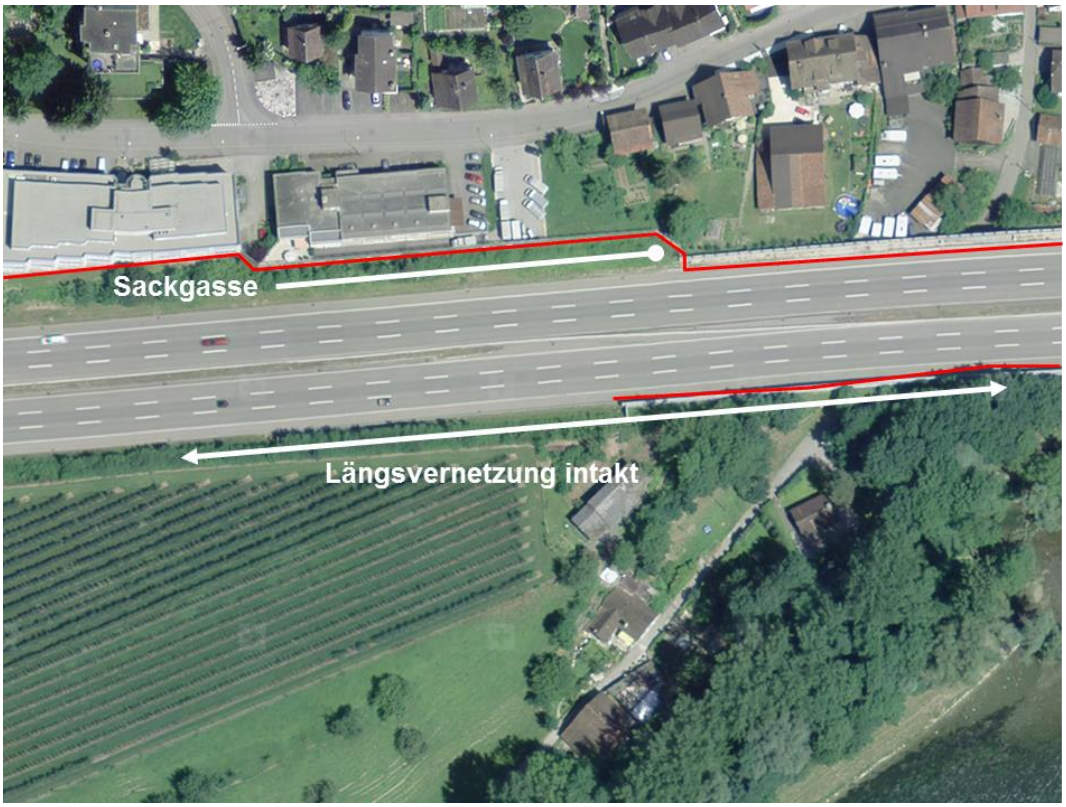

Abb. 21 *LSWs zu beiden Seiten einer Autobahn (Unterengstringen). Auf der oberen Böschung ist die Längsvernetzung an der Stelle unterbrochen worden, wo die LSW (in rot nachgezeichnet) vom oberen Teil der Böschung bis zum Fahrbahndrand gezogen wurde. Von diesem Punkt aus zurück zum Beginn der LSW nach links (nicht im Bild) sind es > 400m. Tiere, die von (im Bild) links nach rechts wandern, befinden sich damit in einer Sackgasse. Auf der unteren Böschung ist die Längsvernetzung intakt, da die LSW so positioniert ist, dass sie LSW die Durchgängigkeit der Böschung nicht unterbricht.*

Durchlässe am Ende des Habitatstreifens würden es den Tieren ermöglichen die Sackgasse zu verlassen und weiterzuwandern. Prinzipiell wären dabei Durchlässe von Vorteil, die eine optische Orientierung ermöglichen. In unmittelbarer Siedlungsnähe (**Abb. 21**) wären möglicherwiese Gabionen vorzuziehen, die (z.B. Ausführungsvariante B) durch Spalten optische Orientierung ermöglichen, gleichzeitig aber potentielle Predatoren für Reptilien (Hauskatzen) von den Böschungen fernhalten.

Durch die Platzierung der LSW kann es auf Böschungen zu Sackgassenbildung kommen. Eine Sackgassenbildung zerstört die Längsvernetzung entlang der Böschung.

4.2.3 Habitatverlust durch LSW-Platzierung

Durch den Bau einer LSW geht immer Habitat verloren. Das kann dazu führen, dass das verbleibende Habitat so schmal wird, dass es nicht mehr als Lebensraum genutzt werden kann. Möglicherweise wird das verbleibende Resthabitat aber noch als "Funktionsraum" für Wanderungen genutzt. Mangelt es in diesem "Funktionsraum" aber auch an den für Wanderungen benötigten Resourcen (ausreichend Nahrung, Verstecke, Möglichkeit zur Thermoregulation) ist die Längsvernetzung durch die LSW zerstört worden.

Je nach Platzierung der LSW auf der Verkehrsböschung kann es zu starken Beeinträchigungen oder zur Zerstörung der Längsvernetzung kommen. Wird die LSW - bei schmalen Böschungen - mittig auf die Böschung gestellt und nicht an ihren äussersten Rand, kommt es praktisch immer zu einem gravierenden Habitat- und Habitatqualitätsverlust. Das Beispiel unten zeigt, wie gravierend die Folgen sein können:

Die LSW wurde mittig auf eine 3 m breite von Zauneidechsen besiedelte Bahnböschung gebaut (***Abb. 22***). Dadurch wurde der zur Verfügung stehenden Böschungsraum nicht nur mehr als halbiert, der verbleibende Teil der Böschung ist für Reptilien praktisch unbrauchbar geworden.

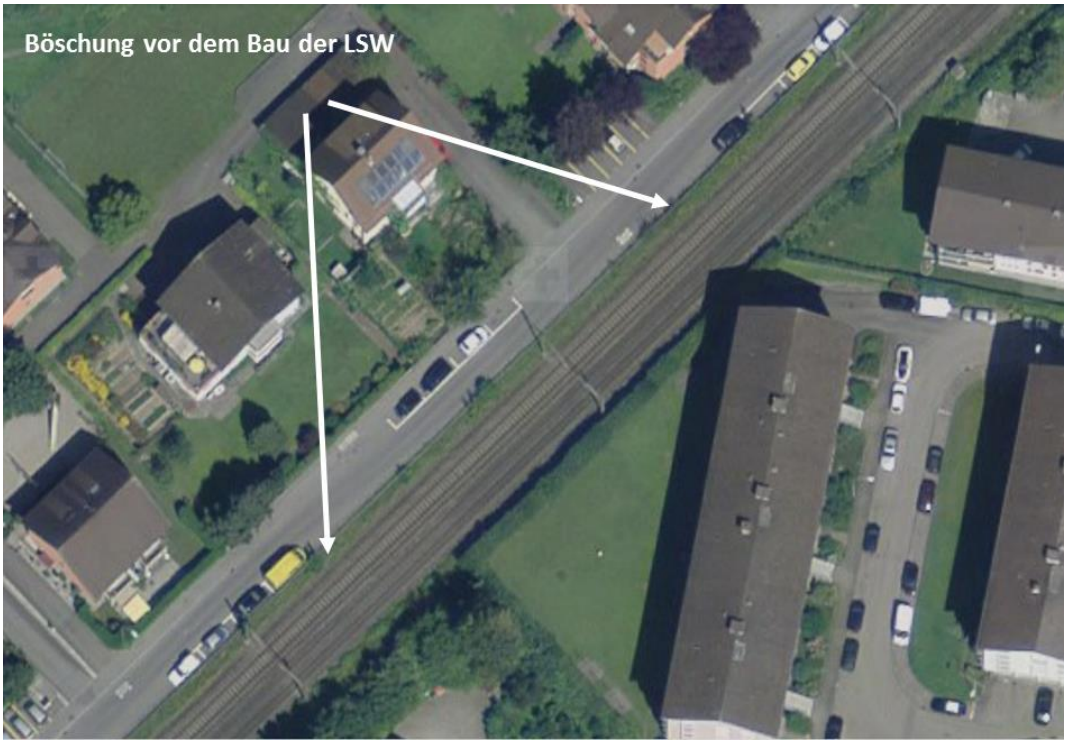

Abb. 22 *Bahnstrecke bei Rothenburg (LU) vor dem Bau der LSW.*

Das Bild unten (**Abb. 23**) zeigt die Böschung nach Errichten der LSW. Die Böschung ist auf der LSW Innenseite komplett verloren gegangen, auf der LSW Aussenseite extrem schmal geworden und durch die Quartierstrasse einer starken Störung ausgesetzt. Selbst wenn die mit grobem Kies bedeckte Fläche wieder bewachsen ist, wird die Habitatqualität im Vergleich zu vorher stark vermindert sein, da der Boden verfestigt wurde, Verstecke fehlen und die gesamte Fläche durch die LSW im Tagesverlauf beschattet wird.

Damit ist die Böschung für Reptilien nicht nur als Lebensraum verlorengegangen, sie ist auch als Vernetzungsachse unbrauchbar geworden. Die ehemals von Zauneidechsen besiedelte Böschung ist nun nicht mehr besiedelt und es ist unter den vorherrschenden Bedingungen höchst unwahrscheinlich, dass sie von Reptilien als Lebensraum oder auch nur als Habitat für Wanderungen wieder genutzt werden wird. Die in die LSW integrierten Gabionen waren in dieser Situation nicht die beste Lösung für Reptilien.

Abb. 23 *Bahnstrecke bei Rothenburg (LU) nach dem Bau der LSW. LSW-Innsenseite links, LSW-Aussenseite rechts.*

Wäre die LSW direkt am Strassenrand platziert worden, hätte auf der LSW-Innenseite ein Habitatstreifen stehen bleiben können, wie z.B in **Abb. 24**. Dieser Habitatstreifen wäre zwar relativ schmal, dafür ungestört gewesen, und der wichtige Übergangsstreifen zwischen Habitat und Schotter (siehe Kapitel 5.2.1) wäre erhalten geblieben.

Abb. 24 *Breiter Grünstreifen auf der LSW-Innenseite bei Bassersdorf (ZH).*

An manchen Standorten könnte eine reptilienfreundliche Platzierung der LSW allerdings durch eine unvorteilhafte Lage der Parzellengrenzen erschwert sein. Schon in der Planungsphase sollte eine ökologische Fachperson zur Beratung beigezogen werden.

Die einer LSW auf der Böschung ist entscheidend für eine ununterbrochene Längsvernetzung. Je nach Platzierung von LSWs auf Böschungen kann es ausserdem zu grossen Habitatverlusten kommen, die die Längsvernetzung entlang der Böschung einschränken oder unmöglich machen.

Schlussfolgerungen Längsvernetzung

Über Homing-Experimente und mit Hilfe von Telemetrie und der Beobachtung markierter Tiere wurde in der Vergangenheit schon versucht herauszufinden, welche Wanderungsdistanzen für Zauneidechsen realistisch sind (siehe Einleitung des Kapitels 4.2). Im Vergleich mit den bisher maximal gemessenen Wanderungsdistanzen bei Homing-Experimenten (< 150 m, [12]) ist die durchschnittliche Länge von LSWs mit 430 Metern sehr hoch. Distanzen dieser Grössenordung werden von Zauneidechsen zwar durchwandert (siehe [1] für einen Überblick über bisher gemessene natürliche, nicht experimentell induzierte Wanderungsdistanzen), allerdings innerhalb sehr langer Zeiträume (mehrere Monate/Jahre).

Da grosse Distanzen von Zauneidechsen nicht innerhalb kurzer Zeit überbrückt werden können, muss das durchwanderte Habitat einen grossen Teil der wichtigsten Reptilienstrukturen beinhalten (Verstecke, Orte zur Thermoregulation, Nahrungsangebot), sonst ist die Längsvernetzung entlang von LSW-Böschungen stark gefährdet oder unterbrochen. Eine Studie zeigt, dass das Vorkommen von Zauneidechsen auf Steinhaufen von der Distanz zum nächsten

Zauneidechsenvorkommen abhängt [11]. Zusatzstrukturen müssen, wenn sie für Reptilien eine Hilfe sein sollen und beispielsweise zur Verbesserung der Längsvernetzung eingesetzt werden, in möglichst geringen Abständen zueinander gebaut werden.

Wie stark der negative Effekt von LSWs auf die Längsvernetzung ist, ist von der Mobilität und der Empfindlichkeit der jeweiligen Art gegenüber einer Verringerung der Habitatqualität abhängig.

Der Platzierung der LSWs auf von Reptilien bewohnten Böschungen kommt für die Erhaltung der Längsvernetzung eine besondere Bedeutung zu. Mit einer für Reptilien optimierten Platzierung der LSW lassen sich Sackgassen, Fehlleitung und Habitatverluste vermeiden.

LSWs können die Längsvernetzung stark beeinträchtigen oder ganz zerstören. Die Ursachen dafür sind vielfältig: durch Fehlleitung, Bildung von Sackgassen oder durch den Verlust von Reptilienhabitat durch den Platzanspruch der LSW. Der Platzierung der LSW auf der Böschung kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Durch überlappende Bauweise bzw. den Einbau von Gabionen könnte eine Verbindung durch die LSW voneinander getrennter Böschungs-bereiche geschaffen werden.

4.2.4 Empfehlungen für eine bessere Vernetzung in Längsrichtung

(5) Reptilien-/Vernetzungs-Experten sollten schon in frühe Planungsprozesse einbezogen werden, um eine möglichst reptilienfreundliche Platzierung der LSW auf der Böschung zu erreichen. Die Platzierung der LSW auf der Böschung ist entscheidend, um Sackgassenbildung und Fehlleitungen von Reptilien in den LSW-Korridor zu verhindern und Habitatverluste zu minimieren.

(6) Lässt sich Sackgassenbildung oder Fehlleitung nicht verhindern, so ist mit dem Einbau von Durchlässen in die LSW an den entsprechenden Stellen (Öffnungen durch überlappende LSW-Elemente oder Gabionen) für zusätzliche Ausstiege aus Sackgassen und entlang von LSW-Korridoren zu sorgen.

(7) Für wandernde Reptilien sind entlang von LSW-Korridoren Versteckmöglichkeiten in Form von Gabionen zu schaffen (diese Empfehlung für die Verbesserung der Längsvernetzung entspricht im Prinzip der Empfehlung Nr.1 für eine verbesserte Quervernetzung).

(8) Auf LSW-Böschungen sind reptilienfreundliche Zusatzstrukturen anzulegen (Steinlinsen, Steinhaufen, Holzhaufen). Diese Zusatzstrukturen begünstigen Wanderungen entlang der LSW-Böschung und vermindern die negativen Auswirkungen der LSW auf die Vernetzung von Reptilienlebensräumen.

(9) Alle angelegten Zusatzstrukturen können nur dann ihren Zweck erfüllen, wenn sie nicht durch Aufwuchs vollständig bedeckt werden. Eine regelmässige Pflege der Zusatzstrukturen ist deshalb unerlässlich

5 Auswirkung auf die Grösse lokaler Populationen

Untersuchungen

Im Rahmen dieser Studie wurden anhand von Beobachtungen bei Feldbegehungen LSW-Situationen beschrieben, in denen es zu einem Habitatverlust oder zur Zerstörrung bestimmter Strukturen kommt. Um herauszufinden, welche Bedeutung die durch den LSW-Bau verlorenen Strukturen für Reptilien haben und ob damit durch den LSW-Bau ein Habitatqualitätsverlust entsteht, wurden mittels Telemetrie Untersuchungen zur Raumnutzung von Reptilien durchgeführt. Bisherige Massnahmen zur Förderung von Reptilien an Bahn- und Strassenböschungen wurden ebenfalls untersucht. Dafür wurden Zusatzstrukturen auf Reptilienvorkommen hin kartiert.

5.1 Habitatverlust

5.1.1 Platzverbrauch der LSW

Eine LSW benötigt weniger als einen halben Meter Böschungsbreite als Standfläche. Lokal ist der messbare Flächenverlust durch die LSW also nur gering. Viele Bahnböschungen sind allerdings nur 3 m breit. An solchen Böschungen beträgt der Habitatverlust immerhin ein Sechstel der zur Verfügung stehenden Fläche. Je kleiner eine Böschung ist, auf der eine LSW gebaut wird, desto stärker sind ihre Auswirkungen auf die dort lebenden Reptilien.

Abb. 25 *Der effektive Habitatverlust ist deutlich grösser als der Platzverbrauch der LSW.*

Wieviel Habitat, über den reinen Flächenbedarf der LSW hinaus, verlorengeht ist massgeblich von der Positionierung der LSW abhängig (siehe Beispiel aus **Abb. 25**). Wird die LSW nicht genau am Rand einer Böschung gebaut, werden je nach Böschungsgrösse und lokalen Verhältnissen die Habitate auf der LSW-Innenseite oder der LSW-Aussenseite möglicherweise zu schmal, um für Reptilien noch genügend Lebensraum anzubieten. Insbesondere bei schmalen Böschungen kommt es dann zum kompletten Verlust des Lebensraums, möglicherweise ist die Böschung für Reptilien noch nichteinmal mehr für die Längsvernetzung von Nutzen (siehe **Abb. 23** in Kapitel 4.2.3).

LSWs können bei der Platzierung in Gleisnähe und insbesondere an schmalen Böschungen enorme Habitatverluste bewirken. Ob Reptilien diese Verluste verkraften können, ist höchst fraglich.

5.1.2 Empfehlungen für die Verringerung von Habitatverlust durch LSWs

(10) Reptilienexperten sollten so früh wie möglich in die Planungsprozesse einbezogen werden, um an einer reptilienfreundlichen Platzierung der LSW auf der Böschung mitwirken können. Ziel ist es mit einer angepassten Platzierung der LSW Habitatverluste zu minimieren. (Der Inhalt dieser Empfehlung zur Verringerung von Habitatverlusten deckt sich mit der Empfehlung Nr.5 zur Verbesserung der Längsvernetzung.)

5.2 Habitatqualitätsverlust

Um die Auswirkungen von LSWs auf die die Habitatqualität abschätzen zu können, muss erst untersucht werden, wie Reptilien den Böschungslebensraum nutzen. Daraus ergeben sich Erkenntnisse darüber, welche Strukturen an Böschungen besondere Bedeutung haben und welchen Einfluss der Bau von LSWs auf diese Strukturen hat.

5.2.1 Raumnutzung von Zauneidechsen an Bahnböschungen

Um die Raumnutzung von Zauneidechsen an Bahnböschungen zu verstehen, wurden Tiere besendert und ihre Aufenthaltsorte verfolgt. Die Aussagen über die Aufenthaltsorte der Tiere sind nur für die Zeit des Jahres aussagekräftig, in der die Tiere telemetrisch überwacht wurden. Gewählt wurde die Paarungszeit, da die Tiere dann territorial sind und bestimmte Orte/Strukturen innerhalb ihres Territoriums immer wieder aufsuchen.

Für die Untersuchung der Raumnutzung wurden Böschungen mit unterschiedlichen Lebensräumen ausgewählt: eine für viele Bahnlinien typische schmale Wiesenböschung (3 m Breite) ohne jegliche Zusatzstrukturen wie Büsche, grosse Steine oder Totholz (**Abb. 26**, **Abb. 27**); eine breite Bahnböschung mit Büschen, Bäumen und anderen Strukturen (**Abb. 28**, **Abb. 29**); eine Böschung, die direkt in eine reich strukturierte Fläche mit Büschen, Bäumen, Steinplatten, Stein- und Sandhaufen übergeht (**Abb. 30**).

Abb. 26 *Typische schmale unstrukturierte Wiesenböschung an Bahnlinien. Gezeigt sind die Aufenthaltsorte des Zauneidechsenmännchens 8.213b im Zeitraum vom 23.05. - 28.05.2012. Dieses Tier ist fast ausschliesslich im oberen Böschungsdrittel anzutreffen, auf oder in der Nähe des Übergangsstreifens zwischen Wiesenböschung und Feinkiesstreifen.*

Abb. 27 *Typische schmale unstrukturierte Wiesenböschung an Bahnlinien. Gezeigt sind die Aufenthaltsorte des Zauneidechsenweibchens 8.295 im Zeitraum vom 21.05. - 30.05.2012 kurz vor der Eiablage. Dieses Tier ist fast ausschliesslich im oberen Böschungsdrittel anzutreffen, auf oder in der Nähe des Übergangsstreifens zwischen Wiesenböschung und Feinkiesstreifen.*

Abb. 28 *Breite gut strukturierte Wiesenböschung an einer Bahnlinie. Gezeigt sind die Aufenthaltsorte des Zauneidechsenmännchens 8.471b im Zeitraum vom 23.05. - 29.05.2012. Die Aufenthaltsorte dieses Tiers verteilen sich über die gesamte Böschung. Auf dem Übergangsstreifen zwischen Gleisbereich und Böschungshaibtat ist das Tier nur abends anzutreffen, wenn die Schottersteine noch Restwärme abstrahlen.*

Abb. 29 *Zauneidechsenmännchens 8.471b unternimmt auch weite Wanderungen in an die Böschung angrenzendes Habitat.*

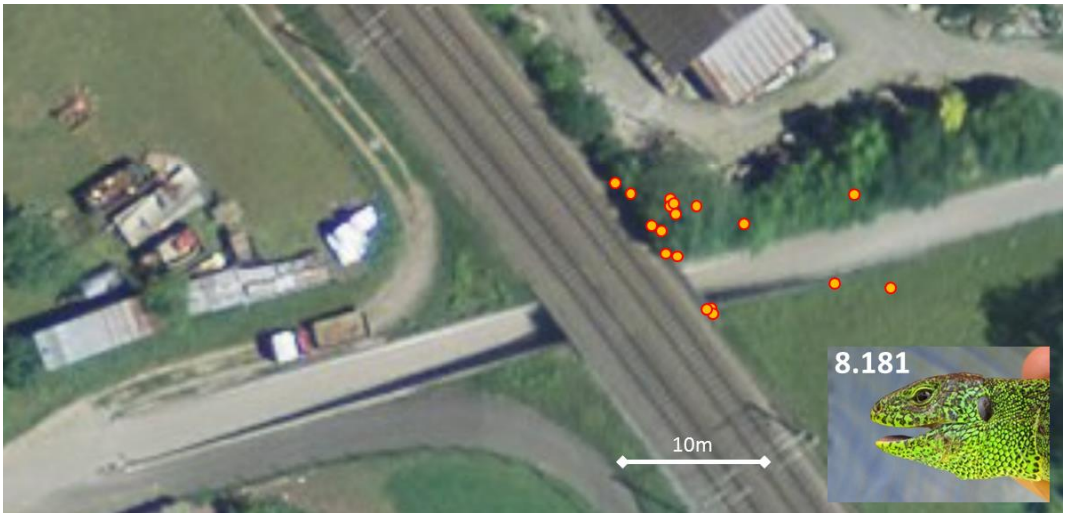

Abb. 30 *Böschung, die direkt in eine reich strukturierte Fläche mit Büschen, Bäumen, Steinplatten, Stein- und Sandhaufen übergeht. Gezeigt sind die Aufenthaltsorte des Zauneidechsenmännchens 8.181b im Zeitraum vom 08.05. - 29.05.2012. Die Aufenthaltsorte dieses Tiers liegen hauptsächlich ausserhalb der Böschung in der direkt angrenzenden Fläche der Gärtnerei. Das Tier unternimmt von der Gärtnerei aus immer wieder kleine Wanderungen zu anderen Weibchen. Am Gleisbereich ist das Tier nur abends anzutreffen, wenn die Schottersteine noch Restwärme abstrahlen.*

Auch wenn die Zahl untersuchter Tiere und Böschungen nur klein ist, bestätigen die telemetrischen Untersuchungen, worauf Reptilienexperten der KARCH hinweisen: die Übergangszone zwischen Gleisbereich und Böschungshabitat ist eine für Reptilien enorm wichtige Struktur, da sie unterschiedliche Bedürfnisse von Reptilien miteinander verbindet. Die lückige Übergangszone bietet Reptilien sehr gute Möglichkeiten zur Thermoregulatione (direkte Sonne, Halbschatten, Schatten, warme Steine). Gleichzeitig sind Reptilien innerhalb dieser Zone sehr gut geschützt und können bei Gefahr sofort in die direkt angrenzenden dichteren Bereiche der Böschung flüchten.

Insbesondere an schmalen und unstrukturierten Bahnböschungen hat der Übergangsbereich zwischen Böschungshabitat und Gleisbett / Feinkiesstreifen eine wichtige Funktion. In diesen Bereich gebaute LSWs zerstören die von Reptilien intensiv genutzten Strukturen.

5.2.2 Raumnutzung von Zauneidechsen an Autobahnböschungen

Über die Raumnutzung von Reptilien an Autobahnböschungen ist so gut wie nichts bekannt. Wie in Kapitel 4.1.6 gezeigt bieten auch Böschungen an Autobahnen Lebensraum für Reptilien. Fraglich ist, ob Reptilien auch das häufig gemähte, z.T. extrem lückige und strukturlose Habitat innerhalb des Intensivstreifens der Autobahnböschungen benutzen (**Abb. 31**). Falls ja, wäre dies beim Bau einer LSW zu berücksichtigen.

Je nach Platzierung der LSW auf einer der Autobahnböschung ist es leicht möglich, dass der Intensivstreifen vom restlichen Habitat der Böschung abgeschnitten wird. Fraglich ist, ob Reptilien dann den Intensivstreifen noch nutzen können. Es ist nur schwer vorstellbar, dass das Habitat des Intensivstreifens allein ausreicht, um einen vollwertigen Reptilienlebensraum darstellen (zu wenig Deckung, zu wenig Verstecke, zu wenig Strukturen, zu wenig Nahrungsangebot). Wenn es nicht gelingt mit Hilfe zusätzlicher Strukturen eine Lebensraumaufwertung zu erreichen, ginge bei - aus Reptiliensicht - ungünstiger Platzierung der LSW der Intensivstreifen als nutzbares Habitat verloren.

Abb. 31 *Durch regelmässigen Radikalschnitt (linke Seite) lückiges Habitat (rechte Seite) im Intensivstreifen von Autobahnböschungen.*

Direkte Untersuchungen zur Raumnutzung von Reptilien auf dem Intensivstreifen von Autobahnen sind aus Sicherheitsgründen nicht möglich. Von Kuppe mancher Autobahnböschungen aus hat man aber Einblick auf den Intensivstreifen und kann beobachten, wie Reptilien die Randzone zwischen kurz gemähtem bzw. lückigem Intensivstreifen und den benachbarten dichteren Habitaten nutzen (**Abb. 32**).

Abb. 32 *Auf der linken Seite des Zauns befindet sich der Intensivstreifen, auf der rechten Seite die der Autobahn abgewandte deutlich dichter bewachsene Seite der Böschung (Bild aufgenommen im Frühjahr).*

Um die Bedeutung des Intensivstreifens zu verstehen wurden Zauneidechsen auf einer (zugänglichen) Böschung der Autobahnzufahrt Kleinandelfingen untersucht, die einen Intensivstreifen aufweist. Auf dieser Böschung waren durch die Installation im Boden versenkter Steinhaufen zusätzliche Strukturen eingebracht worden. Bis jetzt war aber noch nicht untersucht worden, ob diese Strukturen im Intensivstreifen von den Reptilien angenommen werden.

Auf der Böschung befinden sich 16 Steinhaufen, von denen auf 14 regelmässig Zauneidechsen gefunden werden konnten (1 Paar oder mehr). Das Bild unten (**Abb. 33**) zeigt die Situation auf dem intensiver untersuchten Teil der Böschung (Zeichenerklärungen in der Abbildungslegende). Im Intensivstreifen ausserhalb der Steinhaufen lassen sich regelmässig Zauneidechsen beobachten.

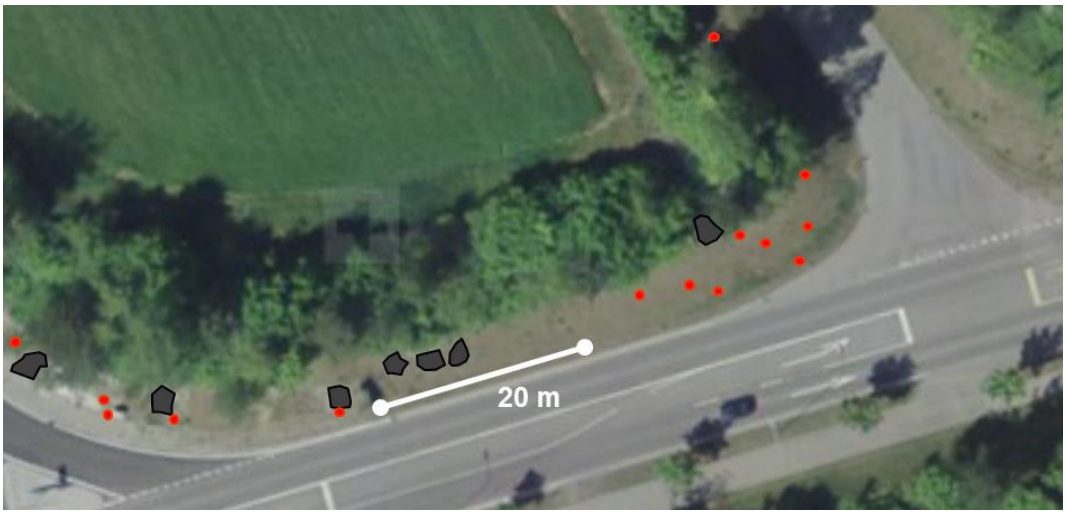

Abb. 33 *Böschung einer Autobahnzufahrt (A4) bei Kleinandelfingen. Fundorte (rote Punkte) von Zauneidechsen innerhalb des lückigen Intensivstreifens, aber ausserhalb von Steinhaufen. Steinhaufen sind in grau eingezeichnet.*

Die folgenden beiden Abbildungen (**Abb. 34** und **Abb. 35**) zeigen die Aufenthaltsorte zweier Zauneidechsenmännchen, die dieselben Steinhaufen als Verstecke benutzen. Beide Männchen sind häufig auf den Steinhaufen zu sehen, unternehmen aber auch immer wieder weite Ausflüge in den Intensivstreifen.

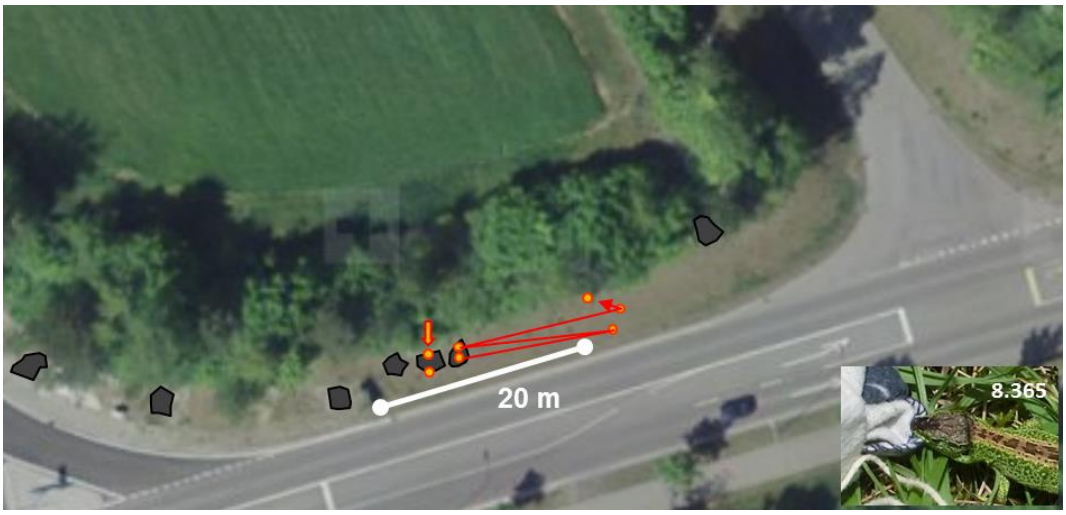

Abb. 34 *Auftenthaltsorte des Zauneidechsenmännchens 8.365 auf der Böschung der Autobahnzufahrt (A4) bei Kleinandelfingen. Der orange Pfeil zeigt den Fangort, der rote Pfeil zeigt die Reihenfolge der Fundorte. Das Tier pendelt über weite Strecken zwischen Orten im Intensivstreifen und seinem Rückzugsort, zwei nebeneinanderliegende Steinhaufen.*

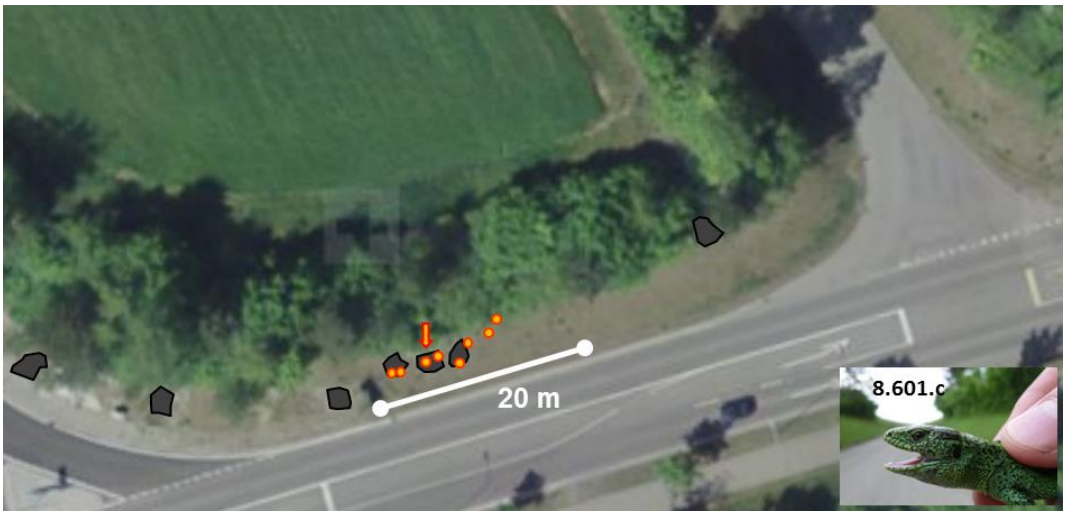

Abb. 35 *Auftenthaltsorte des Zauneidechsenmännchens 8.601.c auf der Böschung der Autobahnzufahrt (A4) bei Kleinandelfingen. Der orange Pfeil zeigt den Fangort.*

Es wurden noch 4 andere Tiere besendert und ihre Aufenthaltsorte untersucht (Ergebnisse nicht gezeigt). Bedauerlicherweise kam es nach einem heftigen Gewitterregen zu einem Totalausfall der Sender. Aber auch bei diesen Tieren zeigte sich schon zu Beginn der telemetrischen Verfolgung der Aufenthaltsorte obiges Bild: die Steinhaufen werden als Rückzugsorte verwendet von wo aus die Tiere Wanderungen in den Intensivstreifen machen.

Diese Untersuchungen zeigen zweierlei: erstens werden Intensivstreifen entlang von Autobahnen auch von Reptilien besiedelt und zweitens kann mit Hilfe von Zusatzstrukturen der Intensivstreifen für Reptilien deutlich aufgewertet werden.

Der Grünraum an Autobahnböschungen hat eine wichtige Funktion als Reptilienhabitat. Mit Hilfe von Zusatzstrukturen könnte auch der Intensivstreifen auf Autobahnböschungen für Reptilien deutlich aufgewertet werden.

5.2.3 Zusatzsstrukturen für Reptilien

Der Nutzen von Steinhaufen als reptilienfreundliche Zusatzstruktur muss nicht mehr diskutiert werden. Steinhaufen werden, zumindest in solchen Gebieten, in denen Zaun- und Mauereidechse nicht zusammen vorkommen, von der KARCH empfohlen (A. Meyer, pers. Mitteilung) und sind im Reptilienschutz schon vielfältig eingesetzt worden. Wie in Kapitel 5.2.2 gezeigt, werden Steinhaufen auch auf Autobahnböschungen angenommen und werten einen strukturarmen Lebensraum stark auf.

Wie in ***Tab. 3*** (Kapitel 3.2.2) aufgeführt, existieren SBB Merkblätter, die beschreiben, welche Zusatzstrukturen im Bereich von Bahnlinien für die Förderung geeignet sein sollen. Wenn Zusatzstrukturen für Reptilien geeignete Zusatzfunktionen erfüllen sollen, müssen sie:

- als Versteck geeignet sein
- gute Thermoregulationseigenschaften besitzen, und
- frostsicher eingebaut sein, um Winterquartiere anzubieten.

In dieser Studie wurden insgesamt 29 LSW-Bahnböschungen (mit integrierten Gabionen) besichtigt und auf Zusatzstrukturen hin abgesucht. Es kommen fast ausschliesslich in die LSW integrierte Steinkörbe als einzige Zusatzstrukturen vor. An 3 LSWs zweier Standorte (Opfikon, Rothenburg) waren zusätzlich zu den eingebauten Steinkörben auch Steinlinsen in die Böschung integriert.

Obwohl ein grosses Angebot möglicher Förderungsmassnahmen für die SBB beschrieben ist (***Tab. 2***), beschränkt sich an Bahnlinien der Einsatz von Zusatzstrukturen auf in die LSW integrierte Gabionen.

Die Eignung von in die LSW integrierten Gabionen als reptilienfördernde Zusatzstrukturen ist bis jetzt noch nicht überprüft worden und wird in den folgendne Kapiteln untersucht.

5.2.4 Eignung von Gabionen als Versteck

An 9 verschiedenen LSWs (5 Standorte, siehe ***Tab. 4***) wurden zwischen Anfang Mai und Mitte Juni 2012 (Nänikon in 2013) 44 Gabionen einmal nach Zauneidechsen abgesucht. Insgesamt konnte nur an 2 LSWs (Opfikon, Nänikon ZH) mit (extra für Reptilien) eingebauten Gabionen überhaupt Zauneidechsen gefunden werden. Das ist insofern verwunderlich, als dass sich an vergleichbaren Böschungen in der Nähe bzw. an den direkt an die LSW angrenzenden Böschungen sehr schnell Zauneidechsen finden lassen konnten. An den beiden LSW-Standorten Opfikon und Nänikon wurden die Kartierungen der Gabionen weitergeführt.

Tab. 4 *Zauneidechsenvorkommen an LSW-Standorte (Bahnlinien) mit eingebauten Gabionen. ZE = Zauneidechsenvorkommen entsprechend eigener Kartierung 2011, 2012, 2013. * Vorkommen aus 2011 durch Überbauung ausgelöscht, [&]Vorkommen an Gabione und Steinlinse*

Standort	Anzahl LSWs	ZE-Funde an LSWs	Kleinstrukturen
Bülach	1	nein*	Gabionen-LSW
Nänikon	1	ja	Gabionen
Oerlikon	1	nein	Gabionen
Opfikon	2	ja[&] / nein	Gabionen, Steinlinsen
Rothenburg	4	nein / nein / nein / nein	Gabionen

Auf der LSW-Böschung in Nänikon (8 Kartierungen) konnten zwar Tiere gefunden werden, allerdings nicht in LSW-Nähe, was mit Sicherheit darauf zurückzuführen ist, dass in unmittelbarer Nähe der LSW noch kein Habitat nachgewachsen war (**Abb. 36**).

Abb. 36 *LSW in Nänikon ein Jahr nach dem Bau. Die eingebauten Gabionen sind noch nicht in das Böschungshabitat integriert. Der Schatten auf der abgebildeten Seite der LSW verschwindet kurz nach Sonnenaufgang.*

An der LSW-Böschung in Opfikon wurden alle 10 Gabionen 5 mal nach Zauneidechsen abgesucht. Auf der LSW-Böschung in Opfikon kommen Zauneidechsen aber nicht gleichmässig verteilt, sondern nur punktuell vor und zwar dort, wo verwilderte Gärten an die Böschung angrenzen. Die 3 Gabionen in diesen Böschungsbereichen wurden (im Rahmen anderer Feldarbeiten) zusätzlich noch 8 mal auf Zauneidechsenvorkommen hin kontrolliert. Trotzdem konnte nur an einer einzigen Gabione eine Zauneidechse beobachtet werden, die sich in der Gabione aufhielt (Opfikon ZH, siehe **Abb. 37**).

Abb. 37 *Subadulte Zauneidechse versteckt sich in einer Gabione.*

Zusätzlich zu den Gabionen sind in Opfikon vor der LSW in regelmässigen Abständen Steinlinsen in die Böschung integriert worden. Auf zwei dieser Steinlinsen konnten jeweils eine juvenile und eine adulte Zauneidechse gefunden werden. Wie in Nänikon ist auch in Opfikon das Habitat vor der LSW noch recht steinig und sehr karg bewachsen. Gabionen und das von den Zauneidechsen benutzte Habitat liegen noch nicht in unmittelbarer Nachbarschaft. Das könnte, wie schon in Nänikon vermutet, dazu geführt haben, dass Gabionen von den Zauneidechsen noch nicht regelmässig benutzt werden.

Der geringe Nachweiserfolg von Zauneidechsen an Gabionen bzw. generell an Böschungen mit Gabionen-LSWs ist möglicherweise eine Folge des erst vor kurzer Zeit (ab 2008) erfolgten LSW-Baus an diesen Standorten (siehe dazu die mit dem LSW-Bau einhergehenden Probleme für Reptilien in Kapitel 5.3.1) und nicht direkt ein Nachweis für die Untauglichkeit von Gabionen als Versteck.

Während des Translokationsexperiments in Nänikon konnte z.B. beobachtete werden, wie eine von einem vorbeifahrenden Zug erschreckte Zauneidechse vom Gleis weg flüchtete und sich in der Gabione versteckte (siehe Kapitel 4.1.4). Somit eignen sich Gabionen sicher als Verstecke. Voraussetzung ist aber, dass sie bestimmten Bedingungen entsprechen. In Bülach oder Effretikon, beispielsweise, wurden ganze LSWs aus Gabionen gebaut. Allerdings sind Maschenweite und Korngrösse der verwendeten Gaboinen so klein, dass sie von Reptilien nicht benutzt werden können.

Allerdings konnte auch nur auf zwei Böschungen, an denen LSWs mit integrierten Gabionen gebaut wurden, überhaupt Zauneidechsen gefunden werden (Opfikon, Nänikon ZH).

Gabionen können Reptilien als Versteck dienen.

5.2.5 Eignung als Thermoregulationsstruktur

Damit Zusatztstrukturen für Reptilien zur Thermoregulation benutzt werden können, müssen sie aus Material bestehen und so gebaut sein, dass sie sich schnell erwärmen. Insbesondere im Frühjahr profitieren Reptilien von wärmenden Strukturen, da sie sie so weniger Zeit für Oogenese bzw. Spermatogenese benötigen. Schon die ersten Eindrücke (mit der Hand fühlen) haben die Vermutung aufkommen lassen, dass Gabionen im Vergleich zu anderen Umgebungsstrukturen eher kühl sind. Stichprobenartige vergleichende Temperaturmessungen (***Tab. 5***) an einer Gabionen-LSW in Opfikon bestätigten diesen Eindruck: bei allen Messungen war es im Inneren der Gabione bzw. auf den von der Sonne beschienenen Steinen der Gabione immer deutlich kühler, als im beschattetem bzw. besonntem Böschungshabitat in der Umgebung der Gabione.

Tab. 5 *Temperaturvergleich zwischen Gabionen-Steinlinsen-Paaren in Opfikon*

Struktur	**aussen (besonnt)**	**innen (beschattet)**
Gabione 1	34.5 °C	18.8 °C
Steinlinse 1	36.3 °C	22.1 °C
Gabione 2	30.0 °C	11.2 °C
Steinlinse 2	34.8 °C	22.7 °C

Um einen genauen Vergleich der Temperaturen von normalem von Zauneidechsen benutztem Habitat, Gabionen und Steinhaufen erstellen zu können, wurde ein Experiment mit Dataloggern gemacht.

Für den Temperaturvergleich wurden oben erwähnte drei Strukturen ausgewählt: (i) Böschungshabitat, (ii) Gabione (iii) Steinhaufen. An jeder Struktur wurden zwei Data-Logger installiert, jeweils einer in der Sonne und einer im Schatten (auf dem Boden unter der Deckschicht, in der Gabione, im Steinhaufen). Die drei Strukturen wurden so gewählt, dass sie auf der Böschung in unmittelbarer Nähe lagen.

Versuchsweise wurde dieses Experiment schon im Sommer 2012 über einen Zeitraum von 35 Tagen (07.07.-12.08.2012, Messung alle 15 min) durchgeführt. Gemessen wurde die Temperatur an zwei Gabionen/Steinhaufen-Paaren. Die Temperaturmittelwerte für den in der Sonne positionierten Logger waren auf den beiden Steinhaufen um 1.2 bzw. 1.6°C höher, als die der zugehörigen Gabionen. Die Temperaturmittelwerte der Schatten-Logger waren ebenfalls höher (1.4 bzw. 1.1°C).

Im Hochsommer haben wärmende Strukturen sicherlich keine so grosse Bedeutung wie im Frühjar, immerhin sind schon die Nächte im Sommer normalerweise recht warm. In der Tageshitze verstecken sich Zaunedechsen vor der Sonne. Das Loggerexperiment sollte deshalb im Frühjahr 2013 an drei Standorten wiederholt werden. Leider wurde während des Experiments die Logger von Unbekannten entfernt. Doch schon die ersten Messungen deuten darauf hin, dass in LSWs eingebaute Gabionen als Thermoregulationsstrukturen nicht dasselbe Potential besitzen wie beispielsweise Steinhaufen.

Werden Gabionen ausserdem nicht gepflegt, wie beispielsweise in der Abbildung unten (**Abb. 38**) zu sehen ist, verlieren sie ihre Funktion als Thermoregulationsstruktur vollständig.

Abb. 38 *Ungepflegte, zugewachsene Gabione an einer LSW in Opfikon (Die Gabione ist nicht mehr zu erkennen).*

Um als Thermoregulationsstruktur zu funktionieren sind Gabionen in der herkömmlichen Bauweise wahrscheinlich nicht attraktiv. Die Gabionen erwärmen sich nicht schnell genug, wahrscheinlich auch, weil sie immer nur einseitig von der Sonne beschienen werden. Für eine bessere Sonnenexposition könnten Glaselemente sorgen, die anstelle der eingehängten Betonwand über der Gabione platziert werden. Dies wäre allerdings erst noch zu überprüfen. Möglicherweise hätten Glaselemente aber noch einen anderen Vorteil: ihre Durchsichtigkeit könnte bewirken, dass Reptilien die Gabione eher als Durchlass benutzen, da das Galselement eine visuelle Orientierung zur gegenüberliebenden Böschungsseite ermöglichen könnte.

Gabionen in der heute verwendeten Form eignen sich wahrscheinlich nur bedingt zur Thermoregulation. Gegenüber Gabionen sind Steinlinsen/ Steinhaufen vorzuziehen. Gabionen ohne Pflege haben keinerlei Funktion als Thermoregulationsstruktur.

5.2.6 Eignung als Winterquartier

Damit sich Reptilien im Winter vor der Kälte schützen können benötigen sie trockene und frostfreie Winterquartiere. Damit eine Zusatzstruktur trocken und frostsicher ist, muss sie in einen Kieskoffer eingebettet mindestens 60 cm tief im boden versenkt werden.

Wie in **Abb. 39** dargestellt, werden Gabionen in LSWs nicht in die Erde eingelassen, sondern auf eine Betonunterlage gestellt. In LSWs eingebaute Gabionen dieser Bauweise können für Reptilien keine Funktion als Winterquartier anbieten.

Abb. 39 *Eine Gabione wird in die LSW integriert. Die Aufstellfläche der Gabione wird dafür betoniert.*

Gabionen in der heute verwendeten Form mit betoniertem Untergrund können ihre Eigenschaften als Winterquartier für Reptilien nicht erfüllen.

5.2.7 Beschattung

Die Qualität des Reptilienhabitats wird durch Beschattung stark vermindert. Beschattung des Habitats schränkt die für Reptilien wichtige Temperaturregulation stark ein. Möglicherweise hat Beschattung auch negative Effekte auf die Fitness und Zahl der Nachkommen [4].

Aus verschiedenen Gründen werden LSWs meistens nicht aus durchsichtigem Material gebaut, was für Reptilien aber enorme Vorteile brächte. Unter diesen Umständen kann einer Beschattung nur durch eine möglichst günstige Positionierung auf der Böschung entgegengewirkt werden.

5.2.8 Empfehlungen für eine Vermeidung von Habitatqualitätsverlusten durch LSWs

(11b) Beim Bau von LSWs sollte die LSW, wenn möglich, soweit vom Gleis entfernt platziert werden, dass die Übergangszone zwischen Gleisbereich und Böschung erhalten bleibt. (**nur Bahnlinien**).

(11s) Beim Bau von LSWs sollte die Strassenböschung, und bei Autobahnen auch der Intensivstreifen, als potentieller Reptilienlebensraum berücksichtigt und mit der Anlage von Zusatzstrukturen (im Boden versenkte Steinlinsen) aufgewertet werden. (**nur Strassen**).

(12) Für das Wandelement über den in die LSW integrierten Gabionen könnte als Material Glas statt Beton gewählt werden. Dadurch würde eine zusätzliche Besonnung der Gabionen erreicht werden, was ihren Nutzen als Durchlass und Zusatzstruktur für Reptilien möglicherweise stark begünstigt.

(13) Alle Zusatzstrukturen, wenn möglich auch in LSWs integrierte Gabionen, sollten frostsicher gebaut sein, damit sie eine Funktion als Winterquartier für Reptilien erfüllen können.

(14) Gabionen müssen gepflegt sein, damit sie neben der Vernetztungsfunktion auch als Versteck oder Thermoregualtionsstruktur herhalten können. Nur so kann ihre Attraktivität im Sinne einer möglichst häufigen Nutzung durch Reptilien gesteigert werden (Der Inhalt dieser Empfehlung deckt sich mit Empfehlung Nr.9 zur Erhaltung der Gabionenfunktion für die Längsvernetzung.)

5.3 Verringerung der Populationsgrösse während des Baus von LSWs

5.3.1 Direkte Auswirkungen des LSW-Baus

Den, zumindest kurz bis mittelfristig, grössten Einfluss auf die Populationsgrösse hat wohl der Bau der LSW an sich. Die folgenden Abbildungen dokumentieren, was beim Bau einer LSW an Bahnlinien passiert.

Abb. 40 *Bahnstrecke bei Gelterkinden (BL). Auf der unten liegenden Böschungsseite wird eine LSW gebaut. Die ehemalige Böschung ist komplett zerstört.*

In **Abb. 40** sieht man den Bau einer LSW an einer zweispurigen Bahnstrecke. Die von Reptilien bewohnte Böschung wurde zu einer temporären Zufahrtstrasse für die Anlieferung der benötigten Materialien ausgebaut. Das Reptilienhabitat ist komplett verlorengegangen. In diesem Fall hatten die Tiere keine Chance dem Baubetrieb zu entkommen, da als Ausweichhabitat nur gepflegte Gärten ohne reptilienfreundliche Strukturen oder asphaltierte Flächen zur Verfügung standen. Ein Entkommen von der Baustelle war spätestens nach dem Errichten der Absperrung nicht mehr möglich.

Abb. 41 zeigt den weiteren Verlauf des LSW-Baus. Die in der Abbildung unten liegende Böschung ist wieder aufgeschüttet und wird mittlerweile auch von Pflanzen wiederbesiedelt. Die im Bild oben liegende Böschung wird für den LSW-Bau vorbereitet (Anschüttung der Zufahrt).

In **Abb. 42** sieht man den heutigen Zustand nach dem Bau der LSWs auf beiden Böschungsseiten. Beide Böschungen sind wieder begrünt, doch bis die Lebensgemeinschaften wiederhergestellt sind, wird es viel Zeit brauchen.

Abb. 41 *Bahnstrecke bei Gelterkinden (BL). Für den Bau der LSW auf der oben liegenden Böschungsseite wurde eine Zufahrt aufgeschüttet. Die Böschung wird im Zuge des Baus komplett zerstört werden.*

Abb. 42 *Bahnstrecke bei Gelterkinden (BL). Die Böschungen nach dem Bau. Im Bild ist der durch die LSW verursachte Schatten auf der oberen Böschungsseite gut zu erkennen.*

An diesem Beispiel zeigt sich auch, wie wichtig eine funktionierende Längsvernetzung (Kapitel 4.2) für die Erhaltung der Reptilienlebensräume ist. Falls alle Zauneidechsen auf der Böschung durch den Bau getötet wurden, kann eine neue Zauneidechsenpopulation nur durch Einwanderung wieder aufgebaut werden. Je länger die gebaute LSW und damit die durch den Bau betroffene Strecke, desto schwieriger und langwieriger gestaltet sich der Wiederbesiedlungsprozess.

Abb. 43 *LSW im Bau bei Nänikon (ZH). Die ehemalige Böschung ist umgebraben und komplett zerstört.*

Wie in **Abb. 43** nocheinmal im Detail zu sehen ist, wird der Reptilienlebensraum einer Böschung beim Bau von LSWs normalerweise komplett zerstört.

Für auf der Böschung lebende Tiere gibt es nur zwei Möglichkeiten sich zu verhalten: (i) sie flüchten vor der Störung durch die Baumaschinen oder (ii) sie verstecken sich vor der drohenden Gefahr in ihren Löchern.

Im ersten Fall müssten die Tiere abwandern und ein Ausweichhabitat finden. Ausweichhabitate existieren an Böschungen entlang von Verkehrswegen aber nicht unbedingt. Dann bliebe nur noch die mögliche Flucht über die Bahngleise auf die andere Böschungsseite (siehe Kapitel 4.1.1), sofern die LSW nicht auf beiden Böschungen erstellt wird.

Im zweiten Fall werden wohl die allermeisten Tiere sterben, da der Boden während der Bauzeit verdichtet wird und die Tiere erdrückt bzw. in ihren Verstecken eingeschlossen werden. Auch wenn nach dem Bau der LSW das Reptilienhabitat mit der Zeit komplett wiederhergestellt sein wird, würde der LSW-Bau zu einer direkten Reduzierung der Populationsgrösse führen.

5.3.2 Experiment: Lassen sich Reptilien aus dem Baubereich vergraulen?

Störung und Habitatentwertung (wie es bei der Installation einer Baustelle erfolgt) könnten möglicherweise dazu führen, dass Tiere ihren Aufenthaltsraum aus den gestörten Bereichen in benachbarte ungestörte Bereiche der Böschung verlegen oder über die Bahngleise auf die andere Böschungsseite abwandern. Dadurch liesse sich der Verlust von Tieren bzw. der Schaden an der Population möglicherweise verringern.

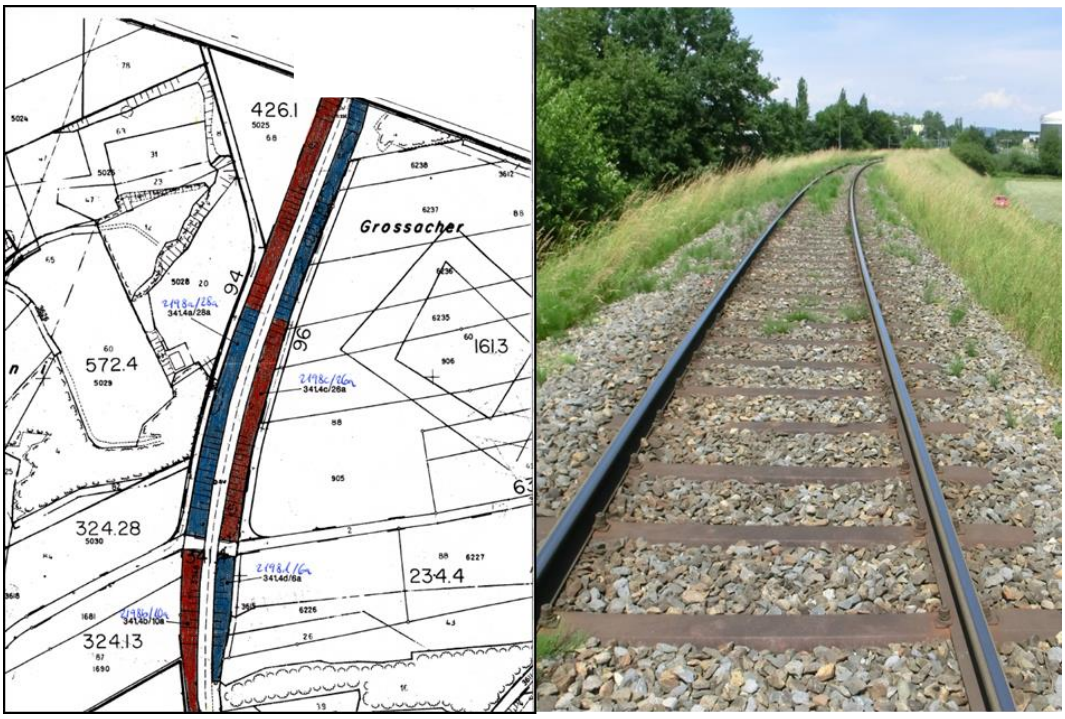

Abb. 44 *Der linke Teil der Abbildung zeigt in rot (kein Schnitt) und blau (Schnitt) die Abschnitte der Böschung (Abbildung rechts), die zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemäht wurden. Für das Experiment wurden die genauen Grenzen der Abschnitte an die Versuchsbedingungen angepasst.*

Um das Verhalten der Tiere bei Störungen, wie sei bei Bauvorbereitungen auftreten, zu dokumentieren, wurde ein Experiment durchgeführt, in dem Zauneidechsen auf einer Bahnböschung starker Störung ausgesetzt und ihre genutzten Habitate gezielt entwertet wurden. Das Experiment wurde an einem Bahndamm im Naturschutzgebiet Mettmenhaslisee durchgeführt (siehe **Abb. 44**; Bewilligungs Nr. 13031, Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Naturschutz, Kanton Zürich).

Die untersuchte Bahnböschung im Naturschutzgebiet Mettmenhaslisee war für ein Störungsexperiment besonders geeignet, da

- genügend Tiere vorkommen, die innerhalb eines kleinen Gebiets untersucht werden können
- auf der Bahnböschung genügend Ausweichhabitate vorkommen, in die Tiere abwandern/flüchten könnten
- den Tieren die Möglichkeit auf die andere Seite der Bahngleise zu flüchten durch ein einspuriges Gleistrasse erleichtert wird
- während des Untersuchungszeitraums ein alternierender Schnitt der Böschung stattfand, der den Tieren die Möglichkeit gab, von gestörtem Habitat (Schnitt) in ungestörtes Habitat (kein Schnitt bzw. liegengelassenes Schnittgut) zu wechseln (**Abb. 44**)

Bestimmen der Aufenthaltsorte vor der Störung

Um dokumentieren zu können, ob Tiere nach einem Störungsereignis in ungestörte Böschungsteile auswandern, wurden sieben 5 - 6 Tage vor der Störung Zauneidechsen gefangen (ein Tier 1 Tag vor der Störung) und mit Telemetriesendern versehen. Zwei Eidechsen verloren ihren Sender allerdings schon vor der Störung. Die Aufenthaltsorte der anderen Tiere wurden an drei Tagen dokumentiert (durchschnittlich 6.4 Kontrollen der Aufenthaltsorte), um die Bereiche zu ermitteln, wo die Störung erfolgen sollte.

Störung und Habitatentwertung

Die Störung der Tiere erfolgte durch radikalen Kurzschnitt und das gründliche Entfernen des Schnittguts und anderen aufliegenden Materials mit einer Harke. So blieben im bearbeiteten Teil der Böschung für die Tiere ausser den Löchern im Boden keine Versteckmöglichkeiten (siehe dazu **Abb. 45**, **Abb. 46** und **Abb. 47**). Durch das Entfernen des Schnittguts wurde wahrscheinlich auch das Nahrungsangebot der Tiere eingeschränkt.

Abb. 45 *Böschung vor dem Schnitt.*

Die Kombination von Kurzschnitt und Habitatentwertung, wie in diesem Experiment, liesse sich ohne grossen Aufwand im Rahmen der Vorbereitung einer Baustelle erreichen.

Abb. 46 *Entwertete Böschung nach dem Schnitt.*

Abb. 47 *Geschnittener Böschungsteil. Zwei Drittel der rechten Hälfte wurde mit einer Harke abgeräumt.*

Während des Schnitts wurden die Bewegungen einzelner besenderter Tiere per Telemetriepeilungen verfolgt. Nur ein einziges Tier flüchtete vor dem Balkenmäher über eine längere Strecke (10 m) und versteckte sich dann an einer bestimmten Stelle. Keines der besenderten Tiere wurde durch den Balkenmäher verletzt. Beim Abräumen des Schnittguts wurde eine durch den Mäher halbierte noch lebende Blindschleiche gefunden.

Vergleich von Aufenthaltsorten vor und nach der Störung

Die Aufenthaltsorte aller besenderten Tiere wurden nach der Störung solange weiterverfolgt (die folgenden Abbildungen **Abb. 48** und **Abb. 49** zeigen beispielhaft die Aufenthaltsorte zweier Tiere), bis sich die Telemetriesenderbefestigung gelöst hatte und alle Tiere ihren Sender verloren hatten (spätestens 4 Tage nach der Störung). Alle verlorenen Sender wurden wiedergefunden und eingesammelt. Die Fundstelle wurde als letzter bekannter Aufenthaltsort des betreffenden Tieres gewertet.

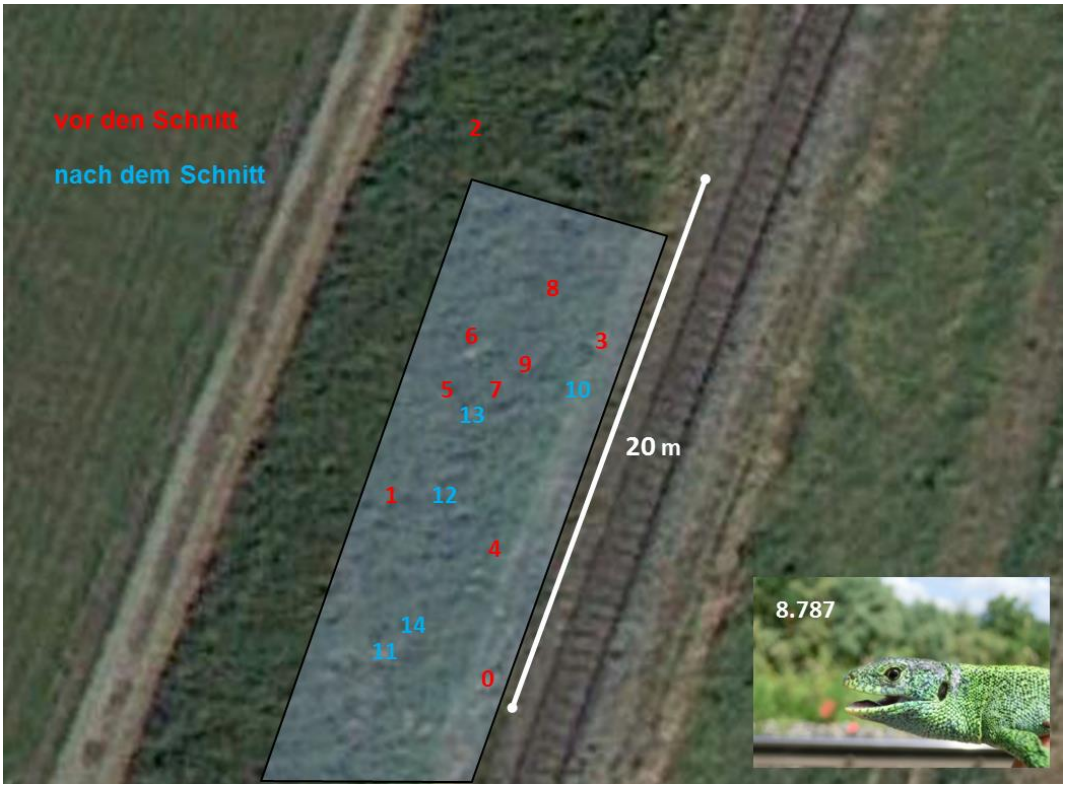

Abb. 48 *Die Abbildung zeigt die Bahnböschung auf der das telemetrierte Tier 8.787 lebt. Der blassblaue Teil der Böschung entspricht dem gestörten Böschungsbereich. Rote Zahlen zeigen die gepeilten Aufenthaltsorte vor der Störung, blaue Zahlen zeigen die Aufenthaltsorte nach der Störung.*

Das natürliche Verhalten z.B. bei anthropogenen Störungen stimmt mit dem beobachteten Verhalten der Tiere während des Experiments überein: Tiere, die einer Störung ausgesetzt werden, verlassen ihre Territorien bzw. genutzten Lebensräume nicht, sondern ziehen sich vor der Störung in ihre Verstecke zurück. Auch eine Habitatentwertung durch Schnitt und gründlichem Abräumen des Schnittguts führte nicht dazu, dass die Tiere in benachbarte Lebensräume, die ja i.d.R. von anderen Tieren und damit Konkurrenten besetzt sind, einwandern.

Unter den beobachteten Tiere gab es eine Ausnahme: ein Weibchen begann mit einer Wanderung längs zur Böschung durch die gestörten Bereiche, und verliess dann die Böschung, überquerte den Feldweg und wanderte durch eine Wiese des Naturschutzgebietes. Dort wurde der Sender abgehäutet und die Bewegungen des Weibchens konnten nicht weiter verfolgt werden. Diese Wanderung über mehr als 60 m muss aber nicht unbedingt als direkte Reaktion auf die Störung zu sehen sein. Das Weibchen begann seine Wanderung erst zwei Tage nach der Störung und verhielt sich in dieser Zeit genauso, wie alle anderen Tiere.

Solche Wanderungen aus dem eigenen Territorium heraus sind aber auch von anderen Tieren bekannt, die nicht explizit gestört wurden (siehe zum Beispiel die Wanderungen von 471c (**Abb. 29**) oder 8.181 (**Abb. 30**) in angrenzende Wiesen). Hätte die Störung dieses Weibchen wirklich zum Abwandern gezwungen, hätte man wohl auch von anderen Tieren ein Abwanderungsverhalten beobachten können.

Abb. 49 *Die Abbildung zeigt die Bahnböschung auf der das telemetrierte Tier 8.079 lebt. Der blassblaue Teil der Böschung entspricht dem gestörten Böschungsbereich. Rote Zahlen zeigen die gepeilten Aufenthaltsorte vor der Störung, blaue Zahlen zeigen die Aufenthaltsorte nach der Störung.*

Störungen, wie sie beim Bau von LSWs entstehen, führen somit wohl nicht zu einer Abwanderung oder Flucht von Tieren aus dem Baustellenbereich. Im Umkehrschluss bedeutet das aber, dass beim LSW-Bau die meisten, wenn nicht alle Tiere im Bereich der Baustelle umkommen.

Eine Wiederbesiedlung nach erfolgtem LSW-Bau aus angrenzenden Böschungslebensräumen kann nur unter bestimmten Bedingungen erfolgen. Einerseits müssen dafür Längs- und Quervernetzung funktionieren (siehe Kapitel 4). Andererseits müssen die Lebensräume, von denen aus Wiederbesiedlung erfolgen soll so gut sein, dass von dort Tiere auf der Suche nach neuem Lebensraum abwandern. Davon kann aber nicht so ohne weiteres ausgegangen werden, schliesslich handelt es sich bei

Böschungen nur um Sekundärlebensräume, die besiedelt wurden, weil die von Reptilien besiedelten Primärlebensräume weitgehend zerstört wurden (siehe Kapitel 2.1).

Der Verlust von Reptilien beim Bau einer LSW könnte dadurch vermindert werden, dass an den Bauperimeter angrenzende Habitate so aufgewertet werden, dass sie für Reptilien attraktiv sind. Im Laufe der Zeit werden solche aufgewerteten Habitate von Reptilien vermehrt besiedelt werden. Von diesen Rückzugsräumen aus kann die Böschung nach dem Bau der LSW dann wiederbesiedelt werden.

Voraussetzung ist allerdings, dass solche Rückzugsräume ausserhalb des Bauperimeters frühzeitig, dh. mindestens 3 Jahre vor dem eigentlichen Bau geschaffen werden. Es wäre auch möglich einen Teil der Population zu retten, indem Tiere in neu geschaffene Rückzugsräume umgesiedelt werden, von denen aus nach dem Bau der LSW eine Wiederbesiedlung der LSW-Böschung erfolgen kann.

Der Bau einer LSW verringert die Grösse lokaler Reptilienpopulationen ganz erheblich. Wahrscheinlich ist die lokale Population nach dem LSW-Bau ausgestorben. Eine Wiederbesiedlung der bebauten Böschung ist nur durch eine funktionierende Vernetzung möglich.

5.3.3 Empfehlungen für eine reptilienfreundlichere Durchführung des LSW-Baus

(15) Vor dem Bau von LSWs sollten direkt angrenzend an die Böschung, doch ausserhalb des Bauperimeters, Rückzugsräume für Reptilien gefunden oder neu geschaffen und durch das Anlegen von Zusatzstrukturen aufgewertet werden. Die Neuschaffung von Rückzugsräumen muss dabei so frühzeitig erfolgen, dass sich, noch vor dem baulichen Eingriff, für Reptilien ausreichend gute Lebensraumverhältnisse entwickeln können.

(16) Sollte keine natürliche Besiedlung der angelegten Rückzugsräume erfolgen, muss eine Umsiedlung eines Teils der Population in diese Rückzugsräume erfolgen. Von dort aus kann dann die Böschung nach dem LSW-Bau wiederbesiedelt werden.

6 Empfehlungen für reptilienfreundlichere Projektierung und Bau von LSWs an Bahnlinien und Strassen

6.1 Grundsätzliches

Wie oben schon erwähnt (Kapitel 2.4) entspricht die Auftrennung in die einzelnen Kapitel nicht unbedingt einer natürlichen Abgrenzung der einzelnen Faktoren, die auf das Langzeitüberleben von Reptilienpopulationen wirken, da die einzelne Faktoren oftmals direkt miteinander verknüpft sind. Eine anthropogene Veränderung der Situation beeinflusst das Langzeitüberleben der Reptilienpopulationen also nicht über einen bestimmten Faktor, sondern über mehrere Faktoren gleichzeitig. So kann sich ein anthropogener Eingriff auf mehrere Faktoren ungünstig auswirken. Umgekehrt kann eine Empfehlung für eine reptilienfreundlichere Bauweise einer LSW sich günstig bezüglich mehrerer Faktoren auswirken.

Beispiel:

Eine für Reptilien ungünstige Platzierung der LSW auf einer Böschung kann sowohl Habitatverlust (siehe Kapitel 5.1.1) als auch die Zerstörung der Längsvernetzung zur Folge haben (siehe Kapitel 4.2.3). Gleichzeitig kann durch den Verlust wichtiger Strukturen die Habitatqualität reduziert (siehe Kapitel 5.2.1) und durch die Barrierewirkung der LSW die Quervernetzung auf einer Böschung zerstört worden sein (siehe Kapitel 4.1.3).

Umgekehrt würde die Empfehlung einer reptilienfreundlichen Platzierung der LSW in obigem Beispiel den negativen Einfluss der LSW auf alle vier untersuchten Faktoren (Quervernetzung, Längsvernetzung, Habitatverlust, Habitatqualitätsverlust) reduzieren.

Es ist also nicht verwunderlich, dass sich die Inhalte der in den einzelnen Kapiteln dieser Studie abgeleiteten Empfehlungen für einen reptilienfreundlicheren Bau von LSWs teilweise überschneiden.

Im folgenden Kapitel (6.2) werden alle sich aus den Forschungsergebnissen der vorliegenden Studie abgeleiteten Empfehlungen noch einmal aufgelistet.

Damit die Empfehlungen wirksam und praktikabel in die Planung von LSWs einfliessen können, werden sie in das Normenwerk des Schweizerischen Verband der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS) integriert. Die aus Sicht des Reptilienschutzes formulierten Empfehlungen wurden dafür im Rahmen der Erstellung von Textbausteinen für die VSS-Normen nocheinmal überarbeitet (***Tab. 6***). Sich inhaltlich über-schneidende Empfehlungen aus verschiedenen Kapiteln wurden zusammengefasst. Die Überarbeitung ist das Resultat der verschiedenen Anregungen und Vorschläge aus der begleitenden Expertenkomission. Zusätzlich wurden die Textbausteine für die VSS-Normen um erklärende Anmerkungen und Hinweise auf bestehende Normen ergänzt. Die Textbausteine können in das VSS-Normenwerk zum Thema Lärmschutz integriert werden (**Abb. 50**).

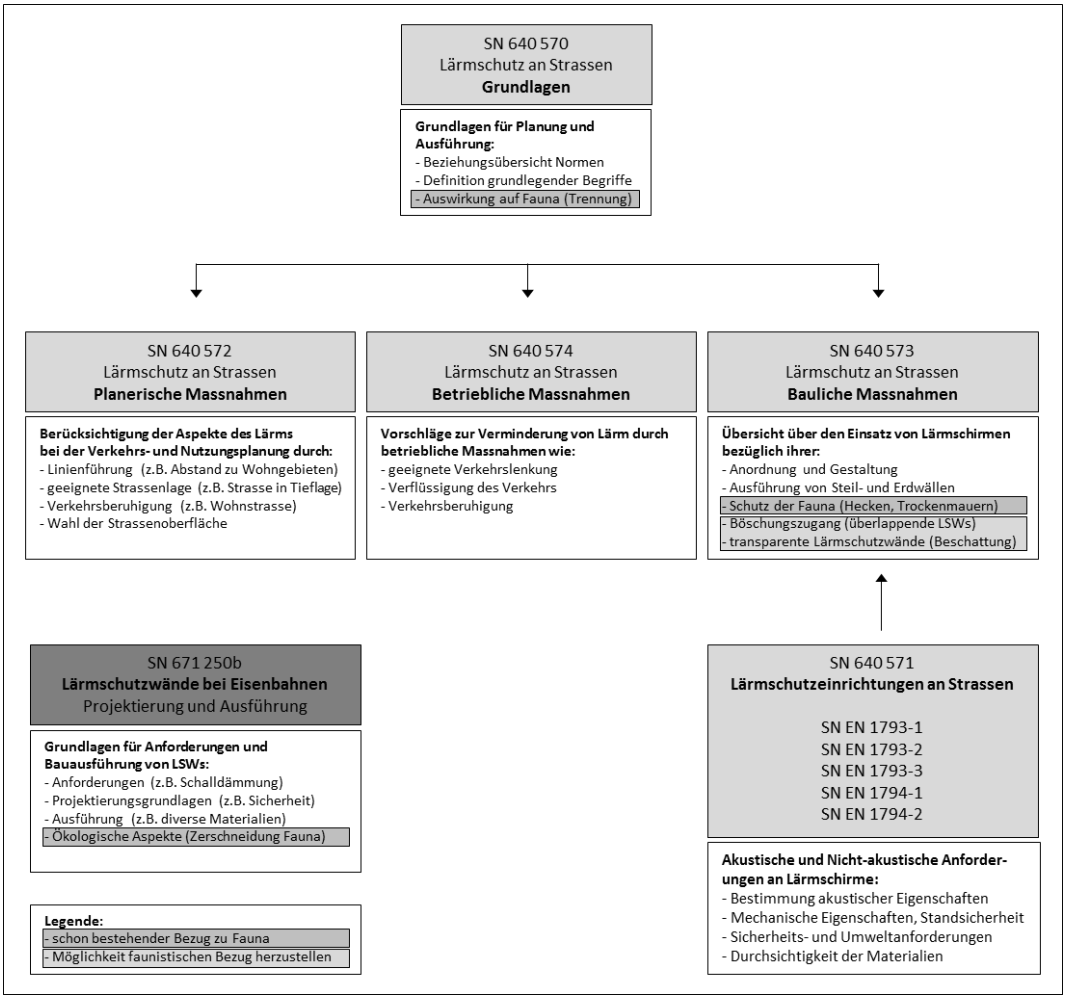

Abb. 50 *Das VSS-Normenwerk bezüglich Lärmschutz an Strassen und Eisenbahnen: obige Normen sind für die Planung, Bau und Unterhalt von LSWs relevant.*

6.2 Zusammenfassung der Empfehlungen

Verbesserung der Quervernetzung (siehe Kapitel 4.1)

(1) Zur Förderung der Vernetzung in Querrichtung zur Bahnlinie sind an Böschungen, auf denen Reptilien leben, Gabionen über die gesamte Länge der LSW in die LSW zu integrieren.

(2) Wo Gabionen eingebaut werden, ist eine Gabionen-Ausführungsvariante zu bevorzugen, die eine möglichst gute Quervernetzung bewirkt (z.B. Ausführungsvariante C anstatt A, siehe Kapitel 4.1.4).

(3) Sofern die Platzverhältnisse es zulassen, sollte zusätzlich eine Öffnung der LSW durch überlappende LSW-Elemente geschaffen werden.

(4) Kleine Spalten und Lücken, wie sie durch Passungenauigkeiten zwischen eingebauten Gabionen und der LSW oder durch eine unperfekte Verfüllung von Gabionen entstehen, bilden für Reptilien wichtige visuelle Wegweiser für das Durchqueren einer Gabione. Sie sollten möglichst nicht mit Steinen verstopft werden.

Verbesserung der Längsvernetzung (siehe Kapitel 4.2)

(5) Reptilien-/Vernetzungs-Experten sollten schon in frühe Planungsprozesse einbezogen werden, um eine möglichst reptilienfreundliche Platzierung der LSW auf der Böschung zu erreichen. Die Platzierung der LSW auf der Böschung ist entscheidend, um Sackgassenbildung und Fehlleitungen von Reptilien in den LSW-Korridor zu verhindern und Habitatverluste zu minimieren.

(6) Lässt sich Sackgassenbildung oder Fehlleitung nicht verhindern, so ist mit dem Einbau von Durchlässen in die LSW an den entsprechenden Stellen (Öffnungen durch überlappende LSW-Elemente oder Gabionen) für zusätzliche Ausstiege aus Sackgassen und entlang von LSW-Korridoren zu sorgen.

(7) Für wandernde Reptilien sind entlang von LSW-Korridoren Versteckmöglichkeiten in Form von Gabionen zu schaffen (diese Empfehlung für die Verbesserung der Längsvernetzung entspricht im Prinzip der Empfehlung Nr.1 für eine verbesserte Quervernetzung).

(8) Auf LSW-Böschungen sind reptilienfreundliche Zusatzstrukturen anzulegen (Steinlinsen, Steinhaufen, Holzhaufen). Diese Zusatzstrukturen begünstigen Wanderungen entlang der LSW-Böschung und vermindern die negativen Auswirkungen der LSW auf die Vernetzung von Reptilienlebensräumen.

(9) Alle angelegten Zusatzstrukturen können nur dann ihren Zweck erfüllen, wenn sie nicht durch Aufwuchs vollständig bedeckt werden. Eine regelmässige Pflege der Zusatzstrukturen ist deshalb unerlässlich

Verringerung von Habitatverlusten (siehe Kapitel 5.1)

(10) Reptilienexperten sollten so früh wie möglich in die Planungsprozesse einbezogen werden, um an einer reptilienfreundlichen Platzierung der LSW auf der Böschung mitwirken können. Ziel ist es mit einer angepassten Platzierung der LSW Habitatverluste zu minimieren. (Der Inhalt dieser Empfehlung zur Verringerung von Habitatverlusten deckt sich mit der Empfehlung Nr.5 zur Verbesserung der Längsvernetzung.)

Verringerung von Habitatqualitätsverlusten (siehe Kapitel 5.2)

(11b) Beim Bau von LSWs sollte die LSW, wenn möglich, soweit vom Gleis entfernt platziert werden, dass die Übergangszone zwischen Gleisbereich und Böschung erhalten bleibt. (**nur Bahnlinien**).

(11s) Beim Bau von LSWs sollte die Strassenböschung, und bei Autobahnen auch der Intensivstreifen, als potentieller Reptilienlebensraum berücksichtigt und mit der Anlage von Zusatzstrukturen (im Boden versenkte Steinlinsen) aufgewertet werden. (**nur Strassen**).

(12) Für das Wandelement über den in die LSW integrierten Gabionen könnte als Material Glas statt Beton gewählt werden. Dadurch würde eine zusätzliche Besonnung der Gabionen erreicht werden, was ihren Nutzen als Durchlass und Zusatzstruktur für Reptilien möglicherweise stark begünstigt.

(13) Alle Zusatzstrukturen, wenn möglich auch in LSWs integrierte Gabionen, sollten frostsicher gebaut sein, damit sie eine Funktion als Winterquartier für Reptilien erfüllen können.

(14) Gabionen müssen gepflegt sein, damit sie neben der Vernetztungsfunktion auch als Versteck oder Thermoregualtionsstruktur herhalten können. Nur so kann ihre Attraktivität im Sinne einer möglichst häufigen Nutzung durch Reptilien gesteigert werden (Der Inhalt dieser Empfehlung deckt sich mit Empfehlung Nr.9 zur Erhaltung der Gabionenfunktion für die Längsvernetzung.)

Verringerung der Populationszerstörung beim LSW-Bau (siehe Kapitel 5.3)

(15) Vor dem Bau von LSWs sollten direkt angrenzend an die Böschung, doch ausserhalb des Bauperimeters, Rückzugsräume für Reptilien gefunden oder neu geschaffen und durch das Anlegen von Zusatzstrukturen aufgewertet werden. Die Neuschaffung von Rückzugsräumen muss dabei so frühzeitig erfolgen, dass sich, noch vor dem baulichen Eingriff, für Reptilien ausreichend gute Lebensraumverhältnisse entwickeln können.

(16) Sollte keine natürliche Besiedlung der angelegten Rückzugsräume erfolgen, muss eine Umsiedlung eines Teils der Population in diese Rückzugsräume erfolgen. Von dort aus kann dann die Böschung nach dem LSW-Bau wiederbesiedelt werden.

Tab. 6 Textbausteine für VSS-Normen SN 671 250b, 640 573 und 640 570

entspricht Empfehlung Nr.	Textbaustein für Normeneinträge	Erfahrungen mit der empfohlenen Massnahme
(5) (10)	Reptilienexperten sollten so früh wie möglich in die Planungsprozesse einbezogen werden, um an einer reptilienfreundlichen Platzierung der LSW auf der Böschung mitwirken können. Ziel ist es mit einer angepassten Platzierung der LSW Sackgassenbildung und Fehlleitungen von Reptilien in den LSW-Korridor zu verhindern und Habitatverluste zu minimieren.[1]	neu
(11b)	Beim Bau von LSWs sollte die LSW, wenn möglich, soweit vom Gleis entfernt platziert werden, dass die Übergangszone zwischen Gleisbereich und Böschung erhalten bleibt. (**nur Bahnlinien**). [1]	neu
(11s)	Beim Bau von LSWs sollte Böschung und Intensivstreifen als potentieller Reptilienlebensraum berücksichtigt und mit der Anlage von Zusatzstrukturen (im Boden versenkte Steinlinsen) aufgewertet werden. (**nur Strassen**).[2]	neu
(6)	Lässt sich Sackgassenbildung oder Fehlleitung nicht verhindern, so ist mit dem Einbau von Durchlässen in die LSW an den entsprechenden Stellen (Öffnungen durch überlappende LSW-Elemente oder Gabionen) für zusätzliche Ausstiege aus Sackgassen und entlang von LSW-Korridoren zu sorgen.[3]	erprobt
(8)	Auf von Reptilien bewohnten LSW-Böschungen sind reptilienfreundliche Zusatzstrukturen anzulegen (Steinlinsen, Steinhaufen, Holzhaufen). Diese Zusatzstrukturen begünstigen Wanderungen entlang der LSW-Böschung und vermindern die negativen Auswirkungen der LSW auf die Vernetzung von Reptilienlebensräumen.[4]	erprobt
(1) (7)	Zur Förderung der Vernetzung in Querrichtung zur Bahnlinie sind an Böschungen, auf denen Reptilien leben, Gabionen über die gesamte Länge der LSW in die LSW zu integrieren.[5]	erprobt
(3)	Sofern die Platzverhältnisse es zulassen, sollte zusätzlich eine Öffnung der LSW durch überlappende LSW-Elemente geschaffen werden.[3]	erprobt
(2)	Wo Gabionen eingebaut werden, ist eine Gabionen-Ausführungsvariante zu bevorzugen, die eine möglichst gute Quervernetzung bewirkt. Eine gute Quervernetzung kann nur garantiert sein, wenn für Reptilien eine visuelle Orientierung zur gegenüberliebenden Seite möglich ist (z.B. Ausführungsvariante C anstatt A, siehe Kapitel 4.1.4).	neu
(4)	Kleine Spalten und Lücken, wie sie durch Passungenauigkeiten zwischen eingebauten Gabionen und der LSW oder durch eine unperfekte Verfüllung von Gabionen entstehen, bilden für Reptilien wichtige visuelle Wegweiser für das Durchqueren einer Gabione. Sie sollten möglichst nicht mit Steinen verstopft werden.	erprobt
(12)	Für das Wandelement über den in die LSW integrierten Gabionen könnte als Material Glas statt Beton gewählt werden. Dadurch würde nicht nur eine zusätzliche Besonnung der Gabionen erreicht, sondern auch eine visuelle Verbindung zur gegenüberliebenden Seite. Die Funktion solcher Gabionen als Zusatzstruktur und als Durchlass könnte so für Reptilien erhöht werden.[6]	neu
(13)	In den Boden eingelassene Zusatzstrukturen, die eine Habitataufwertung für Reptilien erreichen sollen, müssen frostsicher gebaut sein, damit sie ihre Funktion als Winterquartier für Reptilien erfüllen können.	erprobt
(15)	Vor dem Bau von LSWs sollten direkt angrenzend an die Böschung, doch ausserhalb des Bauperimeters, Rückzugsräume für Reptilien gefunden oder neu geschaffen und durch das Anlegen von Zusatzstrukturen aufgewertet werden. Die Neuschaffung von Rückzugsräumen muss dabei so frühzeitig erfolgen, dass sich, noch vor dem baulichen Eingriff, ausreichend gute Lebensraumverhältnisse für Reptilien entwickeln können und sie von Reptilien besiedelt werden können.	neu
(16)	Sollte keine natürliche Besiedlung der angelegten Rückzugsräume erfolgen, muss eine Umsiedlung eines Teils der Population in diese Rückzugsräume erfolgen. Von dort aus kann dann die Böschung nach dem LSW-Bau wiederbesiedelt werden.	neu
(9) (14)	Alle angelegten Zusatzstrukturen zur Aufwertung von Reptilienhabitaten und auch Gabionen können nur dann ihren Zweck erfüllen, wenn sie nicht durch Aufwuchs vollständig bedeckt werden. Eine regelmässige Pflege der Zusatzstrukturen ist deshalb unerlässlich.[7]	erprobt

Anmerkungen und Hinweise zu den Textbausteinen für die VSS-Normen aufgelistet in ***Tab. 6***:

[1] Siehe dazu auch die schon bestehenden Hinweise auf die Anordnung von Lärmschirmen in SN 640573 Art.9, eine vorzunehmende Güterabwägung aufgrund von Interessenskonflikten entsprechend SN 640573 Art.10, Tabelle 4, und die Notwendigkeit einer Bedürfnisanalyse nach SN 640573 Art.12.

[2] Zusatzstrukturen in Form von im Boden versenkten Steinlinsen sind begehbar und stellen kein Hindernis für die regelmässige Pflege dar.

[3] Für die Öffnung von LSWs durch überlappende Bauweise siehe SN 640573, Art.11, Abb.1 und 2.

[4] Reptilienfreundliche Zusatzstrukturen müssen frostsicher sein, sich schnell erwärmen und Verstecke anbieten.

[5] Siehe dazu den Hinweis auf schutzwürdige Interessen neben dem Lärmschutz in SN 640570, Art.15, Tab.1. Hinweise zum Schutz der Fauna bezüglich der durch Lärmschirme verursachten Unterbrechung von Wanderwegen finden sich auch schon in SN 640573 Art.21.

[6] Zur Verwendung von Glaselementen in LSWs siehe SN 640573, Art.30.

[7] Siehe dazu auch SN 640694, D12. Anmerkung: die Empfehlung könnte und sollte wohl auch in bestehende Normen zur Pflege von Grünräumen eingefügt werden (ergänzend zu SN 640725b, Art. 14.5.1 bzw. SN 671560, Art. 10a)

.

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

[1] I. Blanke (2010), „**Die Zauneidechse**“, *Laurenti Verlag, Bielefeld.*

[2] Bundesamt für Verkehr (2010), „**Lärmsanierung der Eisenbahnen Standbericht 2010**“, www.bav.admin.ch

[3] R. Frankham (1996), „**Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control**“, *Bull. Entomol. Soc. Amer. 15: 237-240.*

[4] P. Graf (2007), „**Welchen Einfluss hat die Beschattung von Bahnböschungen durch Lärmschutzwände auf den Fortpflanzungserfolg der Zauneidechse *Lacerta agilis*?**“, *Diplomarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.*

[5] I. Hanski und M.E. Gilpin (1997), „**Metapopulation Biology**“, *Academic Press, San Diego, Californina*.

[6] R. Holderegger und M. Di Giulio (2010), „**The genetic effects of roads: a review of empirical evidence**“, *Basic Appl. Ecol. 11. 522–531*.

[7] M.D. Johnson (2007), „**Measuring habitat quality: a review**“, *Condor.1098: 489-504.*

[8] R. Levins (1970), „**Extinction**“, *Lectures on Mathematics in the Life Sciences, 2: 75-107.*

[9] J.C. Monney und A. Meyer (200), „**Rote Liste der gefährdeten Reptilien der Schweiz**“, Vollzug Umwelt, *Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz*.

[10] L. Rebetez (2011), „**Etude de l'utilisation de l'habitat et des préférences thermiques de la couleuvre vipérine et de la couleuvre tessellée**“, *Tagungsbeitrag am 18. Herpeto-Kolloquium der Koodinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch).*

[11] T. Reisnner (2007), „**Reptilienförderung an Bahnböschugnen - Eine Erfolgskontrolle**“, *Abschlussbericht SWO Stiftung für Wirtschaft und Oekologie.*

[12] H. Strijbosch, P.T.J.C. van Roony und L.A.C.J. Voesenek (1983), „**Homing behaviour of *Lacerta agilis* and *Lacerta vivipara***“, *Amphibia-Reptilia 4:43-47.*

[13] P.A. Stephens und W.J. Sutherland (1999), „**Consequences of the Allee effect for behaviour, ecology and conservation**“, *Trends Ecol. Evol. 14: 401-405.*

[14] C. Wisler C, U Hofer und R Arlettaz (2008), „**Snakes and monocultures: habitat selection and movements of female grass snakes (*Natrix natrix* L.) in an agricultural landscape**“, *Journal of Herpetology 42: 337-346.*

[15] I. Zuri und C.M. Bull (2011), „**The use of visual cues for spatial orientation in the sleepy lizard (*Tiliqua rugosa*)**“, *Canadian Journal of Zoology. 78 (4): 515-520.*

Projektabschluss

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 23.09.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS2010/601

Projekttitel: Einfluss von Lärmschutzwänden auf das Raumnutzungsverhalten von Reptilien

Enddatum: 23.09.2014

Texte

Zusammenfassung der Projektresultate:

Lärmschutzwände (LSWs) an Verkehrswegböschungen haben einen stark negativen Einfluss auf Reptilienpopulationen aufgrund ihrer Auswirkungen auf Vernetzung und Grösse lokaler Reptilienpopulationen:
1. Auswirkungen von LSWs auf die Vernetzung
Selbst extrem stark befahrene Bahngleise sind für Reptilien kein Querungshindernis. An Bahnlinien stellt eine LSW also eine absolute Barriere dar, weil sie nicht überklettert werden kann. Dadurch wird der dringend notwendige demographische und genetische Austausch zwischen lokalen Populationen quer, bei ungünstiger Platzierung der LSW aber auch längs zum Verkehrsträger zerstört.
Bisherige Massnahmen, wie in LSWs eingebaute Gabionen, können eine Durchlässigkeit von LSWs in Querrichtung bewirken und bei richtigem Einsatz auch helfen, eine unterbrochene Längsvernetzung wiederherzustellen. An Strassen lässt sich eine Quervernetzung mittels Grünbrücken erreichen.

2. Auswirkungen von LSWs auf die Populationsgrösse
Der Platzanspruch, die Positionierung und der Bau einer LSW auf einer von Reptilien bewohnten Böschung können einen stark negativen Effekt auf die Grösse lokaler Populationen haben. Grund dafür ist einerseits der Platzanspruch der LSW selbst, andererseits der Verlust wichtiger Randstrukturen aufgrund der häufig gleisnahen Platzierung von LSWs (Bahnlinien). Strassenböschungen (insbesondere an Autobahnen) wurden bis jetzt zu wenig als Reptilienlebensräume beachtet. Selbst auf Intensivstreifen an Autobahnen können Zauneidechsen in hohen Dichten vorkommen, wenn ihnen spezifische Zusatztstrukturen zur Verfügung gestellt werden. Da Reptilien sich bei Störungen nicht aus ihren Territorien entfernen, wird auf Reptilienböschungen beim Bau von LSWs ein Teil oder wahrscheinlich (bei schmalen Böschungen) die gesamte lokale Population vernichtet.
Gabionen eignen sich nicht als Kompensationsmassnahme für Habitatverluste, für den Verlust an Habitatqualität (Strukturreichtum) oder gar für Populationsverluste. An Böschungen, auf denen LSWs mit integrierten Gabionen gebaut wurden, sind Reptilien aussergewöhnlich schwer zu finden (wahrscheinlich eine Folge der Habitat- und Populationszerstörung während des LSW-Baus). Eine Rekolonisierung solcher Böschungen kann nur dann wieder erfolgen, wenn die Vernetzung zu umliegenden lokalen Populationen ausreichend gut ist (siehe Punkt 1. oben). Bis jetzt wird noch zu wenig darauf geachtet, eine Zerstörung der lokalen Population beim Bau von LSWs zu vermeiden.

Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3 — Seite 1 / 3

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Die Studie sollte und konnte konkrete Antwort auf folgende Fragen geben:
1) Wie wird der Böschungslebensraum von Reptilien in Längs- und Querrichtung zum Verkehrsweg genutzt? Verändert sich die Raumnutzung durch den Bau von Lärmschutzwänden?
2) Werden die neu geschaffenen Kleinstrukturen (Steinlinsen, Steinplatten) von den Zielarten angenommen und genutzt? Taugen die Strukturen als Ausgleichsmassnahme?
3) Funktionieren die für Reptilien eingebauten Durchlässe in Lärmschutzwänden entlang von Bahnlinien?
Darüberhinaus wurden wichtige Erkenntnisse bezüglich des Potentials von Strassenböschungen als Reptilienlebensräume und der Problematik des LSW-Baus an sich gewonnen. Ausserdem gibt die Studie einen gesamthaften Überblick über die den Einfluss von LSWs auf diejenigen Faktoren, die das Langzeitüberleben von Reptilienpopulationen bestimmen.

Folgerungen und Empfehlungen:

Eine Verbesserung der Quervernetzung ist möglich durch spezifische Massnahmen, die die Durchlässigkeit von LSWs erhöhen (Einbau von Gabionen, überlappende LSW-Bauweise etc.). Verhinderung von Sackgassenbildung und Fehllenkung kann die Längsvernetzung entlang des Verkehrsträgers entscheidend verbessern.
Spezifische für Reptilien konstruierte Zusatzstrukturen (Holzhaufen, Steinlinsen etc.) können die Qualität des verbleibenden Habitats verbessern, bei schmalen Böschungen ist eine Kompensation der durch die LSW entstandenen Verluste aber unmöglich.
Es wird noch zu wenig Wert auf Vermeidungsmassnahmen gelegt, mit denen sich die direkte (und sehr gravierende) Zerstörung lokaler Population verhindern oder mindern lässt. An dieser Stelle besteht allerdings aktuell Forschungsbedarf, da Probleme betreffend Ersatzquartieren, erfolgreichen Umsiedlungsmassnahmen bisher noch nicht angegangen wurden. Grundsätzliche Schwierigkeiten ergeben sich auch dadurch, dass über die Art und Weise, die Schnelligkeit und den Erfolg der Wiederbesiedlung zerstörter und nach dem LSW-Bau wiederhergestellter Reptilienhabitate fast nichts bekannt ist. Dieses Wissen ist aber eine Grundvoraussetzung für das effektive und wirtschaftliches Management lokaler Populationen gefährdeter (Reptilien-) Arten.

Publikationen:

Publikationen:
Mayer, C. 2014: "EINFLUSS VON LÄRMSCHUTZWÄNDEN AUF DAS RAUMNUTZUNGSVERHALTEN VON REPTILIEN", N+L Inside (3): 18-22.

Vorträge:
IENE 2014, Malmö, 16.-19.09.2014 (Referentin: Marguerite Trocmé)
Herpetokolloquium karch, 06.12.2014
SANU, Kurs 15NLWP "Wildtierpassagen", 05.02.2015

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Elmiger Vorname: Christof

Amt, Firma, Institut: FORNAT AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3 **Seite 2 / 3**

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Dieses Forschungsprojekt stellt ein ausserordentlich gute Arbeit dar. Methodisch gibt es innovative Ansätze, die über den Themenbereich von Biodiversität bei Verkehrsinfrastrukturen hinaus auch in der Reptilienforschung neue Erkenntnisse liefern. Mit relativ bescheidenen Mitteln konnten viele neue Erkenntnisse gewonnen werden. Die wichtige Rolle der Begleitgrünflächen von Verkehrsinfrastrukturen wurde für die Zauneidechse bestätigt. Die Erfolgskontrolle von Gabionen hat deren Nutzen als Schutzmassnahme bestätigt. Diese Forschung ist einmalig auch in Europa. Sie wurde an der Infra Eco Network Europe (IENE) Tagung in Malmö am 18. September vorgestellt und gelobt. Es würde sich lohnen diese Arbeit in einem wissenschaftlichen Journal auf English zu publizieren.

Umsetzung:

Viele Erkenntnisse, wie den Nutzen von Gabionen als Durchlass in LSWs, können direkt umgesetzt werden. Andere, wie die Aufwertung der Gabionen als Lebensraum durch transparente LSW-Elemente, sind noch zu prüfen. Neu gesehen wird auch die Rolle der Böschungen an Hochleistungsstrassen für die Zauneidechse und möglicherweise andere Reptilien. Weitere Kartierungen wären notwendig.

weitergehender Forschungsbedarf:

Die Umsiedlung von bestehenden Reptilienpopulationen vor Baubeginn ist noch mit vielen Fragen behaftet. Die Methoden für Umsiedlungen sind noch zu untersuchen. Auch die Verbesserung von Gabionen als Lebensraum durch den Einsatz von transparenten Lärmschutzwand-Elementen wäre zu prüfen. Es wäre auch sinnvoll, einzelne Experimente mit grösseren Stichproben zu wiederholen.

Einfluss auf Normenwerk:

Die vorgeschlagenen Schutzmassnahmen sollen in die Normen SN 671 250b, 640 573 und 640 570 einfliessen.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Trocmé Vorname: Marguerite

Amt, Firma, Institut: ASTRA, Abt.N/SFS

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

M. Trocmé

Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3 **Seite 3 / 3**

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Stand: 15.06.2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgerät für die Verdichtungskontrolle von Fundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Fotschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbauasphalt mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP3: Stoffffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bitumainous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmer Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
	2010/020		
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Vieillissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuell du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
	2011/003		
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkierungsanlagen	2010
1346	ASTRA	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
	2007/004	Rauchabsaugung	
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemeevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		überbauten Gebiet	
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitquellversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkierungsanlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemitteleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfsgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidfindung in der Verkehrsplanung	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chausées selon le système "infilitrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'ahérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification oif integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des pontsdalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post- tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009