

Zur Dimension von Amphibiendurchlässen und zur Anlage von Ersatzlebensräumen – Empfehlungen für eine verbesserte Praxis

Heinrich Reck, Jürgen Trautner, Ina Blanke, Marita Böttcher, Gabriel Hermann, Matthias Herrmann, Ulrich Holst, Andreas Klinge, Ulfried Miller, Henning Nissen, Ute Nüsken, Henrik Schulz, Christianna Serfling, Christian Winkler

Einleitung

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens zur Ausgestaltung von Durchlassbauwerken für Kleintiere (FKZ 3520840500), gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz, wurde die Nutzung von Querungshilfen durch verschiedene Artengruppen¹ untersucht, um Anforderungen an eine erfolgreiche Wiedervernetzung von Ökosystemen über Verkehrswege hinweg besser definieren zu können.

Amphibien waren nicht Gegenstand des F+E-Vorhabens und Amphibienbeobachtungen wurden während der Feldarbeiten zu diesem auch nur gelegentlich notiert, weil die Erwartung bestand, dass zu Amphibien ausreichend viele Untersuchungen vorhanden sind. Leider mussten die BearbeiterInnen des Projekts dann feststellen, dass, trotz langer Tradition beim Bau von Amphibientunneln, keine ausreichenden quantitativen Informationen für Bauwerke von mehr als ca. 20 bis 25 Meter Länge vorliegen². Selbst die nachhaltige Nutzungsfähigkeit kurzer Durchlässe ist zweifelhaft, soweit es sich um typische Amphibientunnel mit geringer Öffnungsweite handelt. Deshalb wurden ExpertInnen und in der Praxis Tätige konsultiert. Aufgrund der Erfahrung der Beteiligten und einer Literatursichtung kommen die VerfasserInnen dieses Beitrags gemeinsam mit den Bearbeitenden des F+E-Vorhabens zu den in Box 1 dargestellten Empfehlungen.

Fünf Schlaglichter sollen vorangestellt werden:

- **Mobilität ist Leben.** Für die Bewahrung der biologischen Vielfalt ist die Sicherung oder Gestaltung von ausreichend vielen, wirksamen Querungsmöglichkeiten unter oder über verkehrsbedingte Barrieren hinweg erforderlich. Tierunterführungen, speziell auch Amphibiendurchlässe, sind ein wichtiger Teilbeitrag³ dazu.

¹ Einzelanmerkungen sind als Endnoten ab S. 11 zusammengestellt, s. dort.

Artenschutz und Biodiversität (AsuB)



Dies ist ein Open Access-Beitrag, lizenziert unter der "Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License".

Das bedeutet, er darf kostenlos heruntergeladen, verbreitet und vervielfältigt werden, soweit die Original-Quelle angegeben, kein kommerzielles Interesse damit verfolgt und der Beitrag nicht verändert wird. Details unter:



Wir publizieren Beiträge aus der eigenen Arbeit der herausgebenden Gesellschaft sowie kooperierender Institutionen oder Personen. Bitte senden Sie keine Manuskripte unverlangt ein.

Herausgeber: Artenschutzmanagement gGmbH, Sitz Filderstadt (Deutschland), Geschäftsführender Gesellschafter Jürgen Trautner, Amtsgericht Stuttgart HRB 771465

Schriftleitung: Florian Straub

<https://www.artenschutz-biodiversitaet.de>

<https://www.asub-online.de>

Zitiervorschlag: Reck H, Trautner J, Blanke I, Böttcher M, Hermann G, Herrmann M, Holst U, Klinge A, Miller U, Nissen H, Nüsken U, Schulz H, Serfling C, Winkler C (2024): Zur Dimension von Amphibiendurchlässen und zur Anlage von Ersatzlebensräumen - Empfehlungen für eine verbesserte Praxis. Artenschutz und Biodiversität 5(8): 1-19. <https://doi.org/10.55957/L0VF5237>

Veröffentlicht: 10. Oktober 2024

ISSN 2702-9840

- Die Wirksamkeit von herkömmlich dimensionierten und herkömmlich in die Landschaft eingebundenen Amphibientunneln/Kleintierdurchlässen ist anlage- und/oder pflegebedingt zumeist ungenügend.⁴ Die Vermeidung erheblicher, negativer Zerschneidungsauswirkungen auf Vorkommen von Fröschen, Kröten, Salamandern oder Molchen ist dann nicht oder nicht ohne weiteres erreichbar.
- Mit zunehmender Länge steigen die Anforderungen an die Dimension, v. a. an die lichte Weite von Amphibiendurchlässen (wahrscheinlich) stark überproportional an. Zu langen Amphibientunneln ab ca. 15 bis 25 m Länge fehlen aber ausreichende Wirksamkeitsanalysen und Wirksamkeitsnachweise. Kleinvolumige, lange Unterführungen sind unwirksam - die Zerschneidungsauswirkung von breiten oder von unmittelbar gebündelten Verkehrswegen ist durch übliche Amphibientunnelanlagen nicht ausreichend vermeidbar⁵.
- Kurze Amphibientunnel bis ca. 15 m Länge können zwar gut angenommen werden, sofern sie mindestens etwa 1 m breit und 0,6 m hoch sowie zielgenau platziert sind, und wenn zugleich eine dauerhaft amphibiendichte Leiteinrichtung vorhanden ist. Aufgrund ungenügender Wartung, die insbesondere für kleinvolumige Durchlässe aufwändig ist (Erforderlichkeit hoher Kontrollfrequenzen, häufiger Wartungs- oder Reparaturbedarf), sind sie, gemessen am Vermeidungsgebot, mittelfristig aber dennoch oft in ihrer Wirksamkeit stark eingeschränkt oder gar wirkungslos.
- Ausreichende Vermeidung und Minderung erfordert an breiten Straßen funktionsfähige Ersatz-Lebensräume in Verbindung mit einzelnen, großvolumigen Unterführungen. Ergänzend oder alternativ möglich sind exakt platzierte, ganzjährig sehr gut betreute und ganzjährig dicht abgezaunte Tunnelanlagen mit mehreren bis zahlreichen Kleindurchlässen. Deren Öffnungsweiten müssen an die Unterführungslängen angepasst sein. Die Lebensraumqualität im Zugangsbereich solcher Anlagen muss hoch sein (u. a. Versteckmöglichkeiten, keine Wanderhindernisse).

Um die Empfehlungen möglichst kurz zu halten, sind Begründungen oder sonstige Erläuterungen und Hinweise meist in eigenen Kapiteln zusammengestellt bzw. im Sinne von Endnoten mit nummerierten Verweisen zum vorherigen Text (s. ab S. 8 und ab S. 11) gelistet.



Abb. 1: Die Sicherung einer ausreichenden, nicht über dem zumutbaren Maß durch Verletzungs- und Tötungsrisiken belasteten Mobilität unterschiedlicher „Akteure“ in unserer heutigen Kultur- und Verkehrslandschaft ist eine anspruchsvolle Aufgabe und erstreckt sich zur Bewahrung der biologischen Vielfalt auch auf die Tierwelt (Foto: J. Trautner, Illustration: J. Geigenmüller).

Die wichtigsten Empfehlungen zur Bewältigung unvermeidbarer Zerschneidungseffekte auf Amphibien

Es sind immer mehrere Ebenen unterschiedlicher räumlich-funktionaler Bezüge in den Blick zu nehmen, insbesondere:

- A) saisonale Wanderungen in Korridoren zwischen Teillebensräumen und
- B) die Sicherung der darüber hinaus gehenden, funktionalen Vernetzung im Sinne des Biotopverbunds auf Landschaftsebene (Sicherung des ausreichenden Dispersals zur Neu- und Wiederbesiedlung von Lebensräumen und zum genetischen Austausch).

Darüber hinaus ist auch der mehr oder minder „alltägliche“ Wechsel zwischen verschiedenen Elementen des Lebensraums relevant (s. Abb. 2). Als „Dispersal“ werden der Prozess oder das Ergebnis der Ausbreitung von Organismen (hier speziell von Amphibien) von einem Ort zum anderen verstanden.

Zwischenformen zwischen A) und B), mit dann meist ausgeprägt hoher Metapopulationsdynamik, treten insbesondere in Wildflussauen mit häufigen Veränderungen und Verlagerungen der Elemente von Lebensstätten auf.

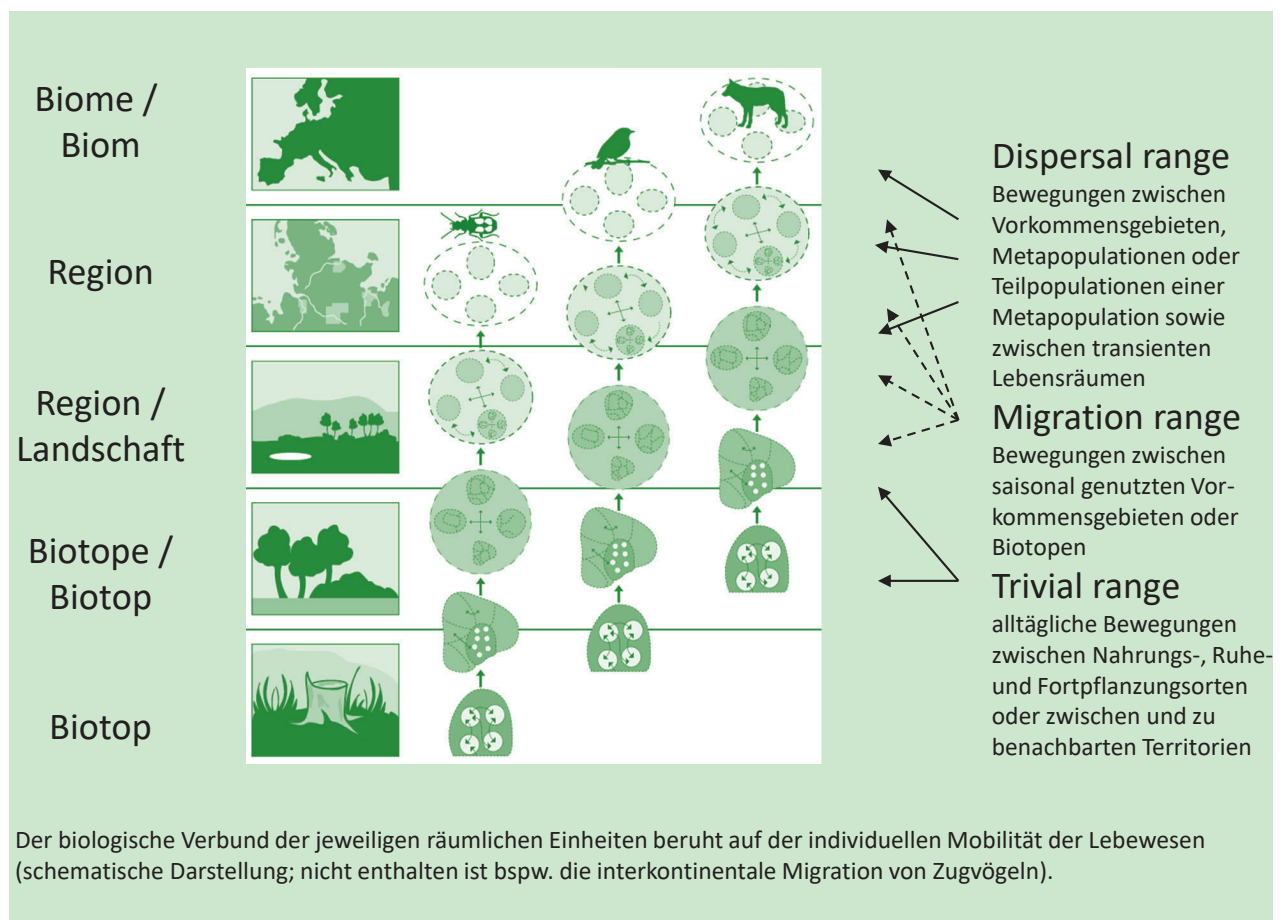


Abb. 2: Raumeinheiten und verschiedene Formen der Tiermobilität (aus Baierl et al. 2023, verändert nach Angelstam 1992).

Für die Beurteilung der Auswirkungen einer Barriere auf einzelne Tierarten sowie auf deren Ökosystemfunktionen (insbesondere Zoochorie und Leistungen als Bioingenieur) ist die Populationsebene entscheidend. Die Durchführbarkeit der illustrierten Typen von „Ortswechseln“ ist für die Beurteilung der Barrierewirkung bzw. für die Beurteilung der Wirksamkeit von Querungshilfen zu beachten, wobei insbesondere für „trivial range“ und „migration range“ auf die unmittelbar für die lokale Population essenziellen Flächen, Korridore und Funktionen fokussiert werden muss.

Nach den uns vorliegenden Unterlagen (Daten und Facheinschätzungen) ist die Anlage von Ersatzlebensräumen innerhalb ökologischer Netze der nachhaltigste und effizienteste Beitrag zur Bewältigung von Zerschneidungsfolgen für Amphibien.⁶

Vergleichsweise kleinvolumige Unterführungen sind bis ca. 10 oder 15 m Länge lediglich an Radwegen und schmalen Straßen wirksam⁷, längere Unterführungen müssen in Breite und Höhe sehr groß dimensioniert sein. Bei sehr geringer Kfz-Dichte und geeigneter, mortalitätsmindernder Gestaltung können ggf. auch Wegeunterführungen für Amphibien nutzbar sein. Bei Berücksichtigung weiterer Artengruppen oder spezieller Fragestellungen können Kombinationen von unterschiedlichen Querungshilfen notwendig sein.⁸

Soweit Sperreinrichtungen eingesetzt werden sollen, muss hier dem Grundsatz entsprochen werden, dass die Schutzwirkung gegenüber der Verkehrsmortalität das Sterberisiko an der Anlage „bei weitem“ überwiegt (s. Geise et al. 2021).⁹

Was Überführungen angeht, so werden fallenfreie Grün- oder Faunabrücken und selbst Grünstreifenbrücken mit geeignetem Substrat, geeigneter Vegetation und seitlichen Sperreinrichtungen von Amphibien (und von Reptilien) nicht nur zur Querung, sondern auch als Lebensraum genutzt (z. B. Strein et al. 2019).

Die Gestaltung des Zugangsbereichs als attraktiver Lebensraum für die Zielarten ist zwingend. Sie unterstützt ein Überleben von Individuen und eine Nutzung der Querungshilfen, auch falls z. B. Zugänge zu Unterführungen schwer bzw. erst mit zeitlicher Verzögerung gefunden werden.¹⁰



Abb. 3: Exemplarische Darstellung neu angelegter Gewässer mit Eignung als Amphibienlaichplatz und Einbindung in geeignete Jahreslebensräume. Wie bei vielen anderen notwendige Maßnahmentypen ist auch hier i. d. R. eine wiederkehrende Pflege je nach vorrangigen Zielarten und Funktionen notwendig (Foto: C. Winkler).

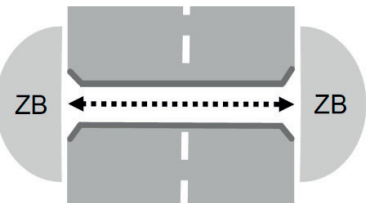
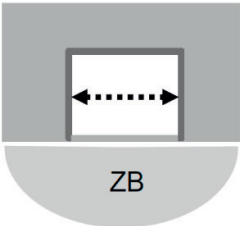
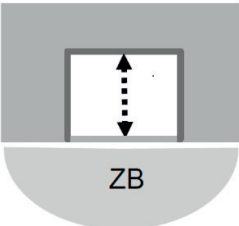
Box 1: Empfehlungen für den Fall der Zerschneidung von Wanderkorridoren.

A) Empfehlungen für den Fall der Zerschneidung von Wanderkorridoren

Weil Unterführungen, insbesondere klein dimensionierte Amphibientunnel, nur begrenzt wirksam sind, sollte bei jedweder erheblichen Zerschneidung von Laichwanderungen (und abhängig von sonstigen Vernetzungsanforderungen für z. B. Großtiere)

prioritär eine beidseitige Anlage bzw. Optimierung von Laichgewässern (soweit standörtlich realisierbar) und Landlebensräumen, in Kombination mit einer Verhinderung von verkehrsbedingter Mortalität durch Absperreinrichtungen und der Anlage mindestens einer sicher wirksamen Unter- oder Überführung (s. tabellarische Aufstellung unten) je 500 m Anwanderungsfront im Bereich der Hauptwanderungsachse(n) erfolgen;

nachrangig bzw. als zweitbeste Lösung (oder als Ergänzung) ist die Anlage von Amphibientunnelsystemen, inkl. Leit- und Sperreinrichtungen, im Sinne des MA Q 2022 möglich. Dabei sind (soweit standörtlich realisierbar) in Abhängigkeit von der Unterführungslänge folgende Dimensionen für eine sichere Wirksamkeit der einzelnen Elemente erforderlich:

Bei einer Unterführungslänge	Mindestanforderung für sichere Wirksamkeit	
	Breite (b)	Höhe (h)
		
bis 15 m	1 m (ggf. 0,8 m*)	0,8 m (ggf. 0,6 m*)
von 16 m bis 20 m	2 m (ggf. 1,6 m*)	1,2 m (ggf. 0,8 m*)
von 21 m bis 30 m	4 m (ggf. 1,8 m*)	1,6 m (ggf. 1,2 m*)
von 31 m bis 40 m	8 m (ggf. 3,0 m*)	2,0 m (ggf. 1,6 m*)
von 41 m bis 50 m	14 m (ggf. 6,0 m*)	2,5 m (ggf. 1,8 m*)
> 50 m	siehe Tabelle 3	

*Details, d. h. eine Differenzierung der Unterführungsdimensionen entsprechend der Wirksamkeitsanforderung („sicher wirksam“ versus „i. d. R. wirksam“) und je nach Qualität des Zugangsbereichs (ZB) sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die notwendige Breite kann ggf. durch Verwendung von Stelzstreben systemen erreicht werden. Entscheidend ist immer auch, dass für ausreichende Bodenfeuchtigkeit gesorgt ist. An Wegen und schmalen Straßen kann evtl. auch der Einbau von Betonrinnen mit Gitterabdeckung (so genannte Stopprinnen) Teil einer geeigneten Lösung sein. Wo immer möglich, sollten Unterführungen „Stehhöhe“ erreichen ($h \geq 1,8$ m), weil oft nur dann eine ausreichend qualifizierte Kontrolle und Wartung erfolgt. Zur Funktion von Überführungen s. Hinweise im Haupttext.

Box 2: Empfehlungen in Bezug auf die Sicherung des Dispersals.

B) Empfehlungen in Bezug auf die Sicherung des Dispersals

Zur Sicherung des Dispersals von Amphibien (inkl. des genetischen Austauschs) genügt die **Anlage von Faunaunterführungen** nach den Maßgaben folgender Quelle:

Tab. 2: Necessary densities of effective passages across strong, linear barriers (based on Hlavac et al. 2019).

In: Reck et al. (2023): <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.14308.86402>

Bei starken Barrieren im Nahbereich (s. Kap. 2.3 in o. g. Arbeit, $r < 500$ m) von **Laichgewässern großer, überörtlich bedeutender Populationen ungerichtet wandernder Amphibienarten** (z. B. von Wechselkröten) ist jedoch immer eine groß dimensionierte Unter- oder Überführung (Mindestbreite 4 Meter, bei Unter- oder Überführungslängen von mehr als 30 m Mindestbreite 6 bis 8 m, bei mehr als 40 m Mindestbreite 10 bis 14 m) mit geeigneter Gestaltung des Zugangsbereichs (ZB) erforderlich.

Die **Gestaltung des Zugangsbereichs** als attraktiver Lebensraum für die Zielarten ist dabei zwingend.

Eine multifunktionale Ausprägung der Querungshilfe (Eignung z. B. auch für flugunfähige Insekten oder für kleinere Huftiere) ist anzustreben.



Abb. 4: Exemplarische Darstellung bestimmter problematischer Situationen an Leiteinrichtungen und Querungshilfen aus der Praxis. (a) Stark eingewachsene und schon dadurch nicht mehr funktionale Leitanlage mit Durchlass. (b) Durchlass steht unter Wasser. (c) Zu gering dimensionierter Durchlass bei zugleich problematischer Rückwanderungssituation vor allem für Jungtiere im Hang auf der gegenüberliegenden Straßenseite. (d) An diesem Durchlass wandern nach vorliegenden Beobachtungen viele Amphibien parallel zur Leiteinrichtung vorbei (Fotos: U. Miller, J. Trautner).

Zielwerte für Mindest-Querungsraten und dementsprechende Anforderungen an die Dimension von Unterführungen

Die Zielwerte sind dem artengruppenübergreifenden Vorschlag von Reck et al. (2023) entnommen; für Amphibien ähneln sie Geise et al. (2008).

Tab. 1: Zielwerte für Mindestquerungsraten und Anforderungen an Unterführungen ab 25 m Länge.

Arten- gruppen	Prioritäre Vermeidungsziele für die Sicherung ausreichenden Dispersals bzw. der Wanderungen der jew. Artengruppen		Resultierende Anforderungen an die Dimension bei einer Unterführungslänge (l) von > 25 m*			
	Sicherung des Dispersal** bzw. Reduktion der Wirkung als Ausbreitungsbarriere: Ziel zur PM / rel. DL / Querungsrate in %	Sicherung von a) Migration range** oder Trivial range** und/oder b) Reduktion von Straßenmortalität: Ziel zur PM / rel. DL / Querungsrate in % Alternative = Ersatzbiotop	Mindest-OI für MD und HD sowie Mindestbreite und -höhe für l > 25 m bis 50 m für die Qualitäten „sicher wirksam“ bzw., in Klammern gesetzt, für die Qualität „i. d. R. wirksam“			
			OI (MD)	OI (HD)	b (HD) in m	h (HD) in m
Amphibien (Adulte)	PM _Z > 30 % (sicher wirksam) PM > 6 % (i. d. R. wirksam)	PM _A > 90 % (sicher wirksam) PM > 80 % (i. d. R. wirksam) nach Geise et al (2008): > 75 %	betrifft nur Dispersal: > 0,26 bis 1,6 (> 0,10 bis 0,64)	je nach Länge > 0,19 bis 1,6 (> 0,09 bis 0,5)	je nach l u. ZB-Qualität ab: ≥ 3,0 (≥ 1,8)	je nach l u. ZB-Qualität ab: ≥ 1,6 (≥ 1,2)
Amphibien (Juvenile)	k. A.	nach Geise et al 2008: PM > 50 %	?	?	?	?
Zum Vergleich: Rothirsche (Reck et al. 2023)	Bezug Aktivitätsdichte im Zugangsbereich: PM > 80 % (sicher wirksam), PM > 45 % (i. d. R. wirksam) Bezug Aktivitätsdichte in der weiteren Umgebung: PM > 180 % (sicher wirksam), PM > 90 % (i. d. R. wirksam)		sicher wirksam: > 13,00 (i. d. R. wirksam: > 4,00 bis 6,7)	je nach Länge ≥ 80 (≥ 30)	je nach Länge ≥ 5 (≥ 4)	

* Weitere Details zu Amphibien und zu Unterführungslängen > 50 m siehe Tab. 3

** Begriffserläuterung siehe Abb. 2.

Legende zu Tabelle 1

OI = Openness-Index ($b \cdot h/l$), dimensionslose Berechnung auf Basis der Werte in Metern¹¹

OI (MD) = geforderter OI bei mäßiger Individuendichte (MD) im engeren Zugangsbereich

OI (HD) = geforderter OI bei hoher Individuendichte (HD) im engeren Zugangsbereich

Fortsetzung Legende zu Tabelle 1

PM = Permeabilität bzw. relative Durchlässigkeit (rel DL) oder auch Querungsrate; Hinweise dazu:

(1) Bezogen auf gerichtete, z. B. saisonale Wanderungen, betrifft die PM den Anteil anwandernder Individuen, die durch eine Querungshilfenanlage unter- bzw. überführt werden müssten = PM_A (PM Anwanderer); hier sind Literaturvergleiche oft schwierig, weil z. T. nur innerhalb der (Amphibien) Tunnel gemessen wird. Messwert ist, wieviele der Tiere, die im Tunneleingang sind, tatsächlich quer- ren, wobei die Zahl der Anwanderer, die den Tunneleingang erst gar nicht finden, dabei unbekannt bleibt. Z. T. werden Tiere auch unmittelbar an Tunneleingängen ausgesetzt, um die Querungsrate zu messen und z. T. werden tatsächlich die Anwanderer erfasst. Insbesondere bei Amphibien kommt - Interpretationen erschwerend - hinzu, dass oft nur adulte und subadulte Tiere beobachtet werden und juvenile nicht, oder dass Tunnel zwar von adulten Anuren genutzt werden, an den gleichen Tunneln aber keine Beobachtungen einer Jungtierwanderung gemacht werden konnten oder keine Jungtiere die Tunnel nutzten (z. B. Jarvis et al. 2019, Schneider et al. 2003);

(2) Bezogen auf die Untersuchung von Aktivitätsdichten im Hinblick auf das Dispersal. Ist die PM die Aktivitätsdichte in bzw. auf einer Querungshilfe / Aktivitätsdichte an einem explizit benannten Referenzort [Voraussetzung: gleiche Erfassungsintensität*; die Referenzaktivität kann z. B. die (mittlere) Aktivitätsdichte im Zugangsbereich oder Portalbereich PM_z sein].

(3) Bezogen auf die Untersuchung von Wiederfängen, bei einseitig ausgesetzten Tieren und ansonsten gleicher Wiederfangwahrscheinlichkeit* ist dies die PM_z , die Zahl der Querer / Erwartungswert Querer bei Hindernisfreiheit - oder - die Summe der Wiederfanganzahl jenseits plus diesseits der Barriere / 2).

* Bei ungleicher (Wieder-)Fangwahrscheinlichkeit muss der Erwartungswert entsprechend angepasst werden].

D, MR, TR D = Dispersal, MR = TR = Migration range, Trivial range, siehe Abb. 2

Ergänzende Hinweise

Nicht jede Zerschneidung (vgl. Kordges 2003), aber jedwede erhebliche Zerschneidung im Sinne eines Eingriffs muss vermieden oder mit geeigneten Maßnahmen bewältigt werden. Vorrangig und insofern – soweit mit zumutbaren Alternativen umsetzbar – zwingend ist die Unterlassung (§ 15 Abs. 1 Bundesnaturschutzgesetz, BNatSchG). Wenn Beeinträchtigungen nicht vermieden werden können, ist dies zu begründen und sie sind durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen (Ausgleichsmaßnahmen) oder zu ersetzen (Ersatzmaßnahmen; § 15 Abs. 2 BNatSchG). In diesen Rahmen sowie in den artenschutzrechtlichen Kontext der §§ 44 ff. BNatSchG sind die vorliegenden Empfehlungen einzuordnen.

Allgemeine Rahmenwerte helfen nur bedingt dabei, spezielle Lösungen auszuformen. Individuelle, einzelfallspezifische Lösungen, wie z. B. die Kombination von geschlossenen Tunneln unter Radwegen mit offenen Stopprinnen unter der Straße, die wiederum fast unmittelbar an den (neu geschaffenen) Laichgewässern liegen (Jarvis et al. 2019) zeitigen immer auch individuelle Nutzungsfrequenzen. Und je nach Amphibienart ist das Meideverhalten sehr unterschiedlich ausgeprägt (Schneeweiß et al. 2003) und zudem stark abhängig von der Laufsohlenbeschaffenheit (Fuhrmann & Tauchert 2010, Lesbarrères et al. 2004). Sofern die aufgezeigten Empfehlungen aus standörtlichen Gründen nicht realisierbar sind, müssen im Ausnahmefall weitere, alternative Quermöglichkeiten geprüft werden. Dazu zählen die Optimierung vorhandener Unterführungen von z. B. Fließgewässern und Verkehrswegen oder, bei schmalen Straßen, ggf. der Einbau besonderer Tunnelsysteme wie Einweg-Systeme mit Fallrohr oder der Bau von aufgestellten Straßenabschnitten bzw. aufgebockten Wegabschnitten (s. Brehme et al. 2023, dort fig. 2).

Dass kleine Tunnel meist nicht dazu geeignet sind, die Zielwerte der Tab. 1 zu erreichen, zeigen mehrere Untersuchungen; beispielhaft ist nachfolgend eine Übersichtstabelle zu Ergebnissen der Untersuchung von Testud (2022) für den streng geschützten Kammmolch dargestellt.

Tab. 2: Wirksamkeit von drei „1 m x 1 m“-Unterführungen verschiedener Länge für Kammmolche (Angaben aus Testud et al. 2022).

Parameter / Unterführung	1	2	3
$b \cdot h / l^{12}$ bzw. OI (Openness-Index)	$1 \cdot 1 / 18,5 =$ (OI) 0,054	$1 \cdot 1 / 21 =$ (OI) 0,048	$1 \cdot 1 / 40 =$ (OI) 0,025
Länge ¹³	18,5 m	21 m	40m
Reale Querungsrate ¹⁴ ausgesetzter Kammmolche (n = jeweilige Anzahl)	62 % (n = 66)	50 % (n = 217)	18 % (n = 76)

Für Abkürzungen s. Legende zu Tab. 1. Zu beachten ist: Die Tiere wurden am Tunneleingang ausgesetzt, d. h. inwieweit die Tunnelöffnung das Auffinden der Tunnel beeinflusst, ist nicht berücksichtigt. Dennoch kommt allenfalls der kurze Tunnel in die Nähe der von Geise et al. (2008) geforderten Querungsrate von mind. 75 % (bzw. der hier, für den Fall, dass keine Ersatzlaichgewässer geschaffen werden können, geforderten Rate von 80 % bis 90 %). Die geforderten Querungsraten betreffen nicht die Tiere an Tunneleingängen, sondern immer die bei Laichwanderungen insgesamt an die Barriere anwandernden Tiere.

Die Empfehlungen basieren auf begründeter, konservativer Interpretation vorliegender Literatur und Erfahrungen bezogen auf den mitteleuropäischen Raum. Für eine wissenschaftlich gesicherte Basis liegen bisher keine ausreichend differenzierten und insgesamt übertragbaren Untersuchungen vor¹⁵. Das Wesentliche für Unterführungen ist, deren Länge zu minimieren und deren Öffnungsweite zu maximieren (ggf. durch Gitterroste im Dammbereich und zwischen Fahrspuren; z. B. Huijser & Gunson 2019). Im Sinne der Risikoversorge bezüglich der Eingriffsregelung sowie der FFH- und UVP-Richtlinien müssen die Empfehlungen als Mindeststandards aufgefasst werden. Dies gilt jedenfalls solange, bis genauere Daten oder valide Wirkungsmodelle Abweichungen nach unten erlauben, bzw. bis ggf. höhere Anforderungen begründet werden. Höhere Anforderungen an Tunnelsysteme könnten sich aus der genaueren Betrachtung der Jungtierwanderungen ergeben, die genauso wichtig sind, wie die Wanderungen adulter Tiere. Insofern sind Lösungen, die Ersatzlaichgewässer in einem als Lebensraum funktionierenden Umfeld einbeziehen, als nachhaltigste und effizienteste Vorzugsvarianten zu betrachten. An Mortalitätsschwerpunkten sind wirksame Amphibienabweiser, d. h. funktionsfähige Sperreinrichtungen im Sinne des M AQ 2022 zwingend erforderlich, wobei Ausstiegshilfen für solche Tiere geschaffen werden müssen, die zwischen Zaun und Straße gelangt sind.

Auch im Kontext der Aufgaben des gesetzlich verankerten Artenschutzes (s. dazu etwa Trautner et al. 2021) wäre vermehrtes artspezifisches Wissen wichtig; im Hinblick auf Jungtiermobilität ist das Wissensdefizit für alle Arten groß. Ob artspezifische Standards zu Dimensionen für die Praxis sinnvoll sind, ist dagegen zweifelhaft, weil immer mehrere Arten betroffen und Artenbestände dynamisch sind. Standards sollten sich an den empfindlichsten und anspruchsvollsten (der potenziell) betroffenen Arten orientieren. Besonders hilfreich wäre jedoch eine bessere Näherung an die Ableitung populationsbiologisch erforderlicher Querungsraten und an den notwendigen Lebensraumverbund, die für die nachhaltige Sicherung der heimischen Amphibien in ihrem gesamten heutigen und ggf. zukünftigen (etwa klimawandelbedingten) Verbreitungsgebiet nötig sind.

Nachfolgend ist der Vorschlag zur Dimensionierung von Amphibiendurchlässen für Laichwanderungen der vorliegenden Publikation in den Vergleich zu bisherigen Empfehlungen aus verschiedenen Literaturquellen gesetzt (Tab. 3).

Tab. 3: Die Anforderungen an die Dimension (b*h oder Ø) von Amphibiendurchlässen für Laichwanderungen im Vergleich zu bisherigen Empfehlungen.

Anforderungen [sicher wirksam: bei normal (= sw) und bei optimal gestaltetem Zugangsbereich (= swZ]; in der Regel wirksam (= idRw/idRwZ)] bei Durchlass- bzw. Unterführungslängen von							Quellen
	< 20 m		20 - 30 m	30 - 40 m	40 - 50 m	50 bis 60 m	
	< 15 m	15-20 m					
sw: swZ: idRw: idRwZ:	1,0 x 1,0 1,0 x 0,8 1,0 x 0,6 0,8 x 0,6	2,0 x 1,5 1,8 x 1,4 1,8 x 0,8 1,6 x 0,8	4,0 x 1,6 ¹⁶ 3,0 x 1,6 2,0 x 1,2 1,8 x 1,2	8,0 x 2,0 ¹⁷ 6,0 x 2,0 4,0 x 1,6 3,0 x 1,6	14,0 x 2,5 12,0 x 2,5 8,0 x 2,0 6,0 x 1,8	sw 22 x 3,5; swZ 16,0 x 3,5; idRw 12,0 x 2,5; idRwZ 10,0 x 2,0 + Ersatzgewässer ¹⁸	Autorenvorschlag bzw. FE Wirksamkeit von Unterführungen 2024
	1,0 x 1,0 Ø 1,0	1,5 x 1,0 Ø 1,5	I > 25 m: NA „NA“ ist nicht definiert und kann „not applicable“ oder „not available“ bedeuten				Gunson et al. (2016)
	> 0,7 x 0,7 bzw. > 1,4 x 1,4 ¹⁹						Hamer et al. (2023)
	1,00 x 1,00 bzw. ≤ 2.00 x 1,50		> 2.00 x 1,50	bei größerer Durchlasslänge sind größere Querschnitte (insbes. hinsichtlich der lichten Weite) notwendig			Reck et al. ²⁰ (2023)
	1,00 x 1,00 Ausnahmen 1 x 0,6, Ø 1,0		bei größerer Durchlasslänge sind größere Querschnitte (insbes. hinsichtlich der lichten Weite), eine höhere Durchlassdichte und ggf. weitere Maßnahmen (z. B. Lichtschacht im Mittelstreifen) notwendig				Attermeyer et al. (M AQ) (2022)
	1,00 x 0,75 Ø 1,0		1,50 x 1,00 Ø 1,4	1,75 x 1,25 Ø 1,6	2,00 x 1,50 Ø 2,0	2,25 x 1,75 Ø 2,4	Kruidering et al. (Leidraad) (2005) ²¹
	Ø 1,2		Ø 1,6	Ø 1,8	Ø 2,2		Laufer & Zurmöhle ²² (2007)
	1,00 x 0,75 Ø 1,00		1,50 x 1,00 Ø 1,40	1,75 x 1,25 Ø 1,60 bzw. 1,80 x 1,25; Ø 1,60	2,00 x 1,50 Ø 2,00		BMV u.a. ²³ (M AmS) 2000

Einzelanmerkungen

1 / Seite 1

Im Rahmen jenes Vorhabens wurden Libellen, Heuschrecken, Laufkäfer, Tagfalter und Widderchen, Reptilien und flugunfähige Kleinsäuger bearbeitet. Der Bericht wird 2025 verfügbar sein. Eine Übersicht (Foliensammlung) ist verfügbar unter Reck et al. (2024).

2 / Seite 1

Z. B. Soanes et al. (2024), Boyle et al. (2021), Helldin & Petrovan (2019), Schneeweiß (2003); z. T. wurde die Abhängigkeit der Durchlässigkeit von der Länge sogar nur für Längen zwischen 3 m und 9 m getestet (z. B. Patrick et al. 2010), auch eine aktuelle Untersuchung von Seol et al. (2023) zur Optimierung des Designs von Amphibientunneln in Korea beschränkt sich auf einen Versuchsaufbau mit lediglich 3 m langen Tunnelelementen (und selbst bei dieser kurzen Länge wurden die angebotenen Tunnelweiten von 100 und 70 cm gegenüber den Vergleichsweiten von 50 und 30 cm insgesamt - bei hohen artspezifischen Abweichungen - bevorzugt). Insgesamt fehlen Erfahrungen mit kleinen Öffnungsweiten bei langen Unterführungen. Ein positiver Einfluss von Kunstverstecken und anderen Gestaltungselementen auf die Querungsrate könnte unter Umständen höher sein, als der Einfluss größerer Öffnungsweiten. Dennoch werden im Zweifel, d. h. bis zum Vorliegen ggf. ausreichender Nutzungsbeweise für kleinvolumige Bauwerke, in den hier vorgelegten Empfehlungen große Öffnungsweiten zugrunde gelegt, damit von einer hinreichend sicheren Wirksamkeit geplanter Vermeidungsmaßnahmen ausgegangen werden kann.

3 / Seite 1

Andere und effizientere oder komplementäre Maßnahmen sind die Verringerung von Verkehrswegbreiten und Verkehrsdichten sowie die zum Verkehrswegebau und zur Verkehrswegeunterhaltung komplementäre Entwicklung wirksamer Lebensraumnetze. An bestimmten Strecken ist ggf. auch die Verringerung der Verkehrsgeschwindigkeit auf ≤ 30 km/h möglich.

4 / Seite 2

Zumindest noch im Jahr 2008 vermutet ein Autorenteam von 14 Sachverständigen (Geise et al. 2008), dass 90 % der Amphibienschutzanlagen die an sie gestellten Erwartungen nicht oder nur eingeschränkt erfüllen. Siehe im Übrigen auch Ottburg & van der Grift (2019), Otto (2019), Serfling (2011), Schneeweiß (2003).

5 / Seite 2

Für ununterbrochene Unterführungen, die länger als ca. 50 bis 60 m sind, wird angenommen, dass sie nie ausreichend wirksam sein können (Ausnahme ggf. voll begrünte Lebensräume unter Viadukten). Bei solchermaßen breiten Barrieren sind immer komplexe Wiedervernetzungsmaßnahmen (Anlage von Lebensraumkorridoren inklusive von Grünüberführungen) erforderlich. Zur Bündelungsproblematik siehe Peter et al. (2023).

6 / Seite 4

Zumbach (in lit.) erachtet „[...] die Kombination von großen Durchlässen alle 500 Meter und großzügige Ersatzlaichgewässer auf beiden Seiten als die beste Lösung“ (Email vom 9.2.2023). Von Jarvis et al. (2019) wird die Anlage von Ersatzlebensräumen in Verbindung mit Zäunen und Unterführungen ebenfalls als erfolgversprechend bewertet. (Nicht nur) Im Hinblick auf die geringe Nachhaltigkeit stationärer Tunnelanlagen wegen mangelhafter Wartung empfehlen z. B. auch Wolf & Schneeweiß (2000) bzw. Schneeweiß et al. (2003) die Sanierung oder die Neuanlage von (Ersatz-)Gewässern und (Ersatz-)Landlebensräumen. Reck & Miller (1993) fordern diese u. a. wegen der vielfach weit gefächerten Sommer- und Herbstwanderungen.

7 / Seite 4

Zur Thematik s. etwa Schneeweiß (2003), Schneeweiß et al. (2003), Dunkel (2005), Fuhrmann & Tau-

chert (2010), Nüsken & Leeb (2016), Struijk & van Leeningen (2021), Testud et al. (2022), Hamer et al. (2023), Petrovan (o. D).

8 / Seite 4

Wenn mehrere Artengruppen betroffen sind und im Rahmen paritätischer Wiedervernetzungs-konzepte zur Bewältigung der Zerschneidungsfolgen neuer Verkehrsinfrastruktur (siehe Reck & Böttcher 2023) sind oft Kombinationen von (Gewässer-)Unterführungen und Fauna-Überführungen die zielführendsten Maßnahmen. Speziell im Tiefland ist es oft unmöglich, ausreichend hohe Unterführungen zu installieren. Huijser & Gunson (2019) empfehlen Kombinationen von Trocken- und Nassdurchlässen oder den Einsatz von nach oben lichtoffenen Durchlässen.

9 / Seite 4

Bei Sperreinrichtungen überwiegt nach Geise et al. (2021) die Schutzwirkung gegenüber der Verkehrsmortalität das Sterberisiko an der Anlage „bei weitem“. Ausnahmen können aber, bedingt z. B. durch Kalkstäube oder alkalisches Porenwasser auftreten. Auch Dodd et al. (2004) bestätigen die positive Wirkung geeigneter Zaunanlagen: “We detected 51 vertebrate species, including 9 fish, using the 8 culverts after the construction of the barrier wall-culvert system, compared with 28 vertebrate species in the 4 existing culverts prior to construction. Capture success in culverts increased 10-fold from the pre-construction survey to the post-construction survey”. Wichtig zur Mortalitätsreduktion ist auch, dass regelmäßig Ausstiegsmöglichkeiten für solche Tiere geschaffen werden, die zwischen Zaun und Straße gelangt sind.

10 / Seite 4

Tunneleingänge werden oft nicht aufgefunden (z. B. Matos et al. 2019).

11 / Seite 7

Der Openness-Index ist ein weit verbreitetes Maß zur vergleichenden Bewertung der relativen Dimension von Faunaunterführungen (Nevřelová et al. 2022). Leider ist der OI dennoch kein besonders geeignetes Maß zur Abschätzung der Wirksamkeit jeweiliger Unterführungen. Gunson et al. (2016) betonen bereits, dass Breite und Höhe nicht beliebig miteinander verrechenbar sind. Ab einer Mindesthöhe hat die Höhe, gildenspezifisch verschieden, bspw. einen geringeren Einfluss als die Breite (z. B. für Kleinsäuger), während die Höhe oder der Lichteinfall für z. B. Libellen eine besonders wichtige Rolle spielt. Insbesondere die Länge hat einen nicht-linearen Einfluss: Sehr wahrscheinlich muss die Openness, die relative Öffnungsweite, mit zunehmender Länge überproportional ansteigen, damit Unterführungen wirksam sind.

12 / Seite 9 (Tabelle 2)

Dimensionslos, für die Berechnung des OI ($=b \cdot h/l$) auf Basis der Angaben in Metern.

13 / Seite 9 (Tabelle 2)

„The length of a tunnel acts on the proportion of complete crossings (higher in *S. salamandra* and *T. cristatus* in the shorter tunnel; Testud et al. 2020), as previously shown in several amphibian species (Dodd et al. 2004, Lesbarrères et al. 2004, Patrick et al. 2010 [auch Woltz et al. 2008]). Considering the precise movements in a tunnel (this study), the propensity to go forward in the first meters of the tunnel (8 m) was higher for the shorter tunnel. These results argue for experiments that explore the mechanisms of newts' appreciation of tunnel length: e.g., perception of the exit (odor, brightness, temperature, ventilation, etc.) or distance traveled (Brehme et al. 2021).“

14 / Seite 9 (Tabelle 2)

hier = Querungsbeobachtungen / (Querungsbeobachtungen + Umkehrbeobachtungen).

„Gesamthaft über alle Anlagen zeigte sich erfreulicherweise, dass bei der gemäß Fachliteratur geforderten Querungsrate von > 75% (Geise et al. 2008) – insbesondere bei Erdkröten – die Populationen in der Regel angestiegen sind. Bei geringeren Querungsra-

ten (< 75%) wurden die Populationen meistens kleiner“ (Brenneisen & Szallies 2017); dass Populationen trotz Schutzanlagen kleiner werden, ist ein häufig beobachtetes Phänomen (z. B. Dorowski 2019), auch weil die Jungtiermobilität (und -mortalität) häufig nicht beachtet wird.

Die Querungsraten korrelieren in der Untersuchung von Brenneisen & Szallies (2017) sowohl beim Grasfrosch als auch bei der Erdkröte positiv mit der Tunnelbreite (untersucht wurden aber nur Tunnel mit einer Breite von 0,3 bis 1,0 m unter schmalen Straßen). Die Querungsraten erreichten dabei selten 90 % und liegen bei Breiten von 1 m zwischen 45 % und 95 %.

Vgl. auch Hermans (2015): „Table 2 shows an overview of all articles found in English literature that have studied the efficiency of amphibian tunnels and associated drift fencing in an in-situ situation. From 9 studies found, only 3 studies showed tunnel efficiencies > 50%. [...] The tunnels with highest and intermediate tunnel efficiency were all ACO Tunnels [...] These tunnels were also approximately the same length (7-12 m).“ Die zugrunde liegenden Beobachtungen befassen sich bis auf eine Ausnahme mit Tunneln bis 12 m Länge; die Ausnahme betrifft eine Anlage mit 21- 37 m langen Tunneln, die einen Durchmesser von 1 bis 3 m hatten, wobei deren Querungsrate bestenfalls 7,6 % betrug.

Neben der Barriere- und Mortalitätswirkung kann auch Verkehrslärm zur Minderung der Arten- und Individuendichte von Froschlurchen auf Bändern bis zu je 1 km Breite entlang von Straßen führen (Eigenbrod et al. 2009).

15 / Seite 9

Schmidt et al. (2017) beschreiben diesbezüglich am Beispiel einer umfangreichen Untersuchung die Schwierigkeiten für evidenzbasierten Naturschutz: „Da aber jede Anlage eine einmalige Kombination von Tunneltyp, -länge, -breite und Leitsystem darstellt, war die Auswertung der Daten eine Herausforderung. Teilweise unterschieden sich auch die Querungsraten von Jahr zu Jahr. Für harte, statistisch gut gesicherte Daten müssten viel mehr Anlagen untersucht werden“.

16 / Seite 10 (Tabelle 3)

„luell et al. (2003) have suggested that for tunnels < 20 m a diameter of 1 m would be sufficient. Tunnels that are longer should have wider diameters (e.g. up to 2 m for tunnels between 40-50 m; luell et al. 2003). These recommendations seem sensible. Unfortunately no studies on tunnels of these lengths are known“ (aus Hermans 2015).

17 / Seite 10 (Tabelle 3)

An einer Tunnelanlage in Brandenburg (5 Tunnel, b = 1,4 m, h = 1,2 m, Längen von 19 m bis 32 m) nutzen je nach Untersuchungsjahr nur 20 % bzw. 10 % der anwandernden Amphibien, v. a. Froschlurche, die Tunnel. Insgesamt fehlen aber Erfahrungen, und ein positiver Einfluss von Kunstverstecken und anderen Gestaltungselementen auf den Erfolg könnte höher sein, als der Einfluss größerer Öffnungsweiten.

18 / Seite 10 (Tabelle 3)

Bei größeren Längen fehlen Erfahrungen; die Anforderungen könnten über- oder unterschätzt sein, insofern sind, wie bereits beschrieben, Lösungen, die Ersatzlaichgewässer einbeziehen, als vermutlich nachhaltigste Vorzugsvarianten zu betrachten.

„Beim Regelquerschnitt von Bundesfernstraßen sind Zweifel angebracht, ob aufgrund der langen Tunnellängen und deren zwangsläufige naturferne Bauart (fehlende Vegetation, beengtes Raumangebot) eine langfristige Wirksamkeit überhaupt gegeben ist. Vermutlich kann dies nur über einen zusätzlichen Aufwand (über Empfehlungen im M AmS hinaus!) erwartet werden (z. B. Lichtschacht im Mittelstreifenbereich einer Autobahn 50) [...] Entgegen den Angaben im M AmS (Ausgabe 2000), das Durchlasslängen bis zu 50 m vorsieht, könnte eine Kleintierschutzanlage für Anuren (Kröten und Frösche) nach vorliegender Erkenntnis allerdings nur bis maximal zur Breite einer 3-streifigen Bundesstraße (bis RQ 15,5) noch zielführend sein. Bei Molchen dürfte eher sogar ein RQ 11 von Landes- bzw. Staatsstraßen bereits die Obergrenze des Vertretbaren sein“ (Fuhrmann & Tauchert 2010).

19 / Seite 10 (Tabelle 3)

Selbst an nur 2-streifigen Straßen (sealed two-lane road approximately 7 m - 8 m wide, with a 90 km/h speed limit) weisen die Ergebnisse von Hamer et al. (2023) darauf hin, dass Unterführungen von rund 70 cm x 70 cm zu gering dimensioniert sind und auch Unterführungen von 140 cm x 140 cm immer noch ungenügend dimensioniert sein können: "tunnel usage rates were relatively low and mortality rates on the road above the tunnels were high, indicating that barrier fences and walls may not have been functioning as intended [...] there were more individuals predicted [...] at tunnels with large opening sizes [...] Elsewhere, barrier and culvert systems had no effect on reducing large numbers of Hyla species killed on a road traversing a large wetland (Dodd et al. 2004)." [...] "Our results concur with suggestions that optimal tunnel design to facilitate amphibian migration should probably include widths and heights ≥ 40 cm (Beebee 2013), with the size ultimately determined by road width (Schmidt and Zumbach 2008)."

20 / Seite 10 (Tabelle 3)

"According to Fuhrmann & Tauchert (2010) small sized culverts (width < 2m, height < 1,5-2m) will probably not work for frogs and toads if the culvert is longer than 15-20 m and for newts if the culvert is longer than 10-15m; Sinsch & Stamann in turn report 2023 from a single site that a culvert of $w=2m \cdot h=2m$ and $l=42m$ was usable at least occasionally for Anura".

21 / Seite 10 (Tabelle 3)

Im aktuellen „Leidraad“ (Smulders et al. 2021) sind nur noch Pauschalangaben „0,5 m bis 2,0 m Breite x 0,5 m bis 1,5 m Höhe“ mit dem Verweis angegeben, dass in Abhängigkeit von der Länge größere Breiten und Höhen notwendig sein können.

22 / Seite 10 (Tabelle 3)

Rohrdurchlassbreiten (bei ovaler Röhre mit jeweils geringerer Höhe); „Erfahrungen zu Durchlasslängen von über 25 m liegen nur wenige vor, so das bisher nicht geklärt ist, ob Amphibien diese in ausreichender Zahl durchwandern“.

23 / Seite 10 (Tabelle 3)

Bzw. <http://www.amphibienschutz.de/schutz/amphibien/stationaer.htm> (Abruf 2023) oder BfV-BuW (zit. in Laufer & Zurmöhle 2007).

Dank

Für Hinweise oder die Überlassung von Literatur und unveröffentlichten Arbeiten danken wir J. Dorowski, E. van der Grift, M. Klußmann, J. Krütgen, M. Kyek, A. Righetti, S. Schleich, R. Struijk und S. Zumbach.

Zusammenfassung

Trotz langer Tradition beim Bau von Amphibientunneln liegen keine ausreichenden quantitativen Informationen für Bauwerke von mehr als ca. 20 bis 25 Meter Länge vor. Selbst die nachhaltige Nutzungsfähigkeit kurzer Durchlässe ist zweifelhaft, soweit es sich um typische Amphibientunnel mit geringer Öffnungsweite handelt. Aufgrund ungenügender Wartung sind solche, gemessen am Vermeidungsgebot, mittelfristig zudem ihrer Wirksamkeit teils stark eingeschränkt. Auf Basis einer Literatursichtung, von Konsultationen sowie Erfahrungswerten werden im vorliegenden Beitrag Hinweise und Empfehlungen für die Dimensionierung von Unterführungen vor dem Hintergrund von Zielwerten für Mindest-Querungsraten für Amphibienindividuen gegeben. Prioritär für eine ausreichende Vermeidung und Minderung ist immer die Herstellung oder Optimierung funktionsfähiger Ersatz-Lebensräume beidseits der Straße in Verbindung mit Absperreinrichtungen und einzelnen, großvolumigen Unterführungen (alle 500 m zur Hauptwanderrichtung). Für Fälle, in denen dies nicht oder

nicht vollständig möglich ist, werden Empfehlungen für die Dimensionierung von Durchlässen (Höhe und Breite) abhängig von deren Länge gegeben. Es ist eine Reform der bisherigen „Standards“ und Praxis notwendig.

Literatur

- Angelstam P (1992): Conservation of Communities - The Importance of Edges, Surroundings and Landscape Mosaic Structure. In: Hansson L, edit.: Ecological Principles of Nature Conservation. Conservation Ecology Series: Principles, Practices and Management. Boston (Springer). https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3524-9_2
- Attermeyer S, Herzberg H, Engels M, Bauckloh M, Bömer A, Böttcher M, Geiger A, Hänel K, Heil A, Henneberg M, Herrmann M, Kaledin M, Meinig H, Podlousky R, Reck H, Sauer J, Schneider H, Strein M, Tegethof U (2022): Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Straßen (M AQ), Ausgabe 2022 89 S. + 55 S. Anhang. Köln (FGSV).
- Baierl C, Schröder-Rühmkorf H, Hänel K, Reck H, Nissen H (2023): Wiedervernetzung von Lebensraumkorridoren über bestehende Bahntrassen (ICE, IC, Güterverkehr). Naturschutz und Biologische Vielfalt 157: 436 S.
- Boyle S, Keevil M, Litzgus J, Tyerman D, Lesbarrères D (2021): Road-effect mitigation promotes connectivity and reduces mortality at the population-level. Biological Conservation 261: 109230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109230>
- Brehme CS, Tracey J A, Ewing BAI, Hobbs MT, Launer AE, Matsuda TA, Cole Adelsheim EM, Fisher RN (2021): Responses of migratory amphibians to barrier fencing inform the spacing of road underpasses: A case study with California tiger salamanders (*Ambystoma californiense*) in Stanford, CA, USA. Global Ecology and Conservation 31:e01857. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01857>
- Brehme CS, Barnes S, Ewing B, Gould P, Vaughan C, Hobbs M, Tornaci C, Holm S, Sheldon H, Fiutak J, Fisher, RN (2023): Elevated road segment (ERS) passage design may provide enhanced connectivity for amphibians, reptiles, and small mammals. Frontiers in Ecology and Evolution 11:1145322. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1145322>
- Brenneisen S, Szallies A (2017): Wie gut erfüllen Amphibientunnel und -leitsysteme ihren Zweck? Akzeptanz und Erfolgskontrolle unterschiedlicher Anlagetypen in der Schweiz. Schlussbericht der Feldstudie 2010-2014: 126 S. Wädenswil (ZHAW Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen).
- Dodd C, Barichivich W, Smith L (2004): Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily travelled highway in Florida. Biological Conservation 118(5): 619-631. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2003.10.011>
- Dorowski J (2019): Auswertung der an den Amphibienschutzszäunen in Güterfelde und Nudow erfassten Daten. Folienskript.
- Dunkel E (2005): Effizienz und Funktionalität einer stationären Amphibien- und Kleintierschutzanlage in Berlin. Diplomarbeit: 75 S. Berlin (Institut für Biologie der Humboldt Universität).
- Eigenbrod F, Hecnar S, Fahrig L (2009): Quantifying the Road-Effect Zone: Threshold Effects of a Motorway on Anuran Populations in Ontario, Canada. Ecology and Society 14(1): 24. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art24/>
- Fuhrmann M, Tauchert J (2010): Annahme von Kleintierdurchlässen – Einfluss der Laufsohlenbeschaffenheit und des Kleinklimas auf die erfolgreiche Durchquerung. Forschungsbericht BAST-Forschungsprogramm Straßenwesen, F+E 02.263/2005/LRB: 149 S.
- Geise U, Kyek M, Mermod M, Zumbach S, Schweimanns M (2021): Amphibien-Jungtiermortalität an permanenten Schutzanlagen. Naturschutz und Landschaftsplanung 53(1): 6-7
- Geise U, Zurmöhle H, Borgula A, Geiger A, Gruber HJ, Krone A, Kyek M, Laufer H, Lüneburg H, Podlou-

- cky R, Schneeweiss N, Schweimanns M, Smole-Wiener K, Zumbach S (2008): Akzeptanzkontrollen für stationäre Amphibien-Durchlassanlagen an Straßen - Vorgaben für eine Methodenstandardisierung. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 40(8): 248-256.
- Gunson K, Seburn D, Kintsch J, Crowley J (2016): Best Management Practices for Mitigating the Effects of Roads on Amphibians and Reptile Species at Risk in Ontario. Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry: 112 pp.
- Hamer A, Mechura T, Puky M (2023): Patterns in usage of under-road tunnels by an amphibian community highlights the importance of tunnel placement and design for mitigation. *Global Ecology and Conservation* 43:e0420. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02420>
- Helldin J, Petrovan S (2019): Effectiveness of small road tunnels and fences in reducing amphibian road-kill and barrier effects at retrofitted roads in Sweden. *PeerJ* 7:e7518. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.7518>
- Hermans Z (2015): Amphibian tunnel design and efficiency: A literature review. Master Environmental Biology: 31 pp. Utrecht (Utrecht University).
- Iuell B, Bekker GJ, Cuperus R, Dufek J, Fry G, Hicks C, Hlaváč V, Keller V, Rosell C, Sangwine T, Tørsløv N, Wandal B, edit. (2003): *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. COST Reports 341: 172 pp. Utrecht (KNNV).
- Jarvis L, Hartup M, Petrovan S. (2019): Road mitigation using tunnels and fences promotes site connectivity and population expansion for a protected amphibian. *European Journal of Wildlife Research* 65: 27. <https://doi.org/10.1007/s10344-019-1263-9>
- Kordges, T. (2003): Amphibien-Schutzmaßnahmen an bestehenden Straßen – Anspruch und Wirklichkeit: Konzeptionelle Defizite, Akzeptanz- und Umsetzungsprobleme aus der Sicht der Praxis. *Zeitschrift für Feldherpetologie, Supplement 2*: 1-22.
- Kruidering A, Veenbaas G, Kleijberg R, Koot G, Rosloot Y, van Jaarsfeld E (2005): *Leidraad fau- naverzieningen bij wegen*: 215 pp. Delft (Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde).
- Laufer H, Zurmöhle HJ (2007): Dauerhafte Amphibienschutzmaßnahmen an Straßen. In: Laufer H, Fritz K, Sowig P, edit.: *Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs*: 143-157. Stuttgart (E. Ulmer).
- Lesbarrères D, Lodé T, Merilä J (2004): What type of amphibian tunnel could reduce road kills? *Oryx* 38(2): 220-223.
- Matos C, Petrovan S, Wheeler P, Ward A (2019): Short-term movements and behaviour govern the use of road mitigation measures by a protected amphibian. *Animal Conservation* 22(3): 285-296. <https://doi.org/10.1111/acv.12467>
- Nevřelová M, Lehotská B, Ružičková J (2022): Methodology of wildlife underpasses attractiveness assessment. *Ekológia (Bratislava)* 41(2): 172-182. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0018>
- Nüsken U, Leeb C. (2016): Licht am Ende des Tunnels. *Elaphe* 2: 76-77.
- Ottburg F, van der Grift E (2019): Effectiveness of Road Mitigation for Common Toads (*Bufo bufo*) in the Netherlands. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7:23. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00023>
- Otto H (2019): Amphibienwanderung am Wulfsteich (Westensee, SH): Untersuchung von Wanderungsschwerpunkten entlang der L255 unter Berücksichtigung von Geländemerkmale. Bachelorarbeit: 41 S. Kiel (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität).
- Patrick D, Schalk C, Gibbs J, Woltz H (2010): Effective Culvert Placement and Design to Facilitate Passage of Amphibians across Roads. *Journal of Herpetology* 44(4): 618-626. <http://dx.doi.org/10.1670/09-094.1>
- Peter F, Reck H, Trautner J, Böttcher M, Strein M, Herrmann M, Meinig H, Nissen H, Weidler M (2023):

- Empfehlungen zur Sicherung von Lebensraumverbund und Wildtierwegen bei der Bündelung von Verkehrswegen und Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA). Zentrale Ergebnisse aus einem Experten-Workshop an der Internationalen Naturschutzakademie auf der Insel Vilm und dessen Nachbereitung. *Artenschutz und Biodiversität* 4(3): 1-5. <https://doi.org/10.55957/DMLT4356>
- Petrovan S (o. D.): in lit. Answer related to a Swedish IENE opinion.
- Reck H, Miller U (1993): Nicht nur zur Laichzeit: Straßentod von Amphibien; Konsequenzen für Behörden und Planer. *Mitteilungen zum Naturschutz im Landkreis Ravensburg*, 1: 5-11.
- Reck H, Hlaváč V, Strein M, Böttcher M (2023): Thresholds for the dimension and for maximum distances of fauna passages or ecoducts at strong barriers including an approach to the definition of the term strong barrier and a compilation of related research and development needs. A contribution to deliverable 5.3 of the Horizon 2020 BISON project. Preprint. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.14308.86402>
- Reck H, Böttcher M (2023): Parity reconnection or, respectively, defragmentation plans as obligatory component of TI development and as pre-condition for accelerated planning. A contribution to deliverable 5.3 of the Horizon 2020 BISON project. 5 pp. <https://bison-transport.eu/>
- Reck H, Nissen H, Schulz B, Schulz H, Winkler C, Holst U, Böttcher M (2024): Effectivity of underpasses for the small fauna and the necessity to adapt standards. IENE International Conference 2024, Prague. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29404.60803>
- Schmidt B, Brenneisen S, Zumbach S (2017): Funktionieren Amphibientunnel? *Feldherpetologisches Magazin* 8: 36-39.
- Schmidt B, Zumbach S (2008): Amphibian Road Mortality and How to Prevent It: A Review. In: Mitchell JC, Jung Brown RE, Bartolomew B, edit.: *Urban Herpetology*: 157-167. Salt Lake City (Society for the Study of Amphibians and Reptiles).
- Schneeweiß N (2003): Vernetzt im Straßennetz? Amphibien- und Reptilienlebensräume. *Naturmagazin Berlin – Brandenburg – Mecklenburg-Vorpommern* 6/2003: 34.
- Schneeweiß N, Wolf M, Alsche G (2003): Zum Verhalten juveniler Amphibien an der stationären Schutzanlage einer Bundesstraße. *Zeitschrift für Feldherpetologie Supplement* 2: 137-146.
- Schneider R, Wolf M, Schneeweiß N, Alscher G. (2003): Zur Effizienz einer Stelztunnelanlage in der Uckermark. *Zeitschrift für Feldherpetologie Supplement* 2: 147-158.
- Serfling, C. (2011): Dauerkonflikt Amphibien und Straßen - erste Ergebnisse zur Situation in Thüringen. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* 48(4): 210-217.
- Seol G, Kim E, Kim Y, Kim N, Kim H (2023): A Design Proposal for an Eco-Tunnel for Anurans Based on Behavioral Experiments and Species Characteristics. *Sustainability* 15(4): 3501. <https://doi.org/10.3390/su15043501>
- Sinsch U, Stamann R (2023): Automatisierte Amphibienerfassung in Kleintierdurchlässen unter Straßen: Ein Lichtschranken-basiertes Kamerasystem. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 30: 108-121
- Smulders P, Wansink D, Van der Grift E, Nouwens L, Hofland A (2021): Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur. Rijkswaterstaat: 217 pp. Utrecht (Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving).
- Soanes K, Rytwinski, T, Fahrig L, Huijser M, Jaeger J, Teixeira F, van der Ree R, van der Grift E (2024): Do wildlife crossing structures mitigate the barrier effect of roads on animal movement? A global assessment. *Journal of Applied Ecology* 2024(61): 417-430. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2664.14582>
- Strein M, Reck H, Hänel K (2019): Wirksamkeitskontrollen an Querungshilfen - Untersuchungen zur Ableitung von Gestaltungsempfehlungen und Prüfkriterien für eine verbesserte und nachhaltige Funktionsfähigkeit: 280 S. Freiburg (FVA).
- Struijk R, van Leeningen R (2021): Herpetoducten N224 (Ginkelse Heide – Edesche Heide) - Onderzoek

- naar het gebruik door reptielen: 27 pp. Nijmegen (Stichting RAVON).
- Testud G, Fauconnier C, Labarraque D, Lengagne T, Le Petitcorps Q, Picard D, Miaud C. (2020): Acoustic enrichment in wildlife passages under railways improves their use by amphibians. *Global Ecology and Conservation* 24:e01252. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01252>
- Testud G, Canonne C, Le Petitcorps Q, Picard D, Lengagne T, Labarraque D, Miaud C (2022): Improving trajectories of amphibians in wildlife passages. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10:958655. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.958655>
- Trautner J, Reck H, Mayer J, Müller-Pfannenstiel K (2021): Tierarten und Artengruppen von allgemeiner und von besonderer Planungsrelevanz - Empfehlungen für eine sachgerechte und rechtskonforme Definition zur Anwendung bei der Bewertung und Bewältigung von Eingriffen in Natur und Landschaft. *Artenschutz und Biodiversität* 2(4): 1-19. <https://doi.org/10.55957/OZIT2246>
- Wolf M, Schneeweiß N (2000): Amphibien auf Brandenburger Straßen. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 9(1): 14-18.
- Woltz H, Gibbs JP, Ducey PK (2008): Road crossing structures for amphibians and reptiles: informing design through behavioral analysis. *Biological Conservation* 141(11): 2745-2750. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.08.010>

Anschriften der Verfasserinnen und Verfasser

PD Dr.-Ing. Heinrich Reck, Institut für Natur und Ressourcenschutz, Olshausenstr. 75, 24118 Kiel
hreck@ecology.uni-kiel.de

Jürgen Trautner, Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung GmbH, Johann-Strauß-Str. 22,
70794 Filderstadt, info@tieroekologie.de

Ina Blanke, Ahltener Str. 73, 31275 Lehrte. inablanke_diplbiol@online.de

Marita Böttcher, Bundesamt für Naturschutz (BfN), Fachgebiet II 4.2, Alte Messe 6, 04103 Leipzig,
Marita.Boettcher@bfn.de

Gabriel Hermann, Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung GmbH, Johann-Strauß-Str. 22,
70794 Filderstadt, gabriel.hermann@tieroekologie.de

Dr. Matthias Herrmann, ÖKO-LOG field research, Joachimsthaler Strasse 9, 16247 Parlow,
oeko-log@t-online.de

Ulrich Holst, Feldstraße 129, 24105 Kiel, ul.holst@posteo.de

Andreas Klinge, Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG), Arbeitskreis
Herpetofauna c/o Möhlenbarg 7, 24107 Quarnbek-Strohbrück, andreas.klinge@gmx.de

Ulfried Miller, BUND Bodensee-Oberschwaben, Leonhardstraße 1, 88212 Ravensburg,
ulfried.miller@gmail.com

Henning Nissen, Stiftung Natur im Norden, Eschenbrook 4, 24113 Molfsee,
hnissen@ecology.uni-kiel.de

Ute Nüsken, Naturschutzbund NÖ, Mariannengasse 32/2/16, A-1090 Wien, ute.nuesken@aon.at

Henrik Schulz, Immenkorv 19, 24582 Bordesholm, henrik@b-schulz.de

Christianna Serfling, Heinrich-Hertz-Straße 10, 07629 Hermsdorf, boescha@t-online.de

Christian Winkler, Bahnhofstraße 25, 24582 Bordesholm, chr.winkler@armatum.de

Abstract

On the dimensions of amphibian passages and the creation of compensation habitats - recommendations for improved practice

Despite a long tradition in the construction of amphibian tunnels, there is insufficient quantitative information available for such structures longer than approximately 20 to 25 meters. Even the sustainable usability of short culverts is doubtful, so far as those with small opening widths are concerned. Additionally, due to inadequate maintenance, the effectiveness of amphibian tunnels, measured against the avoidance requirement, is in some cases severely limited in the medium term. Based on a literature review, consultations, and empirical values, this article provides information and recommendations for dimensions of amphibian tunnels/underpasses in the context of target values for minimum crossing rates for amphibian individuals. The priority for sufficient avoidance and mitigation is always the creation or optimization of functional compensation habitats on both sides of the road in conjunction with barriers and individual, large-volume underpasses (every 500 meters to the main migration direction). For cases in which this is not or not completely possible, recommendations are given for culvert dimensions (height and width) depending on their length. A reform of prior "standards" and practice is necessary.