



Landeskonzept Wiedervernetzung an Straßen in Hessen

Prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen

- Methodenteil -

Stand: 15.05.2023

Analena Severon (M.Sc. Wildtierökologie und Wildtiermanagement)

Dr. Mathias Herrmann (Dipl. Biol.)

Im Auftrag von

Hessen Mobil

Inhalt

1	Anlass und Zielsetzung der Wiedervernetzung in Hessen	4
2	Hintergrundinformationen zum Thema Wiedervernetzung	7
3	Rechtliche und naturschutzfachliche Planungsgrundlage	10
3.1	Rechtliche und politische Grundlagen	10
3.2	Technische Regelwerke	11
4	Vorgehen zur Ermittlung der prioritären Wiedervernetzungsabschnitte	14
5	Datengrundlage	15
5.1	Biotopverbund	17
5.2	Engstellen der ökologischen Netze	21
5.3	Bundesweite Prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte	21
5.4	Bundesprogramm Wiedervernetzung	21
5.5	NABU Bundeswildwegeplan (Herrmann <i>et al.</i> , 2007)	22
5.6	Grünes Band	22
5.7	Unzerschnittene Verkehrsarme Räume (UZVR)	22
5.8	Schutzgebiete	23
5.9	Zerschneidungsempfindliche Arten	26
5.10	Wildunfälle und Totfunde	33
5.11	ATKIS	33
5.12	Fließgewässer als Leitlinie	34
5.13	Verkehrsdaten zur Bewertung der Barrierestärke	35
5.14	Bauwerksdaten	35
5.15	Geplante Aus- und Neubauprojekte	35
5.16	Bahndaten	36
5.17	Durchlässigkeitsmodell	36
6	Auswahl der zu prüfenden Straßen (Schritt 1)	37
6.1	Methode	37
6.2	Ergebnis	37
7	Auswahl der Prüfabschnitte (Schritt 2)	39
7.1	Methode	39
7.2	Ergebnis	42
8	Priorisierung anhand landesweit abfragbarer Daten zur ökologischen Funktion und der Barrierestärke (Schritt 3.1)	44
8.1	Methode	44

8.2	Ergebnis	52
9	Priorisierung anhand der individuellen Prüfung des Umfeldes und der Durchlässigkeit der Straße (Schritt 3.2)	54
9.1	Methode	54
9.2	Ergebnis	62
10	Individuelle Prüfung von Engstellen in den Korridoren (Schritt 3.3)	65
10.1	Methode	65
10.2	Ergebnis	65
11	Auswahl der 30 prioritären Wiedervernetzungsabschnitte und Erstellung von Steckbriefen (Schritt 4)	67
11.1	Begehung der Top 50 Prüfabschnitte	67
11.2	Geplante Aus- und Neubauprojekte	68
11.3	Rotwilddaten	68
11.4	Auswahl der Top 30 Prüfabschnitte und Priorisierung	69
11.5	Erstellung der Steckbriefe	69
12	Die prioritären Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen	73
13	Glossar nach MAQ (FGSV, 2022)	76
	Literatur	77

1 Anlass und Zielsetzung der Wiedervernetzung in Hessen

Die bestehende Verkehrsinfrastruktur und die steigende Verkehrsdichte fördern eine zunehmende Zerschneidung von Lebensräumen und Wanderkorridoren von Tieren und Pflanzen. Mit der dritten Änderung des Landesentwicklungsplan in Hessen 2018 (HMWEVL, 2018) wurde der landesweite Biotopverbund für Hessen (HMUELV/HMWVL, 2013) integriert. Demnach sollen Biotopverbundsysteme erhalten und entwickelt werden, sodass sie der natürlichen Verbreitung von möglichst vielen Tier- und Pflanzenarten dienen können.

Hessen weist bereits einen hohen Zerschneidungsgrad auf. Dies zeigt sich unter anderem im geringen Anteil der auf Bundesebene ausgewiesenen unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR) in Deutschland (BMU, 2007) ab 100 km². In den UZVR sollen Neuzerschneidungen vermieden werden. Lediglich 14 (rund 3 %) der 472 auf Bundesebene ausgewiesenen UZVR ab 100 km² liegen in Hessen. In Hessen wurden daher zusätzlich 55 unzerschnittenen verkehrsarmen Räume ab einer Mindestgröße von 50 km² als schutzwürdig eingestuft (Abb. 1).

Um die Zerschneidung von Lebensräumen, die Barrierewirkung sowie potentiell erhöhte Mortalität von zerschneidend wirkenden Projekten (Straßenneu- oder -ausbau) zu vermindern und die Durchlässigkeit zu erhöhen, sollen geeignete Querungsbauwerke konzipiert werden. Von Bedeutung ist dies insbesondere für großräumig wandernde Arten des Waldes und Halboffenlandes (z.B. Wildkatze, Luchs, Rothirsch). Bei der Planung von Querungsbauwerken zur Vermeidung einer Zerschneidung oder zur Wiederherstellung der Durchlässigkeit im Bereich von bestehenden oder geplanten Verkehrswegen ist auf eine ökologisch und auch ökonomisch effiziente Umsetzung zu achten.

Um der Verinselung und der qualitativen Verschlechterung von Lebensräumen entgegenzuwirken, wird im Auftrag von Hessen Mobil ein landesweites Wiedervernetzungskonzept für Bundes-, Land- und Kreisstraßen in Hessen erstellt. In diesem Wiedervernetzungskonzept werden Konfliktstellen identifiziert und Wiedervernetzungsmaßnahmen benannt, die die Konfliktstellen dauerhaft entschärfen.

Das Landeskonzzept zur Wiedervernetzung an Straßen in Hessen fungiert als informelles Planungstool. Es stellt weder eine konkrete Planung dar noch wird eine Verpflichtung zur Planung und Realisierung der Projekte durch das Landeskonzzept hervorgerufen.

Seine Umsetzung erfolgt im Zuge des Bundes- und Landesstraßenbaus durch Hessen Mobil als freiwillige Maßnahme, sodass eine Anrechnung im Rahmen der Kompensationsplanung gemäß § 14 ff. Bundesnaturschutzgesetz möglich ist. Auch eine Umsetzung als Ökokonto (vorgezogene Kompensationsmaßnahme ohne unmittelbaren Projektbezug gem. § 16 BNatSchG) ist denkbar. Die Umsetzbarkeit, Fragen zur Zulassung sowie Bestimmung der kompensatorischen Wirkung sind für jedes Einzelprojekt im Rahmen der Projektplanung zu klären.

Ziel der Wiedervernetzungsmaßnahmen in Hessen ist es, populationsökologisch bedeutsame Austauschbeziehungen, die durch Straßen mit starker Barrierewirkung zerschnitten sind, wiederherzustellen. Durch diese Maßnahmen soll sichergestellt werden, dass derzeit unterbrochene ökologische Wechselbeziehungen wieder funktional aufgewertet werden, sodass ein Wechsel von Individuen bzw. der Genaustausch zwischen den Teilpopulationen gewährleistet ist. Für Arten mit sehr großem Raumanspruch und geringer Individuendichte (u.a. Wildkatze, Luchs, Fischotter) soll mindestens die Ausbreitung sichergestellt werden. Für Arten mit hoher Reproduktionsrate und starken Populationsschwankungen (z.B. Wirbellose wie Heuschrecken, Laufkäfer, etc.) soll die Metapopulationsdynamik nicht maßgeblich beeinträchtigt werden. Das heißt, es sollte eine ausreichende Habitatvernetzung auf Landschaftsebene

bestehen – also eine ausreichende Anzahl an Habitatflächen in erreichbarer Nähe, die sich zur Neu- bzw. Wiederbesiedlung eignen, um lokalen Aussterbeereignissen von Teilpopulation entgegenzuwirken.

Langfristiges Ziel für die Wiedervernetzung in Hessen soll sein, dass ein Großsäuger das Bundesland auf verschiedenen Korridoren ohne unüberwindbare Barrieren durchqueren kann. Darüber hinaus soll der Populationsaustausch für Kleintiere in einem Umfang gewährleistet sein, dass für deren Metapopulationsdynamik typische lokale Aussterbe- und Wiederbesiedlungsprozesse möglich sind.

Am 29.2.2012 wurde vom Bundeskabinett das Bundesprogramm Wiedervernetzung (BMU, 2012) beschlossen. Ziel des Bundesprogrammes ist es, die bisher durch das Fernstraßennetz zerschnittenen Lebensraumkorridore in Deutschland durch den Bau von Querungshilfen wieder zu verbinden. Es nennt 93 Abschnitte an Bundesfernstraßen, die hinsichtlich der Möglichkeit der Umsetzung von Wiedervernetzungsmaßnahmen zu prüfen sind, an denen mittel- bis langfristig aus dem jährlichen Straßenbauetat Maßnahmen (z.B. Grünbrücken) finanziert werden sollen. Es handelt sich hierbei um freiwillige Sanierungsmaßnahmen, die aus dem Um- und Ausbautitel bezahlt werden sollen. In Hessen liegen 5 Wiedervernetzungsabschnitte, davon nur ein Abschnitt an einer Bundesstraße.

Das vorliegende hessische Wiedervernetzungskonzept fasst alle Vorgaben und Programme zusammen und ermittelt die Lokalitäten an bestehenden Straßen, an denen überregional der beste Effekt durch Wiedervernetzungsmaßnahmen erzielt werden kann. Diese Maßnahmen sollen im Gegensatz zum Bundesprogramm zur flächensparsamen Kompensation von Eingriffen verwendet werden und eine Stabilisierung für die biologische Vielfalt bewirken.

In einem abgestuften Auswahlverfahren sollen 30 prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen identifiziert werden.

Der Handlungsbedarf an Wiedervernetzungsabschnitten kann anhand von zwei Hauptkriterien identifiziert werden. Zum einen ist zu berücksichtigen, wo Straßen mit hoher Barrierewirkung Korridore zerschneiden, die für die Vernetzung von Lebensräumen besonders geeignet sind. Hinsichtlich der Identifikation solcher Lebensraumkomplexe wurden in dem F+E-Vorhaben des BfN „Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen: Die Überwindung straßenbedingter Barrieren“ (Hänel & Reck, 2011) fachlich valide Vorgaben gemacht. Diese Vorgaben sind an die spezifischen naturräumlichen Bedingungen in Hessen anzupassen und um landesweit bedeutsame Aspekte zu ergänzen. Zu diesen Aspekten gehört insbesondere der hessische Biotopverbund (HMUELV/HMWVL, 2013). Zum anderen ist der Zustand der derzeitigen Durchlässigkeit im vorhandenen Straßennetz zu prüfen, d. h. ob bereits durch bestehende Bauwerke (z. B. große Talbrücken) ausreichend Querungsmöglichkeiten vorhanden sind.

Zur leichten Anwendung wurde der Bericht zum „Landeskonzept Wiedervernetzung an Straßen in Hessen“ in zwei Teile unterteilt. Der hier vorliegende Methodenteil „Prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen“ beinhaltet das methodische Vorgehen zur Auswahl der prioritären Wiedervernetzungsabschnitte mit Zwischenergebnissen und den abschließend ausgewählten 30 prioritären Wiedervernetzungsabschnitten. Die Ergebnisse werden in einer Tabelle zusammengefasst und in einer Karte dargestellt. Der Berichtsteil „Steckbriefe der 30 prioritären Wiedervernetzungsabschnitte“ beinhaltet eine Kurzfassung der Methodik und detaillierte Steckbriefe der prioritären Wiedervernetzungsabschnitte. Die Steckbriefe geben einen ersten Überblick zu den örtlichen Gegebenheiten der ausgewählten Wiedervernetzungsabschnitte und benennen mögliche Maßnahmen.

Einschränkungen des Konzepts

Die Maßnahmenvorschläge in den Steckbriefen richten sich strikt nach den Vorgaben des MAQ (FGSV, 2022). Für eine abschließende Beurteilung der erforderlichen Maßnahmen ist eine weiterführende Prüfung der Standorte erforderlich. Das Konzept kann nicht die Einzelfallprüfung bei Eingriffen ersetzen. Zur Beurteilung von Eingriffen ist eine wesentlich detailliertere Datengrundlage mit umfangreicher Datenerfassung erforderlich. Weiterhin berücksichtigt das vorliegende Konzept für die abschließende Auswahl der 30 prioritären Widervernetzungsabschnitte keine Bundesautobahnen. Diese liegen im Zuständigkeitsbereich der Autobahn GmbH und werden lediglich im Priorisierungsverfahren, z.B. bei der Bewertung der Durchlässigkeit von Korridoren, berücksichtigt (Kap. 9.1.4).

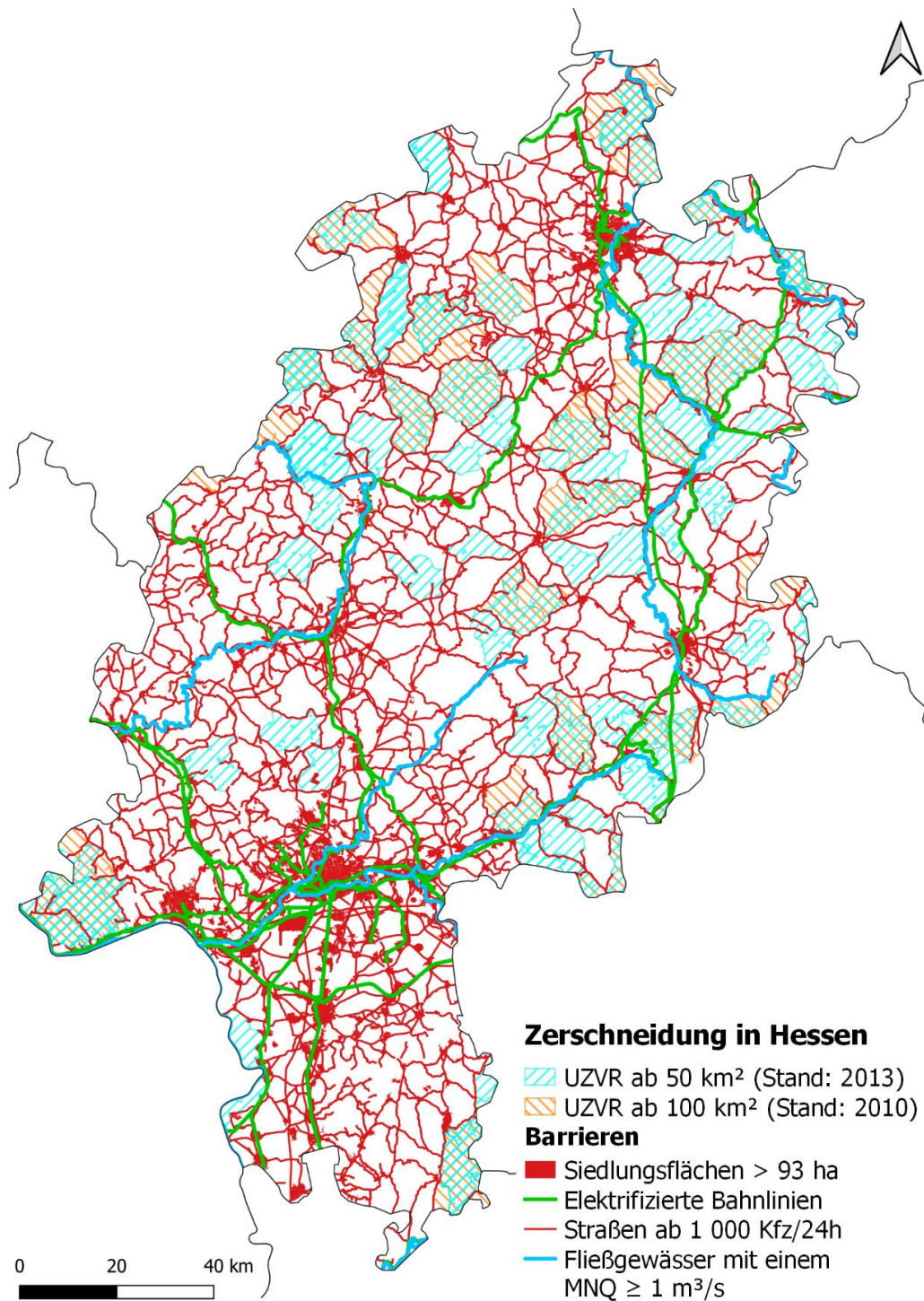


Abb. 1 Zerschneidung in Hessen. UZVR= unzerschnittene verkehrsarme Räume

2 Hintergrundinformationen zum Thema Wiedervernetzung

Im Jahr 1967 wiesen Robert H. MacArthur und Eduard O. Wilson in ihrem Buch „The Theory of Island Biogeography“ (Die Theorie der Inselbiogeographie) auf einen spannenden Zusammenhang hin. Sie untersuchten den Zusammenhang zwischen der Artenzahl und der Größe von Inseln im Meer sowie ihrer Distanz zum Festland. Sie stellten fest, dass auf größeren Inseln mehr Tierarten vorkommen als auf kleineren Inseln. Wenn die Inseln zu klein sind, um Populationen mit ausreichender Individuenzahl einen Lebensraum zu bieten, können die Arten nicht überleben und die lokale Aussterberate nimmt zu (MacArthur & Wilson, 1967). Wenn darüber hinaus Quellpopulationen, z.B. auf dem Festland, zu weit entfernt sind, kann keine Wiederbesiedlung der Inseln stattfinden, was wiederum den Artenverlust erhöhen kann. Diese Theorie der Inselbiogeographie lässt sich von Inseln im Meer auf Habitatinseln in anthropogen geprägten Landschaften übertragen. Inzwischen wurden die Zusammenhänge dieser Theorie der Inselbiogeographie z.B. für urbane Landschaften oder Agrarlandschaften evidenzbasiert in zahlreichen Studien nachgewiesen, die sich mit den Konsequenzen der Fragmentierung der Landschaft beschäftigen. So zeigten sich die gleichen Zusammenhänge in den immer kleiner werdenden Relikten des tropischen Regenwaldes ebenso wie in Schutzgebieten, die immer stärker voneinander durch die Kulturlandschaft isoliert werden. Newmark (1987) hat in nordamerikanischen Nationalparks festgestellt, dass mit abnehmender Fläche das Aussterberisiko für Arten zunimmt. Damit ist auch eine weitere Schlussfolgerung aus dem Werk von MacArthur & Wilson (1967) bestätigt worden. Je kleiner ein Nationalpark ist, desto größer ist das damit verbundene Risiko, dass Arten aussterben.

Die Theorie der Inselbiogeographie trifft insbesondere auf Säugetiere zu, da

- bei kleinen Populationen (< 10 Individuen) die Gefahr besteht, dass in einer Generation nur Individuen des gleichen Geschlechts geboren werden und somit keine Möglichkeit zur weiteren Fortpflanzung mehr gegeben ist.
- bei kleinen Populationen (< 50 Individuen) die Gefahr von Inzuchtschäden besonders groß ist.
- bei kleinen Populationen (< 500 Individuen) die Gefahr des Verlusts von wichtiger genetischer Information (z.B. Resistenzen gegen selten auftretende Seuchen, Franklin, 1980) z.B. durch genetische Drift besonders groß ist, was Populationen anfälliger gegen natürlich oder anthropogene Störungen macht.

Habitatinseln in der Kulturlandschaft

Die Gesamtfläche der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR) nimmt in Deutschland ab. So sank der Flächenanteil von 26,5 % der Landesfläche im Jahr 2000 auf 23,5 % der Landesfläche im Jahr 2015 (BfN, 2010; Umweltbundesamt, 2021a). Täglich werden in Deutschland ca. 50 ha (Stand: 2019) neu versiegelt (Umweltbundesamt, 2021b). Die Konzentration der Menschen in wenigen Ballungsgebieten bedingt zwar auf der einen Seite, dass die Räume zwischen den Siedlungszentren dünner besiedelt werden, andererseits entstehen große ununterbrochene Siedlungsbänder. Verkehrswege wie Straßen, Schienen und Kanäle zerschneiden die Flächen zwischen den Ballungsgebieten.

Wirkung der Fragmentierung der Lebensräume durch Verkehrswege:

- Verlust von Lebensräumen
- Zerschneidung der Streifgebiete einzelner Tiere
- Mortalität an Verkehrswegen
- Behinderung von saisonalen Wanderungen und der Abwanderung von Jungtieren
- Isolation von Populationen; dadurch verminderter genetischer Austausch oder Inzucht

Resultat: Einschränkung der Überlebensfähigkeit der Population

Die direkte Barrierewirkung eines Verkehrsweges drückt sich meist in einer Umkehr eines sich nähernden Tieres oder mit der Verlagerung von Aktionsraumgrenzen an diesem Verkehrsweg aus. Die Barrierestärke einer Straße ergibt sich aus verschiedenen Eigenschaften der Straße. In der Regel werden die Breite der Straße (Anzahl Fahrstreifen), der tägliche Verkehr (DTV), parallele Verkehrswege (z. B. Radwege) und die Zäunungen zur Bestimmung der Barrierestärke für Tiere herangezogen (Herrmann & Matthews, 2007). Nach MAQ (FGSV, 2022) weist eine Straße allein nach Angaben des DTV ab 1 000 Kfz/24 h eine mittlere Durchlässigkeit, ab 5 000 Kfz/24 h eine geringe Durchlässigkeit (starke Barrierewirkung) und ab 30 000 Kfz/24 h eine sehr geringe Durchlässigkeit (sehr starke Barrierewirkung) auf. Ab 50 000 Kfz/24 h besteht keine Durchlässigkeit mehr für Tiere.

Besonders kritisch ist diese Situation für Tierarten, deren Verbreitung in Deutschland auf Populationsinseln beschränkt ist und für Arten, die über Land von einem Lebensraum in den nächsten wandern müssen. Unter diesen Arten eignen sich besonders die größeren Arten mit hohem Raumbedarf, um die Problematik öffentlichkeitswirksam darzustellen. Wildkatzen, Luchse, Rothirsche, Fischotter oder Wölfe haben heute keine Chance mehr, sicher zwischen Biotopen zu wandern. Wenn ihnen nicht ohnehin Zäune, Mauern, Leitwände oder Kanäle den Weg versperren, so ist das Risiko hoch, bei der Querung eines Verkehrsweges getötet zu werden. Für einige Tierarten ist der Verkehrstod heute bereits die häufigste Todesursache. Kleine flugunfähige wirbellose Arten haben ähnliche Probleme von einem Lebensraumtrittstein zum nächsten zu kommen. Teilweise ist die Empfindlichkeit gegenüber Zerschneidung aufgrund der spezifischen Ansprüche an besondere Habitatbedingungen und der geringen Fortbewegungsgeschwindigkeit noch größer als bei Säugetieren.

Trotz des Ziels, den Rückgang der Biodiversität zu verlangsamen, ist der Artenrückgang ungebremsst. Dieser steht im Zusammenhang mit der immer weiter zunehmenden Fragmentierung der Lebensräume. Nicht zuletzt deshalb ist die Fragmentierung der Landschaft heute zu einem wichtigen Indikator im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie geworden.

Verschärft wird die Problematik der Isolation der Lebensräume durch die, mit der globalen Erwärmung einhergehenden, Klimaveränderungen. Für die Jahre 1990 bis 2100 ist ein Temperaturanstieg von 1,4 – 5,8 °C im weltweiten Durchschnitt prognostiziert. Für Mitteleuropa wird eine Erwärmung um 3,9 bis 5,5 °C erwartet (SWECLIM IPPC-Szenario A2 „business as usual“, Källén *et al.*, 2001). Ein Grad Temperaturerhöhung bedeutet, dass ein durchschnittliches Klima herrscht wie 400 - 500 km weiter südlich. An bestimmte Klimate gebundene mitteleuropäische Tierarten müssten demzufolge (je nach Szenario) ihr Areal jedes Jahr zwischen 5 und 21 (im Mittel 17) km nach Norden verschieben. Dem steht eine bei der Europäischen Wildkatze in Deutschland beobachtete Ausbreitungsgeschwindigkeit von 1-2 km pro Jahr (Zeitraum 1940 - 2000) gegenüber (u.a. Schiefenhövel & Klar, 2010). Es gibt mehrere mögliche Gründe, warum die

Wildkatzenpopulation eine derart geringe Ausbreitungsgeschwindigkeit zeigt, obwohl eine Wildkatze ohne Schwierigkeiten 5 km in der Stunde zurücklegen kann. Ein Grund kann darin liegen, dass keine überzähligen Jungtiere alt werden, um neue Lebensräume zu besiedeln, wenn die Lebensraumbedingungen zu schlecht sind. Die Ausbreitung könnte aber auch durch eine hohe Mortalität (z. B. an Straßen) oder durch kaum überwindbare Barrieren behindert werden.

3 Rechtliche und naturschutzfachliche Planungsgrundlage

Im Folgenden werden die rechtlichen und politischen Vorgaben sowie die daraus abgeleiteten naturschutzfachlichen Planungsgrundlagen für die Wiedervernetzung vorgestellt. Darüber hinaus werden die für die Vernetzung von Ökosystemen relevanten technischen Regelwerke benannt.

3.1 Rechtliche und politische Grundlagen

Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG, 2009)

Der Biotopverbund ist seit 2002 im BNatSchG verankert. In der Novelle vom Juli 2009 findet sich die entsprechende Regelung in den §§ 20 und 21 BNatSchG. Ziel des Biotopverbundes ist die dauerhafte Sicherung der Populationen wildlebender Tiere und Pflanzen einschließlich ihrer Lebensstätten, Biotope und Lebensgemeinschaften. Zentraler Punkt ist die Bewahrung, Wiederherstellung und Entwicklung funktionsfähiger, ökologischer Wechselbeziehungen in der Landschaft. Er soll auch zur Verbesserung des Zusammenhangs des Europäischen Schutzgebietsnetzes Natura 2000 dienen (§ 21 Abs. 1 BNatSchG). Verbindungsflächen und -elemente sind rechtlich zu sichern, um den Biotopverbund dauerhaft zu gewährleisten (§ 21 Abs. 4 BNatSchG).

Als Bestandteile des Biotopverbundes sind auch die oberirdischen Gewässer als Lebensstätten und Biotope einschließlich ihrer Randstreifen, Uferzonen und Auen zu erhalten, so dass sie ihre großräumige Vernetzungsfunktion auf Dauer erfüllen können (§ 21 Abs. 5 BNatSchG). Der Gesetzgeber sieht in den Gewässern und Auen ökologisch funktionale Einheiten, für die im Rahmen eines Vernetzungskonzeptes eine Gesamtlösung zu entwickeln ist.

Das BNatSchG regelt im § 15 (3), dass bei Inanspruchnahme von land- oder forstwirtschaftlich genutzter Flächen für Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen agrarstrukturelle Belange berücksichtigt werden müssen. Es ist vorrangig zu prüfen, ob u. a. durch Maßnahmen der Wiedervernetzung ein Ausgleich oder Ersatz erbracht werden kann. Dementsprechend sind Bauwerke, die die Durchgängigkeit der Landschaft an anderer Stelle wiederherstellen, bevorzugt umzusetzen, um Effekte der Fragmentierung zu kompensieren.

Dabei fokussiert sich das vorliegende Vernetzungskonzept nicht so stark auf die streng geschützten Arten, die häufig im Mittelpunkt der Maßnahmen im Rahmen des LBP stehen. Die Beeinträchtigung von ökologischen Funktionsbeziehungen, wie sie der Ausbau einer Bundesstraße mit sich bringt, ist vielmehr als Eingriff in die Natur zu sehen und entsprechend der §§ 13 - 15 BNatSchG zu mindern, auszugleichen oder zu ersetzen.

FFH-Richtlinie

Gemäß Art. 2 und 3 der FFH-Richtlinie soll zur Sicherung der Artenvielfalt ein kohärentes europäisches ökologisches Netz besonderer Schutzgebiete mit der Bezeichnung „Natura 2000“ errichtet werden. Dieses Netz umfasst die im Rahmen der FFH- und der Vogelschutzrichtlinie gemeldeten Gebiete.

Artikel 10 der FFH-Richtlinie sieht vor, dass die ökologische Kohärenz von Natura 2000 durch entsprechende Maßnahmen verbessert werden soll. So sollen Landschaftselemente, „die aufgrund ihrer linearen, fortlaufenden Struktur (z.B. Flüsse mit ihren Ufern oder herkömmlichen Feldrainen) oder ihrer Vernetzungsfunktion (z.B. Teiche oder Gehölze) für die Wanderung, die geographische Verbreitung und den genetischen Austausch wildlebender Arten wesentlich sind“, gefördert werden. Damit ist auch ein auf Arten bezogenes Ziel formuliert, wobei zu berücksichtigen ist, dass der strenge Artenschutz sich auf die Individuen der jeweiligen Population bezieht.

Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt (NBS) (BMU, 2007)

Auf der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) 1992 in Rio de Janeiro wurde das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD) geschaffen und beschlossen. Deutschland hat das Übereinkommen 1993 ratifiziert (Gesetz zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt vom 30.08.1993, Bundesgesetzblatt II Nr. 32, S. 1741 ff).

Artikel 6 des Übereinkommens zur biologische Vielfalt sieht vor, dass „jede Vertragspartei (...) nationale Strategien, Pläne oder Programme zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt entwickeln oder zu diesem Zweck ihre bestehenden Strategien, Pläne und Programme anpassen“ wird.

Die „Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt“ (BMU, 2007) zielt auf die Umsetzung des Übereinkommens auf nationaler Ebene. Sie formuliert eine konkrete Vision für die Zukunft und legt für alle biodiversitätsrelevanten Themen Qualitätsziele und Handlungsziele fest.

Im Hinblick auf Verkehrswesen bzw. Mobilität werden u. a. folgende Ziele genannt:

- Neue Verkehrswege (u. a. Straße) weisen eine ausreichende ökologische Durchlässigkeit auf (z. B. Grünbrücken an Verkehrswegen).
- Bis 2020 gehen von den bestehenden Verkehrswegen in der Regel keine erheblichen Beeinträchtigungen des Biotopverbundsystems mehr aus. Die ökologische Durchlässigkeit von zerschnittenen Räumen ist erreicht.
- Der derzeitige Anteil der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume $\geq 100 \text{ km}^2$ (UZVR) bleibt erhalten.

Zur Umsetzung dieser Handlungsziele werden im Aktionsfeld „Siedlung und Verkehr“ u. a. folgende Maßnahmen aufgeführt:

- Erhaltung/Wiederherstellung von Verbindungskorridoren zur Verminderung von Zerschneidungswirkungen und zur Stärkung der Vernetzung
- Fortentwicklung des Indikators „Unzerschnittene verkehrsarme Räume“ unter Berücksichtigung europäischer Entwicklungen und dessen regelmäßige Dokumentation alle 5 Jahre
- Entwicklung eines bundesweiten Konzeptes zur Sicherung und Wiederherstellung von unzerschnittenen verkehrsarmen Räumen
- Verankerung der Konzepte „Unzerschnittene verkehrsarme Räume“ und „Lebensraumkorridore“ sowie der Lärminderung in der Strategischen Umweltprüfung für Verkehrswegeplanungen
- Entwicklung von Naturschutzstandards zur Beurteilung von erheblichen Beeinträchtigungen der Biodiversität durch Wirkfaktoren insbesondere der Verkehrswegeplanung
- Berücksichtigung von Biotopverbundachsen bei Projekten des Bundesverkehrswegeplans
- Entwicklung eines bundesweiten Maßnahmenprogramms zum Thema „Zerschneidung-Vernetzung“

3.2 Technische Regelwerke

Im „**Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Straßen (MAQ)**“ (FGSV, 2022) werden Eigenschaften von und Ansprüche an Querungshilfen für die verschiedenen Tiergruppen dargelegt und Entscheidungshilfen zum Standort von Querungshilfen gegeben. Die in dem Merkblatt vorgestellten Querungshilfen sind in ihrer Wirkungsweise definiert und als Vorkehrungen zur Vermeidung bzw. Minderung der Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft akzeptiert. Die im Merkblatt gegebene Terminologie, Typisierung und Hinweise zur Dimensionierung bilden die Grundlage dieses Vernetzungskonzeptes. Im MAQ werden sowohl Bauwerkstypen (z. B. Grünbrücken) vorgestellt, die geeignet sind ganze Lebensräume mit ihren Arten zu überführen, als auch Bauwerke (z. B. Fledermausbrücke), die

geeignete Passagen für einzelne Arten darstellen. Im Rahmen dieses Vernetzungskonzeptes werden vorrangig multifunktionale Querungsbauwerke vorgeschlagen. Weitere auf einzelne Arten abzielende Erfordernisse ergeben sich ggf. aus artenschutzrechtlichen Aspekten die im Rahmen des LBP abgearbeitet werden. Ziel ist es, das übergeordnete Vernetzungskonzept so aufzustellen, dass möglichst viele dieser Konflikte durch die Bauwerke des Vernetzungskonzeptes bereits gelöst sind. Gestaltungshinweise des MAQ wurden in den abschließenden Steckbriefen Einzelfallbezogen umgesetzt.

Im MAQ wird die Erforderlichkeit von Querungshilfen je nach Barrierestärke der Straße näher erläutert (Tab. 1). Diese Ausführungen sind eine Fortführung der Angaben aus dem **BfN-Skript 465 „Grünbrücken, Faunatunnel und Tierdurchlässe – Anforderungen an Querungshilfen“** (Reck *et al.*, 2018).

Tab. 1: Orientierungshilfe zur Erforderlichkeit der Anlage von Querungshilfen in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit der betroffenen Straßenkategorie (FGSV, 2022).

Beeinträchtigte Funktion		Keine Durchlässigkeit	Sehr geringe Durchlässigkeit	Geringe Durchlässigkeit	Mittlere Durchlässigkeit
1. Landes-, bundes-, oder europaweit bedeutsame ökologische Netze	a. Internationale und bundesweite Korridorkonzepte; Biotopverbundplanungen und Wiedervernetzungs-konzepte der Länder	++	++	+	0
	b. Naturschutzfachkonzepte	++	+	0	0
	c. Sonstige regionale und lokale Verbundkonzepte	+	+	0	0
2. Schutzgebiete (und die räumlich-funktionalen Beziehungen zwischen den Gebieten)	a. Natura 2000-Gebiet, Nationalpark, Naturschutzgebiet, Kernzonen in Biosphärenreservaten, Naturwaldreservate	++	++	+	0
	b. Sonstige Schutzgebiete, z. B. Landschaftsschutzgebiete, Biosphärenreservate, Naturparke	+	0	-	-
3. Lebensräume (Habitats) von durch Zerschneidung betroffenen Arten einschließlich deren Funktionsräume	a. Biotoptypen mit besonderer Habitateignung b. Populationen und Metapopulationen, insbesondere von besonders geschützten, seltenen oder gefährdeten Arten c. Unterschreitung von Minimumarealen von (Teil-) Populationen oder speziell für stark gefährdete größere Säuger auch von Aktionsräumen (home ranges) von Familienverbänden	++	++	+	0
4. Wichtige Migrationswege und Hauptwechsel von wandernden Arten	a. Überdurchschnittlich große Populationen oder überdurchschnittlich hohe Dichte von Wildwechseln, Wildunfallsschwerpunkt ¹ oder arealgeographisch wichtige Vorkommen wie z. B. zentrale Stellen im Populationsverbund oder Vorkommen an den Verbreitungsgrenzen	++	+	0	-
5. Fließgewässer als Lebensraum sowie Ausbreitungskorridor	a. Fließgewässer mit Ufer- und Auenbereichen	++	+	+	+

++ Querungshilfe ist in der Regel erforderlich, wenn nicht bereits in direkter Nachbarschaft andere geeignete Querungsstellen gegeben sind

+ Querungshilfe ist in der Regel erforderlich, wenn Populationen zerschneidungsempfindlicher Arten betroffen sind und nicht bereits in direkter Nachbarschaft andere geeignete Querungsstellen gegeben sind

0 Querungshilfe kann erforderlich sein, wenn Populationen besonders gefährdeter und hochgradig zerschneidungsempfindlicher Arten betroffen sind oder wenn die Zerschneidung Engstellen der ökologischen Netze betrifft

- Querungshilfe ist in der Regel nicht erforderlich, es sei denn, dass Populationen von Tierarten betroffen sind, die ein sehr hohes Zerschneidungsrisiko auch für Straßen mit geringem Verkehrsaufkommen aufweisen (z. B. bestimmte Amphibienarten)

Keine Durchlässigkeit ≥ 6-streifig oder DTV > 50.000 Kfz/24 h oder vollständig gezäunt oder Beton-/ Lärmschutzwände etc.; Bündelung von zwei oder mehreren Verkehrswegen (Straße, Eisenbahn, Wasserstraße) mit jeweils sehr starker Barrierewirkung

Sehr geringe Durchlässigkeit 4-streifig oder DTV > 30.000 Kfz/24 h (sehr starke Barrierewirkung) oder tlw. gezäunt, etc., Bündelung von zwei oder mehreren Verkehrswegen (Straße, Eisenbahn, Wasserstraße) mit jeweils starker Barrierewirkung

Geringe Durchlässigkeit in der Regel ab DTV > 5.000 Kfz/24 h (starke Barrierewirkung), Mortalitätsrisiko der betroffenen Arten berücksichtigen

Mittlere Durchlässigkeit in der Regel ab DTV > 1.000 Kfz/24 h, Mortalitätsrisiko der betroffenen Arten berücksichtigen

¹ Wildunfallsschwerpunkt wird hier zusätzlich herangezogen und entspricht hohen Wildwechseln in einer unzerschnittenen Landschaft

4 Vorgehen zur Ermittlung der prioritären Wiedervernetzungsabschnitte

In einem abgestuften Auswahlverfahren wurden die prioritären Wiedervernetzungsabschnitte für Hessen erörtert (Abb. 2). Die Schritte 1 (Kap. 6), 2 (Kap. 7) und 3.1 (Kap. 8) basieren auf landesweit abfragbaren Daten (Kap. 5). In Schritt 3.2 (Kap. 9), Schritt 3.3 (Kap. 10) und Schritt 4 (Kap. 11) wurden die verbliebenen Abschnitte individuell geprüft. Ein ausführliches tabellarisches Konzept zur Auswahl der Prüfabschnitte befindet sich im Anhang (Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „Kap_4_Konzept zur Auswahl der Prüfabschnitte“, Datei: „HE_PrioVernetz_Vorgehen_Anmerkungen_202302.xlsx“).

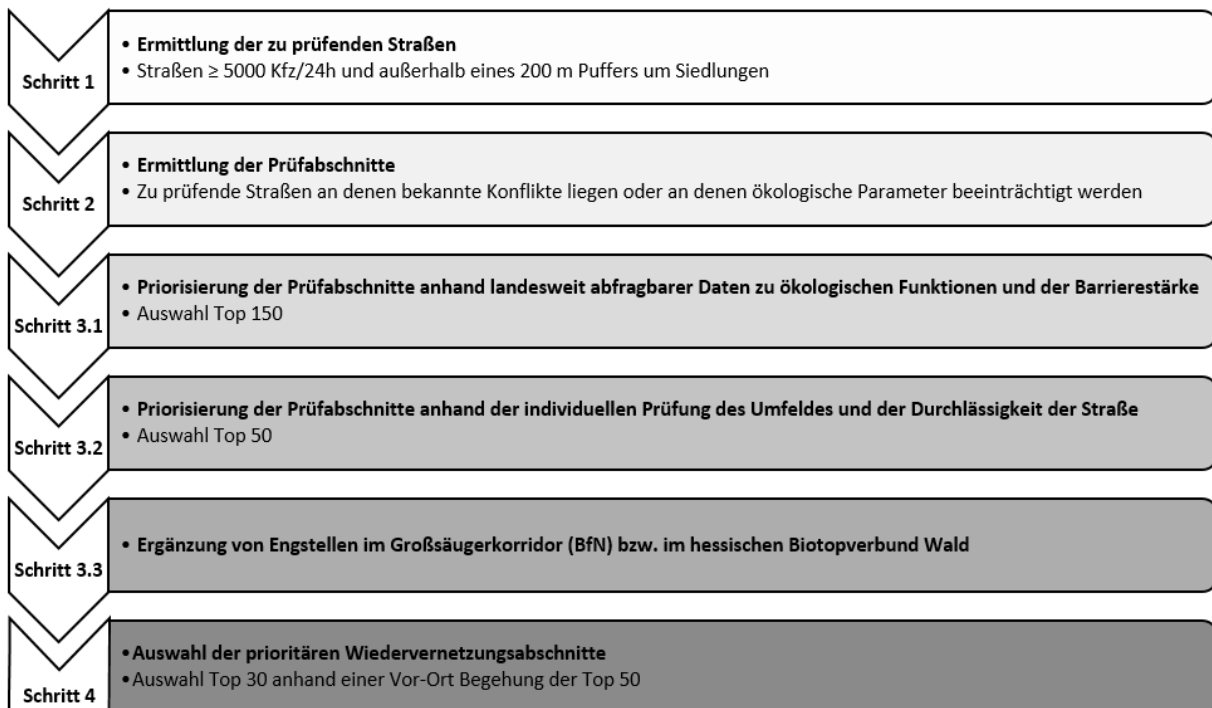


Abb. 2 Abgestuftes Auswahlverfahren der prioritären Wiedervernetzungsabschnitte. Als bekannte Konflikte werden Straßenabschnitte berücksichtigt, an denen bereits in vorherigen Fachgutachten Konfliktbereiche ermittelt wurden.

In den Schritten 1 bis 3.1 wurden alle Straßenkategorien mit einbezogen. Ab der Auswahl der Top 50 Straßenabschnitte (Schritt 3.2) wurden Bundesautobahnen ausgeschlossen, da diese im Zuständigkeitsbereich der Autobahn GmbH liegen.

Die zu prüfenden Parameter werden im Folgenden entweder bezogen auf die Straße selbst oder auf einen 200 m-Puffer um die Straße geprüft. Die GIS Analysen wurden in ArcGIS 9.3 (Esri®), QGIS 3.16 mit GRASS GIS (QGIS Development Team, 2022) und in R 4.0.2 (R Core Team, 2022) durchgeführt. Als Koordinatenreferenzsystem wurde UTM 32 N (EPSG: 25832) verwendet.

Die GIS Daten zu den Arbeitsschritten sind im Layer Package „HE_Prio_Vernetz_Arbeitsschritte_2023.lpk“ (Daten-CD „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „GIS_Daten“) enthalten. Das Layer Package liegt alternativ auch im Koordinatenreferenzsystem Gauß-Krüger 3 (EPSG: 31467) vor „HE_Prio_Vernetz_Arbeitsschritte_GK3_2023.lpk“.

5 Datengrundlage

Die Datengrundlage zur Ermittlung der prioritären Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen wird im Folgenden erläutert. Tab. 2 gibt eine Übersicht der Daten und deren Quellen.

Sofern nicht anders angegeben, lagen alle Daten im Shapeformat vor und befinden sich im Layerpackage „PrioVernetzHessen_Datengrundlage.lpk“ im digitalen Anhang (Daten-CD „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner „GIS_Daten“). Eine Übersichtstabelle der verwendeten Shapes befindet sich ebenfalls im digitalen Anhang (Daten-CD „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner „Kap_5_Datengrundlage“, „HePrioVernetz_GIS_Shapes_Datengrundlage_Erlaeuterungen.xlsx“).

Tab. 2 Übersicht der Datengrundlage für die Auswahl der prioritären Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen. Kapitel-Erläuterung gibt das Kapitel mit erläuternden Texten zum Inhalt der Daten an. Unter Arbeitsschritt ist angegeben in welchem Arbeitsschritt der Datensatz verwendet wurde.

Thema	Daten	Kapitel - Erläuterung	Arbeits- schritte	Datenquelle
Straßen- und Verkehrsdaten	Straßennetz		übergreifend	(Hessen Mobil, 2020a)
Straßen- und Verkehrsdaten	Verkehrsstärke	5.13	1; 3.1	(Hessen Mobil, 2020a)
Straßen- und Verkehrsdaten	Fahrstreifenzahl	5.13	3.1	(Hessen Mobil, 2020a)
Straßen- und Verkehrsdaten	Zäunung	5.13	3.1	(Hessen Mobil, 2020a)
Straßen- und Verkehrsdaten	Bauwerke	5.14	3.2	(Hessen Mobil, 2020a)
Straßen- und Verkehrsdaten	Geplante Aus- und Neubauprojekte	5.15 und 11.2	4	(Hessen Mobil, 2022)
Straßen- und Verkehrsdaten	ATKIS – Straßen, Wege, Bahnlinien	5.11	3.2	(HLBG, 2021)
Bahnverkehr	Bahnlinien (Elektrifizierung, Anzahl Gleise, Höchstgeschwindigkeit)	5.14	3.1,3.2	(Deutsche Bahn (DB), 2019a)
Bahnverkehr	Bauwerke an Bahnlinien	5.14	3.2	(Deutsche Bahn (DB), 2019b)
Durchlässigkeit	Modellberechnung der Durchlässigkeit von Bestandsbauwerken an Straßen	5.14 und 9.1	3.2	(BASt, n.d.)
Bekannte Konfliktstellen	Bundesprogramm Wiedervernetzung	5.4	2, 3.1	(BMU, 2012)
Bekannte Konfliktstellen	Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung	5.3	2, 3.1	(Hänel & Reck, 2011)
Bekannte Konfliktstellen	NABU Bundeswildwegeplan	5.5	2	(Herrmann <i>et al.</i> , 2007)
Bekannte Konfliktstellen	Maßnahmenräume für die Wildkatze in Hessen	5.1	2	(ITN, 2012)
Landschaftsdaten	ATKIS – Siedlungen & Gewerbeflächen	5.11	1, 3.2	(HLBG, 2021)
Landschaftsdaten	ATKIS - Wälder	5.11	3.2	(HLBG, 2021)
Landschaftsdaten	ATKIS - Gewässer	5.11	3.2	(HLBG, 2021)
Landschaftsdaten	Große Fließgewässer als Barrieren	5.12	2	(BfG, 2021; HLNUG, 2021a)

Thema	Daten	Kapitel - Erläuterung	Arbeits- schritte	Datenquelle
Schutzgebiete	FFH-Gebiete und Räume enger Kohärenz	5.8	2, 3.1	(HMuKLV, 2020 und eigene Berechnungen)
Schutzgebiete	Naturschutzgebiete	5.8	2, 3.1	(HMuKLV, 2020)
Schutzgebiete	Nationalparke	5.8	2, 3.1	(HMuKLV, 2020)
Schutzgebiete	Biosphärenreservate	5.8	2, 3.1	(BfN, 2021)
Schutzgebiete	Naturschutzgroßprojekte	5.8	2, 3.1	(BfN, 2021)
Schutzgebiete	Ramsargebiet	5.8	3.1	(BfN, 2021)
Schutzgebiete	Vogelschutzgebiete	5.8	3.1	(HMuKLV, 2020)
Schutzgebiete	Naturparke	5.8	3.1	(BfN, 2021)
Schutzgebiete	Landschaftsschutzgebiete	5.8	3.1	(HMuKLV, 2020)
Biotopverbund/ Lebensraumnetze	Biotopverbund Deutschland	5.1.3	3.1	(Heiland <i>et al.</i> , 2017)
Biotopverbund/ Lebensraumnetze	Großsäugerkorridor und Großsäugerlebensräume	5.3	3.2	(Hänel & Reck, 2011)
Biotopverbund/ Lebensraumnetze	Hessischer Biotopverbund	5.1	2, 3.1	(HMuELV/HMW VL, 2013)
Biotopverbund/ Lebensraumnetze	Grünes Band	5.6	2	(Heiland <i>et al.</i> , 2017)
Biotopverbund/ Lebensraumnetze	Biotopverbund und Vernetzungskonzepte angrenzender Bundesländer	5.1.2	3.1	(Müller, Strein & Suchant, 2003; ISM, 2008; Rudolph & Fetz, 2008; Strein, 2010; Baumann, Lauckmann & Kaiser, 2011; Herrmann <i>et al.</i> , 2012; LUBW, 2014; Hänel <i>et al.</i> , 2015)
Biotopverbund/ Lebensraumnetze	Unzerschnittene Funktionsräume	5.1.3	2, 3.1	(BfN, 2012)
Biotopverbund/ Lebensraumnetze	Unzerschnittene verkehrsarme Räume (UZVR) des BfN und Hessens	5.7	3.1	(BfN, 2010; HMuELV/HMW VL, 2013)
Biotopverbund/ Lebensraumnetze	Engstellen der ökologischen Netze	5.1.3	3.2	(Hänel, Baierl & Ulrich, 2016)
Artdaten	FFH-Arten - Säugetiere mit ausreichenden Punktdaten (Wildkatze, Luchs, Haselmaus, Fischotter, Biber)	5.9	3.1	(HLNUG, 2021b)
Artdaten	Rotwildaten	5.9.6	4	(Hessen Forst, 2022; Simon, 2022)
Artdaten	Weitere Zielarten (Feldhamster, Feuersalamander, Laubfrosch, Zauneidechse,	5.9.7	4	(HLNUG, 2022)

Thema	Daten	Kapitel - Erläuterung	Arbeits- schritte	Datenquelle
	Schlingnatter, Ringelnatter, Grasfrosch)			
Wildunfälle und Totfunde	Wildunfalldaten	5.9.7	3.1	(Hessen Mobil, 2020b)
Wildunfälle und Totfunde	Totfunde	5.9.7	3.1	(HLNUG, 2020; DBBW, 2021)

5.1 Biotopverbund

5.1.1 Biotopverbund für Hessen

Der landesweite Biotopverbund für Hessen (HMUELV/HMWVL, 2013) ist die Umsetzung des § 21 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG). Er soll in die nachfolgenden Planungsebenen (Regionalpläne und örtliche Landschaftspläne) übernommen und dort weitergeführt und konkretisiert werden. Zur Ableitung der prioritären Wiedervernetzungsstellen eignet sich der Biotopverbund für Hessen, da er Kernlebensräume zerschneidungssensitiver Arten und Verbindungsflächen für diese Lebensräume aufzeigt.

Die **Kernräume** des Biotopverbundes sollen Dauerlebensräume für heimische Arten sichern. Sie bestehen aus: Naturschutz- und Natura 2000-Gebiete, Kern- und Pflegezonen des hessischen Teils des Biosphärenreservats Rhön und der Nationalpark Kellerwald-Edersee mit angrenzenden Bereichen des Kellerwaldes, des Rothaargebirges und des Burgwaldes.

Da sich die Kernräume des Biotopverbundes mit den Schutzgebieten überlagern, wurden sie nicht zur Priorisierung der Wiedervernetzungsstellen herangezogen, um Dopplungen zu vermeiden. Die Schutzgebiete erlauben eine Abstufung anhand der Schutzgebietskategorien, da die Kategorien eine unterschiedliche Bedeutung für die Vernetzung haben (Kap. 5.8).

Verbindungsflächen (Trittsteine oder Korridore) sollen die Kernräume miteinander vernetzen und so den genetischen Austausch sowie Ausbreitungs- und Wiederbesiedlungsprozesse ermöglichen.

Der hessische Biotopverbund gliedert sich in die 4 folgenden Verbundsysteme:

Verbund für Waldlebensräume (Schwerpunkt Wildkatze)

Der Verbund der Waldlebensräume baut auf der bundesweiten Planung für Waldverbundkorridore des BfN (Fuchs *et al.*, 2010) und dem Biotopverbund-Konzept für die Wildkatze in Hessen (BUND, 2007) auf. Im Biotopverbundkonzept für die Wildkatze wurden anhand einer „Cost-Distance-Analyse“² Korridore zwischen aktuellen und potenziell geeigneten Wildkatzenlebensräumen festgelegt. Durch ITN (2010) wurden die Korridormodelle um die aktuellen Verbreitungsdaten (bis 2010) ergänzt und die Korridore anhand ihrer Ausstattung an vernetzter Waldfläche und der Dichte an Wildkatzennachweisen priorisiert:

² In einer Cost-Distance-Analyse werden die günstigsten Verbindungen zwischen einem Start- und einem Zielgebiet ermittelt. Die Berechnungen erfolgen auf Basis eines Rasterdatensatzes, in dem jeder Zelle im Untersuchungsgebiet ein Widerstand zugewiesen ist, also ein Maß, das beschreibt, mit welchem Aufwand („Kosten=Widerstand“) die Zelle durchquert werden kann. Damit ist es möglich, ausgehend von einem Startgebiet die kumulativen Kosten (Cost-Distance) bis zu jeder anderen Zelle im Untersuchungsgebiet zu errechnen (Müller, 2005).

- Hauptkorridore: Hauptkorridore sind Waldgebiete, die für die Verbindung der Populationsareale in Hessen aufgrund ihrer Lage eine wichtige Funktion besitzen. Sie werden als 4 km breites Band dargestellt.
- Prioritäre Hauptkorridore: Die prioritären Hauptkorridore in Hessen sind Hauptkorridore von besonderer Bedeutung für die Vernetzung der Populationsareale der Wildkatze in Hessen. Dies wurde gutachterlich festgelegt. Es liegen Nachweise der Wildkatze innerhalb dieser Korridore vor.
- Nebenkorridore: Die Nebenkorridore sind als Entwicklungsräume anzusehen. Aus den verbindenden Gebieten gibt es Hinweise auf die Wildkatze, aber keine Nachweise. Teilweise existieren Lücken im Wald-Wald-Verbund entlang dieser Korridore. Diese Korridore werden als 2 km breites Band dargestellt.

Die Hauptkorridore und prioritären Hauptkorridore stellen die Schwerpunktachsen des Biotopverbundes Wald dar. Ihre Umsetzung ist daher als vorrangig zu betrachten. In den Nebenkorridoren soll zunächst ein geschlossener Gehölz- und Waldbestand entwickelt werden (HMUELV/HMWVL, 2013).

Im Zuge der Bearbeitung der prioritären Wiedervernetzungsstellen wurde das Populationsareal um die aktuellen Verbreitungsdaten der Wildkatze bis 2020 ergänzt. Die Daten wurden vom HLNUG zur Verfügung gestellt (Kap. 5.9).

Auf Grundlage der Biotopverbundplanung für die Wildkatze wurden 2012 sechs Maßnahmenräume für die Vernetzung der Wildkatzenlebensräume festgestellt (ITN, 2012). Sie wurden auf Durchlässigkeit und Barrieren geprüft und sind von besonderer Bedeutung für die Vernetzung von Wildkatzenlebensräumen. Die Maßnahmenräume liegen alle an Autobahnen.

Verbund für Fließgewässerlebensräume (Schwerpunkt Wanderfische)

Der Verbund der Fließgewässerlebensräume betrachtet grundsätzlich alle Fließgewässer. Überregional bedeutsame Wanderrouten sowie geeignete Laich- und Aufwuchshabitate, insbesondere für wandernde Fischarten (z.B. Lachs, Meerforelle, Flussneunauge oder Aal), bilden den Schwerpunkt.

Wertvolle Bestandsflächen bilden Gewässerabschnitte, die eine vom natürlichen Referenzzustand lediglich gering bis mäßig abweichende Strukturgüte besitzen und innerhalb der Schwerpunktbereiche des Auenlebensraumverbundes liegen.

Entwicklungsbereiche sind insbesondere Gewässerabschnitte, die in den Schwerpunktbereichen des Auenlebensraumverbundes liegen und nach dem hessischen Maßnahmenprogramm zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (Bewirtschaftungszeitraum 2009-2015) für Strukturaufwertungen in Frage kommen.

Verbund für Auenlebensräume und Grünland mittlerer Standorte

Die zahlreichen Auenstandorte bieten zusammen mit den vereinzelten Moorstandorten in Hessen potenziellen Lebensraum für feuchteabhängige Pflanzengemeinschaften und Tierarten.

Wertvolle Bestandsflächen der Moor- und Auenstandorte bilden großflächige oder gehäufte Vorkommen der Biotope. Wertvolle Entwicklungsräume stellen die Bereiche innerhalb der großräumig vernetzenden Moor- und Auenstandorte dar, die sich im näheren Umfeld (bis ca. 1 000 m) der wertgebenden Biotope befinden und daher besonders effektiv zur Ausbreitung wertvoller Tier- und Pflanzenarten beitragen können.

Als landesweite Schwerpunktbereiche im Auenlebensraumverbund werden die großräumig vernetzenden Moor- und Auenstandorte eingestuft, die auf dem überwiegenden Anteil ihrer Fläche als Überschwemmungsgebiet oder naturschutzrechtliches Schutzgebiet ausgewiesen sind. Sie besitzen aufgrund ihrer weitreichenden Vernetzungsfunktion und ihres Schutzstatus eine herausragende Bedeutung für den Auenlebensraumverbund.

Angrenzend an die grundwassergeprägten Standorte ist der Verbund des Grünlands auf mittleren Standorten in einem Suchraum von ca. 1 000 m entwickelt. Hierüber wird gewährleistet, dass für die dort vorkommenden Arten großräumige Wanderungen ermöglicht werden.

Verbund für Trockenlebensräume (Schwerpunkt Magerrasen und Heiden)

Trockenlebensräume, die meist von Nährstoffarmut gekennzeichnet sind, haben eine besondere Bedeutung für seltene, meist gefährdete, Pflanzengemeinschaften und Tierarten. Trockenlebensräume kommen in Hessen eher kleinräumig verstreut vor. In den Hanglagen der Mittelgebirge an den Landesgrenzen sowie in der Rheinniederung weisen sie jedoch eine vergleichsweise hohe Dichte auf. Dort liegt auch ein Schwerpunkt der gesetzlich geschützten Magerrasen- und Heidebiotope.

Wertvolle Bestandsräume bilden großflächige Einzelvorkommen gesetzlich geschützter Magerrasen- und Heidebiotope sowie Magerrasen- und Heidebiotope in räumlichem Zusammenhang mit gesetzlich geschützten Trockenwäldern. Wertvolle Entwicklungsräume bilden Trockenstandorte, die im näheren Umfeld (bis 1 000 m-Abstand) der wertvollen Bestandsräume liegen und daher effektiv zur Ausbreitung der dort vorkommenden wertgebenden Arten beitragen können.

5.1.2 Biotopverbund angrenzender Bundesländer

Für die Betrachtung von Biotopverbundsachsen über Hessen hinaus wurden auch die Biotopverbundplanungen der angrenzenden Bundesländer betrachtet. Die GIS-Daten wurden von den jeweiligen zuständigen Behörden bereitgestellt (Tab. 3). Darüber hinaus wurden auch Vernetzungskonzepte der Bundesländer berücksichtigt, sofern sie vorlagen.

Tab. 3 Daten zu den Biotopverbundplanungen der Nachbarländer Hessens

Bundesland	Zuständige Behörde	Enthaltene Verbundsysteme und ergänzende Konzepte	Weiterführende Literatur
Nordrhein-Westfalen	LANUV	Flächen besonderer und herausragender Bedeutung für den Biotopverbund; Korridore für Rotwild und Wildkatze	(Baumann <i>et al.</i> , 2011)
Thüringen	TLUG	Verbundsysteme für Feuchtlebensräume, Trockenlebensräume und Grünland sowie Waldlebensräume	(Hänel <i>et al.</i> , 2015)
Bayern	LfU Bayern	Luchs und Rotwild Korridore und Kerngebiete; Durchlässigkeitsbewertung von Bauwerken für Großsäuger	(Rudolph & Fetz, 2008)

Bundesland	Zuständige Behörde	Enthaltene Verbundsysteme und ergänzende Konzepte	Weiterführende Literatur
Baden-Württemberg	LUBW	Biotopverbund trockener, mittlerer und feuchter Standorte; Generalwildwegeplan (Korridore internationaler, nationaler und landweiter Bedeutung)	(Müller <i>et al.</i> , 2003; Strein, 2010; LUBW, 2014)
Rheinland-Pfalz	ISM	Kern- und Verbindungsflächen des Biotopverbundes; Wanderkorridore von europa- bzw. bundesweiter Bedeutung und Wanderkorridore von regionaler und überregionaler Bedeutung; Prioritäre Wiedervernetzungsstellen	(ISM, 2008; Herrmann & Wild, 2020)
Niedersachsen	NLWKN	Aktuell Keine landesweite Biotopverbundplanung, Prioritäre Wiedervernetzungsstellen in Niedersachsen; niedersächsischer Wildkatzenwege (BUND)	(Klar, 2009; Herrmann <i>et al.</i> , 2012)

5.1.3 Biotopverbund Deutschland

Der deutschlandweite Biotopverbund (Fuchs *et al.*, 2010) stellt eine überregionale Vernetzung dar. Der Biotopverbund ist unterteilt in „Flächen für den Biotopverbund“ (FBV) und „Suchräumen für die Vernetzung“ (SV, Funktionsräume). Unter FBV werden Flächen verstanden, die „aufgrund ihrer aktuellen biotischen und abiotischen Ausstattung geeignet sind, die nachhaltige Sicherung von (Teil-) Populationen oder Individuen standort- und naturraumtypischer Arten und ihrer Lebensräume zu gewährleisten und die selbst Ausgangsbereiche für Wiederbesiedlungsprozesse sein können“ (Burkhardt *et al.*, 2004). Die FBV beinhalten große zusammenhängende Räume für Waldlebensräume, Offenland und Fließgewässer.

Anhand des GIS-Algorithmus „HABITAT-NET“ (Hänel, 2007) wurden tierökologische Funktionsräume für die Vernetzung der Habitatflächen ermittelt. Die Funktionsräume sind unterteilt in Trocken-, Feucht- und Waldlebensräume. Dabei wurde die unterschiedliche Wanderfähigkeit der in den Habitatflächen lebenden Organismen berücksichtigt, indem verschiedene Distanzklassen unterschieden wurden. Zum Beispiel umfasst der Funktionsraum „FR Trocken 250“ alle Flächen, die als funktionale tierökologische Verbindung zwischen Habitatflächen „Trocken“ mit einer maximalen Distanz von 250 m dienen können. Der Funktionsraum „FR Trocken 1500“ umfasst alle Flächen, die als Verbindung zwischen Habitatflächen „Trocken“ mit einer maximalen Distanz von 1 500 m dienen können.

Für Hessen standen die Datengrundlagen zur Ermittlung der Funktionsräume Feucht und Trocken 2010 noch nicht zur Verfügung. Diese wurden 2012 nachgearbeitet.

Die Funktionsräume bilden die wichtigste Grundlage für die „bundesweiten prioritären Wiedervernetzungsstellen“ (Hänel & Reck, 2011) (Kap. 5.3). In der Priorisierung der Wiedervernetzungsabschnitte für Hessen wurden für den Lebensraum Wald und für Großsäuger die „bundesweiten prioritären Wiedervernetzungsabschnitte“ berücksichtigt. Für die Lebensräume Feucht und Trocken wurden die Funktionsräume als Grundlage verwendet.

5.2 Engstellen der ökologischen Netze

Eine Engstelle ist ein konkreter Landschaftsausschnitt, in dem ein oder mehrere Lebensraumnetze potentiell durch das Zusammenwachsen von Siedlungen bzw. Neubebauung unterbrochen werden könnten (Hänel *et al.*, 2016). Diese Engstellen gilt es nachhaltig als Freiräume zu sichern. Wenn diese Engstellen von Straßen (ab 1 000 Kfz/24 h) zerschnitten werden, sind nach dem MAQ Querungshilfen erforderlich (FGSV, 2022). Die Engstellen beruhen auf den Funktionsräumen (Fuchs *et al.*, 2010; Hänel & Reck, 2011) und sind unterteilt in Feuchtlebensräume, Trockenlebensräume und Waldlebensräume. Da im vorliegenden Konzept der Fokus auf die regionale und überregionale Vernetzung gelegt wurde, wurden zur Priorisierung der Straßenabschnitte nur Engstellen herangezogen, die eine nachgeordnete (eher regionale) bis sehr hohe Bedeutung haben und an Straßen mit $\geq 5\,000$ Kfz/24 h lagen. Engstellen mit einer lokalen Bedeutung wurden nicht betrachtet.

5.3 Bundesweite Prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte

Das Konzept „Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen: Die Überwindung straßenbedingter Barrieren“ (Hänel & Reck, 2011) baut auf dem deutschlandweiten Biotopverbund (Fuchs *et al.*, 2010) auf. Die Lebensraumnetze des Biotopverbundes wurden hinsichtlich unterschiedlicher Distanzklassen zwischen den Lebensräumen differenziert und um geeignete Entwicklungsflächen erweitert. Ein Korridorsystem für Großsäuger wurde ergänzt (Großsäugerkorridor). Anhand der Lebensraumnetze wurden Konfliktstellen für den Biotopverbund ermittelt.

Ein Konflikt wurde angenommen, wenn ein Verkehrsweg mit hohem Verkehrsaufkommen (ab 1 000 Kfz/24 h, für Großsäuger: $\geq 30\,000$ Kfz/24 h) einen Funktionsraum zerschneidet. Diese Konflikte wurden hinsichtlich der Verkehrsstärke (DTV $< 10\,000$ Kfz/24 h oder $> 10\,000$ Kfz/24 h), des Vorhandenseins von Querungsmöglichkeiten, der Größe des zerschnittenen Lebensraumsystems und der Lage in bedeutenden Verbundachsen priorisiert. Die Konfliktabschnitte wurden in folgende Kategorien unterteilt: 0 = lokaler Konflikt, 1 = höchste Priorität bis 5 = niedrigste Priorität. Im vorliegenden Vernetzungskonzept wurden nur die Kategorien 1 bis 5 berücksichtigt.

Da zum Zeitpunkt der Erstellung die Funktionsräume Trocken- und Feuchtlebensräume für Hessen noch nicht zur Verfügung standen, wurden in diesen Kategorien für Hessen keine Wiedervernetzungsabschnitte erstellt. Es konnten daher nur die Wiedervernetzungsstellen für Waldlebensräume und für Großsäuger betrachtet werden. Für Trocken- und Feuchtlebensräume wurden daher im Folgenden die Funktionsräume (Kap. 5.1.3) betrachtet.

Die Prioritären Wiedervernetzungsabschnitte wurden in Schritt 2 (Kap. 7.1) als bekannte Konflikte herangezogen und in Schritt 3.1 (Kap. 8.1) zur Priorisierung der Prüfabschnitte.

5.4 Bundesprogramm Wiedervernetzung

Das Konzept von Hänel & Reck (2011) bildet die Grundlage für das Bundesprogramm Wiedervernetzung (BMU, 2012). Ziel des am 29. Februar 2012 vom Bundeskabinett beschlossenen und vom Bundesumweltministerium und Bundesverkehrsministerium gemeinsam erarbeiteten Programms ist es, die bisher durch das Fernstraßennetz zerschnittenen Lebensraumkorridore in Deutschland durch den Bau von

Querungshilfen wieder zu verbinden. In diesem Programm sind 93 Abschnitte an Bundesautobahnen und Bundesstraßen benannt, an denen mittel- bis langfristig aus dem jährlichen Straßenbauetat Querungshilfen finanziert werden sollen. In Hessen liegen 5 Wiedervernetzungsstellen (Tab. 4). Die Angaben des Bundesprogramm Wiedervernetzung wurden in Schritt 2 (Kap. 7.1) als Stellen mit bekannten Konflikten integriert.

Tab. 4 Prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte des Bundesprogramm Wiedervernetzung (BMU, 2012) in Hessen

Straße	Bezeichnung (BMU, 2012)
A 7	Bereich Ellinghausen Knüll
A 5	Nördlich Grebenau; Fulda-Werra-Bergland
A 5	Westlich Alsfeld; Unterer Vogelsberg Feldatal
A 66	Östlich Gelnhausen; Spessart; (gemeinsam mit Bahnüberführung lösen)
B 456	Nördlich Bad Homburg; Taunus

5.5 NABU Bundeswildwegeplan (Herrmann *et al.*, 2007)

Mit dem Bundeswildwegeplan legte der NABU das erste bundesweite Konzept vor, in dem Konfliktstellen zwischen Wildwegen und Verkehrswegen benannt werden. Es wird aufgezeigt, an welchen Verkehrswegen vordringlicher Handlungsbedarf hinsichtlich der Lebensraumvernetzung besteht. Der NABU fordert dafür – in einem ersten Schritt – jeweils drei durchgängige Wildwege von Nord nach Süd und von West nach Ost wieder zu öffnen und die problematischsten Zerschneidungsstellen zu überbrücken.

Der NABU Bundeswildwegeplan identifiziert auf Basis des Konzeptes der Lebensraumkorridore auch Konfliktpunkte für das Land Hessen. Es wurden entlang der Hauptverkehrsachsen (Bundesfernstraße und ICE Schnellfahrstrecken) 15 Abschnitte identifiziert, an denen prioritärer Wiedervernetzungsbedarf besteht. 54 Abschnitte wurden dem „weiteren Bedarf“ für eine Vernetzung der Lebensräume zugerechnet (Herrmann *et al.*, 2007). Die Angaben des Bundeswildwegeplans wurden in Schritt 2 (Kap. 7.1) als Stellen mit bekannten Konflikten integriert.

5.6 Grünes Band

Entlang des ehemaligen innerdeutschen Grenzstreifens konnte sich die Natur über Jahrzehnte ungestört entwickeln. Dies betraf nicht nur den eigentlichen Grenzstreifen, sondern aufgrund der Abgeschiedenheit häufig auch große angrenzende Bereiche. Das Grüne Band durchzieht im Wechsel großräumig wertvolle Gebiete und ausgeräumte, intensiv genutzte Agrarlandschaften wie z. B. die Börden.

Es bildet somit eine wichtige Achse des länderübergreifenden Biotopverbunds in Deutschland. Sie verbindet insbesondere verschiedene, vor allem extensiv genutzte Offenland-Biotoptypen, die darin im Wechsel mit Fließ- und Standgewässern sowie Pionier-, Misch- und Nadelwäldern vorkommen (BfN, 2017; Heiland *et al.*, 2017).

5.7 Unzerschnittene Verkehrsarme Räume (UZVR)

Das BfN definiert unzerschnittene verkehrsarme Räume (UZVR) als Räume, die eine Mindestgröße von 100 km² haben (BMU, 2007). Als Zerschneidungslinien gelten:

1. Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen > 1 000 Kfz/ 24 h
2. Bahn: mehrgleisig oder eingleisig und elektrifiziert

3. Kanäle der Schifffahrtsklasse 4
4. Siedlungen > 93 ha (Digitales Landschaftsmodell DLM 250)
5. Flughäfen (DLM 250).

Große Wasserflächen und Tunnel über 1 000 m Länge werden nicht als zerschneidend berücksichtigt. In der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt hat sich die Bundesregierung zur Sicherung der vorhandenen unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR) > 100 km² verpflichtet (BMU, 2007). Ihr Anteil an der Fläche der Bundesrepublik von derzeit 23,5 % soll nicht weiter reduziert werden (BMU, 2007).

In Hessen liegen 14 UZVR > 100 km², sie nehmen ca. 8,85 % der Landesfläche ein. Im hessischen Biotopverbund (HMUELV/HMWVL, 2013) wird die Bedeutung auch kleinerer unzerschnittener Räume hervorgehoben. Da Hessen einen hohen Zerschneidungsgrad aufweist, werden auch UZVR > 50 km² als schutzwürdig eingestuft. In Hessen liegen 55 UZVR > 50 km², die ca. 20 % der Landesfläche ausmachen. Im vorliegenden Wiedervernetzungs-konzept werden die UZVR > 100 km² und UZVR > 50 km² berücksichtigt.

Im Priorisierungsprozess wurde Straßenabschnitte die zwei UZVR voneinander trennen ein besonderes Wiedervernetzungspotenzial zugesprochen.

5.8 Schutzgebiete

Schutzgebiete wurden zur Priorisierung der Straßenabschnitte herangezogen. Sie flossen abgestuft nach Ihrer Bedeutung für die Vernetzung in die Priorisierung ein. Die höchste Bedeutung haben FFH-Gebiete und deren Kohärenzflächen, bei dieser Schutzgebietskategorie steht die Vernetzung der Lebensräume im Fokus. Es folgen Biosphärenreservate (BR), Naturschutzgebiete (NSG), Nationalparke (NLP) und Naturschutzgroßprojekte (NGP), die eine hohe Schutzintensität haben. Ramsar- und Vogelschutzgebiete (VSG) haben in der Regel eine spezielle Bedeutung für bestimmte Artengruppen. Insbesondere für Vögel sind Vernetzungsmaßnahmen nur für einige wenige Arten, wie z.B. Kraniche während der Jungenaufzucht, relevant. Die niedrigste Kategorie bilden Naturparke (NRP) und Landschaftsschutzgebiete (LSG), deren Schutzintensität gering ist und überwiegend auf der Erhaltung von Landschaften zur Naherholung basiert.

5.8.1 Natura 2000 (FFH- und Vogelschutzgebiete)

Das Natura 2000 Netzwerk setzt sich aus Schutzgebieten zusammen, die nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH; 92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG) ausgewiesen wurden (Kap. 3.1). Erhaltungsziel sind die in den Anhängen I und II der FFH-Richtlinie bzw. Vogelschutzrichtlinie aufgeführten Lebensraumtypen und Arten gemeinschaftlicher Bedeutung. Die FFH-Richtlinie sieht die Kohärenz zwischen den Schutzgebieten als bedeutsamen Bestandteil des Schutzgebietsnetzes.

Während der letzten Jahre hat sich der Naturschutz in Deutschland zunehmend auf Natura 2000-Gebiete und FFH-Arten fokussiert. Obwohl dadurch einige andere Gebiete und Arten an Vernachlässigung gelitten haben, ist es sehr sinnvoll, dieses etablierte und rechtlich gut gesicherte Netz als Schwerpunkttraum für den Naturschutz zu nutzen.

In Hessen liegen 642 Natura 2000 Gebiete (Tab. 5). Ein schlüssiges Konzept, wie die Kohärenz zwischen den FFH-Gebieten bewahrt und wiederhergestellt werden kann, liegt derzeit noch nicht vor. Sinnvoll kann hier nur eine art- oder artgruppenspezifische Suche nach den bedeutsamsten Kohärenzräumen sein. Eine solche zu erstellen ist jedoch nicht Inhalt dieser Arbeit. Um die Idee der Kohärenz auf dem jetzigen Kenntnisstand zu berücksichtigen, wurde ein vereinfachter eigener Ansatz entwickelt. Alle Räume zwischen zwei FFH-Gebieten, die nicht weiter als 3 km auseinanderliegen, wurden als Räume enger Kohärenz definiert. Zur Berechnung wurde im GIS eine Pufferabfolge nach Hänel (2007) durchgeführt. So entstehen leicht konkave Verbindungen zwischen den Gebieten.

5.8.2 Weitere Schutzgebietskategorien

Die Bedeutung und rechtliche Sicherung weiterer Schutzgebietskategorien ist in Tab. 5 dargestellt.

Tab. 5 Schutzgebietskategorien in Hessen als Datengrundlage

Schutzgebiets- kategorie	Gesetzlicher Schutz	Anzahl in Hessen	Fläche in Hessen [km ²]
Natura 2000	Siehe Text (Kap. 3.1 und 5.8.1)	642 (583 FFH- und 60 VSG - Gebiete)	5 242,46
NSG	Gemäß § 23 Abs. 1 BNatSchG sind NSG „rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete, in denen ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft in ihrer Ganzheit oder in einzelnen Teilen - zur Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung von Biotopen oder Lebensgemeinschaften bestimmter wildlebender Tier- und Pflanzenarten, - aus wissenschaftlichen, naturgeschichtlichen oder landeskundlichen Gründen oder - wegen ihrer Seltenheit, besonderen Eigenart oder hervorragenden Schönheit erforderlich ist.“	765	368,87
NLP	Gemäß § 24 Abs. 1 BNatSchG sind NLP „einheitlich zu schützende Gebiete, die - großräumig, weitgehend unzerschnitten und von besonderer Eigenart sind, - in einem überwiegenden Teil ihres Gebiets die Voraussetzungen eines Naturschutzgebiets erfüllen und - sich in einem überwiegenden Teil ihres Gebiets in einem vom Menschen nicht oder wenig beeinflussten Zustand befinden oder geeignet sind, sich in einen Zustand zu entwickeln oder in einen Zustand entwickelt zu werden, der einen möglichst ungestörten Ablauf der Naturvorgänge in ihrer natürlichen Dynamik gewährleistet.“	1	57,38
BR	BR sind nach § 25 Abs. 1 BNatSchG „einheitlich zu schützende und zu entwickelnde Gebiete, die - großräumig und für bestimmte Landschaftstypen charakteristisch sind, - in wesentlichen Teilen ihres Gebiets die Voraussetzungen eines Naturschutzgebiets, im Übrigen überwiegend eines Landschaftsschutzgebiets erfüllen, - vornehmlich der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung einer durch hergebrachte vielfältige Nutzung geprägten Landschaft und der darin historisch gewachsenen Arten- und Biotopvielfalt, einschließlich Wild- und früherer Kulturformen wirtschaftlich	1 (teilweise)	652,47

Schutzgebiets- kategorie	Gesetzlicher Schutz	Anzahl in Hessen	Fläche in Hessen [km²]
	genutzter oder nutzbarer Tier- und Pflanzenarten, dienen und - beispielhaft der Entwicklung und Erprobung von die Naturgüter besonders schonenden Wirtschaftsweisen dienen.“		
NGP	NGP sind durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) im Rahmen von „chance.natur – Bundesförderung Naturschutz“ geförderte Sicherungen schutzwürdiger Teile von Natur und Landschaft mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung	3 (und Teile des Gebiets ‚Grünes Band/Eichsfeld‘)	1 567,71
Ramsar	Internationaler Schutz von Feuchtgebieten nach der Ramsar Konvention von 1975	1 (teilweise)	2,19
NRP	NRP sind gemäß § 27 Abs. 1 BNatSchG „einheitlich zu entwickelnde und zu pflegende Gebiete, die - großräumig sind, - überwiegend Landschaftsschutzgebiete oder Naturschutzgebiete sind, - sich wegen ihrer landschaftlichen Voraussetzungen für die Erholung besonders eignen und in denen ein nachhaltiger Tourismus angestrebt wird, - nach den Erfordernissen der Raumordnung für die Erholung vorgesehen sind, - der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung einer durch vielfältige Nutzung geprägten Landschaft und ihrer Arten- und Biotopvielfalt dienen und in denen zu diesem Zweck eine dauerhaft umweltgerechte Landnutzung angestrebt wird, - besonders dazu geeignet sind, eine nachhaltige Regionalentwicklung zu fördern.“	12	10 049,3
LSG	LSG sind rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete, in denen nach § 26 Abs. 1 BNatSchG „ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft erforderlich ist. - zur Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes oder der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, - wegen der Vielfalt, Eigenart und Schönheit oder der besonderen kulturhistorischen Bedeutung der Landschaft oder wegen ihrer besonderen Bedeutung für die Erholung.“	124	2 152,96

5.9 Zerschneidungsempfindliche Arten

Lebensräume und Wechsel zerschneidungsempfindlicher Arten können Konflikte mit Straßen aufzeigen, wenn sie durch eine Straße mit starker Barrierewirkung zerschnitten werden. Insbesondere für zerschneidungsempfindliche FFH-Arten entsteht bei Neuzerschneidungen eine rechtliche Relevanz zur Wiedervernetzung.

Es wurden nur FFH-Arten ausgewählt, die nach Albrecht *et al.* (2014) zerschneidungsempfindlich sind und für die ausreichende, flächendeckende Punktdaten vorlagen. Die Punktdaten wurden vom HLNUG bereitgestellt. Für den Wolf lagen z.B. keine ausreichenden Daten vor. Der Wolf wird daher lediglich im Zuge der Todfundanalyse berücksichtigt. Im Folgenden werden kurz die Biologie der Art und die Bedeutung der Art hinsichtlich der Vernetzung an Straßen beschrieben.

Ergänzend wurde der Rothirsch berücksichtigt (Kap. 5.9.6). Die Lebensräume des Rothirschs sind durch die gesetzlich festgelegten Rotwildgebiete, Siedlungen und Verkehrswege in Hessen stark fragmentiert. Als weit wandernde Art mit ursprünglich großem Raumanspruch bedarf es für einen Austausch zwischen den Rotwildgebieten Querungshilfen über Straßen.

Im Zuge der Erstellung der Steckbriefe für die 30 prioritären Wiedervernetzungsabschnitte wurden noch ergänzende Art Daten als Zielarten für die betroffenen Biotopverbundsysteme herangezogen, die nur als Rasterdaten vorlagen (Kap. 5.9.7).

5.9.1 Wildkatze (FFH-Anhang IV)

Wildkatzen leben solitär. Ihre Hauptbeutetiere sind Kleinnager, denen sie überwiegend in Pirsch- und Lauerjagd nachstellen. Wildkatzen leben in waldreichen Landschaften und haben eine starke Bindung an durch Gehölze geprägte Lebensräume. Gewässerläufe und Gehölzreihen können als Leitlinien fungieren. Innerhalb des Waldes werden dichte und strukturreiche Vegetationsbestände bevorzugt, wie sie z. B. nach Windwürfen entstehen (Klar, 2003). Wühlmäuse werden auch im Agrarland gejagt. Weiter als 100 m vom nächsten Gehölz entfernt werden Wildkatzen selten angetroffen. Aktionsräume zwischen 194 und 5 000 ha sind dokumentiert (Wittmer, 2001; Herrmann & Klar, 2007). Die Populationsdichte wird mit 0,1 bis 0,5 Tiere/km² angegeben (Knapp, 2009). Um ein Areal für eine Mindestpopulation von 500 Tieren bereitzustellen, müssen vernetzte Lebensräume von mindestens 2 000 km² zur Verfügung stehen (Knapp, 2009). Für Teilpopulationen werden Areale von 100 – 200 km² als ausreichend erachtet. Allerdings sollten diese Flächen nicht vollständig von anderen Teilpopulationen getrennt sein. Hinsichtlich des Wanderverhaltens von Wildkatzen ist wenig bekannt. Nachweislich legte ein einjähriger Kater eine Strecke von 25 Kilometern zurück (Götz & Roth, 2006). Weite Strecken werden vor allem von ausgewachsenen Katern auf der Suche nach paarungsbereiten Weibchen zurückgelegt (Thiel, 2004, eigene unpublizierte Daten). Nach eigenen Beobachtungen in Rheinlandpfalz wanderte eine weibliche ca. 1 Jahr alte Wildkatze im Sommer 2013 über 25 km aus dem Fanggebiet ab (Severon, 2015). Die Wildkatze steht seit 1934 unter Schutz (ganzjährige Schonung). Bisher konnte sie ca. 20 % Deutschlands wiederbesiedeln.

In Hessen gibt es zwei Hauptverbreitungsgebiete der Wildkatze. Das Bergland im Nordosten (Reinhardswald, Kaufunger Wald, Söhre, Riedforst, Schlierbachswald, Ringgau, Seulingswald, Knüll) ist das größte zusammenhängende Verbreitungsgebiet in Hessen. Der Taunus (Rheingau-, Hoch- und Hintertaunus) stellt das zweitgrößte Verbreitungsgebiet dar. Weitere kleinere Verbreitungsgebiete sind das Rothaargebirge, Burgwald, Kellerwald und Habichtswald, Rhön. Nachweise liegen auch aus dem Schlitzer Wald, dem Vogelsberg, dem Krofdorfer Forst und dem Büdinger Wald vor. Das Vorkommen im Spessart geht auf Auswilderungen in Bayern zurück.

Die Wildkatze ist eine Zielart für die Vernetzung von Waldlebensräume. Die potenziellen Ausbreitungskorridore der Wildkatze sind dem Biotopverbund Hessen (HMUEL/V/HMWVL, 2013) entnommen. Für die Vernetzung zwischen den Lebensräumen müssen Verkehrswege in Ausbreitungskorridoren durchlässig gestaltet werden. An unüberwindbaren Bundesfernstraßen sind wildtierspezifische Bauwerke zu errichten. Auch Zäune entlang von Autobahnen sollten so gestaltet werden, dass sie nicht überklettert oder untergraben werden können.

5.9.2 Luchs (FFH Anhang II und IV)

Luchse leben solitär. Die Geschlechter begegnen sich außerhalb der Paarungszeit nur selten. Luchse sind in der Lage, relativ zu ihrer eigenen Körpergröße sehr große Beutetiere zu überwältigen. In Mitteleuropa jagen sie bevorzugt mittelgroße Huftiere wie Rehe. Auch wenn Luchse in offenem Gelände beobachtet werden können, so sind sie doch als an den Wald gebundene Art zu beschreiben, da sie meist nur hier die notwendige Ungestörtheit und ihre Beutetiere finden.

Die Streifgebietsgrößen schwanken zwischen 50 und 642 km² (Breitenmoser-Würsten *et al.*, 2001; Wölfl *et al.*, 2001; Zimmermann, 2004; Vandel *et al.*, 2006). Als Orientierungswerte können 100 km² für Katzen und 150 km² für Kuder gelten. Innerhalb des Streifgebietes wechseln Luchse regelmäßig zwischen verschiedenen Jagdgebieten, weil die Beutetiere mit längerer Anwesenheit des Luchses immer vorsichtiger werden. Die festgestellten Dichten liegen zwischen 0,94 – 1,43 Ind. / 100 km² in der Schweiz (Breitenmoser *et al.*, 2000) und 1,9 – 3,2 Ind./100 km² in Polen (Jędrzejewski *et al.*, 1996). Jungtiere lösen sich im Alter von 8 bis 16 Monaten vom Muttertier und können bis zu 180 km abwandern. Durchschnittlich werden Entfernungen zwischen 40 und 70 km zurückgelegt (Schmidt, Jędrzejewski & Okarma, 1997; Sunde *et al.*, 2000; Breitenmoser-Würsten *et al.*, 2001; Zimmermann, 2004). Gewässer können als Leitlinien dienen (Zimmermann, 2004). Bei neu angesiedelten Luchsen wurden mehrfach weite Exkursionen festgestellt. Es ist zu vermuten, dass diese Exkursionen dazu dienen, den Kontakt zu Nachbartieren herzustellen. Innerhalb von 24 Stunden wurden Wanderentfernungen von bis zu 10 km zurückgelegt. Durchschnittlich legen die territorialen Tiere in einer Nacht 7,2 (max. 31) km zurück (Jędrzejewski *et al.*, 2002; Wölfl, Leibl & Wagner, 2004). Die Mortalität von Jungluchsen ist hoch. In Frankreich waren 26 von 52 bekannt gewordenen Todesfällen (50 %) durch den Straßenverkehr bedingt (Stahl & Vandel, 1999). Luchse sind innerhalb ihrer Streifgebiete auf eine hohe Durchlässigkeit der Landschaft angewiesen. Sie sind an deckungsreiche Landschaften oder Waldlebensräume gebunden und repräsentieren einen großen Raumanpruch an zusammenhängenden Wäldern. Der Luchs ist eine Zielart für den Verbund großer ungestörter Wälder.

Im Erfassungsjahr 2019/2020 konnten in Hessen 29 Nachweise (C1³) und 1 bestätigter Hinweis (C2) des Luchses erbracht werden (AK Hessenluchs, 2020). Es wurden 6 Individuen erfasst, 5 Männchen und 1 Weibchen. Die Nachweise konzentrieren sich auf den Norden und Osten Hessens (LK Werra-Meißner, Hersfeld-Rotenburg und Kassel). Im Reinhardswald (Werra-Meißner) konnte Reproduktion nachgewiesen werden. Die Mutter mit 2 Jungluchsen wanderte im Januar 2020 in den Solling (angrenzendes Waldgebiet in Niedersachsen) ab. Eines der Jungtiere kehrte wahrscheinlich im April 2020 wieder in den Reinhardswald zurück. Für die Luchspopulation in Hessen hat die Zuwanderung aus dem Harz und aus dem Solling (in dem seit 2016 regelmäßig Reproduktion stattfindet) eine besondere Bedeutung. Eine Zuwanderung aus dem

³ Die SCALP (Status and Conservation of the Alpine lynx Population)- Kriterien (Molinari-Jobin *et al.*, 2003) gelten als Standard zum Monitoring großer Beutegreifer (Linnell, Salvatori & Boitani, 2008). Hinweise zu den Arten werden nach ihrer Überprüfbarkeit in folgende Kategorien eingeteilt: C1= eindeutiger Nachweis (Harte Fakten, z. B. Totfunde, Fotos etc.), C2= bestätigter Hinweis (von Experten bestätigter Hinweis (z. B. Riss oder Spur), C3= unbestätigter Hinweis (z. B. Sichtbeobachtungen).

Pfälzerwald, in dem sich seit dem Wiederansiedlungsprojekt ab 2016 eine kleine Population etabliert hat, ist aufgrund der stark zerschnittenen Rheinebene unwahrscheinlich.

5.9.3 Fischotter (FFH Angang II und IV)

Fischotter gehören zur Familie der Marderartigen, die sich auf die Jagd im und am Wasser spezialisiert haben. Sie leben von Fischen, Krebsen, Vögeln oder kleinen Säugetieren. Aufgrund des hohen Schutzbedarfs, den diese Art hat, wird der Fischotter im Anhang II der FFH-Richtlinie aufgeführt. Dies bedeutet, dass die Lebensräume dieser Art im Rahmen des Netzwerkes der Natura 2000 Gebiete zu schützen sind.

Der Aktionsraum ausgewachsener Fischotter beträgt bei männlichen Tieren zwischen 40 und 80 km Gewässerufer, bei Weibchen etwa 20 km. Nächtliche Streifzüge von bis zu 20 km sind keine Seltenheit (Hertweck & Schipke, 2001). In nahrungsreichen Gewässern können sich Otter auch auf relativ kleine Reviere von unter 500 Hektar beschränken (Kranz, 1995). Teilweise folgen Fischotter den Wasserläufen, teilweise durchstreifen sie aber auch die Uferregion, wechseln zwischen verschiedenen Gewässern oder überwinden Wasserscheiden. Regelmäßig werden Fischotter auch weitab von jedem Gewässer nachgewiesen. Solche über Land Wanderungen sind insbesondere auch aus Gebieten mit Söllen bekannt. Bei solch weiträumigen Aktivitäten sind Otter gezwungen, regelmäßig Verkehrswege zu queren. Jungtiere sind noch stärker durch den Verkehr gefährdet als adulte Tiere. Dies hängt vermutlich mit deren geringerer Erfahrung zusammen. Auch die Notwendigkeit auf der Suche nach einem eigenen Territorium weite Strecken zurück zu legen, erhöht die Gefahr (Binner, 2000; Körbel *et al.*, 2001). Die überwiegende Zahl der Otter kommt unmittelbar an Gewässern zu Tode (40 - 75 %) im Umfeld von 100 m vom Gewässerufer (Philcox, Grogan & Macdonald, 1999; Körbel *et al.*, 2001). Sie verlassen vor Brücken das Wasser und überqueren die Straße, weil Brückenbauwerke nicht adäquat als Otterpassagen gestaltet sind. Diese Todesopfer ließen sich zu einem großen Teil durch für Otter passierbar gestaltete Brückenbauwerke vermeiden.

Binner *et al.* (1999) ermittelten bei Straßen mit Verkehrsdichten zwischen 2 000 – 10 000 Kfz/Tag eine erhöhte Anzahl an Totfunden (an Autobahnen, Bundesstraßen und Landstraßen, deren Anteil bis > 50 % des Verkehrsnetzes einnehmen). Ab Verkehrsdichten von mehr als 10 000 Kfz/Tag steigt das Mortalitätsrisiko nicht mehr proportional an. Die Bundesstraße tritt in den Untersuchungen als kritischste Straßenkategorie hervor, wobei die kritische Größe mit 4 000 Kfz/Tag angegeben wird.

In Hessen gibt es zwei getrennte Vorkommen des Fischotters in Mittel-/Nordosthessen und an der Grenze zu Unterfranken. 2020 wurde die Anzahl der Biber in Hessen auf maximal 24 Tiere geschätzt. Die Tiere breiten sich aus Thüringen und Bayern aus (Kuprian, 2021).

Der Otter ist eine geeignete Art die Erfordernisse der Durchgängigkeit der Gewässerachsen und die Notwendigkeit durchgängiger Wanderwege über Land zwischen einzelnen Gewässern zu dokumentieren. Entlang der Gewässerläufe sollten die konfliktträchtigen Kreuzungen mit Verkehrswegen entschärft werden. Der Fischotter ist stark von der Straßenmortalität betroffen und nimmt kleinere Gewässerdurchlässe in der Regel nicht an. Querungsbauwerke sollten je nach Gewässerbreite und Straßenbreite ausreichend nach MAQ (FGSV, 2022) dimensioniert sein.

5.9.4 Biber (FFH Anhang II und IV)

Der Biber bevorzugt Auenlebensräume. Ein Wasserstand ab einer Tiefe von ca. 30 cm bietet dem Biber laut Geiersberger (1986) eine ausreichende Schwimmtiefe. Biber sind die größten Vertreter der Ordnung der Nagetiere (Rodentia). Sie haben zahlreiche spezifische Anpassungen an das Leben im Wasser. Biber leben überwiegend von Pflanzen im Wasser oder Pflanzen, die sie in der Uferzone finden. Weichhölzer sind

vorwiegend als Winternahrung wichtig. Durch den Bau von Dämmen können Biber ganze Täler zu ihren Gunsten gestalten.

Biber leben in territorialen Familiengruppen. In der Regel rechnet man pro Familie einen Lebensraumbedarf von 1 bis 4 Kilometer Fließgewässerstrecke (Geiersberger, 1986; Fritsch & Heintz, 1994; Klenner-Fringes, 1994; Schwab, 1994). Als angestrebte Mindest-Populationsgröße nennt Heidecke (1994) 200 Tiere, für die eine Strecke von 100 km eines Fließgewässers 1. bzw. 2. Ordnung erforderlich sei oder eine Strecke von 200 – 300 km kleinerer Fließgewässer.

Junge Biber wandern mit 11 bis 23 Monaten, wenn sie aus dem Familienverband abgedrängt werden, ab (Hartman, 1997; Pachinger & Nitsche, 1998). Im Schnitt legen abwandernde Biber auf ihrer Revierversuche eine Strecke von 25 km zurück. Maximal wurden Wanderentfernungen von 170 km nachgewiesen (Nicht, 1967; Heidecke, 1984; Schulte, 1984). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Donaupopulation des Bibers betrug zwischen 1966 und 1994 4,6 bis 6,4 km pro Jahr (Lossow, 1995). In Frankreich breiteten sich Biber ca. 3,2 km pro Jahr aus (Fustec *et al.*, 2001).

Ihre Körpergröße und ihre unbeholfene Fortbewegung an Land machen Biber extrem anfällig für Prädation an Land. Im Allgemeinen entfernen sie sich nicht weit von Gewässern, um jederzeit dorthin zurück flüchten zu können. In Bayern wurde etwa 97 % der Biberaktivität in einem Abstand bis zu 20 m vom Ufer erfasst (Schwab, Dietzen & Lossow, 1994). Aus diesem Grund überwinden Biber nur sehr selten größere Entfernungen zwischen Gewässern und orientieren sich bei ihren Wanderungen meist an Gewässern (Allen, 1983). Es gibt jedoch auch Fälle in denen Biber über Land und sogar über Wasserscheiden wandern. Es sind Fälle dokumentiert in denen Biber die 1 600 m hohe Wasserscheide der Karpaten überwandern (Nitsche & Pachinger, 2000), ebenso wanderten Biber über die Beskiden von Polen in die Slowakei und vom Donauraum in die Jagst (Allgöwer, 2001; Giesinger, 2003) oder über die Aller – Ohre – Wasserscheide (Schulte, 1995). Beim Überwinden der Wasserscheiden müssen die Tiere mindestens einige Kilometer, ohne zum Schwimmen geeignete Wasserläufe, zurückgelegt haben. Im Saarland konnte dokumentiert werden, dass junge Biber die Wasserscheide zwischen Ill und Theel überwandern. Dabei mussten sie einige hundert Meter zwischen den Gewässersystemen über einen gewässerlosen Höhenrücken gewandert sein (Fritsch & Heintz, 1994).

Aktuell wird der Biberbestand in Hessen auf ca. 1 000 Tiere, die in 300 Revieren leben, geschätzt. Die jährliche Wachstumsrate der Population beträgt ca. 20 % (Kuprian, 2021). Die Verbreitungsschwerpunkte liegen derzeit in Ost- und Mittelhessen. Die Art breitet sich in Hessen weiter nach Norden, Süden und Westen aus (HLNUG, 2017).

Verkehrsverluste sind eine der häufigsten Todesursachen von Bibern (Schwab *et al.*, 1994; MUNR, 1999; Bau, 2001; Beck & Voser, 2004). Wie beim Fischotter sind Kreuzungsstellen von Gewässer und Straße besonders kritisch. Im Bereich von bereits besiedelten und potentiellen Biberhabitaten sollen Gewässerquerungen so ausgestaltet sein, dass sie vom Biber durchschwommen werden können (FGSV, 2022).

5.9.5 Haselmaus (FFH-Anhang IV)

Die Haselmaus ist an Laubwälder mit einer reichen Strauchschicht gebunden (Hurrell & McIntosh, 1984; Schoppe, 1986; Bright & Morris, 1989). Sie lebt fast ausschließlich arboreal und ist zur Fortbewegung auf Gehölzstrukturen angewiesen. Bereits kleine Straßen oder auch Wege können für die Haselmaus eine Barriere darstellen (Bright & Morris, 1989). Sie gehen äußerst ungerne durch Offenland (Bright & Morris, 1989). Im Wald werden Lichtungen und Wege ohne Kronenschluss durch Bewegungen in Bäumen oder Büschen umgangen. Telemetrische Untersuchungen zeigten, dass anstelle der direkten Überquerung der

offenen Bereiche lange Umwege in Kauf genommen werden (max. 77 % der in einer Nacht insgesamt zurückgelegten Strecke, Bright & Morris, 1991).

Haselmäuse haben kleine Streifgebiete von im Schnitt 0,5 Hektar (Bright & Morris, 1992; Berg & Berg, 1999). Bright *et al.* (1994) nennen 20 ha als kritische Schwelle für eine überlebensfähige Haselmauspopulation. Sie gelten als ortstreu (Meinig, Boye & Büchner, 2004). Strecken von 300 m können in einer Nacht zurückgelegt werden (Schulze, 1987). Ausbreitung über Hecken, aber auch entlang von Gehölzsäumen an Straßen sind bekannt (Lang & Kiepe, 2011; Schulz *et al.*, 2012).

Die Haselmaus ist in Hessen weit verbreitet, gleichzeitig ist die Art jedoch nicht häufig. Insbesondere in Süd- und Nordwesthessen sind die Bestandszahlen seit 2006 konstant gering. Im Westen und Nordosten wurden hingegen regelmäßig hohe Bestände erfasst. Die walddreichen Gebiete Hessens liegen im Zentrum des Deutschen Verbreitungsgebiets (Büchner & Lang, 2020).

Die Haselmaus ist aufgrund ihrer starken Bindung an die Strauchschicht eine hervorragende Zielart für die ökologische Vernetzung zwischen strukturreichen Laubwäldern. Die Nutzung von Grünbrücke durch Haselmäuse konnte bestätigt werden.

5.9.6 Rothirsch

Rotwild ist eine Art mit großem Raumanspruch. Rothirsche leben bevorzugt in offenen strukturierten Landschaften sowie lichten Waldgebieten. Sie sind jedoch hinsichtlich des Habitats sehr anpassungsfähig. Dort wo sie bejagt werden, zeigen sie eine vom Jagddruck abhängige Bindung an Deckung bietende Vegetation. Die saisonalen Nahrungsräume sind 300 bis 1 500 ha groß (Georgii, 1980; Stroka, 1987; Berberich & Riechert, 1994; Fiehlitz, 1999; Nitze & Roth, 2003).

Weibliche Rothirsche leben ganzjährig in Rudeln. Es können weite Wanderungen zwischen saisonalen Lebensräumen stattfinden (Heptner, Nasimovic & Bannikov, 1966). Die älteren männlichen Tiere gesellen sich nur zur Paarungszeit zu den Weibchen (Szederjei, 1962; Drechsler, 1991; Hohmann, 2003; Fietz & Heurich, 2004). Während der übrigen Zeit des Jahres wählen sie Einstände, die teilweise sehr weit entfernt von den weiblichen Rothirschen liegen. Saisonale Wanderungen von 50 km sind keine Seltenheit (Drechsler, 1991; Wotschikowsky & Simon, 2002), maximal sind saisonale Wanderungen bis über 120 km dokumentiert (Fietz & Heurich, 2004). Bei einer GPS-Telemetriestudie im Bayerischen Wald wurden Streifgebietsgrößen von 4 630 ha für Hirsche, 6 130 ha für Spießer und 1 214 ha für Alttiere angegeben (Fietz & Heurich, 2004). Ein besonderer Hirsch im Thüringer Wald wanderte in einer Nacht über 26 km zwischen zwei nur 352 bzw. 136 ha großen Nahrungsräumen (Tottewitz, 2005). Beim Rothirsch konnte gezeigt werden, dass die genetische Variabilität der isolierten Populationen niedriger ist als bei großräumig vernetzten Populationen. Der Anteil polymorpher Genloci ist geringer, die Frequenz des häufigeren Allels liegt größtenteils über 90% (Herzog, 1995).

Aufgrund des großen Raumanspruchs und der Auswirkung durch Landschaftszerschneidung auf populationsgenetischer Ebene ist Rotwild eine Zielart der großräumigen Lebensraumvernetzung. Eine landschaftsgenetische Studie von Edelhoff *et al.* (2016) zeigte, dass die genetische Zerschneidung in Schleswig-Holstein insbesondere durch Landnutzungsformen und Straßen hervorgerufen wird. Zudem ist Rotwild sehr störungsempfindlich (Fietz & Heurich, 2004; Reimoser, 2013) und stellt daher hohe Ansprüche an Querungshilfen. In der Regel sind Grünbrücken oder –unterführungen erforderlich um die Lebensräume des Rothirsches zu vernetzen (FGSV, 2022).

In Hessen wird Rotwild rechtlich nur in 20 Rotwildgebieten geduldet (Reiner & Willems, 2019; Reiner *et al.*, 2021). Diese Rotwildgebiete liegen meist räumlich getrennt (Abb. 3) und sind von Rotwildfreizonen

umgeben in denen Rotwild nicht geduldet wird. Genetisch können 14 der Rotwildgebiete in 4 Regionen zusammengefasst werden (Reiner & Willems, 2019). Innerhalb dieser Regionen findet ein gewisser genetischer Austausch zwischen den Gebieten statt. Die Rotwildgebiete Reinhardswald (ID 8 und 23), Knüll (pinker Teil von ID 4) und der Odenwald (ID 17) sind genetisch absolut isoliert. Der Krofdorfer Forst (ID 10) und Wattenberg-Weidelsburg (ID 6) sind ebenfalls weitgehend isoliert. Insbesondere beim Krofdorfer Forst ist zu vermuten, dass die Isolierung durch die strikte Bejagung in den Rotwildfreizonen zurückzuführen ist, da keine unüberwindbaren Barrieren das Gebiet nach Norden begrenzen.



Abb. 3 Rotwildgebiete in Hessen: 1= Gieseler Forst, 2= Burgwald- Kellerwald, 24= Edersee, 3= Lahn-Bergland, 4= Knüllgebirge, 5= Meißner-Kaufunger Wald, 6= Wattenberg-Weidelsburg, 7= Upland (keine genetische Auswertung), 8= Reinhardswald, 23= WiSG Reinhardswald, 9= Dill-Bergland, 10= Krofdorfer Forst, 11= Nördlicher Vogelsberg, 12= Hoher Vogelsberg, 13= Hochttaunus, 14= Spessart, 15= Hinterlandswald, 16= Platte, 17= Odenwald.

5.9.7 Weitere Zielarten

Für die Steckbriefe der 30 prioritären Wiedervernetzungsabschnitte wurde ergänzend zu den vorhandenen Artdaten, weitere Rasterverbreitungsdaten auf MTB-Q TK 25 Basis herangezogen um Angaben für Zielarten zu den betroffenen Biotopverbundsystemen zu ergänzen.

Die Daten entstammen dem Natureg Viewer des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG, 2022). Den Daten kann entnommen werden, ob eine Art im Bereich eines Prüfabschnitts nachgewiesen wurde. Es wird auch angegeben wann der letzte Nachweis erbracht wurde. Somit können die Zielarten und damit deren Ansprüche an eine Querungshilfe berücksichtigt werden.

Der Feldhamster hat nur ein recht kleines Verbreitungsgebiet in Hessen und wurde daher zuvor nicht für die systematische Auswertung herangezogen, obwohl Punktdaten vorlagen.

Tab. 6 Auswahl von in Hessen vorkommenden Zielarten für die Lebensräume des hessischen Biotopverbundes.

Zielart	Lebensraum	Date
Feldhamster	Offenland, extensive Landwirtschaft	Punktdaten, MTB-Q
Wildkatze	Waldlebensräume	Punktdaten
Luchs	Waldlebensräume	Punktdaten
Haselmaus	Waldlebensräume	Punktdaten
Rothirsch	Wald, Arten mit großem Raumanspruch	Punktdaten
Feuersalamander	Strukturreiche Laub-/Laubmischwälder, Bäche	MTB-Q
Fischotter	Gewässer, Auen	Punktdaten
Biber	Gewässer, Auen	Punktdaten
Laubfrosch	Kleingewässer	MTB-Q
Zauneidechse	Trockenlebensräume	MTB-Q
Schlingnatter	Trockenlebensräume	MTB-Q
Ringelnatter	Gewässer, Moore, Sümpfe, Grünland	MTB-Q
Grasfrosch	Grünland	MTB-Q

5.10 Wildunfälle und Totfunde

Die Verkehrsmortalität wurde berücksichtigt, da sie Straßenabschnitte aufzeigt, in denen viele Tiere versuchen die Straße zu queren (Wildunfälle). Die **Wildunfalldaten** wurden von Hessen Mobil zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden noch **Totfunde** (Biber, Wildkatze, Wolf und Luchs) berücksichtigt. Die Daten zu Biber, Wildkatze und Luchs stammen vom HLNUG und decken den Zeitraum von 1990 bis 2019 ab. Die Daten zum Wolf wurden der Datenbank der Dokumentations- und Beratungsstelle des Bundes zum Thema Wolf (DBBW) entnommen und stammen aus dem Zeitraum 2015-2021 (DBBW, 2021).

5.11 ATKIS

Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) wurden von Hessen Mobil zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden zur Analyse von Landschaftsparametern, Siedlungsflächen und weiteren Verkehrswegen (Kap. 5.13) verwendet.

5.11.1 Siedlungsflächen

Siedlungsflächen können für wandernde Tiere als Barriere wirken oder die Tiere stören und somit die Eignung der Querungshilfe mindern. Daher sollten Querungshilfen mindesten 200 m entfernt von Siedlungen positioniert werden. Dieser Wert ist ein Mittelwert der Angaben aus dem MAQ (FGSV, 2022). Einerseits sollte

das Umfeld der Querungshilfe in mindestens 300 m störungsfrei gehalten werden, andererseits werden für einzelne Mittel- und Großsäuger die Abstände zu Störquellen mit 100 m angegeben.

Als Siedlungsflächen wurden folgende ATKIS Objektarten herangezogen:

- 41001 – Wohnbaufläche,
- 41002 – Industrieflächen,
- 41006 – Fläche gemischter Nutzung,
- 41007 – Fläche bestimmter funktionaler Prägung,
- 41008 – Sport, Freizeit- und Erholungsfläche,
- 41009 – Friedhof, AX_Flugverkehr, wenn Internationaler Flughafen (Wert 5511),
- 42009 – Platz: Parkplätze außerorts ab > 1 ha z. B. Raststätten

Bei diesen Objektarten ist von einer Störung durch die Siedlungsfläche auszugehen. Die Daten wurden zur Auswahl der zu prüfenden Straßen (Kap. 6) und zur Berechnung der Durchlässigkeit von Bestandsbauwerken (Kap. 9.1.1) verwendet.

5.11.2 Wälder und Gewässer

Die Landschaftsparameter Wälder und Gewässer wurden im Zuge der Beurteilung der Durchlässigkeit von Bauwerken berücksichtigt. Diese Landschaftsparameter können nach einem Modell von Öko-log (Kap. 5.14 und 9.1) die Querungshäufigkeit von Tieren beeinflussen. Zu diesem Zweck wurden Waldflächen, Stand- und Fließgewässer aus dem ATKIS verwendet. Es wurden folgende Objektarten verwendet:

- Fließgewässer:
 - o 44002 – Wasserlauf
 - o 57003 – Gewässerstationierungsachse
- Stehende Gewässer
 - o 44006 – Stehendes Gewässer
- Wälder
 - o 43002 – Wald

5.11.3 Straßen, Wege und Bahn

Weitere Straßen, Wege und Bahnlinien wurden im Zuge der Beurteilung der Durchlässigkeit von Bauwerken berücksichtigt (Modell von Öko-log, Kap. 5.14 und 9.1). Sie wurden herangezogen um zu bewerten welcher Verkehrsweg unter bzw. über ein Straßenbauwerk führt. Der Unter- bzw. überführte Verkehrsweg hat einen Einfluss auf die Querungshäufigkeit von Tieren. Folgende Objektarten wurden verwendet:

- 42002 – Strasse
- 42008 – Fahrwegachse
- 53003 – WegPfadSteig
- 42014 – Bahnstrecke

5.12 Fließgewässer als Leitlinie

Fließgewässer stellen häufig eine Leitlinie für wandernde Tiere da. Insbesondere größere Gewässer haben auch eine gewisse Barrierewirkung. Es ist zu berücksichtigen, dass größere Gewässer nicht für jede Tierart gleichermaßen eine Barriere darstellen. Während sie für z.B. Kleinsäuger eine vollständige Barriere darstellen, sind sie für Großsäuger wie Luchs und Rothirsch durchaus überwindbar. Dennoch finden Wanderungen häufig parallel zum Gewässer statt (u.a. Long *et al.*, 2010). Um die Wanderung entlang von

Fließgewässern zu berücksichtigen, wurden Prüfabschnitte an größeren Fließgewässern geteilt. So werden die Lebensräume, Arten und Straßeneigenschaften rechts und links des Gewässers getrennt betrachtet.

Für die Bewertung von Fließgewässern als Leitlinien (Schritt 2, Kap. 7.1) wurde die Abflussklasse herangezogen. Die Abflussklasse (Klassen 1-7) ist die Spannbreite zum mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ in m³/s) am tiefsten Punkt des Oberflächenwasserkörpers (HMUKLV, 2012). Der MNQ ist das arithmetische Mittel der niedrigsten Tagesabflüsse jeden Jahres über einen längeren Beobachtungszeitraum. Die Angaben zur Abflussklasse wurden über den hessischen WRRL (Wasserrahmenrichtlinien)-Viewer (HLNUG, 2021a) als Tabelle (csv-Datei) heruntergeladen und die Informationen über die Gewässerkennzahl an das Gewässernetz (gml-Datei) der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG, 2021) angehängt.

Ab der Abflussklasse 4 (mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) ≥ 1 m³/s) wird davon ausgegangen, dass die Fließgewässer eine gewisse Barrierewirkung haben und hauptsächlich eine Leitlinie darstellen. Folgende Fließgewässer wurden als Leitlinien angesehen:

- Rhein
- Main
- Weser
- Neckar
- Werra
- Lahn
- Fulda
- Kinzig
- Nidda

Diese Gewässer sind dennoch für wandernde Großsäuger überwindbar.

5.13 Verkehrsdaten zur Bewertung der Barrierestärke

Die von Hessen Mobil zur Verfügung gestellten Verkehrsdaten (Hessen Mobil, 2020a), die zur Beurteilung der Barrierestärke (Kap. 8.1) herangezogen wurden sind in Tab. 7 aufgeführt.

Tab. 7 Variablen zu Verkehrsdaten

Variable	Beschreibung
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr in Kfz/24 h (Stand 2015)
Fahrstreifen	Ausbaugrad der Straße (Anzahl der Fahrstreifen)
Zäunung	Wildschutzzäune
Parallele Verkehrswege	Straßen

5.14 Bauwerksdaten

Die Daten zu Bestandsbauwerken und Durchlässen wurden von Hessen Mobil zur Verfügung gestellt (Hessen Mobil, 2020a). Die Daten wurden zur Berechnung der Durchlässigkeit für Hasenartige, Huftiere und Raubsäuger verwendet. Die Aufbereitung der Daten wird in Kap. 9.1.1 erklärt.

5.15 Geplante Aus- und Neubauprojekte

Von Hessen Mobil wurden Aus- und Neubauprojekte an Bundes- und Landesstraßen als Linien-Shapefiles zur Verfügung gestellt. Die Daten sollen Auskunft geben, ob innerhalb eines Prüfabschnitts bereits Maßnahmen

geplant sind oder sie zeigen, wo die Umsetzung einer Maßnahme in die aktuelle Planung mit aufgenommen werden sollte. Weitere Informationen zu den einzelnen Projekten wurden dem Projektinformationssystem (PRINS) zum Bundesverkehrswegeplan 2030 (BMDV, 2022) entnommen.

5.16 Bahndaten

Die ATKIS Daten zu Bahnlinien sind unvollständig bezüglich der Angabe von Attributen. Es fehlen teilweise die Angaben zur Elektrifizierung und zur Anzahl der Gleise. Alternativ wurden daher die Open Source Daten der Deutschen Bahn herangezogen. Die Deutsche Bahn stellt das Streckennetz mit den relevanten Angaben zur Elektrifizierung (Oberleitung, Stromschienen oder keine Elektrifizierung), der maximalen Geschwindigkeit und der Anzahl der Gleise zur Verfügung (Deutsche Bahn (DB), 2019a).

Ergänzend wurden auch die Bauwerksdaten der Deutschen Bahn herangezogen (Deutsche Bahn (DB), 2019b), um die Barrierestärke einer parallel verlaufenden Bahnlinie abzuschätzen. Es handelt sich bei den Brückenbauwerken um Unterführungen. Es ist immer die Brückenlänge angegeben. Als relevantes Maß gibt die Brückenlänge die Querungsbreite für Tiere wieder. Angaben zur Brückenhöhe lagen nicht vor.

5.17 Durchlässigkeitsmodell

Zur Bewertung der Durchlässigkeit des Straßenkörpers wurde ein Modell von Öko-Log verwendet, das für die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) entwickelt wurde (BASt, n.d.). Durch das Modell können näherungsweise Aussagen zur Durchlässigkeit von Bauwerken (Über- und Unterführungen) und Durchlässen gemacht werden. Die Durchlässigkeit der Bauwerke kann dann auf den Straßenabschnitt hochgerechnet werden, so dass man angeben kann, wie viele Tiere (unterteilt in Huftiere, Hasenartige und Raubsäuger; pro km) näherungsweise eine Straße sicher über Bauwerke queren können.

Die Modellvorhersage beruht auf Landschaftsvariablen im Umfeld des Bauwerks und auf bauwerksbezogenen Variablen (Breite, Länge). Die einzelnen Variablen werden im Zuge der Methodik zur Vorbereitung der Modellanwendung erläutert (Kap. 9.1).

Das Modell ist eine Kombination aus einem logistischen Modell, das die Wahrscheinlichkeit schätzt, ob Tiere das Bauwerk grundsätzlich queren, und einem normativ-deduktiven Modell, das die Anzahl der Tiere pro Meter (Breite des Bauwerks) schätzt. Wenn das logistische Modell z.B. vorhersagt, dass Huftiere queren, wird über das normativ-deduktive Modell bestimmt, wie viele Tiere das Bauwerk queren. Sagt das logistische Modell voraus, dass keine Raubsäuger queren, so ist die Anzahl der querenden Raubsäuger 0. Im Endergebnis gibt das Modell für jedes Bauwerk eine Vorhersage der Anzahl der querenden Hasenartigen, Huftiere und Raubsäuger pro Tag.

6 Auswahl der zu prüfenden Straßen (Schritt 1)

Im ersten Schritt wurden zunächst die relevanten Straßen festgelegt. Das heißt, Straßen bei denen von einer gewissen Barrierewirkung auszugehen ist ($\text{DTV} \geq 5\,000 \text{ Kfz/24 h}$). Darüber hinaus wurden Straßenabschnitte im 200 m Umfeld von Siedlungen ausgeschlossen um die Störwirkung von Siedlungen zu berücksichtigen.

6.1 Methode

Das Straßennetz (,VM100_15_VMBAND_region_utm32.shp') wurde zunächst nach der Bezeichnung der Straße und dem DTV-Wert aufgelöst (Befehl: ,*dissolve*'). Somit erhält man ein Shape, in dem für jede Straße (Straßenbezeichnung, STRBEZ, z.B. ,B 3') Abschnitte gleicher DTV-Werte, die nebeneinanderliegen zusammengefasst sind. Mittels ,*Extract by Attribute*' wurden daraufhin alle Straßen mit einem $\text{DTV} \geq 5\,000 \text{ Kfz/24 h}$ extrahiert (,Str_HE_ueber5000Kfz_fix.shp').

Im nächsten Schritt wurden alle Straßenabschnitte extrahiert, die außerhalb eines 200 m Puffers um Siedlungen liegen.

Die Siedlungsflächen wurden mittels ,*dissolve*' zu einer Fläche zusammengefasst und ein 200 m Puffer um alle Siedlungsflächen erstellt (,ATKIS_HE_Siedlungsflaechen_dissolve_202106_P200.shp'). Es wurde ein Negativ des Puffers erstellt und das Straßennetz damit zugeschnitten (Befehl: ,*clip*').

Bei der Inspektion der Ergebnisse fiel auf, dass in einigen Fällen sehr kurze Straßenabschnitte zwischen zwei Siedlungen lagen. Da zu erwarten ist, dass an solchen Engstellen zwischen Siedlungen eine erhöhte Störwirkung auftritt, wurde der Abstand zwischen zwei Siedlungen auf mindestens 800 m festgelegt. Abschnitte, die kürzer als 400 m waren wurden daher entfernt. Mit dem Befehl ,*multipart to singlepart*' wurden zunächst alle ,multi line feature' in ,single feature' umgewandelt. Die Länge der einzelnen Abschnitte wurde berechnet und Abschnitte, die kürzer als 400 m waren mittels ,*extract by attribute*' entfernt.

Abschließend wurde allen zu prüfenden Straßenabschnitten eine ID (,PruefStrID') zugewiesen.

6.2 Ergebnis

Insgesamt wurden 204 zu prüfende Straßen identifiziert (Tab. 8). Die Prüfstraßen sind in Abb. 4 dargestellt. An diesen Straßen wurden 1067 Abschnitte identifiziert, die weiter geprüft wurden. Die Ergebnisse sind im Shape ,HE_PrioVernetz_Schritt1_Pruefstrassen_20210616_SinglePue400m.shp' festgehalten.

Tab. 8 Übersicht der Prüfstraßen aus Schritt 1 zusammengefasst nach Straßenklassen

Klasse	Straßen	Straßenabschnitte
Autobahn	18	289
Bundesstraße	55	542
Landstraße	118	14
Kreisstraße	13	222
GESAMT	204	1067

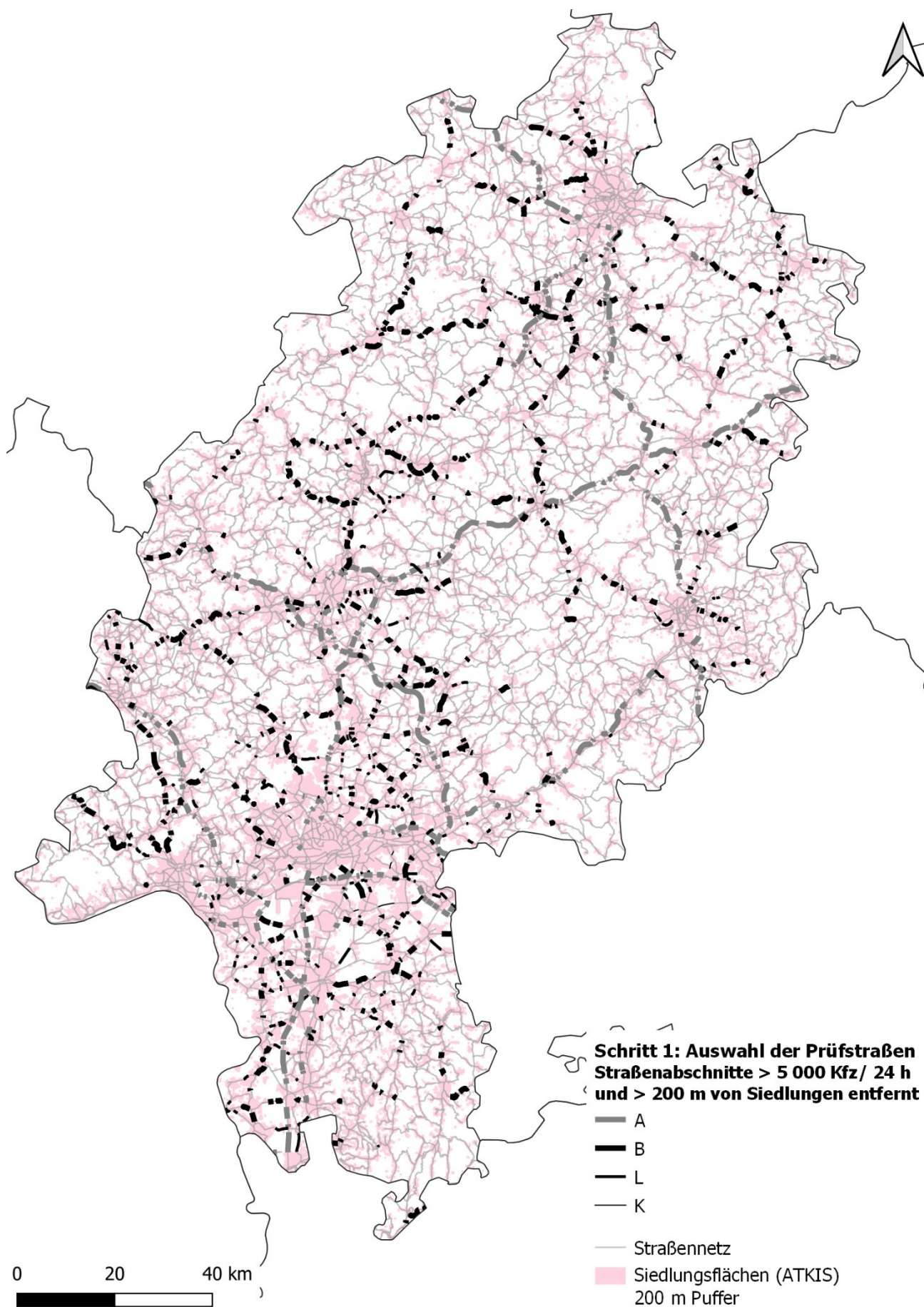


Abb. 4 Für Wiedervernetzungsmaßnahmen zu prüfende Straßen

7 Auswahl der Prüfabschnitte (Schritt 2)

Alle Straßenabschnitte der zu prüfenden Straßen aus Schritt 1, an denen bekannte Konflikte liegen oder an denen eine ökologische Funktion der im Folgenden benannten Parameter beeinträchtigt wird, wurden als Prüfabschnitte festgelegt.

7.1 Methode

Die in Tab. 9 aufgeführten Parameter wurden mit den in Schritt 1 ausgewählten zu prüfenden Straßen verschnitten. Die Methodik unterscheidet sich je nachdem ob sich der Parameter räumlich auf die Straße oder den 200 m Puffer um die Straße bezieht. Die Kategorie „Bekannte Konflikte“ bezeichnet hierbei Konflikte, die bereits aus früheren Studien, wie z. B. dem NABU Bundeswildwegeplan (Herrmann *et al.*, 2007), bekannt sind. In der Kategorie „Ökologische Funktion“ sind Gebiete zusammengefasst, die eine ökologische Funktion als Lebensraum oder Korridor haben.

Tab. 9 Parameter zur Bewertung der Prüfabschnitte

Kategorie	Bezeichnung im Shape	Räumlicher Bezug	Parameter
Bekannte Konflikte	PrioWA	Straße	Wiedervernetzungsabschnitte Wald (Hänel & Reck, 2011)
Bekannte Konflikte	PrioWAnum	Straße	Priorität der Wiedervernetzungsabschnitte Wald (Hänel & Reck, 2011)
Bekannte Konflikte	PrioGS	Straße	Wiedervernetzungsabschnitte Großsäuger (Hänel & Reck, 2011)
Bekannte Konflikte	PrioGSnum	Straße	Priorität der Wiedervernetzungsabschnitte Großsäuger (Hänel & Reck, 2011)
Bekannte Konflikte	NABU125	Straße	NABU Bundeswildwegeplan Top 125
Bekannte Konflikte	NABUwB	Straße	NABU Bundeswildwegeplan weiterer Bedarf
Bekannte Konflikte	BPW	Straße	Bundesprogramm Wiedervernetzung
Bekannte Konflikte	WIKA_Massn	Straße	Maßnahmenräume Wildkatze
Ökologische Funktion	AuGeschW	200 m- Puffer	Geschützte Auenlebensräume Wald (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	AuGeschO	200 m- Puffer	Geschützte Auenlebensräume Offenland (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	FeuBest	200 m- Puffer	Bestand Feuchtbiootope (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	HeiMagBest	200 m- Puffer	Bestand Heiden und Magerrasen
Ökologische Funktion	MagerGesW	200 m- Puffer	Geschützte Biotope Magerrasen Wald (Biotopverbund Hessen)

Kategorie	Bezeichnung im Shape	Räumlicher Bezug	Parameter
Ökologische Funktion	MagerGesO	200 m- Puffer	Geschützte Biotope Magerrasen Offenland (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	SEntwMoor	200 m- Puffer	Sonstige Entwicklungsflächen Moore und Auen
Ökologische Funktion	WEntwMoor	200 m- Puffer	Wertvolle Entwicklungsflächen Moore und Auen (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	SEntMager	200 m- Puffer	Sonstige Entwicklungsflächen Magerrasen/Heiden (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	WEntwMager	200 m- Puffer	Wertvolle Entwicklungsflächen Magerrasen/Heiden (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	FG_Entw	200 m- Puffer	Fließgewässer –Entwicklungsbereiche (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	FG_WFi_l	200 m- Puffer	Fließgewässer mit Bedeutung für Wanderfische – Linien (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	FG_WFi_f	200 m- Puffer	Fließgewässer mit Bedeutung für Wanderfische – Flächen (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	Kern_Biot	200 m- Puffer	Kernräume des hessischen Biotopverbunds
Ökologische Funktion	WIKAPrioHk	200 m- Puffer	Prioritärer Hauptkorridor Wildkatze/Wald (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	WIKAHauptk	200 m- Puffer	Hauptkorridor Wildkatze/Wald (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	WIKANek	200 m- Puffer	Nebenkorridor Wildkatze/Wald (Biotopverbund Hessen)
Ökologische Funktion	WIKAPop	200 m- Puffer	Populationsareal Wildkatze (Biotopverbund Hessen, ergänzt 2021 mit Punktdaten des HLNUG)
Ökologische Funktion	GrueBand	200 m- Puffer	Grünes Band
Ökologische Funktion	FFH	200 m- Puffer	FFH-Gebiete
Ökologische Funktion	FFH_eK	200 m- Puffer	Räume enger Kohärenz zwischen FFH-Gebieten
Ökologische Funktion	Bios	200 m- Puffer	Biosphärenreservat

Kategorie	Bezeichnung im Shape	Räumlicher Bezug	Parameter
Ökologische Funktion	NP	200 m- Puffer	Nationalpark
Ökologische Funktion	NSG	200 m- Puffer	Naturschutzgebiet
Ökologische Funktion	NatSGrP	200 m- Puffer	Naturschutzgroßprojekt
Ökologische Funktion	FEU_FR	200 m- Puffer	Unzerschnittene Funktionsräume Feuchtlebensräume 1000 (BfN, 2012)
Ökologische Funktion	TRO_FR	200 m- Puffer	Unzerschnittene Funktionsräume Trockenlebensräume 1500 (BfN, 2012)
Ökologische Funktion	UZVR	200 m- Puffer	Unzerschnittene verkehrsarme Räume (Biotopverbund Hessen)

Verschneidung der Parameter mit räumlichem Bezug zur Straße

Die bekannten Konflikte beziehen sich direkt auf den Straßenkörper, zur Verschneidung der Daten mit den zu prüfenden Straßen wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Die bekannten Konflikte wurden um 25 m gepuffert, sofern sie nicht als Fläche (Polygon) vorlagen.
2. Alle bekannten Konflikte (Polygone) wurden in einem Shape über den Befehl *merge* zusammengefasst. Die Bezeichnung des Konflikts (z. B. Bundesprogramm Wiedervernetzung) bleibt über das Feld „Layer“ in der Attributtabelle erhalten (Flaechen_Strasse_Prio_BundWieder_NABU_20210517_HEfix.shp).
3. Mit dem Befehl *intersect* wurden die bekannten Konflikte mit den zu prüfenden Straßen (HE_PrioVernetz_Schritt1_Pruefstrassen_20210616_SinglePue400m.shp) verschnitten.
4. Das Ergebnis der Verschneidung wurde mit dem Befehl *split* nach dem Feld „Layer“ (Bezeichnung des Konflikts) aufgeteilt
5. Über die ID der zu prüfenden Straßen (Feld: „PruefStrID“) wurden die Konflikte an die Straßenabschnitte angehängt (*Join*). Die Bezeichnungen im Shape sind in Tab. 9 angegeben.

Verschneidung der Parameter mit dem 200 m Puffer um Straßenabschnitte

Es wurde geprüft, ob eine der ökologischen Funktionen im 200 m Puffer um den Straßenabschnitt vorkommt.

1. Alle Flächen mit ökologischer Funktion (Tab. 9) wurden mittels *merge* in einem Shape zusammengefasst (Schritt2_Flaechen_P200_Schutzgb_Biotopverb_grBand_UZVR_WIKAPopNEU_20210603_HEfix.shp)
2. Das Feld „Var“ wurde erstellt und für jede ökologische Funktion eine eindeutige Bezeichnung zugewiesen (z. B. Naturschutzgebiet)
3. Ein 200 m Puffer wurde für die Straßenabschnitte erstellt (Befehl: *buffer*)
4. Die ökologischen Flächen wurden mit dem 200 m Puffer um Straßenabschnitte verschnitten
5. Das Ergebnis der Verschneidung wurde mit dem Befehl *split* nach dem Feld „Var“ aufgeteilt

6. Über die ID der zu prüfenden Straßen (Feld: „PruefStrID“) wurden die Informationen zu den ökologischen Flächen im 200 m Puffer an die Straßenabschnitte angehängt („Join“). Die Bezeichnungen im Shape sind in Tab. 9 angegeben.

Abschließende Auswahl und Unterteilung der Prüfabschnitte

Anschließend wurden alle Straßenabschnitte, an denen mindestens ein bekannter Konflikt oder eine ökologische Funktion vorkam, mittels *‘select by attribute’* ausgewählt und die Auswahl als Shape exportiert.

Die ausgewählten Prüfabschnitte enden immer an der Einmündung einer anderen Straße (≥ 5000 Kfz/24h), an Landesgrenzen oder an größeren Fließgewässern (Mittlerer Niedrigwasserabfluss MNQ ≥ 1 m³/s, Kap. 5.12). Führt z. B. ein Prüfabschnitt über ein größeres Fließgewässer, so wird er am Fließgewässer geteilt.

Die Prüfabschnitte wurden abschließend in Teilabschnitte von maximal 1000 m unterteilt. Hierzu wurde GRASS GIS mit dem Befehl *‘v.split’* verwendet. Jedem Teilabschnitt wurde eine ID im Feld „TeilAbsID“ zugewiesen. Die Ergebnisse wurden als Shape exportiert (He_PrioVernetz_Schritt2_Pruefabschnitte_1000m_20210623.shp).

Die Unterteilung in 1 000 m Abschnitte erlaubt es in sehr langen Prüfabschnitten den möglichst besten Standort für eine Querungshilfe einzugrenzen.

7.2 Ergebnis

Von den 1067 in Schritt 1 erfassten Straßenabschnitten wurden 980 Straßenabschnitte, unterteilt in 1629 Teilabschnitte als Prüfabschnitte, ausgewählt (Tab. 10). Die Prüfabschnitte sind in Abb. 5 dargestellt.

Tab. 10 Übersicht der Prüfabschnitte aus Schritt 2 zusammengefasst nach Straßenklassen

Klasse	Anzahl Straßen	Straßenabschnitte
Autobahn	18	272
Bundesstraße	55	501
Landstraße	111	196
Kreisstraße	10	11
GESAMT	194	980

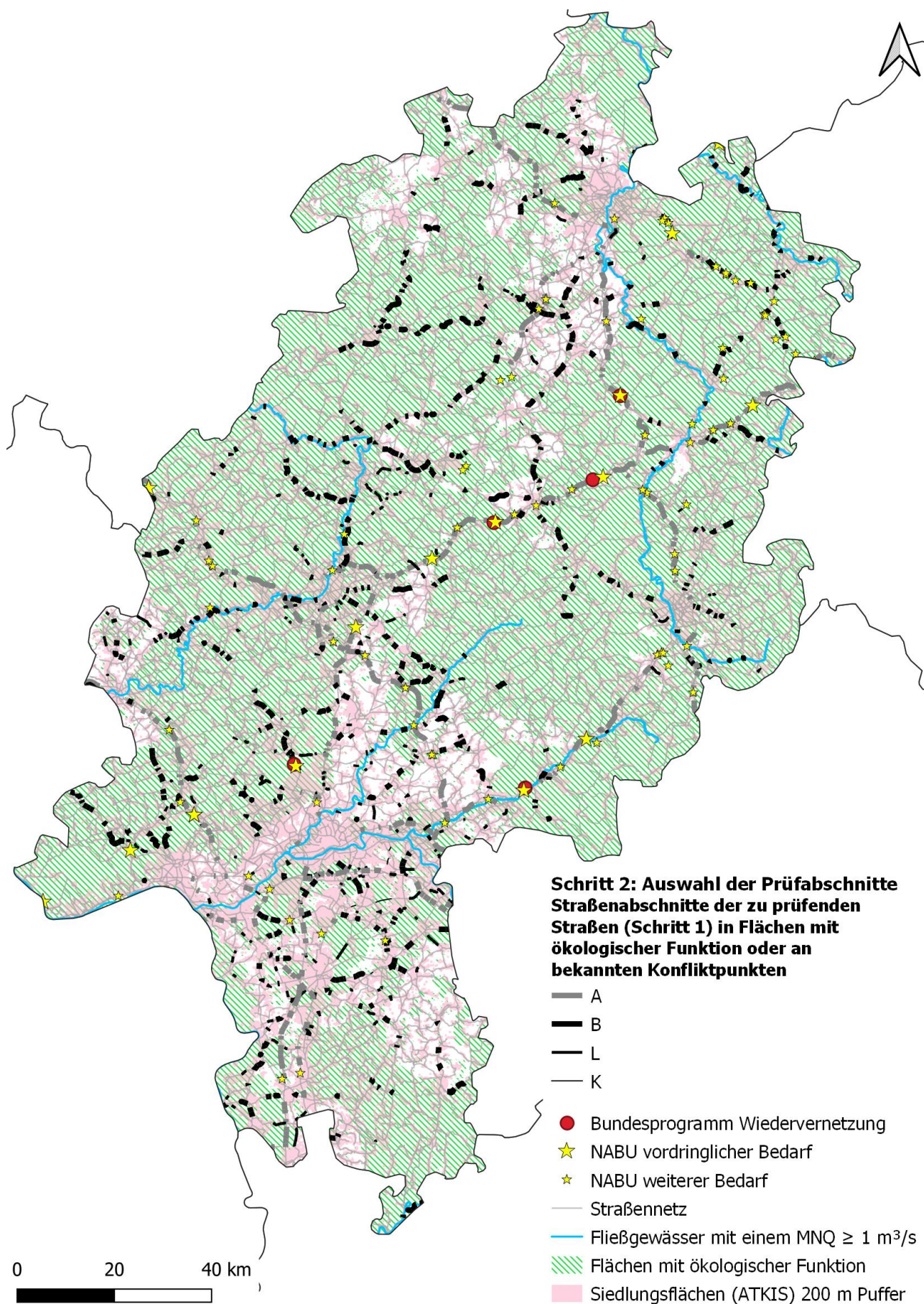


Abb. 5 Für Wiedervernetzungsmaßnahmen ausgewählte Prüfabschnitte

8 Priorisierung anhand landesweit abfragbarer Daten zur ökologischen Funktion und der Barrierestärke (Schritt 3.1)

Die Prüfabschnitte aus Schritt 2 wurden anhand von landesweit abfragbaren Daten (Tab. 11) priorisiert und die 150 prioritärsten Prüfabschnitte für die weitere Prüfung ausgewählt.

8.1 Methode

Die Prüfabschnitte wurden nach dem Bewertungsschema in Tab. 11 bewertet. Der höchste erreichte Wert einer Kategorie wurde vergeben und dann alle Kategorien addiert. Die Summe (Feld „Summe_31“, Shape: He_PrioVernetz_Schritt3_1_Pruefabschnitte_20211011_Top157.shp) gibt die Eignung des Standortes zur Wiedervernetzung der Lebensräume sowie die Barrierestärke wieder. Innerhalb der Prüfabschnitte wurde der 1 000 m-Teilabschnitt mit der höchsten Bewertung als Gesamtbewertung für den Prüfabschnitt (Feld „31AbsMax“, Shape: He_PrioVernetz_Schritt3_1_Pruefabschnitte_20211011_Top157.shp) herangezogen.

Die Bewertung der einzelnen Parameter wurde gutachterlich festgelegt. Die Höhe der Bewertung spiegelt die Bedeutung der Parameter innerhalb der jeweiligen Kategorie und zwischen den Kategorien wider. Die Ableitung der Bewertung findet sich in der Datei „HE_PrioVernetz_Vorgehen_Anmerkungen_202302.xlsx“ (Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „Kap_4_Konzept zur Auswahl der Pruefabschnitte“).

Beispiel: Die Kategorie „Kernlebensräume und Korridore von Großsäugern“ hat insgesamt eine hohe Bewertung, gleichwertig mit anderen Lebensraumnetzwerken. Die prioritären Wiedervernetzungsabschnitte für Großsäuger (Hänel & Reck, 2011; Kap. 5.3) repräsentieren die bundesweit bedeutsamen Vernetzungsstellen und wurden daher am höchsten bewertet. Die Bewertung erfolgte nach den vergebenen Prioritäten, Priorität 1= höchste Priorität bis Priorität 5= niedrigste Priorität. Prioritäre Wiedervernetzungsstellen mit lokaler Bedeutung wurden nicht zur Bewertung herangezogen. Die Angaben des hessischen Biotopverbundes Wald (Wildkatze) repräsentieren die landesweite Vernetzung und wurden dem entsprechend geringer bewertet. Innerhalb der Angaben des hessischen Biotopverbundes wurden die Kerngebiete und prioritären Hauptkorridore am höchsten bewertet. Die weiteren Korridore entsprechend der Bedeutung (Haupt->Nebenkorridor) geringer.

Tab. 11 Bewertung der landesweit abfragbaren Daten zur ökologischen Funktion und zur Barrierestärke. Kap. gibt die Kapitelnummer mit Informationen zum jeweiligen Parameter an.

Parameter	Kap.	Bezeichnung im Shape	Kategorie [Bezeichnung im Shape]	Bezug	Bewertung
Wiedervernetzungsabschnitte Großsäuger (Hänel & Reck 2011) - Prio 1	5.3	PrioGS	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	Straße	9
Wiedervernetzungsabschnitte Großsäuger (Hänel & Reck 2011) - Prio 2	5.3	PrioGS	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	Straße	7,5
Wiedervernetzungsabschnitte Großsäuger (Hänel & Reck 2011) - Prio 3	5.3	PrioGS	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	Straße	6
Wiedervernetzungsabschnitte Großsäuger (Hänel & Reck 2011) - Prio 4	5.3	PrioGS	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	Straße	4,5
Wiedervernetzungsabschnitte Großsäuger (Hänel & Reck 2011) - Prio 5	5.3	PrioGS	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	Straße	3
hessischer Biotopverbund Wald/Wildkatze - Populationsareale	5.1.1	WIKAPop21	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	200 m Puffer	5
hessischer Biotopverbund Wald/Wildkatze - prioritärer Hauptkorridor	5.1.1	WIKAPrioHk	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	200 m Puffer	5
hessischer Biotopverbund Wald/Wildkatze - Hauptkorridor	5.1.1	WIKAHauptk	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	200 m Puffer	4
hessischer Biotopverbund Wald/Wildkatze - Nebenkorrridor	5.1.1	WIKANebenk	Kernlebensräume und Korridore für Großsäuger [GrSaeuger]	200 m Puffer	3
Wiedervernetzungsabschnitte Wald (Hänel & Reck 2011) - Prio 1	5.3	PrioWA	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Wertvollen Waldlebensräume [Wald]	Straße	12

Parameter	Kap.	Bezeichnung im Shape	Kategorie [Bezeichnung im Shape]	Bezug	Bewertung
Wiedervernetzungsabschnitte Wald (Hänel & Reck 2011) - Prio 2	5.3	PrioWA	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Wertvollen Waldlebensräume [Wald]	Straße	10
Wiedervernetzungsabschnitte Wald (Hänel & Reck 2011) - Prio 3	5.3	PrioWA	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Wertvollen Waldlebensräume [Wald]	Straße	8
Wiedervernetzungsabschnitte Wald (Hänel & Reck 2011) - Prio 4	5.3	PrioWA	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Wertvollen Waldlebensräume [Wald]	Straße	6
Wiedervernetzungsabschnitte Wald (Hänel & Reck 2011) - Prio 5	5.3	PrioWA	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Wertvollen Waldlebensräume [Wald]	Straße	4
Unzerschnittene Funktionsräume Trockenlebensräume (BfN, 2012) - 250	5.1.3	TROFR250	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Trockenlebensräume [Trocken]	200 m Puffer	9
Unzerschnittene Funktionsräume Trockenlebensräume (BfN, 2012) - 1500	5.1.3	TROFR1500	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Trockenlebensräume	200 m Puffer	7,5
hessischer Biotopverbund Magerrasen/Heiden - Bestandsflächen Heiden/Magerrasen	5.1.1	BestHeiMa	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Trockenlebensräume [Trocken]	200 m Puffer	9
hessischer Biotopverbund Magerrasen/Heiden - geschützte Biotope (Magerrasen) in Wald und Offenland - Puffer	5.1.1	GSchMagWa, GSchMagOff	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Trockenlebensräume [Trocken]	200 m Puffer	4
hessischer Biotopverbund Magerrasen/Heiden - wertvolle Entwicklungsräume	5.1.1	WEntwMager	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Trockenlebensräume [Trocken]	200 m Puffer	6

Parameter	Kap.	Bezeichnung im Shape	Kategorie [Bezeichnung im Shape]	Bezug	Bewertung
hessischer Biotopverbund Magerrasen/Heiden - sonstige Entwicklungsräume	5.1.1	SEntwTro	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Trockenlebensräume [Trocken]	200 m Puffer	4
Unzerschnittene Funktionsräume Feuchtlebensräume (BfN, 2012) - 100	5.1.3	FEUFR100	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	9
Unzerschnittene Funktionsräume Feuchtlebensräume (BfN, 2012) - 500	5.1.3	FEUFR500	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	6
hessischer Biotopverbund Auen - geschützte Biotope (Auen) in Wald und Offenland - Puffer	5.1.1	AuGSchOffl	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	4
hessischer Biotopverbund Auen - Bestand an Feuchtbiotopen	5.1.1	BestFeubio	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	9
hessischer Biotopverbund Auen - geschützte Biotope (Auen) in Wald und Offenland - Puffer	5.1.1	AuGSchWald	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	4
hessischer Biotopverbund Auen - wertvolle Entwicklungsräume	5.1.1	WEntwMoore	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	9
hessischer Biotopverbund Auen - sonstige Entwicklungsräume	5.1.1	SEntwMoore	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	7,5

Parameter	Kap.	Bezeichnung im Shape	Kategorie [Bezeichnung im Shape]	Bezug	Bewertung
hessischer Biotopverbund Fließgewässer - Bedeutung für Wanderfische	5.1.1	Wanderfi	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	9
hessischer Biotopverbund Fließgewässer - Entwicklungsbereiche	5.1.1	EntwFliBio	Wiedervernetzungsabschnitt für Arten der Feuchtlebensräume und Gewässer [FeuchtGew]	200 m Puffer	7,5
FFH Gebiet	5.8	FFH_Gebiet	Schutzgebiete [Schutzgeb]	200 m Puffer	5
Kohärenzflächen zwischen FFH-Gebieten	5.8	FFH_eKoh	Schutzgebiete [Schutzgeb]	200 m Puffer	4
Biosphärenreservat/NSG/NP/ Naturschutzgroßprojekte	5.8	Biosphaere, NSG, Natioanlpa, NatSchGrPr	Schutzgebiete [Schutzgeb]	200 m Puffer	3
Ramsargebiete, Vogelschutzgebiete	5.8	Ramsar, SPA	Schutzgebiete [Schutzgeb]	200 m Puffer	2
Naturparke, Landschaftsschutzgebiete	5.8	Naturpark, LSG	Schutzgebiete [Schutzgeb]	200 m Puffer	1
Grünes Band	5.6	GrBand	weitere Korridore [GruenesBand]	200 m Puffer	3
UZVR (BfN, hess. Biotopverbund)	5.7	UZVR	UZVR [UZVR_Pu]	Straße	Beidseitig= 3
Große Lebensräume bzw. weitreichende Biotopverbundsysteme (BfN, hessischer Biotopverbund)	5.1	BiotopDE	Große, zusammenhängende Lebensräume [LebensrNet]	200 m Puffer	Beidseitig= 3 Einseitig= 2

Parameter	Kap.	Bezeichnung im Shape	Kategorie [Bezeichnung im Shape]	Bezug	Bewertung
Zerschneidungsempfindliche FFH-Arten	5.9	BiberFFH_A, FioFFH_Art, LuchsFFH_A, Haselm_FFH	FFH-Arten [FFH_Punkte]	200 m Puffer	1 je Art
Verkehrszahlen	5.13	DTV15	Barrierestärke [Barriere]	Straße	> 30.000 Kfz/24h oder Zaun = 7 > 15.000 Kfz/24h oder > 2 Spuren oder Verkehrsweg in enger Bündelung = 5 >10.000 Kfz/24h = 4 > 8.000 Kfz/24h = 2 >5.000 Kfz/24h = 0
Ausbaugrad	5.13	Fahrstr	Barrierestärke [Barriere]	Straße	
Zäunung	5.13	Zaun	Barrierestärke [Barriere]	Straße	
weitere Verkehrswege (z. B. Bahnlinien)	5.13, 5.16	Para_count	Barrierestärke [Barriere]	Straße	
hohe Verkehrsmortalität	5.10	WU_m Totfunde_m	Mortalität [WU_Pu, Totf_Pu]	Straße	Wildunfälle 0-0,0551 WU/m >0 - 0,0114 = 0,1 >0,0114 - 0,0221 = 0,2 >0,0221 - 0,0551 = 0,3 Totfunde 0-0,0038 Totfunde/m >0 - 0,0016 = 1 >0,0016 - 0,0024 = 2 >0,0024 - 0,0038 = 3

8.1.1 Aufbereitung und Verschneidung der Daten

8.1.1.1 Vorkommen zerschneidungssensibler FFH Arten

Es wurden nur C1 und C2 Nachweise⁴ der Arten verwendet. Zum Wolf lagen nur vereinzelte Daten zu Totfunden vor, er wird daher nur in der Aufarbeitung der Totfunde berücksichtigt. Für folgende Arten lagen ausreichende Daten vor, so dass diese ausgewertet werden konnten:

- Luchs (N= 101)
- Wildkatze (N= 2016)
- Haselmaus (N = 1897)
- Biber (N= 1613)
- Fischotter (N = 130)

Die Wildkatzendaten wurden zur Aktualisierung des Populationsareals aus dem Biotopverbund (Kap. 5.1) herangezogen.

Für die FFH Arten Luchs, Wildkatze, Biber und Fischotter wurden anhand der Punktdaten mit R 3.4.0 (R Core Team, 2022) und dem Paket *adehabitatHR* (Calenge, 2011) Verbreitungsgebiete berechnet (Local Convex Hull, LoCoH, Befehl: *„LoCoH.a“*). Für Fischotter und Biber wurden die Verbreitungsgebiete mit einem 30 m Puffer um Gewässer verschnitten. Die 30 m orientieren sich an der in Hessen empfohlenen Breite für Schutzstreifen an Gewässern von 15 - 30 m (HLNUG, 2017) und der Erkenntnis, dass sich die Aktivitäten von Bibern zu 97 % in ca. 20 m Entfernung zum Gewässer abspielen (Schwab *et al.*, 1994).

Für die Haselmaus wurden als Verbreitungsgebiet alle Laub- und Laubmischwälder (ATKIS) mit nachgewiesenem Vorkommen der Haselmaus angenommen.

8.1.1.2 Verkehrswege in enger Bündelung

Es wurde ein Shape mit allen Straßen und Bahnlinien erstellt. Die Prüfabschnitte (Schritt 2) wurden mit dem Befehl *„Difference“* entfernt. Für alle Straßen und Bahnlinien wurde der Winkel angegeben (Befehl: *„main_angle(\$geometry)“*).

Für alle Prüfabschnitte (Teilabschnitte) wurde ebenfalls der Winkel berechnet und dann ein 200 m Puffer erstellt (Befehl: *„buffer“*). Das Shape mit allen Straßen/Bahnlinien wurde daraufhin mit dem 200 m Puffer um die Teilabschnitte verschnitten (*„intersect“*).

Es wurden alle Straßen/Bahnlinien ausgewählt deren Winkel innerhalb eines Teilabschnitts maximal +/- 15° vom Winkel des Teilabschnitts abweicht. Über die „TeilAbsID“ wurde mit dem Befehl *„statistics by category“* die Anzahl der parallel verlaufenden Verkehrswege gezählt. Die Ergebnisse wurden über die „TeilAbsID“ an die Prüfabschnitte angehängt (*„join“*).

⁴ Die SCALP (Status and Conservation of the Alpine lynx Population)- Kriterien (Molinari-Jobin *et al.*, 2003) gelten als Standard zum Monitoring großer Beutegreifer (Linnell *et al.*, 2008). Hinweise zu den Arten werden nach ihrer Überprüfbarkeit in folgende Kategorien eingeteilt: C1= eindeutiger Nachweis (Harte Fakten, z. B. Totfunde, Fotos etc.), C2= bestätigter Hinweis (von Experten bestätigter Hinweis (z.B. Riss oder Spur), C3= unbestätigter Hinweis (z.B. Sichtbeobachtungen).

8.1.1.3 Wildunfälle und Totfunde

Mit dem Befehl *intersecting_geom_count* (QGIS) wurde die Anzahl der Wildunfälle bzw. Totfunde pro Teilabschnitt berechnet. Über die Länge des jeweiligen Abschnitts wurde die Anzahl der Wildunfälle bzw. Totfunde pro m berechnet.

8.1.1.4 UZVR (BfN & hess. Biotopverbund)

Für die unzerschnittenen verkehrsarmen Räume wurde untersucht, ob zwei UZVR durch die Straße voneinander getrennt werden.

Problematisch war hierbei, dass die UZVR teilweise nicht an der Straße abschließen, sondern auch über die Straße hinausgehen oder z. B. bereits an einer parallel verlaufenden Bahnlinie enden. Dies würde zu Fehlern bei der automatisierten Abfrage führen. Daher wurde der prozentuale Anteil der UZVR am jeweiligen Puffer berechnet („UZVRpro“ und „UZVRlpro“). Für jeden Teilabschnitt wurde ein 200 m Puffer rechts der Straße und ein 200 m Puffer links der Straße erstellt (Funktion: *single sided buffer* – QGIS). Die Flächengröße dieser 200 m Puffer wurde berechnet. Dann wurde die UZVR mit den 200 m Puffern verschnitten (*intersect*) und der prozentuale Anteil der UZVR an der Gesamtfläche des 200 m Puffers berechnet. Ab einem prozentualen Anteil von 50 % wurde davon ausgegangen, dass ein UZVR von der jeweiligen Seite anliegt.

Unter „UZVR“ wurden die Ergebnisse in folgende Kategorien eingeteilt:

- Beidseitig= Beiderseits des Straßenabschnitts liegen UZVRs (Anteil jeweils > 50 %)
- Einseitig= einerseits der Straße liegt ein UZVR (Anteil > 50 %)

8.1.1.5 Weitreichende Lebensräume

Dieser Parameter fasst alle Flächen des deutschlandweiten Biotopverbundes (Fuchs *et al.*, 2010) zusammen. Es wurde geprüft, ob der Biotopverbund beiderseits, einerseits oder nicht an einem Prüfabschnitt liegt. Der Biotopverbund beinhaltet große zusammenhängende Räume für Großsäuger, Waldflächen, Feuchtgebiete, Stillgewässer, trockene und magere Standorte. Das Vorgehen wurde wie im Kap. 8.1.1.4 zu den UZVR durchgeführt.

8.1.1.6 Verschneidung weiterer Daten

Die Verschneidung weiterer Daten, die keine vorherige Aufbereitung erforderten, wurde je nachdem ob sich die Verschneidung auf den Straßenabschnitt oder den 200 m Puffer um den Straßenabschnitt bezieht wie in Schritt 2 (Kap. 7.1) durchgeführt.

8.1.2 Abschließende Priorisierung der Top 150 Prüfabschnitte

Der höchste erreichte Wert einer Kategorie wurde nach dem Schema in Tab. 11 vergeben und alle Kategorien aufsummiert (Feld: „Summe_31“). Die Summe aller Kategorien ergibt die Eignung des Standortes zur Wiedervernetzung der Lebensräume sowie der Barrierestärke wieder. Innerhalb der Prüfabschnitte wurde der Teilabschnitt mit der höchsten Bewertung für den gesamten Prüfabschnitt herangezogen (Befehl: *maximum(„Summe_31“, group_by:= „PruefAbsID“)*). Die Ergebnisse befinden sich im Shape „He_PrioVernetz_Schritt3_1_Pruefabschnitte_20211011_Top157_Feld_ID.shp“ im Feld „31AbsMax“.

Abschließend wurden die 157 Prüfabschnitte mit der höchsten Bewertung an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen ausgewählt und als Shape exportiert („He_PrioVernetz_Schritt3_1_Pruefabschnitte_20211011_Top157.shp“).

8.2 Ergebnis

Insgesamt wurden 157 Prüfabschnitte für die weitere individuelle Prüfung ausgewählt (Abb. 6, Tab. 12). Autobahnen wurden von der Auswahl ausgeschlossen. Eine Tabelle der Top 150 Prüfabschnitte mit Angaben zur Bedeutung und zu potenziellen Alternativstandorten zu den Top 30 Prüfabschnitten befindet sich im digitalen Anhang (Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „Schritt3_1_Top150_Pruefabschnitte“, „HePrioVernetz_Top150_Anhang_Tabelle_20220830.xlsx“).

Tab. 12 Übersicht der Top 157 Prüfabschnitte aus Schritt 3.1 zusammengefasst nach Straßenklassen

Klasse	Anzahl Straßen	Straßenabschnitte
Bundesstraße	38	135
Landstraße	20	22
GESAMT	58	157

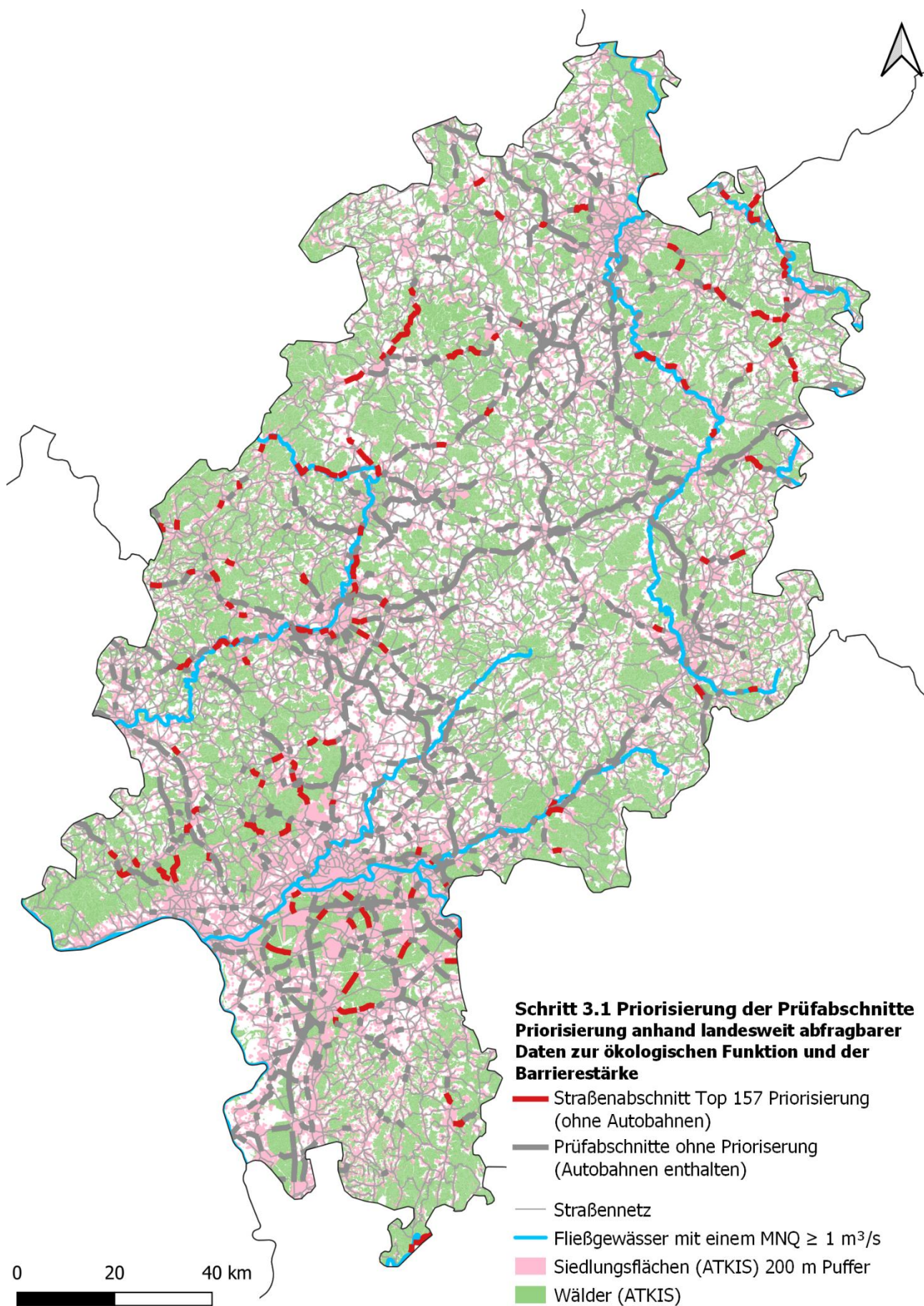


Abb. 6 Anhand landesweit abfragbarer Daten zur ökologischen Funktion und zur Barrierestärke priorisierte Top 157 Prüfabschnitte

9 Priorisierung anhand der individuellen Prüfung des Umfeldes und der Durchlässigkeit der Straße (Schritt 3.2)

Anhand der Durchlässigkeit der Straße und Barrieren bzw. Störungen im weiteren Umfeld der ausgewählten 157 Prüfabschnitte wurden weitere Abschnitte ausgeschlossen. Für die verbleibenden Abschnitte wurde der Wert einer Wiedervernetzungsmaßnahme im weiteren Umfeld betrachtet. Diese Bewertung wurde zu der voran gegangenen Bewertung unter Schritt 3.1 addiert, um eine Rangfolge der Prüfabschnitte zu erreichen. Aus den Prüfabschnitten wurden die 50 Abschnitte mit der höchsten Bewertung für die weitere Betrachtung ausgewählt.

9.1 Methode

9.1.1 Berechnung der Durchlässigkeit von Straßenabschnitten

Zur Bewertung der Durchlässigkeit des Straßenkörpers wurde ein Modell von Öko-log verwendet, dass für die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) entwickelt wurde (BASt, n.d.). Das Modell sagt die Anzahl der Querungen von Huftieren, Hasenartigen und Raubsäuger an Bauwerken pro 24 h vorher. Um das Modell anwenden zu können, müssen die folgenden Variablen generiert werden:

Bauwerksdaten:

- Bauwerkstyp („TYPE_NEW“)
- Querungsbreite aus Sicht des Tieres („WIDTH“)
- Querungslänge aus Sicht des Tieres („LENGTH“)
- Unter- bzw. überführter Verkehrsweg („QUER_STR_Z“)
- Breite des unter- bzw. überführten Verkehrsweges im Verhältnis zur Querungsbreite („BREITE_STR“)

Landschaftsdaten:

- Fließgewässer unter Bauwerk (Ja/Nein) („FGEW“)
- Wald in 100 m Entfernung (Ja/Nein) („WALD_VERH“)
- Siedlung in 200 m Entfernung (Ja/Nein) („SIE_VERH“)
- Gewässerumfang im 500 m Umkreis („P3_GEW_U“)
- Distanz zum Funktionsraum für Arten der Feuchtlebensräume („FEUFR_MIN“)
- Waldanteil im 500 m Umkreis [%] („P3_WALD_P“)
- Distanz zum Großsäugerkorridor bzw. zum nächsten Wald, durch den der Korridor verläuft („KORWA_MIN“)

Es wurden nur die Bauwerke ausgewählt, die innerhalb der Top 150 Straßenabschnitte aus Schritt 3.1 (Kap. 8.2) lagen. Alle Berechnungen, die in R 4.0.2 (R Core Team, 2022) durchgeführt wurden, sind im Skript „Vorhersage_Durchlässigkeitswert_logModell_norm_dedModell_HESSEN.R“ angegeben (Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „Schritt3_2_Durchlaessigkeitsmodell“).

9.1.1.1 Aufbereitung der Bauwerksdaten

Im Folgenden wird die Erstellung der einzelnen Bauwerksvariablen beschrieben.

Es wurden die Bauwerke (Shape: „Bruecken_Bund_Land.shp“) und die Durchlässe (Shape: „Bestand_UI_Durchlass_Point.shp“) in einem Shape zusammengefasst und mit den Top 150 Straßenabschnitten verschnitten („HE_BW_DL_Top150.shp“). Folgende Angaben waren von den Bauwerksdaten relevant:

- Bauwerksmaße: Breite („BRÜCKENBR“), Länge („BRÜCKENL“) und Höhe („LICHT_HÖ“)
- Bauwerkstyp: Unterführung, Überführung, Grünbrücke, Tunnel, Durchlass (über das Feld „BAUWERKSNA“)
- Durchlassmaße: Durchmesser („DURCHMESSE“), Breite („BREITE“), Länge („LAENGE“)

Anhand der Bauwerksbreite und der Bauwerkslänge wurden das Feld „WIDTH“ für die Querungsbreite (aus Sicht des Tieres) und das Feld „LENGTH“ für die Querungslänge aus Sicht des Tieres erstellt (Abb. 7). Bei mehreren Teilbauwerken mussten die Maße zusammengefasst werden. Das Vorgehen unterschied sich je nachdem wie die Teilbauwerke zueinander liegen. Die Unterschiedlichen Möglichkeiten sind im Folgenden erläutert.

Feld: „WIDTH“ (Querungsbreite)

Dies entspricht der technischen Breite bei Überführungen (nutzbare Breite= Abstand zwischen den Geländern) und der technischen Länge bei Unterführungen/Tunnel (gemessen zwischen den Endauflagern in der Bauwerksachse). In dieses Feld wird für jedes Teilbauwerk, welches funktional zu demselben Bauwerk gehört, die Querungsbreite des Gesamtbauwerks eingetragen.

Fall A) Für Bauwerke, die aus einem Teilbauwerk bestehen (letzte Stelle der Teilbauwerksnummer „TBW_NR“ ist '0'): Bei Unterführungen/Tunnel wird die technische Länge (aus Feld „BRÜCKENL“) in das neue Feld „WIDTH“ eingetragen und bei Überführungen die technische Breite (aus Feld „BRÜCKENBR“).

Fall B) Für Bauwerke, die aus mehreren Teilbauwerken bestehen, welche nebeneinander im Verlauf von Straßen liegen (Bauwerksnummer „BW_NR“ identisch, letzte Stelle der Teilbauwerksnummer „TBW_NR“ ist eine Zahl ≠ '0'): siehe Fall A)

Fall C) Bei Bauwerke, die aus mehreren Teilbauwerken bestehen, welche hintereinander im Verlauf von Straßen liegen (Bauwerksnummer „BW_NR“ identisch, letzte Stelle der Teilbauwerksnummer „TBW_NR“ ist ein Buchstabe z.B. 'A', 'B', 'C', 'D'): Bei Unterführungen bzw. Tunnel ergibt sich die Querungsbreite des gesamten Bauwerks aus der Addition der Längenangaben der Teilbauwerke (Feld: „BRÜCKENL“). Bei Überführungen ergibt sich die Querungsbreite des gesamten Bauwerks aus der Addition der Breiteangaben der Teilbauwerke (Feld: „BRÜCKENBR“). Dies wird in das Feld „WIDTH“ eingetragen. Wenn für die Teilbauwerke statt der Einzellänge die Gesamtlänge des Bauwerks angegeben wurde (Summe der Teillängen wurde schon berechnet) oder im Fall anderer Abweichungen von den Vorgaben der ASB-ING, wird dieser Wert für die Teilbauwerke im Feld „WIDTH“ übernommen.

Fall D) Für Bauwerke, die aus mehreren Teilbauwerken bestehen, welche hintereinander und nebeneinander im Verlauf von Straßen liegen (Bauwerksnummer „BW_NR“ identisch, letzte Stellen der Teilbauwerksnummer „TBW_NR“ sind ein Buchstabe mit einer Zahl z.B. 'A1', 'A2', 'B1', 'B2'): Dies stellt eine Kombination aus Fall B) und Fall C) dar. Bei Unterführungen: Bei Teilbauwerken mit gleichlautenden Buchstaben und unterschiedlicher Ziffer als Zusatz (z.B. 'A1', 'A2') wird die kürzeste Längenangabe (Feld: „BRÜCKENL“) ausgewählt. (Kürzeste) Längenangaben von Teilbauwerken mit Teilbauwerksnummern unterschiedlicher Buchstaben (z.B. 'A1', 'B1') werden addiert und für alle Teilbauwerke, die zu diesem

Bauwerk gehören, in das Feld „WIDTH“ eingetragen. Bei Überführungen ist das Vorgehen dasselbe, jedoch wird statt dem Feld „BRÜCKENL“ das Feld „BRÜCKENBR“ genutzt.

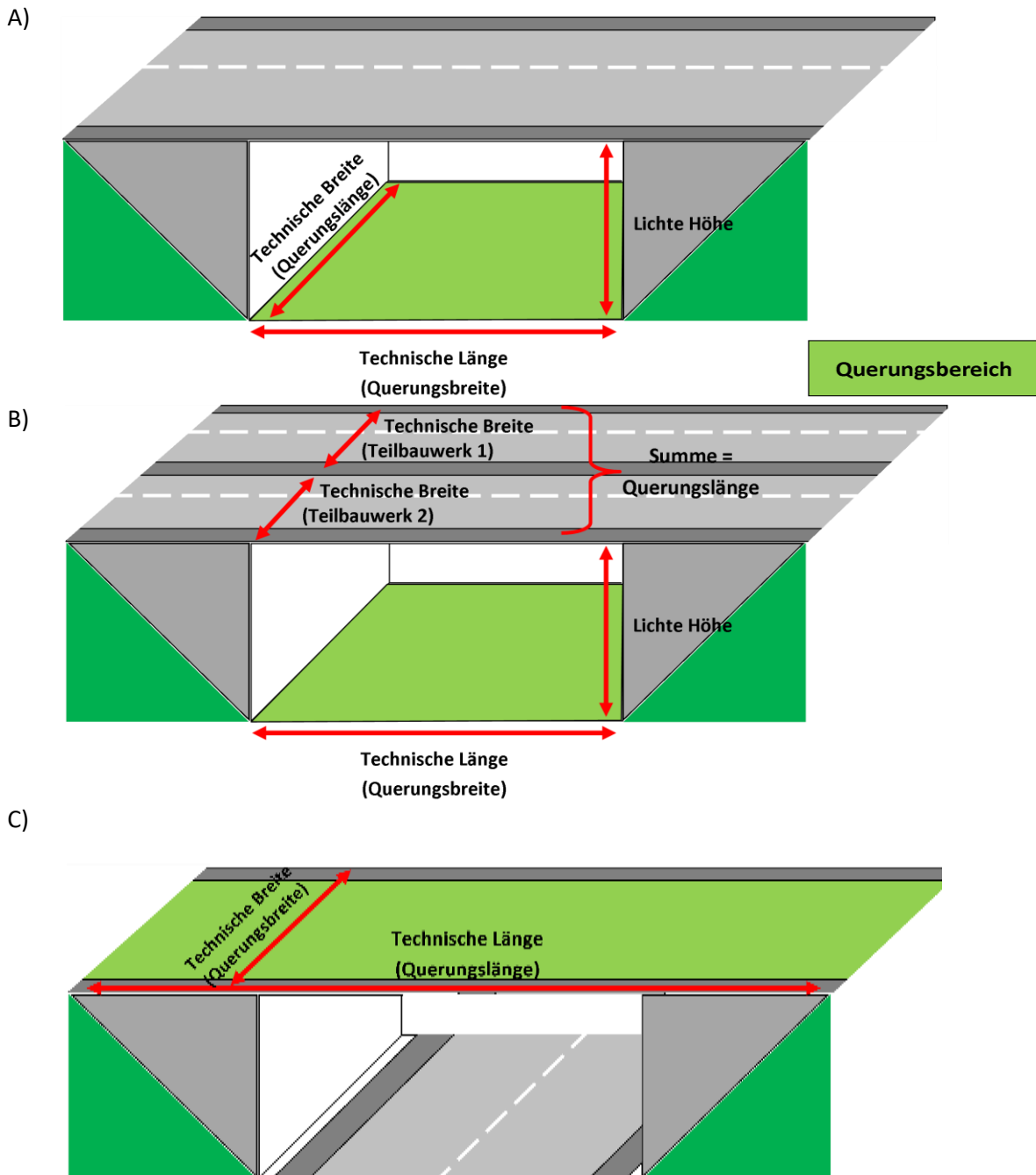


Abb. 7 Angabe der Querungsbreite („WIDTH“) und Querungslänge („LENGTH“) sowie der Lichten Höhe an unterschiedlichen Bauwerkstypen. A) und B) Unterführungen, C) Überführung.

Feld „LENGTH“ (Querungslänge)

Dies entspricht der technischen Länge bei Überführungen und der technische Breite bei Unterführungen/Tunnel. In dieses Feld wird für jedes Teilbauwerk, welches funktional zu demselben Bauwerk gehört, die Querungslänge des Gesamtbauwerks eingetragen.

Fall A) Für Bauwerke, die nur aus einem Teilbauwerk bestehen (letzte Stelle der Teilbauwerksnummer „TBW_NR“ ist '0'): Bei Unterführungen wird die technische Breite (Feld: „BRÜCKENBR“) und bei Überführungen die technische Länge verwendet (Feld: „BRÜCKENL“) und in das Feld „LENGTH“ eingetragen.

Fall B) Für Bauwerke, die aus mehreren Teilbauwerken bestehen, welche nebeneinander im Verlauf von Straßen liegen (Bauwerksnummer „BW_NR“ identisch, letzte Stelle der Teilbauwerksnummer „TBW_NR“ ist eine Zahl $\neq$ '0'): Bei Unterführungen werden die technischen Breiteangaben der Teilbauwerke (Feld: „BRÜCKENBR“) addiert und die Summe in das Feld „LENGTH“ eingetragen. Bei Überführungen wird die technische Länge verwendet (Feld: „BRÜCKENL“) und in das Feld „LENGTH“ eingetragen.

Fall C) Für Bauwerke, die aus mehreren Teilbauwerken bestehen, welche hintereinander im Verlauf von Straßen liegen (Bauwerksnummer „BW_NR“ identisch, letzte Stelle der Teilbauwerksnummer „TBW_NR“ ist ein Buchstabe z. B. A, B, C, D) liegen: Bei Unterführungen wird das Teilbauwerk mit der kürzesten Breite (Feld: „BRÜCKENBR“) und bei Überführungen das Teilbauwerk mit der kürzesten Länge (Feld: „BRÜCKENL“) händisch ermittelt und in das Feld „BRÜCKENL“ eingetragen.

Fall D) Für Bauwerke, die aus mehreren Teilbauwerken bestehen, welche hintereinander und nebeneinander im Verlauf von Straßen liegen (Bauwerksnummer „BW_NR“ identisch, letzte Stellen der Teilbauwerksnummer „TBW_NR“ ist ein Buchstabe plus Zahl z. B. A1, A2, A3, A4): Bei Unterführungen: Bei Teilbauwerken mit gleichlautenden Buchstaben und unterschiedlicher Ziffer als Zusatz (z. B. 'A1', 'A2') werden die Breiteangaben (Feld: „BRÜCKENBR“) aufsummiert. Bei Teilbauwerken mit Teilbauwerksnummern unterschiedlicher Buchstaben (z. B. 'A1', 'B1') wird die kürzeste Breite („BRÜCKENBR“) übernommen und in das in das Feld „LENGTH“ eingetragen. Bei Überführungen ist das Vorgehen dasselbe, jedoch wird statt dem Feld „BRÜCKENBR“ das Feld „BRÜCKENL“ genutzt.

Feld: „QUER_STR_Z“ (Rang des unter- bzw. überführten Verkehrswegs)

Diese Rangfolge wurde für unterschiedlich stark beeinflussende Verkehrswege festgelegt:

Rang 1: kein Weg

Rang 2: Weg/Gemeindestraße

Rang 3: Bahnlinie

Rang 4: Kreisstraße/Landesstraße

Rang 5: Bundesstraße/Bundesautobahn

Die Daten zu den Verkehrswegen wurden dem ATKIS entnommen:

- Wirtschaftswege: Shape: DLM_42008_AX_FAHRWEGACHSE.shp, Feld: „FKT_FUNKTI“
- Straßen (mit Kategorie): Shape: DLM_42002_AX_STRASSE_Linear.shp, Feld: „WDM_WIDMU“ (Wenn „WDM_WIDMU“ NULL war, wurde die Kategorie Gemeindestraße angenommen)
- Fuß-/Radwege: DLM_53003_AX_WEGPFADSTEIG.shp, Feld: „ART_ART“
- Bahn: DLM_42014_AX_BAHNSTRECKE.shp

Die Zusammenfassung der Straßenkategorien und die Zuweisung einer Rangfolge wurde in R 4.0.2 (R Core Team, 2022) durchgeführt.

Feld: „BREITE_STR“

Dieses Feld gibt den Anteil der Querungsbreite, die vom unter- bzw. überführten Verkehrsweg eingenommen wird wieder und kann Werte zwischen 1 (nur Straße) und 0 (nur Landschaft) annehmen. Die Breite des

Verkehrsweges richtet sich näherungsweise nach dem Regelquerschnitt der Straßenkategorien (Regelquerschnitt: Kreisstr. = 7,5 m; Landesstr. = 9,5 m; Bundesstr. = 10,5 m; Bundesautobahn = 29,5 m; Eisenbahnlinie = 10,5 m; Weg/Gemeindestr. = 5 m). Wenn mehrere Verkehrswege unter- bzw. überführt werden, werden die Breiten aufsummiert. Abschließend wird der Quotient aus der aufsummierten Breite der Verkehrswege und der Querungsbreite (WIDTH) gebildet.

Die Erstellung der Variable „BREITE_STR“ wurde in R 4.0.2 (R Core Team, 2022) durchgeführt.

Feld: „TYPE_NEW“

Die Bauwerkstypen (Unterführung (U), Überführung (O), Durchlass (C)) wurden weiter unterteilt. Bei Unterführungen wird häufig neben einem Verkehrsweg auch noch Landschaft unterführt. Daher wurden die Unterführungen in landschaftsdominierte Unterführungen (U_LAND) und straßendominierte Unterführungen (U_STR) unterteilt. Bei landschaftsdominierten Unterführungen muss dem Tier mindestens 2/3 der Querungsbreite als Landschaft zur Querung zur Verfügung stehen („BREITE_STR“ > 1/3). Bei straßendominierten Unterführungen wird die Unterführung überwiegend von der unterführten Straße eingenommen („BREITE_STR“ ≤ 1/3).

Die Einteilung der Straßenkategorien wurde in R 4.0.2 (R Core Team, 2022) durchgeführt.

9.1.1.2 Erstellung der landschaftsvariablen zur Vorhersage der Durchlässigkeit

Für die weitere Verschneidung mit Landschaftsdaten wurden die Bauwerke als Polygone gespeichert. Die Bauwerke wurden um die Bauwerkslänge („BRÜCKENL“) gepuffert und mit dem Straßennetz (gepuffert um die Straßenbreite (Regelquerschnitt) zugeschnitten („clip“).

Feld: „FGEW“ (Fließgewässer unter dem Bauwerk)

Zunächst wurden Unterführungen und Durchlässe selektiert, da ein Fließgewässer nur für diese Bauwerkstypen relevant ist. Die Daten zu Fließgewässern wurden dem ATKIS entnommen (DLM_44004_AX_GEWSSRACHSE und DLM_57003_AX_GEWSSRSTATA). Die ATKIS Daten wurden zusammengefügt („ATKIS_Gewaesser.shp“) und mit den Bauwerken verschnitten.

Feld: „WALD_VERH“ (Wald in 100 m Entfernung (Ja/Nein))

Es wurde ein neues Feld erstellt in dem eine ‚1‘ angegeben wird, wenn ein Waldrand in max. 100 m Entfernung liegt. Die Waldflächen wurden dem ATKIS entnommen (DLM_43002_AX_WALD_Areal). Sie wurden zunächst aufgelöst („dissolve“) um keine Waldränder in einem geschlossenen Wald zu erhalten und dann mit ‚multipart to singlepart‘ in die einzelnen zusammenhängenden Waldflächen unterteilt. Die Waldränder wurden dann mit Hilfe des Befehls ‚Polygons to lines‘ als Shape exportiert („ATKIS_Waldraender.shp“).

Zur Erstellung des Feldes „WALD_VERH“ wurde folgender Befehl genutzt: `overlay_nearest('ATKIS_Waldraender', max_distance:= 100)`.

Feld: „SIE_VERH“ (Siedlung in 200 m Entfernung (Ja/Nein))

Es wurde ein neues Feld erstellt in dem eine ‚1‘ angegeben wird, wenn eine Siedlungsfläche in 200 m Entfernung liegt. Die Siedlungsflächen wurden dem ATKIS entnommen. Die verwendeten Siedlungsflächen wurden bereits in Kap. 5.11 beschrieben.

Befehl zur Erstellung des Feldes: `overlay_nearest('ATKIS_HE_Siedlungsflaechen_dissolve_202106', max_distance:= 200)`

Innerhalb der Prüfabschnitte sollte diese Variable immer ,0' sein, da die Prüfabschnitte bereits in Schritt 1 ausgeschlossen wurden, wenn sie im 200 m Umfeld von Siedlungen lagen. Dennoch wurde die Variable sicherheitshalber nicht einfach auf ,0' festgelegt. Keines der Bauwerke lag in 200 m Entfernung zu Siedlungen.

Feld: „P3_GEW_U“ (Gewässerumfang im 500 m Umkreis)

Zunächst wurde ein 500 m Puffer um die Bauwerke erstellt.

Die Fließgewässer („ATKIS_Gewaesser.shp“) und die Ränder der stehenden Gewässer („ATKIS_stehende_Gewaesser_Linien.shp“) wurden zusammengefasst („ATKIS_Gewaesser_gesamt.shp“). Die Gewässerlinien wurden mit dem 500 m Puffer der Bauwerke verschnitten („*intersect*“) und je Bauwerk („BW_NR“) aufgelöst („*dissolve*“). Die Länge der Gewässerlinien wurde je Bauwerk berechnet.

Feld: „P3_WALD_P“ (Waldanteil im 500 m Umkreis [%])

Der 500 m Puffer um die Bauwerke wurde mit den Waldflächen aus dem ATKIS („ATKIS_Wald_singlePart.shp“) verschnitten („*intersect*“). Anschließend wurde der prozentuale Anteil der Waldfläche an der Gesamtfläche des 500 m Puffers bestimmt.

Feld: „FEUFR_MIN“ (Distanz zum Funktionsraum für Arten der Feuchtlebensräume)

Mit einer ,*Nearest Neighbour Analyse*' wurde die Distanz [m] zum nächstgelegenen Funktionsraum der Feuchtlebensräume („FEU_FR_0500.shp“) berechnet.

Feld: „KORWA_MIN“ (Distanz zum Großsäugerkorridor bzw. zum nächsten Wald, durch den der Korridor verläuft)

Die Wälder aus dem ATKIS („ATKIS_Wald_singlePart.shp“), durch die der Großsäugerkorridor verläuft, wurden ausgewählt und exportiert („ATKIS_Wald_GS_Korridor_intersect.shp“). Der 100 m Puffer um den Großsäugerkorridor („GS_Korridor_100mP.shp“) wurde mit diesen Wäldern zusammengeführt („*merge*“). Daraufhin wurde mit einer ,*Nearest Neighbour Analyse*' die Distanz [m] zum nächstgelegenen Wald (durch den der Großsäugerkorridor verläuft) bzw. zum Großsäugerkorridor bestimmt.

9.1.1.3 Berechnung der Durchlässigkeit

Die Berechnung der Durchlässigkeit wurde in R 4.0.2 (R Core Team, 2022) durchgeführt. Das Skript „Vorhersage_Durchlässigkeitswert_logModell_norm_dedModell_HESEN.R“ und die erforderlichen Modell-Daten („HAS_MODEL_LOG.rds“, „HUF_MODEL_LOG.rds“, „KAR_MODEL_LOG.rds“) liegen im digitalen Anhang (Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „Schritt3_2_Durchlaessigkeitsmodell“). Das Shape der Bauwerke und Durchlässe mit allen Variablen, die im GIS erstellt wurden („HE_BW_DL_Top150_Point_alleVariablen.shp“), wurde in Excel aufbereitet. Für die weitere Bearbeitung in R, müssen alle NULL Werte in NA Werte umgewandelt werden, da NULL Werte häufig zu Problemen beim Einlesen der Daten führen. Die Excel Datei wurde als txt-Datei (Tabstopp getrennt) exportiert („HE_BW_DL_Top150_Durchlaessigkeit_Var_20211019_Excel_kurz.txt“, Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „Schritt3_2_Durchlaessigkeitsmodell“) und in R eingelesen. Alle in R erstellten Variablen wurden durch das Skript generiert.

Das Skript erstellt automatisch eine neue txt-Datei“, die die Ergebnisse der Modellprognose enthält. („211019_HE_BW_DL_Top150_Durchlaessigkeit_Ergebnis.txt“ (Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „Schritt3_2_Durchlaessigkeitsmodell“). Die Ergebnisse sind an die ursprüngliche Tabelle angehängt, somit gehen keine Informationen verloren. In den Feldern „HAS_QUER“, „HUF_QUER“ und „KAR_QUER“ sind die Ergebnisse unterteilt nach Artengruppen angegeben. Die Tabelle wurde in QGIS eingelesen. Mittels ,*aggregate*' wurden die Ergebnisse der Bauwerke für jeden Teilabschnitt summiert. Für jeden Prüfabschnitt und jede Artengruppe wurde die Anzahl der querenden Tiere

pro km berechnet („PA_ART_km“). Zusätzlich wurden auch die Durchlässigkeitswerte für die Teilabschnitte pro km berechnet („TA_ART_km“).

Anhand des folgenden Schemas wurden die Durchlässigkeiten der einzelnen Artengruppen und die Gesamtdurchlässigkeit des Prüfabschnitts bewertet.

Durchlässigkeit Huftiere („HUF_DURCHL“):

0-0,1 Tiere/km = 0

0,1-0,7 Tiere/km = 0,5

0,7-2,5 Tiere/km = 1

2,5-7 Tiere/km = 2

7-25 Tiere/km = 3

25-250 Tiere/km = 4

Durchlässigkeit Karnivore („KAR_DURCHL“):

0-0,1 Tiere/km = 0

0,1-0,7 Tiere/km = 0,3

0,7-2,5 Tiere/km = 1

2,5-7 Tiere/km = 1,5

7-25 Tiere/km = 2

25-250 Tiere/km = 3

Durchlässigkeit Hasenartige („HAS_DURCHL“):

0-0,1 Tiere/km = 0

0,1-0,7 Tiere/km = 0,3

0,7-2,5 Tiere/km = 0,6

2,5-7 Tiere/km = 1

7-25 Tiere/km = 1,5

25-250 Tiere/km = 2

Gesamtdurchlässigkeit („DURCHL“):

Durchlässigkeit Huftiere + Durchlässigkeit Karnivore + Durchlässigkeit Hasenartige (bezogen auf den gesamten Prüfabschnitt)

Prüfabschnitte, die eine Durchlässigkeit über 4 aufwiesen, wurden von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Abschnitte ausreichend durchlässig sind und kein prioritärer Bedarf für ein Querungsbauwerk besteht. Die Schwelle von 4 wurde gewählt, weil dieser Wert der Durchlässigkeit einer zweispurigen Bundesstraße mit 10 000 Kfz/24 h ohne Bauwerke entspricht. Dieser Grenzwert wurde auch vom BfN als Grenzwert für die Ermittlung der prioritären Abschnitte aus Bundessicht zugrunde gelegt (Hänel & Reck, 2011).

Stichprobenartig wurden die Werte zur Durchlässigkeit überprüft. Insbesondere sehr hohe Werte wurden auf ihre Plausibilität anhand von Luftbildern überprüft.

9.1.2 Parallele Bahnlinien

Es wurde geprüft ob, elektrifizierte Bahnlinien parallel zu einem Prüfabschnitt verliefen. Das Vorgehen entspricht dem Vorgehen zu Verkehrswegen in enger Bündelung in Schritt 3.2 (Kap. 8.1.1). Für die Bahnlinien wurden die Daten der DB (Deutsche Bahn (DB), 2019a) herangezogen. Das Ergebnis ist im Feld „ElBahnP“ angegeben.

Elektrifizierte ein- oder zweigleisige, parallel verlaufende Bahnlinien wurden als erhebliche Beeinträchtigung angesehen. Straßenabschnitte an denen solche Bahnlinien im 200 m Umfeld parallel verliefen wurden von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen.

9.1.3 Siedlungsbänder

Die Siedlungsdaten des ATKIS (Kap. 5.11) wurden im GIS zusammen mit den Prüfabschnitten (Top 150) dargestellt. Es wurde für jeden Abschnitt geprüft ob ein Siedlungsband potenzielle Wanderrichtungen erheblich beeinträchtigt. Eine erhebliche Beeinträchtigung wurde vor allem südlich des stark verdichteten Raums um Wiesbaden, Frankfurt und Offenbach angenommen. Wenn eine erhebliche Beeinträchtigung angenommen wurde, wurde in dem Feld „SiedlBand“ eine ‚1‘ eingetragen. Ein Prüfabschnitt wurde nur ausgeschlossen, wenn sich die Störung durch das Siedlungsband über alle Teilabschnitte erstreckt.

9.1.4 Durchgängigkeit der Korridore

9.1.4.1 Überregionale Durchgängigkeit

Zur Betrachtung der überregionalen Durchgängigkeit von **Lebensraumnetzen des Waldes** wurden der Großsäugerkorridor des BfN und die Waldkorridore (Prioritärer Hauptkorridor und Hauptkorridor) des hessischen Biotopverbundes betrachtet. Die Bewertung wurde nach dem Schema in Abb. 8 vorgenommen.

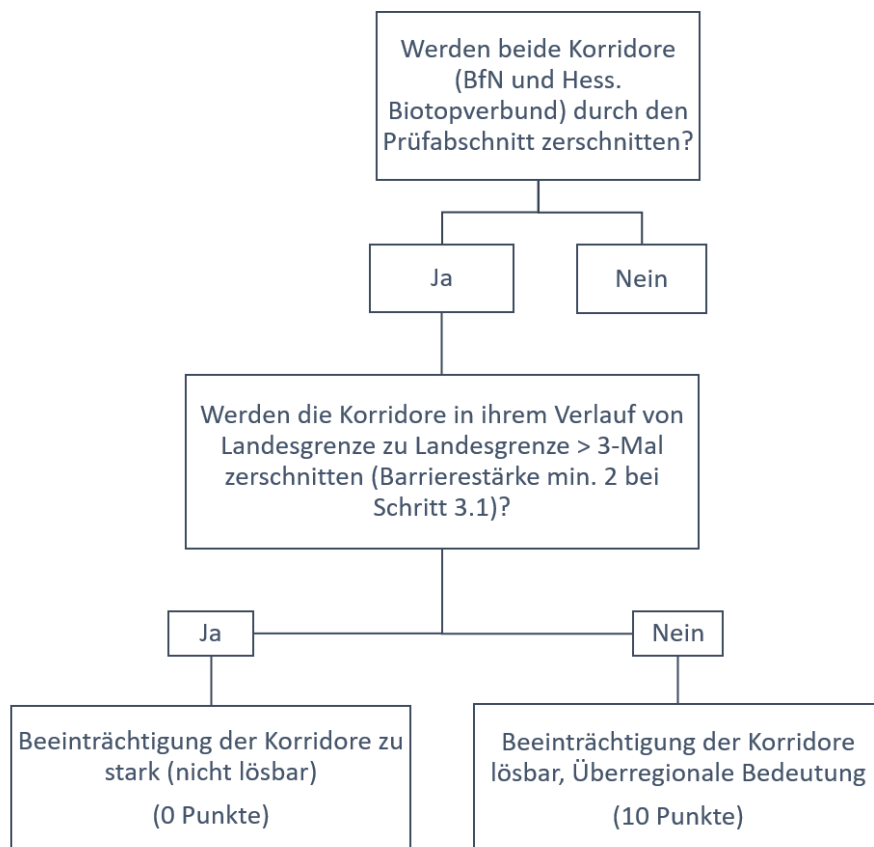


Abb. 8 Bewertungsschema der überregionalen Durchlässigkeit von Lebensraumnetzen des Waldes

Als weiteres großes zusammenhängendes Lebensraumnetz stand der Biotopverbund der **Auenlebensräume** des hessischen Biotopverbundes zur Verfügung. Hier wurden die wertvollen und sonstigen Entwicklungsräume betrachtet. In den Grenzbereichen konnte für Thüringen und Rheinland-Pfalz die Biotopverbundplanung von Auenlebensräumen ergänzend betrachtet werden.

In den Auenlebensräumen ist zu beachten, dass die Straßen überwiegend parallel zum Lebensraum verlaufen. Es wurden nur Straßenabschnitte gewertet, die den Lebensraum queren und wenn keine Talbrücke zumindest Teile des Auenverbundes überspannte. Die genaue Lage der Straße und der Talbrücken wurden anhand von digitalen Orthophotos (DOP) betrachtet. Angaben zu den Bauwerken wurden ergänzend der Datenbank zu Straßenbauwerken entnommen. Es konnte kein Prüfabschnitt festgestellt werden der im Verbund der Auenlebensräume eine erhebliche Barriere darstellt, daher wurden auch keine Punkte vergeben.

9.1.4.2 Regionale Durchgängigkeit

Es wurden alle Korridore für die Wildkatze aus dem hessischen Biotopverbund sowie die Großsäugerkorridore des BfN betrachtet. Als Kriterium wurde festgelegt, dass ein Korridor zwischen zwei Lebensräumen (Großsäugerlebensräume ab 50 km² des BfN) maximal 2-mal zerschnitten sein darf. War der Korridor maximal 2-mal zerschnitten wurden 5 Punkte für die regionale Bedeutung des Prüfabschnitts vergeben.

9.1.5 Engstellen im Verbundsystem

Hierzu wurden die Engstellen der Lebensraumnetzte des BfN (Hänel *et al.*, 2016) herangezogen. Die Engstellen wurden nur bewertet, wenn die Engstelle mindestens eine regionale Bedeutung für das Netzwerk hat. Lag eine dieser Engstellen im 200 m Umfeld eines Prüfabschnitts, wurde visuell geprüft, ob der Prüfabschnitt die Engstelle beeinträchtigt. Wurde die Engstelle durch den Prüfabschnitt beeinträchtigt, wurde im Feld „ENGSTELLE“ eine ‚1‘ eingetragen.

Darüber hinaus wurde geschaut, ob weitere Engstellen, die eine mittlere bis sehr hohe Bedeutung für ein Netzwerk haben, durch Straßen beeinträchtigt werden und warum diese nicht in den Top 150 Prüfabschnitten enthalten sind. In der Regel hatten die Straßen keine starke Barrierewirkung und wurden deshalb nicht weiter betrachtet.

9.1.6 Abschließende Priorisierung der Top 50 Prüfabschnitte

Alle Prüfabschnitte, an denen die Durchlässigkeit über 4 lag, an denen erhebliche Beeinträchtigungen durch Siedlungsbänder in Wanderrichtung vorkamen oder an denen elektrifizierte ein- oder mehrgleisige Bahnlinien in enger Bündelung verliefen, wurden von der Priorisierung ausgeschlossen („PAbs_raus“ = 1). Insgesamt wurden 27 Prüfabschnitte (32 Teilabschnitte) ausgeschlossen. Ein Prüfabschnitt wurde nur ausgeschlossen, wenn die Beeinträchtigung durch Siedlungen oder Bahnlinien über die gesamte Strecke des Abschnitts vorhanden war.

Die Punkte für die Durchgängigkeit der Korridore und die Engstellen im Verbundsystem wurden zu den Punkten aus Schritt 3.1 („Summe_31“) addiert und der Maximalwert je Prüfabschnitt festgelegt („32P_MaxAbs“). Über die Punktzahl wurden die 50 am besten bewerteten Prüfabschnitte ausgewählt und eine ID in absteigender Reihenfolge vergeben („ID_Top50“, höchste Punktzahl = niedrigste ID)).

9.2 Ergebnis

Insgesamt wurden 51 Prüfabschnitte mit der höchsten Bewertung ausgewählt (Tab. 13). Autobahnen wurden von der Auswahl ausgeschlossen.

Tab. 13 Übersicht der Top 51 Prüfabschnitte aus Schritt 3.2 zusammengefasst nach Straßenklassen

Klasse	Anzahl Straßen	Straßenabschnitte
Bundesstraße	23	48
Landstraße	3	3
GESAMT	26	51

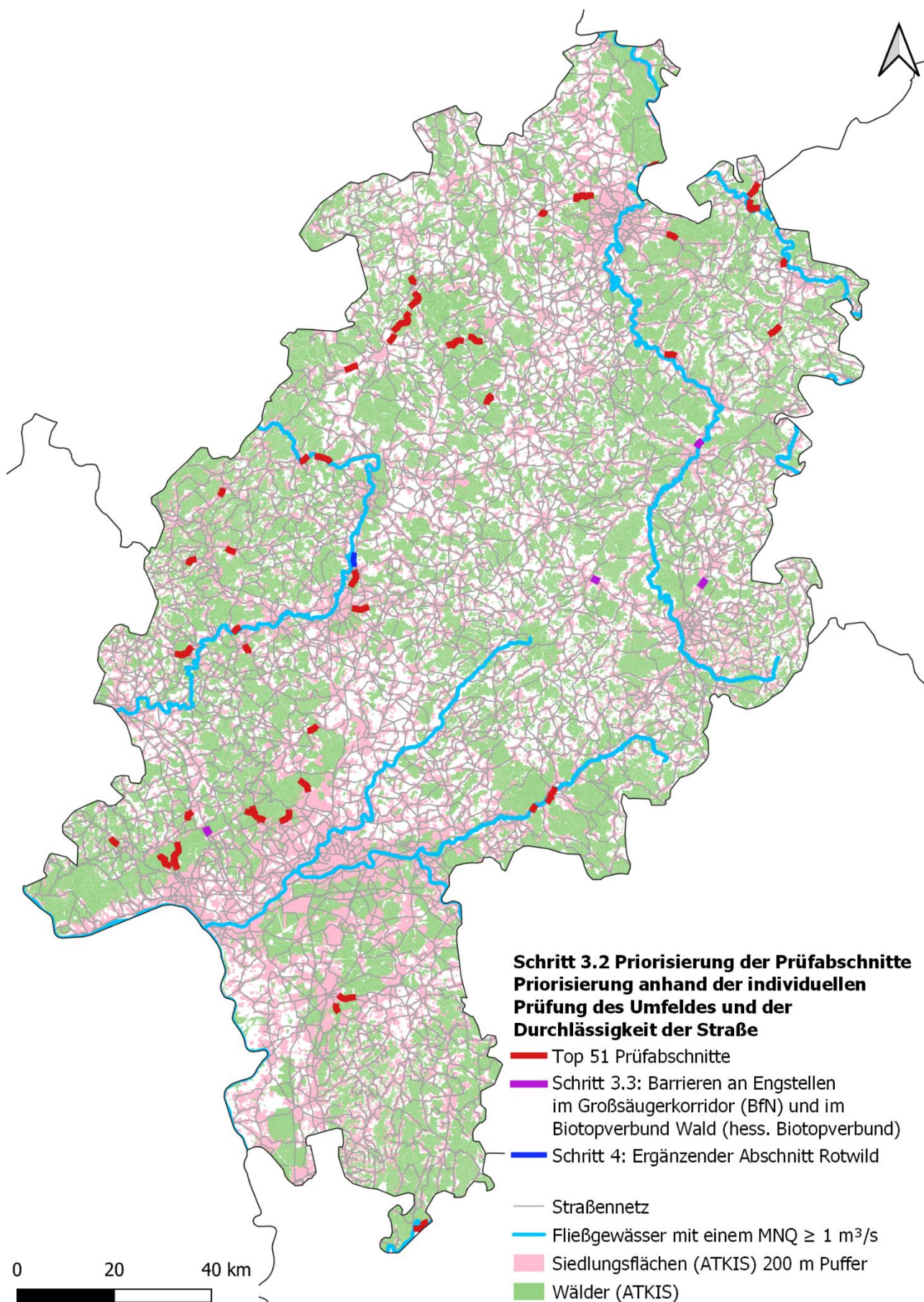


Abb. 9 Anhand der Durchlässigkeit der Straße und der individuellen Prüfung des Umfeldes Priorisierte Top 51 Prüfabschnitte. Ergänzt um die in Schritt 3.3 festgelegten Barrieren an Engstellen in Korridoren und den in Schritt 4 ergänzten Prüfabschnitt für Rotwild.

10 Individuelle Prüfung von Engstellen in den Korridoren (Schritt 3.3)

In einem letzten Schritt, bevor die Vor-Ort Begehung der Top 50 Prüfabschnitte durchgeführt wurde, wurde geprüft, ob durch die vorherige Auswahl der Prüfabschnitte mit hoher Barrierewirkung an Engstellen im Verbundsystem der Großsäuger (BfN) und des hessischen Waldbiotopverbundes nicht mehr in den Top 50 enthalten waren. Durch dieses Vorgehen wurde sichergestellt, dass besonders wichtige Stellen für die Durchlässigkeit der überregionalen Korridore für die weitere Prüfung erhalten bleiben.

10.1 Methode

Alle Straßen ab 5 000 Kfz/24 h wurden als Barrieren betrachtet. Zur weiteren Differenzierung wurden Straßen ab 10 000 Kfz/24 h farblich differenziert dargestellt. Im GIS wurden die Straßen zusammen mit dem Großsäugerkorridor, dem hessischen Biotopverbund Wald und den zuvor ausgewählten Top 50 prioritären Prüfabschnitten dargestellt. War eine Engstelle im Korridorsystem zu erkennen, die durch eine Straße ab 5 000 Kfz/24 h zerschnitten wurde, aber diese Straße war nicht in den Top 50 Prüfabschnitten, so wurde dieser Abschnitt näher betrachtet. Es wurde anhand der vorhandenen Daten und der Luftbilder geprüft, ob der jeweilige Abschnitt im Prüfprozess bleiben soll oder ob der vorherige Ausschluss begründet ist. Zu jedem Abschnitt, der für die weitere Prüfung erhalten blieb, wurde eine kurze Begründung geschrieben. Fehlende Angaben aus den vorherigen Bewertungsschritten (3.1 und 3.2) wurden für die neu aufgenommenen Straßenabschnitte ergänzt.

10.2 Ergebnis

Es wurden 4 Engstellen identifiziert (Abb. 9), die im Folgenden kurz erläutert werden.

B 27 nördlich von Fulda

Nach Schritt 3.1 wurde dieser Prüfabschnitt an der B 27 nördlich von Fulda (PrüfAbsID 491) ausgeschlossen. Hier liegt eine Engstelle im Waldverbund und Großsäugerkorridor vor. Im weiteren Verlauf des Korridors besteht zudem bereits eine Grünbrücke über die A 7. Mit einem Verkehrsaufkommen von ca. 19 000 Kfz/24 h und einer parallelen elektrifizierten Bahnlinie besteht eine sehr starke Barrierewirkung. Die Vorhandenen Gewässerunterführungen über die Haune sollten in einer Vor-Ort-Begehung hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit beurteilt werden.

B 27 nördlich von Bad Hersfeld

Nördlich von Bad Hersfeld werden der Großsäugerkorridor und ein prioritärer Hauptkorridor für die Wildkatze (hessischer Biotopverbund) zerschnitten. Hier befindet sich eine Engstelle zwischen Bad Hersfeld und Ludwigsau (Ortsteil Friedlos). Mit einem Verkehrsaufkommen von ca. 18 000 Kfz/24 h und einer parallelen elektrifizierten Bahnlinie hat die B 27 eine sehr starke Barrierewirkung. Bauwerke, die eine gewisse Durchlässigkeit der Straße ermöglichen sind nicht vorhanden. Aufgrund der Bedeutung der Korridore in der überregionalen Vernetzung in Ost-West Richtung ist diese Stelle in der Vor-Ort-Begehung zu prüfen.

L 3026 bei Niedernhausen im Taunus

Bei Niedernhausen im Taunus besteht eine Engstelle im Großsäugerkorridor und im prioritären Hauptkorridor Wildkatze (hessischer Biotopverbund). Die Korridore entlang des Taunus werden hier durch mehrere Verkehrswege und Siedlungen erheblich zerschnitten. Die A 3, eine elektrifizierte Bahnlinie, eine Kreisstraße und die L 3026 (ca. 8 000 Kfz/24 h) zerschneiden diese Engstelle zwischen den Ortschaften Niedernhausen und Niederseelbach. Es sollte vor Ort geprüft werden, ob eine Lösung über die L 3026 möglich ist. Über die Bahnlinie besteht bereits eine Überführung eines Wirtschaftsweges. An der A 3 sind keine

Bestandsbauwerke vorhanden, die durchlässig für Wildtiere sind. Um eine Wiedervernetzung an dieser Engstelle herzustellen müsste alle vier Verkehrswege durchlässig gestaltet werden.

B 426 bei Lauterbach

Die B 426 zerschneidet zwischen Lauterbach (Hessen) und Wartenberg den BfN-Großsäugerkorridor und einen Hauptkorridor Wildkatze (hess. Biotopverbund). Nach MAQ fällt die Straße mit 11 500 Kfz/24 h in die Kategorie „geringe Durchlässigkeit“. Die parallele Bahnlinie liegt über 300 m entfernt und ist nicht elektrifiziert. Ein Siedlungsband (Einzelhäuser und Kläranlage) lässt eine Engstelle von ca. 170 m, in der die Korridore verlaufen. Die Korridore haben eine besondere Bedeutung für die Anbindung des Vogelsbergs nach Norden über das Fulda-Haune-Tafelland in das Knüllgebirge und das Fulda-Werra-Bergland. Es ist in der Vor-Ort Begehung zu prüfen, ob eine Querungshilfe an dieser Stelle erforderlich ist.

11 Auswahl der 30 prioritären Wiedervernetzungsabschnitte und Erstellung von Steckbriefen (Schritt 4)

11.1 Begehung der Top 50 Prüfabschnitte

Zur Vorbereitung wurde ein Steckbrief als pdf-Formular erstellt (digitaler Anhang, Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner: „Schritt4_Steckbrief_Formular_Begehung“, „HessenPrioVernetz_Top50_ProtokollBegehung_VORLAGE_20211122.pdf“), das im Feld ausgefüllt werden konnte. In dem Steckbrief wurden folgende Angaben abgefragt:

- Angaben zur Straße (DTV, Zäunung, Lage)
- Potenzieller Standort für eine Querungshilfe
- Bedeutung der Querungshilfe für Arten (innerhalb bedeutsamer Lebensräume oder in Wander- oder Ausbreitungskorridor)
- Voraussichtlicher Typ der Querungshilfe
- Angaben zu Bestandsbauwerken (Maße, Untergrund, mitgeführter Verkehrsweg, etc.)
- Bezogen auf den potenziellen Standort für eine Querungshilfe:
 - Störende Infrastruktur (Siedlungen, parallele Verkehrswege etc.)
 - Landschaftliche Anbindung (Leitlinien/hinleitende Landschaftsstrukturen; Trittsteinbiotope)
- *Betroffenheit Biotopverbund (Hessen)*
- *Betroffenheit Großsäugerkorridor (BfN)*
- *FFH-Relevanz (FFH-Gebiet, Kohärenzbereich zwischen FFH-Gebieten, FFH-Arten)*
- Anmerkung: Gesamteinschätzung der Barrierewirkung vor Ort (Unter Berücksichtigung der Gegebenheiten: Lage der Straße, Leitplanken, störende Infrastruktur etc.)

Soweit möglich wurden die Angaben bereits im GIS ausgefüllt, im Feld überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Kursiv geschriebene Angaben wurden nur im GIS ausgefüllt. Ebenso wurde bereits vorab ein potenzieller Standort für eine Querungshilfe anhand des Luftbildes festgelegt. Im Feld wurde dieser Standort begangen und, sofern ein besser geeigneter Standort gefunden wurde, korrigiert.

Für die Feldarbeit wurden die Steckbriefe digital auf einem iPad (6. Generation) und in Papierform verwendet. Im iPad wurde mit dem Programm GISPro (Garafa) ein Projekt mit den erforderlichen Daten (Tab. 14) angelegt.

Tab. 14 GIS Daten für die Begehung der Top 50 Prüfabschnitte

Inhalt	Shape
Prüfabschnitte (Top 50) und besondere Engstellen (200 m Puffer)	HePrioVernetz_Schritt4_Top50_u_4Engstellen_200mP_20211110
Standortvorschläge für Querungshilfen	He_PrioVernetz_Querungshilfen_Top50_StandorteGIS_utm_20211202
Bestandsbauwerke an Straße und Bahn mit Angabe der Maße	Bruecke_Bund_Land Bauwerke_Bahn
Wald im 200 m Umfeld des Prüfabschnitts	Wald_Hessen_clip200mP
Grünland im 200 m Umfeld des Prüfabschnitts	Gruenland_Hessen_clip200mP

Inhalt	Shape
Trockenbiotope im 200 m Umfeld des Prüfabschnitts	Trockenbiotope_Hessen_Clip200mP
Stehende Gewässer und Feuchtbiotope im 200 m Umfeld des Prüfabschnitts	StehndeGewaesser_Feuchtbiotope_Hessen_clip200mP

Die Begehungen wurden an folgenden Tagen durchgeführt: 27.11.2021, 11. und 18.12.2021, 03.-05.01.2022, 10. - 11.01.2022, 25.-28.01.2022 und 3.-4.02.2022. In einem Nachtrag wurden noch zwei Standorte mit besonderer Bedeutung für Rotwild (Kap. 11.3) mit der gleichen Methode am 07.05.2022 begangen.

Pro Tag wurden 1-7 Abschnitte begangen. Die Prüfabschnitte wurden zunächst nach Möglichkeit langsam mit dem Auto abgefahren. Nachfolgend wurden die Abschnitte zu Fuß begangen und die Angaben aus dem Steckbrief z.B. zu Landschaftselementen, wie Trockenbiotopen, überprüft und der Steckbrief weiter ausgefüllt. Es wurden möglichst vom gesamten Abschnitt und insbesondere vom Standortvorschlag Fotos gemacht. Die Fotos wurden mit der integrierten Kamera des iPads gemacht. Im GISPro wurde ein Foto-ID Punkt gesetzt und die Fotos mit diesem verknüpft. An Bestandsbauwerken und im Bereich des potenziellen Standortes für eine Querungshilfe wurde gezielt nach Tierspuren gesucht, die Hinweise auf eine Nutzung des Bauwerks bzw. einen Wechsel über die Straße geben können. Tierspuren und Wechsel wurden als Foto dokumentiert.

Zur Überprüfung der Maße von Bestandbauwerken wurde ein Entfernungsmesser (Workzone Ultraschall Entfernungsmesser GT-UDM-07) verwendet.

In der Nachbereitung wurden die Fragebögen digitalisiert, insofern das Ausfüllen im Feld aufgrund der Witterung nicht bereits am iPad erfolgte. Die Fotos und das Shape mit den Fotopunkten wurden vom iPad exportiert und für die Nutzung im GIS aufbereitet. Zudem wurde ein Fotokatalog erstellt, in dem Anmerkungen und die Himmelsrichtung zu den Fotos angegeben sind.

In QGIS wurden die Fotos mit dem Befehl *'import geotagged photos'* importiert und mit dem Fotokatalog über die Foto-ID verknüpft.

11.2 Geplante Aus- und Neubauprojekte

Von Hessen Mobil wurden geplante Aus- und Neubauprojekte mit der jeweiligen Trassenführung als Shapes zur Verfügung gestellt (Kap. 5.15). Es wurde geprüft, ob in einem der betrachteten Top 150 Prüfabschnitte eine Planung liegt und die Konflikte im Zuge dieser Planung bereits gelöst werden. Insofern der Konflikt als ausreichend gelöst angesehen wurde, wurde der Prüfabschnitt von der weiteren Prüfung ausgeschlossen. Informationen zu geplanten Querungshilfen wurden, insofern sie nicht in den GIS Daten vorhanden waren, dem PRINS (BMDV, 2022) entnommen. Insofern der Konflikt durch die geplanten Bauwerke nicht gelöst wurde, wurden 2 Punkte zur Gesamtpunktzahl des Abschnitts addiert.

11.3 Rotwilddaten

In einem Nachtrag wurden Rotwilddaten (Kap. 5.9.6) ausgewertet. Es wurde geprüft, ob vorhandene Rotwildgebiete und bekannte Fernwechsel durch die Prüfabschnitte (Top 150) abgedeckt wurden. Falls für Rotwild relevante Prüfabschnitte nicht in den Top 150 enthalten waren, wurde geprüft warum sie nicht mehr betrachtet wurden und ob eine erneute Prüfung erforderlich ist. In zwei Fällen wurde eine Prüfung im Feld (Begehung) vorgenommen (Kap. 11.1). In einem Fall handelt es sich um eine Engstelle zwischen zwei

Siedlungen, die aufgrund der Nähe zur Siedlung herausgenommen wurde. Ein anderer Prüfabschnitt erreichte nur knapp die Top 150 Prüfabschnitte nicht. Da hier ein Rotwildfernwechsel über ein Bestandsbauwerk führt, wurde dieser Abschnitt vor-Ort auf seine Eignung geprüft. Die Eignung der Abschnitte für Wiedervernetzungsmaßnahmen ist nicht nur in den Rotwilddaten begründet, sondern die Rotwilddaten gaben lediglich den Anlass zur erneuten Prüfung.

11.4 Auswahl der Top 30 Prüfabschnitte und Priorisierung

Anhand der Vor-Ort Begehung wurden die Top 150 Prüfabschnitte, wie in Tab. 15 angegeben, bewertet und zu den bisherigen Punkten addiert. Im Folgenden wurden die Aus- und Neubauabschnitte, wie in Kap. 11.2 angegeben, geprüft und gegebenenfalls ausgeschlossen. Im letzten Schritt wurde geprüft, ob im 10 km Radius um einen Prüfabschnitt in derselben Barriereachse ein Prüfabschnitt mit höherer Punktzahl lag. Falls ein Prüfabschnitt höherer Punktzahl festgestellt wurde, wurde der Prüfabschnitt als Alternativstandort für diesen geführt und von der weiteren Priorisierung ausgeschlossen.

Von den verbliebenen Prüfabschnitten wurden die Top 30 mit der höchsten Bewertung ausgewählt.

Tab. 15 Bewertung anhand vor-Ort Begehung und der Neu- und Ausbauabschnitte

Parameter	Bezeichnung im Shape	Räumlicher Bezug	Bewertung
Barrierestärke (Vor-Ort Begehung)	vO_Barr	Straße	geringe bis mittlere Barrierewirkung = -1 starke Barrierewirkung= 0 sehr starke Barrierewirkung= +1
Landschaftliche Anbindung (Vor-Ort Begehung)	vO_Landsch	500 m- Umfeld um Straße	beidseitig= 2 einseitig= 1 keine = 0
Umsetzbarkeit (Vor-Ort Begehung)	vO_Umsetz	Straße und direktes Umfeld	leicht= 0 mittel = -1 schwer= -2
Aus-/Neubauabschnitte	Ausbau	Straße	Ja, Querungshilfen geplant = Ausschluss ja, keine Querungshilfen geplant = +2
Nähe zu Wiedervernetzungsabschnitt höherer Bewertung	Alt_10km	Bis 10 km in selber Barriereachse	ja = dieser Abschnitt wird nur als Alternative für den Abschnitt höherer Bewertung geführt

11.5 Erstellung der Steckbriefe

Für die 30 ausgewählten Abschnitte wurden Steckbriefe erstellt. Im Steckbrief werden im ersten Abschnitt Angaben gemacht, die es ermöglichen die Erforderlichkeit einer Querungshilfe nach MAQ (Tabelle 4.1, FGSV, 2022) abzuschätzen. Es werden Angaben zur Durchlässigkeit (DTV, Zäunung, geeignete Bestandsbauwerke) des Abschnitts gemacht sowie zur Betroffenheit von Lebensraumnetzen (Biotopverbund Hessen, BfN

Großsäugerkorridor), zur FFH-Relevanz und zur Betroffenheit von Zielarten. In einem kurzen Text wird die Bedeutung der Entschärfung der Konfliktstelle dargestellt. Im zweiten Abschnitt des Steckbriefs wird eine potenzielle Maßnahme zur Entschärfung der Konfliktstelle dargestellt.

Die Steckbriefe sind wie folgt aufgebaut:

1. Angaben zum Prüfabschnitt

- a. Kreis, Gemeinde
- b. DTV (Durchschnittlicher täglicher Verkehr)
- c. Zäunung
- d. Planungsabsichten
- e. Potenziell als Querungsmöglichkeit nutzbare Bestandsbauwerke in max. 2 km Entfernung
- f. Betroffener Biotopverbund
- g. Betroffenheit Großsäugerkorridor
- h. FFH-Relevanz (FFH-Gebiet, Kohärenzbereich zwischen FFH-Gebieten, FFH-Arten)
- i. Betroffene Zielarten
- j. Bedeutung der Entschärfung der Konfliktstelle

2. Maßnahme

- a. Potenzielle Position einer Querungshilfe
- b. Grundlagen für die Wahl des Bauwerkstyps nach MAQ
 - i. Lage der Straße (Einschnitt-, Damm-, Gleich- oder Terrassenlage) (Tab. 18)
 - ii. Bedeutung für betroffene Arten (innerhalb bedeutsamer Lebensräume oder im Wander- oder Ausbreitungskorridor; Tab. 16)
 - iii. Betroffene Lebensräume (Tab. 17)
- c. Typ der Querungshilfe nach MAQ
- d. Landschaftliche Anbindung
- e. Störende Infrastruktur
- f. Maßnahmenbeschreibung
- g. Detailkarte des potenziellen Standortes und Fotos

3. Alternativabschnitt (Insofern im 10 km Umfeld ein anderer Prüfabschnitt (Top 50) in derselben Wanderrichtung mit niedrigerer Punktzahl vorhanden ist, wurde dieser hier als Alternative angegeben).

Die Steckbriefe sind in einem eigenen Berichtsteil „Landeskonzept Wiedervernetzung an Straßen in Hessen – Steckbriefe der 30 prioritären Wiedervernetzungsabschnitte“ dargestellt. Der Teil Steckbriefe soll es dem Anwender ermöglichen Übersichtlich die relevanten Informationen zu einem Standort einzusehen.

Tab. 16: Ansprüche von Groß- und Mittelsäußern an Querungshilfen (nach MAQ, gekürzt; Tab. 4 und Tab. 5 in FGSV, 2022). HW₁₀ = zehnjähriges Hochwasser; Hochwasserabfluss, der im Mittel alle 10 Jahre erreicht wird, MW= Mittelwasserstand (normaler Wasserstand).

Arten	Anspruchsprofil	Geeignete Überführungstypen	Geeignete Unterführungstypen
Rothirsch, Elch	Wander-, Ausbreitungskorridore ⁵ und Hauptwechsel; Kernpopulationen	Landschaftstunnel, Grünbrücke Nutzbare Breite ≥ 50 m	Grünunterführung Nutzbare Breite ≥ 80 m Höhe ≥ 10 m ⁶
Luchs, Wildkatze, Wolf, Baummarder	Wander-, Ausbreitungskorridore ⁵ und Hauptwechsel ⁷	Landschaftstunnel, Grünbrücke Nutzbare Breite ≥ 50 m	Grünunterführung Nutzbare Breite ≥ 80 m Höhe ≥ 5 m
Luchs, Wildkatze, Wolf, Baummarder	bedeutsame Lebensräume ⁷	Faunabrücke Nutzbare Breite ≥ 30 m	Gewässerunterführung, Faunaunterführung Nutzbare Breite ≥ 30 m, Höhe ≥ 5 m
Damhirsch, Wildschwein, Reh, Gams	Hauptwechsel	Faunabrücke Nutzbare Breite ≥ 30 m	Gewässerunterführung, Faunaunterführung Nutzbare Breite ≥ 30 m, Höhe ≥ 5 m
Feldhase	bedeutsame Lebensräume	Faunabrücke Nutzbare Breite ≥ 20 m	Gewässerunterführung, Faunaunterführung Nutzbare Breite ≥ 20 m, Höhe ≥ 5 m
Dachs, Fuchs, Steinmarder, Iltis, etc.	Wander-, Ausbreitungskorridore Hauptwechsel und -pässe ⁷	Faunabrücke Nutzbare Breite ≥ 20 m	Gewässerunterführung, Faunaunterführung Nutzbare Breite ≥ 20 m, Höhe ≥ 2,5 m
Fischotter	Fließgewässer Unterführungslänge > 15 m	Faunabrücke Nutzbare Breite ≥ 20 m	Lichte Höhe ≥ 1,5 m über HW ₁₀ plus 0,05m pro 1 m zusätzliche Unterführungslänge; 2 Uferstrandstreifen ≥ 2,5 m breit und höher als MW, davon einer auf ≥ 1,5 m Breite höher als HW ₁₀
Fischotter	Sanierung bestehender Gewässerunterführungen	-	Anlage einer Berme Steinschüttung, Steg o. Ä. auf ca. 0,5 – 1,0 m Breite über HW ₁₀

⁵ Bei Lage in den ausgewiesenen Korridoren der Lebensraumnetzwerke des Bundes und der Länder ist in der Regel von einem „Wander- und Ausbreitungskorridor“ auszugehen.

⁶ Grünunterführungen im Tiefland können auch bei Höhen unter 10 m für Rothirsche geeignete Querungshilfen darstellen

⁷ Es ist belegt, dass Karnivore auch sehr beengte Bauwerke nutzen können. Zur Sicherung der übergeordneten Wanderbeziehungen, müssen Querungshilfen zur Verfügung stehen, die sicher von ortsfremden Tieren während der Wanderungen angenommen werden. Bei Sanierungen im Bestand können aber auch mit kleineren Dimensionen befriedigende Ergebnisse erzielt werden.

Tab. 17: Querungshilfen zur Vernetzung von Lebensräumen (nach MAQ, gekürzt; Kap. 5.2 in FGSV, 2022).

Lebensraum	Geeignete Überführungstypen	Geeignete Unterführungstypen
Waldlebensräume	Grünbrücke Nutzbare Breite ≥ 50 m	Grünunterführung Nutzbare Breite ≥ 80 m Höhe möglichst ≥ 10 m, im Tiefland ≥ 5 m möglich
Gehölzlebensräume	Faunabrücke Nutzbare Breite ≥ 30 m	Faunaunterführung Nutzbare Breite $0,7 \times$ Länge der Querungshilfe, aber mind. ≥ 30 m Höhe ≥ 5 m
Offenlandlebensräume, komplex	Grünbrücke Nutzbare Breite ≥ 50 m	Grünunterführung Nutzbare Breite ≥ 80 m Höhe möglichst ≥ 10 m, im Tiefland ≥ 5 m möglich
Offenlandlebensräume, wenig komplex	Faunabrücke Nutzbare Breite ≥ 20 m	Faunaunterführung Nutzbare Breite $0,7 \times$ Länge der Querungshilfe, aber mind. ≥ 20 m Höhe ≥ 5 m
Fließgewässer	-	Fließgewässerunterführungen Nutzbare Breite: <u>Gewässerbreite bis ca. 8 m</u> Breite des Gewässers + $2,5 \times$ Gewässerbreite beiderseits der Mittelwasserstandslinie <u>Gewässerbreite ab 8 m</u> Breite des Gewässers plus beiderseits der Mittelwasserstandslinie 20 m Lichte Höhe: bei <u>Flüssen</u> mindestens 5 m, möglichst 10 m über Mittlerem Hochwasser [MHW] bei <u>Bächen</u> [< 5 m Breite] und Gräben entspricht die Höhe mindestens der Gewässerbreite, jedoch nicht unter 1,5 m über MHW

Tab. 18 Erläuterung zur Straßenlage

Abbildung	Bezeichnung
	Gleichlage
	Dammlage
	Einschnittslage
	Terrassenlage

12 Die prioritären Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen

Abschließend wurden 30 prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte identifiziert. Tab. 19 gibt einen Überblick über die Wiedervernetzungsabschnitte, ausführliche Angaben befinden sich in den Steckbriefen („Landeskonzept Wiedervernetzung an Straßen in Hessen: Prioritäre Wiedervernetzungsabschnitt in Hessen - Steckbriefe“; ÖKO-LOG, 2022). Insgesamt wurden 15 Abschnitte aus den Top 150 Prüfabschnitten (Kap. 8.2) als Alternativabschnitte für bestimmte Wiedervernetzungsabschnitte geführt. An der B 275 bei Idstein und an B 7 (A 44) bei Kaufungen sind bereits Maßnahmen geplant, die eine ausreichende Durchlässigkeit gewährleisten. GIS-Daten zu den prioritären Wiedervernetzungsabschnitten befinden sich im Layer Package „Prioritäre Wiederv.abschn Hessen_202305.lpk“ (Daten-CD: „PrioWiedervHe_Methode_Anhang“, Ordner „GIS_Daten“).

Tab. 19 Übersicht der prioritären Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen. PruefAbsID= ID des zu prüfenden Straßenabschnitts; Umsetzbarkeit = technische Umsetzbarkeit unabhängig von der ökologischen Eignung zur Wiedervernetzung. Die technische Umsetzbarkeit ist Teil der Gesamtbewertung (Kap. 11.4); Bundesweite Prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte der Priorität 1-5, Priorität 0 = lokal; Naturraum Nummerierung nach Ssymank (1994) und HMUKLV (2018).

PruefAbsID	Straße	Gemeinde	DTV/Zäunung	parallele Verkehrswege ⁸	Umsetzbarkeit ⁹	Biotopverbund Hessen (HMUELV/HMWVL, 2013)	Bundesweiter prioritärer Wiedervernetzungsabschnitt (Hänel & Reck, 2011)	Naturraum	Alternativabschnitt
16	B 27	Eschwege	10 113	-	a	x	x	D47	
119	B 260	Heidenrod, Bad Schwalbach	13 881	1 (WW)	b	x	x	D41/44	
252	B 255	Mittenaar, Herborn	11 238	-	a	x		D39/40	
261	B 275	Usingen	5 582	-	a	x	x (lokal)	D41/44	
294	B 253	Haina (Kloster), Bad Wildungen	5 585	-	a	x	x (lokal)	D46	437
296	B 456	Bad Homburg v.d.Höhe	23 887	-	a	x	x	D41/44	
298	B 253	Eschenburg	11 735	1 (RV)	b	x	x (lokal)	D39/40	
330	B 3	Gilserberg, Jesberg	6 704	-	a	x	x (lokal)	D46	
370	B 253	Allendorf (Eder)	11 606	2 (WW, Bahn)	c	x	x (lokal)	D46	
409	B 49	Merenberg	25 274	1 (RV)	b	x	x	D39/40	501
416	B 54	Wiesbaden	15 230	-	a	x	x	D41/44	

⁸ Parallele Verkehrswege, die mit über- oder unterführt werden müssen, um die Funktionalität des Bauwerks zu gewährleisten. WW= Wirtschaftsweg, RV= Radverkehr, Bahn= Bahnlinie.

⁹ Die Umsetzbarkeit richtet sich nach den parallelen Verkehrswegen. Kein paralleler Verkehrsweg = grün/a, 1 paralleler Verkehrsweg (Wirtschaftsweg oder Radverkehr) = gelb/b, >1 paralleler Verkehrsweg oder 1 paralleler Verkehrsweg (Autobahn oder Bahn) = orange/c.

PruefAbsID	Straße	Gemeinde	DTV/Zäunung	parallele Verkehrswege ⁸	Umsetzbarkeit ⁹	Biotopverbund Hessen (HMUEL/V/HMWVL, 2013)	Bundesweiter prioritärer Wiedervernetzungsabschnitt (Hänel & Reck, 2011)	Naturraum	Alternativabschnitt
422	B 62	Dautphetal, Lahntal	11 433	1 (Bahn)	c	x		D39/40	421
461	B 255	Herborn	9 756	1 (WW)	b	x	x	D39/40	
480	B 49	Solms, Leun	19 353	2 (L3020, WW)	c	x	x	D46	
491	B 27	Hünfeld, Petersberg	19 332	-	a	x	x	D47	
510	B 83	Alheim, Morschen	5 574	-	a	x		D47	
528	B 3	Staufenberg, Lollar, Fronhausen	35 170 / Zaun	-	a	x	x (lokal)	D46	949
550	B 251	Kassel	6 214	-	a	x	x (lokal)	D46	551, 882
573	B 26	Darmstadt	37 870 / Zaun	1 (K141)	c	x	x	D53	
575	L 3333	Gelnhausen	8 592	1 (A66)	c	x	x (A 66)	D55	
635	B 37	Hirschhorn (Neckar)	9 415	-	a	x	x	D55	
782	B 27	Sontra	7 584/ Zaun	1 (A44 im Bau)	c	x	x	D47	
880	B 417	Wiesbaden	17 407	1 (WW)	b	x	x	D41/44	34
906	B 252	Frankenberg (Eder), Vöhl	6 927	-	a	x	x (lokal)	D46	718, 35, 905, 908
924	B 449	Darmstadt	17 296	-	a	x	x	D55	
931	B 3	Fuldatal, Gutsbezirk Reinhardswald	5 421	1 (RV)	b	x	x (lokal)	D46	
963	B 8	Königstein im Taunus, Glashütten	13 342	-	a	x	x	D41/44	189, 964, 19
981	B 254	Wartenberg	11 555	Graben	b	x	x	D47	
982	B 27	Bad Hersfeld	18 220	2 (RV, Bahn)	c	x	x	D47	
983	L 3026	Niedernhausen	8 268	3 (L3026, A3, Bahn)	c	x	x (A 3)	D41/44	

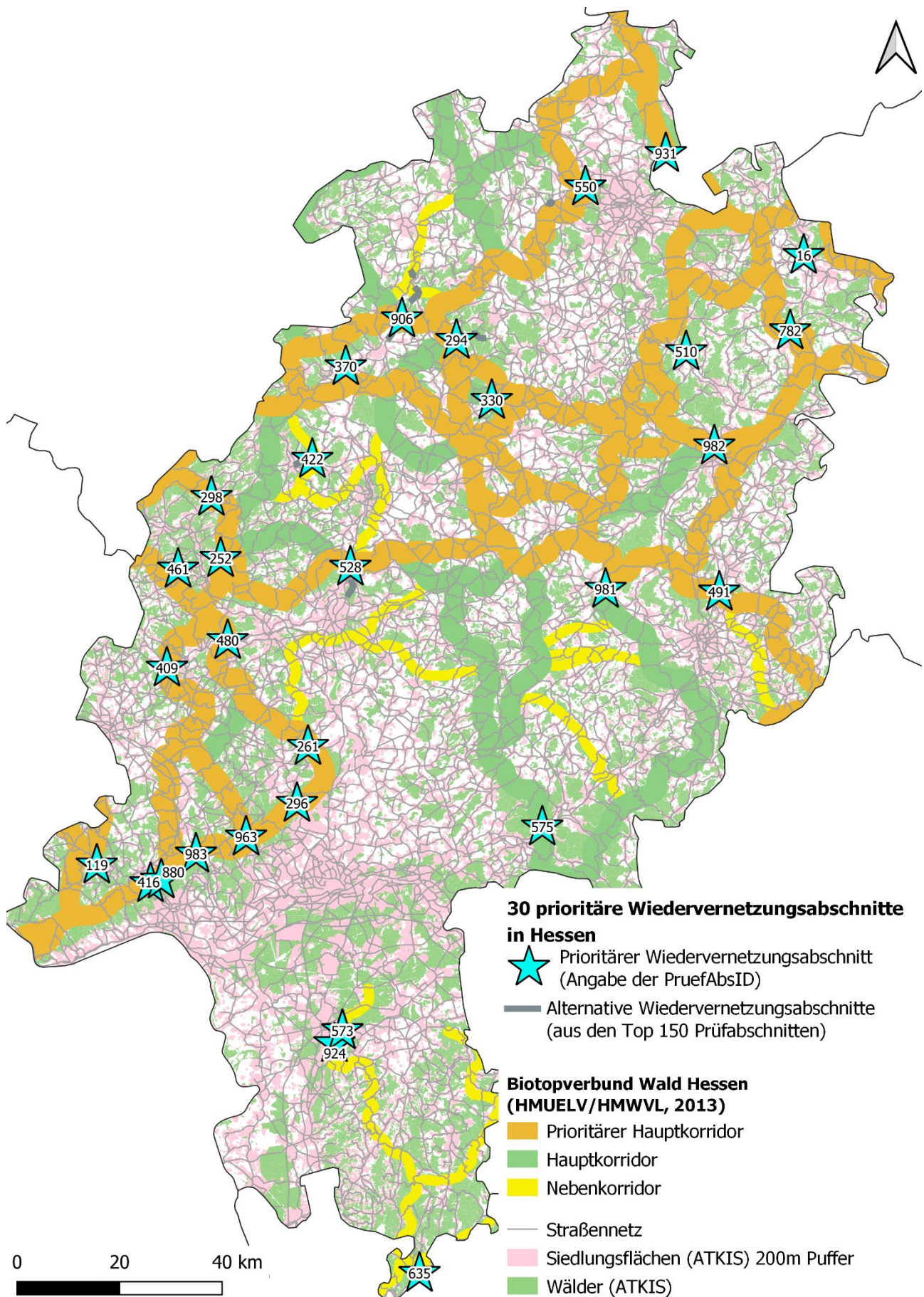


Abb. 10 Die prioritären Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen.

13 Glossar nach MAQ (FGSV, 2022)

Berme

An das Gelände anschließend angelegter hochwassersicherer Uferrandstreifen. Maßnahme zur Vernetzung von Fischotter und Biber.

Faunabrücke

Faunabrücken dienen einzelnen Arten oder Artengruppen als Querungshilfe. Faunabrücken können mit zunehmender Dimensionierung mehr ökologische Funktionen übernehmen. Schmale Faunabrücken sind nur für einzelne Arten wirksam (monofunktional). Die Ausstattung mit speziellen Strukturen und Habitatbestandteilen (z. B. eine Hecke in der Agrarlandschaft oder ein Felsriegel) soll das Queren des Verkehrsweges ermöglichen; eine vollständige Ausbildung des Lebensraumes ist in der Regel nicht möglich.

Faunaunterführung

Faunaunterführungen dienen einzelnen Arten oder Arten- gruppen als Querungshilfe. Faunaunterführungen können mit zunehmender Dimensionierung mehr ökologische Funktionen übernehmen. Schmale Faunaunterführungen sind nur für einzelne Arten wirksam (monofunktional). Die Ausstattung mit speziellen Strukturen und Habitat-Bestandteilen (z.B. eine Hecke in der Agrarlandschaft oder ein Felsriegel) soll das Queren des Verkehrsweges ermöglichen; eine vollständige Ausbildung des Lebensraumes ist in der Regel nicht möglich.

Grünbrücke

Grünbrücken dienen der großräumigen Vernetzung von Lebensräumen über einen Verkehrsweg hinweg. Die nutzbare Breite von Grünbrücken beträgt mindestens 50 m.

Grünunterführung

Grünunterführungen dienen der großräumigen Vernetzung von Lebensräumen unter einem Verkehrsweg hinweg. Grünunterführungen sind mindestens 80 m breit und 10 m (im Flachland ausnahmsweise 5 m) hoch.

HW₁₀

Hochwasserabfluss, der im Mittel alle 10 Jahre erreicht wird (Zehnjähriges Hochwasser).

Landschaftstunnel

Landschaftstunnel sind Tunnel in offener Bauweise, die überwiegend naturschutzfachlich begründet sind.

Lichte Höhe nach MAQ

Höhe zwischen der Überbauunterkante und der Geländeoberfläche in dem für die Querung relevanten Bereich, das bedeutet, dass die erforderliche lichte Höhe über die gesamte erforderliche nutzbare Breite eingehalten werden muss (freizuhaltendes Lichtraumprofil).

MHW (auch MHQ)

Mittlerer Hochwasserabfluss; langjähriges arithmetische Mittel aus den höchsten Abflüssen.

MW

Mittelwasser (normaler Wasserstand)

Nutzbare Breite

Durch Tiere [Biotope] nutzbarer Teil der Querungshilfe, in der Regel zwischen den Irritationsschutzwänden (Überführung) bzw. zwischen den Widerlagerwänden (Unterführung).

Literatur

- AK Hessenluchs. (2020). *Luchshinweise in Hessen - Erfassungsjahr 2019/0* -. Wiesbaden.
- Albrecht, K., Hör, T., Henning, F.W., Töpfer-Hofmann, G. & Grünfelder, C. (2014). Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB. In *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*: 372. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Allen, A.W. (1983). *Habitat Suitability Index Models: Beaver. Habitat Suitabil. Index*.
- Allgöwer, R. (2001). *Projektmanagement Biber im Regierungsbezirk Stuttgart (unveröffentlicht)*.
- BAST. (n.d.). *Entwicklung eines GIS-gestützten Verfahrens zur Beurteilung der Durchlässigkeit von Bauwerken an Straßen für Tiere und Pflanzen benachbarter Biotope*. Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Bau, L.M. (2001). *Behavioural ecology of reintroduced beavers (Castor fiber) in Klosterheden State Forest, Denmark*. University Of Copenhagen.
- Baumann, W., Lauckmann, U. & Kaiser, M. (2011). *Erarbeitung einer landesweiten Konzeption zur Entschneidung der Landschaft durch technische Bauwerke - Grünbrücken - im Bereich der Mittelgebirge*.
- Beck, A. & Voser, P. (2004). Ein 40-jähriges Experiment – Biber im Kanton Aargau. *Umwelt Argau* **25**, 19–22.
- Berberich, W. & Riechert, V. (1994). Raumnutzung des Rotwildes (*Cervus elaphus*) im Nationalpark Berchtesgaden. *Natl. Berchtesgaden Zur Situat. des Schalenwildes Berchtesgaden. Forschungsbericht* **28**, 27–55.
- Berg, L. & Berg, Å. (1999). Abundance and survival of the hazel dormouse *Muscardinus avellanarius* in a temporary shrub habitat: A trapping study. *Ann. Zool. Fennici* **36**, 159–165.
- BfG. (2021). Waterbody-DE - watercourse [WWW Document]. *letzter Zugriff: 12.10.2021*. URL <https://geoportal.bafg.de/inspire/download/HY/waterbody/datasetfeed.xml>
- BfN. (2008). *Daten zur Natur*. Bonn.
- BfN. (2010). Unzerschnittene verkehrsarme Räume [WWW Document]. *letzter Zugriff: 13.10.2021*. URL <https://www.bfn.de/infothek/daten-fakten/nutzung-der-natur/siedlung-und-verkehr/ii-42-1-unzerschnittene-verkehrsarme-raeume.html>
- BfN. (2012). Funktionsräume (Lebensraumnetzwerke).
- BfN. (2017). *Bundeskonzzept Grüne Infrastruktur - Grundlagen des Naturschutzes zu Planungen des Bundes*. Bonn, Germany.
- BfN. (2021). Schutzgebiete (WFS) [WWW Document]. *letzter Zugriff: 08.07.2021*. URL <https://gdk.gdi-de.org/geonetwork/srv/api/records/bec888f9-ba0c-42dc-846e-177b8265dafa>
- Binner, U. (2000). Die Situation des Otters in Mecklenburg-Vorpommern. In *Otterttag in der Umweltakademie Neumünster*: 62–71.
- Binner, U., Hagenguth, A., Klenke, R. & Waterstraat, A. (1999). Analyse der Einflüsse von Zerschneidungen und Störungen auf die Population des Fischotters (*Lutra lutra*) in Mecklenburg-Vorpommern. In *BMBF-Verbundprojekt „Auswirkungen und Funktion unzerschnittener störungsarmer Landschaftsräume auf Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen“*. Kratzeburg.
- BMDV. (2022). Projektinformationssystem (PRINS) zum Bundesverkehrswegeplan 2030 [WWW Document]. *letzter Zugriff: 16.03.2022*. URL <https://www.bvwp-projekte.de/>
- BMU. (2007). *Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*. Bonn, Germany: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BMU. (2012). *Bundesprogramm Wiedervernetzung*. Berlin, Germany: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

- BNatSchG. (2009). Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1362, 1436) geändert worden ist.
- Breitenmoser-Würsten, C., Zimmermann, F., Ryser, A., Capt, S., Laass, J., Siegenthaler, A. & Breitenmoser, U. (2001). Untersuchungen zur Luchspopulation in den Nordwestalpen der Schweiz 1997–2000. *KORA Bericht* 88.
- Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, C., Okarma, H., Kaphegyi, T., Kaphygyi, U. & Müller, U.M. (2000). Action Plan for the conservation of the Eurasian Lynx in Europe. *Nat. Environ.* **112**, 1–83.
- Bright, A.P.W., Mitchell, P., Morris, P.A. & Ecology, A. (1994). Dormouse Distribution : Survey techniques, insular ecology and selection of sites for Conservation. *J. Appl. Ecol.* **31**, 329–339.
- Bright, P. & Morris, P. (1989). *A Practical Guide to Dormouse Conservation*. , Mammal Society: Occasional publication. Mammal Society.
- Bright, P.W. & Morris, P.A. (1991). Ranging and nesting behaviour of the dormouse, *Muscardinus avellanarius*, in diverse low-growing woodland. *J. Zool.* **224**, 177–190.
- Bright, P.W. & Morris, P.A. (1992). Ranging and nesting behaviour of the dormouse, *Muscardinus avellanarius*, in coppice-with-standardds woodland. *J. Zool.* **226**, 589–600.
- Büchner, S. & Lang, J. (2020). *Landesmonitoring 2020 zur Verbreitung der Haselmaus (Muscardinus avellanarius) in Hessen (Art des Anhanges IV der FFH-Richtlinie)*.
- BUND. (2007). *Biotopverbund-Konzept für die Wildkatze Felis silvestris in Hessen im Rahmen des BUND-Projektes „Ein Rettungsnetz für die Wildkatze“*. Frankfurt am Main.
- Burkhardt, R., Baier, H., Bendzko, U., Bierhals, E., Finck, P., Liegl, A., Mast, R., Mirbach, E., Nagler, A., Pardey, A., Riecken, U., Sachteleben, J., Schneider, A., Szekely, S., Ullrich, K., van Hengel, U., Zeltner, U. & Zimmermann, F. (2004). Empfehlungen zur Umsetzung des § 3 BNatSchG „Biotopverbund“ – Ergebnisse des Arbeitskreises „Länderübergreifender Biotopverbund“ der Länderfachbehörden mit dem BfN. *Naturschutz und Biol. Vielfalt* **2**, 84.
- Calenge, C. (2011). Home Range Estimation in R : the adehabitatHR Package.
- DBBW. (2021). Totfunde - Auflistung nach Jahren - DBBW [WWW Document]. *letzter Zugriff: 12.10.2021*. URL <https://www.dbb-wolf.de/totfunde/auflistung-nach-jahren>
- Deutsche Bahn (DB). (2019a). Geo-Streckennetz [WWW Document]. CC BY 4.0. URL <https://data.deutschebahn.com/dataset/geo-strecke.html>
- Deutsche Bahn (DB). (2019b). Geo-Brücke [WWW Document]. CC BY 4.0. URL <https://data.deutschebahn.com/dataset/geo-bruecke.html>
- Drechsler, H. (1991). Über das Raumverhalten des Rotwildes im Harz. *Zeitschrift für Jagdwissenschaften Jagdwiss.* **37**, 78–90.
- Edelhoff, H., Fickel, J., Epps, C., Zachos, F.E. & Balkenhol, N. (2016). Effects of landscape fragmentation on genetic diversity and population structure of Red deer (*Cervus elaphus*) in Northern Germany. *Mamm. Biol. Supplement*.
- FGSV. (2022). *Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Straßen (MAQ)*. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf.
- Fiehlitz, U. (1999). *Satellitentelemetrie an Rothirschen im Harz. Januar 1995-März 1998 - Abschlussbericht*.
- Fietz, U. & Heurich, M. (2004). Rotwild - Ein Grenzgänger im Bayerischen Wald. *LWF aktuell* **44**, 3–5.
- Franklin, I.R. (1980). Evolutionary change in small populations. In *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective*: 135–150. Soulé, M.E. & Wilcox, B.A. (Eds). . Sunderland MA: Sinauer Associates.
- Fritsch, N. & Heintz, U. (1994). Die Wiederansiedlung des Bibers im Saarland. In *Internationales Fachsymposium*: 87–100. Saarbrücken.

- Fuchs, D., Hänel, K., Lipski, A., Reich, M., Finck, P. & Riecken, U. (2010). Länderübergreifender Biotopverbund in Deutschland. Grundlagen und Fachkonzept. *Naturschutz und Biol. Vielfalt, Bundesamt für Naturschutz* **96**, 191.
- Fustec, J., Lode, T., Le Jacques, D. & Cormier, J.P. (2001). Colonization, riparian habitat selection and home range size in a reintroduced population of European beavers in the Loire. *Freshw. Biol.* **46**, 1361–1371.
- Geiersberger, I. (1986). Der Lebensraum des Bibers *Castor fiber* L. in Bayern. *Säugetierkundliche Mitteilungen* **33**, 125–170.
- Georgii, B. (1980). *Untersuchungen zum Raum-Zeitsystem weiblicher Rothirsche (Cervus elaphus L.) im Hochgebirge*. Universität München.
- Giesinger, T. (2003). *Den Biber willkommen heißen - Biber in Baden-Württemberg: Empfehlungen für die landesweite Strategie*.
- Götz, M. & Roth, M. (2006). Reproduktion und Jungenentwicklung von Wildkatzen im Südharz - eine Projektvorstellung. *Naturschutz im L. Sachsen-Anhalt* **43**, 3–10.
- Hänel, K. (2007). *Methodische Grundlagen zur Bewahrung und Wiederherstellung großräumig funktionsfähiger ökologischer Beziehungen in der räumlichen Umweltplanung - Lebensraumnetzwerke für Deutschland*. Universität Kassel.
- Hänel, K., Baierl, C. & Ulrich, P. (2016). Lebensraumverbund und Siedlungsentwicklung in Deutschland – Identifikation von Engstellen und Planungsempfehlungen. *Naturschutz und Biol. Vielfalt* **144**, 240.
- Hänel, K. & Reck, H. (2011). Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen: Die Überwindung straßenbedingter Barrieren. *Naturschutz und Biol. Vielfalt* **108**, 354.
- Hänel, K., Sörgel, C., Otte, K., Kirschtowski, J. & Moormann, S. (2015). *Fachgutachten "Biotopverbundkonzept Freistaat Thüringen."* Weimar.
- Hartman, G. (1997). Notes on age at dispersal of beaver (*Castor fiber*) in an expanding population. *Can. J. Zool.* **75**, 959–962.
- Heidecke, D. (1984). Ergebnis der Biberbestandserfassung 1983 im Bezirk Halle. *Mitteilung der BAG Artenschutz Halle* **2**.
- Heidecke, D. (1994). Erfahrungen bei der Wiederansiedlung des Elbebibers. In *Internationales Fachsymposium*: 69–78. Saarbrücken.
- Heiland, S., Mengel, A., Hänel, K., Geiger, B., Arndt, P., Reppin, N., Werle, V., Hokema, D., Hehn, C., Mengel, A. & Werle, V. (2017). *Bundeskonzzept Grüne Infrastruktur - Fachgutachten*. BfN-Skripten. Bonn, Germany: Bundesamt für Naturschutz.
- Heptner, V.G., Nasimovic, A.A. & Bannikov, A.G. (1966). *Die Säugetiere der Sowjetunion. Band I: Paarhufer und Unpaarhufer*. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Herrmann, M., Enssle, J., Süßner, M. & Krüger, J.A. (2007). *Der NABU-Bundeswildwegeplan*. Bonn, Germany: NABU Bundesverband.
- Herrmann, M. & Klar, N. (2007). *Wirkungsuntersuchung zum Bau eines wildkatzensicheren Wildschutzzaunes im Zuge des Neubaus der BAB A60*. Parlow, Germany.
- Herrmann, M., Klar, N., Fuss, A., Bauer, S. & Wild, W. (2012). Ermittlung prioritärer Wiedervernetzungsabschnitte an Bundesfernstraßen in Niedersachsen.
- Herrmann, M. & Matthews, A. (2007). *Wirkung von Barrieren auf Säuger & Reptilien*. Parlow, Germany.
- Herrmann, M. & Wild, W. (2020). *Ermittlung prioritärer Wiedervernetzungsmaßnahmen an Bundesfernstraßen in Rheinland-Pfalz*. Parlow, Germany.
- Hertweck, K. & Schipke, R. (2001). Zur Reproduktion des Fischotters *Lutra lutra* in der Oberlausitzer Teichlandschaft (Sachsen, Deutschland). *Wissenschaftliche Mitteilungen des Niederösterreichischen Landesmuseum* **14**, 175–181.

- Herzog, A. (1995). Zur genetischen Struktur isolierter Rotwildpopulationen. In *Gemeinsame Lösungsansätze zum Rotwildmanagement in Bayern, Hessen und Thüringen. Schriftenreihe des Landesjagdverbandes Bayern e.V.*: 31–38. Landesjagdverbände Bayern, Hessen und Thüringen.
- Hessen Forst. (2022). Rotwildgebiete und Rotwildwechsel Krofdorfer Forst.
- Hessen Mobil. (2020a). GIS-Daten zu Straßen und Verkehr.
- Hessen Mobil. (2020b). Wildunfalldaten 2017-2019.
- Hessen Mobil. (2022). GIS-Daten zu Aus- und Neubauprojekten an Straßen in Hessen.
- HLBG. (2021). Digitales Basis Landschaftsmodell (Shape Format). Bereitgestellt nach der Datenlizenz <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>. letzter Zugriff: 14.03.2022.
- HLNUG. (2017). *Artensteckbrief Europäischer Biber (Castor fiber)*. Gießen.
- HLNUG. (2020). Totfunde Säuger aus der MBCS-Datenbank.
- HLNUG. (2021a). WRRl-Viewer [WWW Document]. letzter Zugriff: 12.10.2021. URL <https://wrrl.hessen.de/mapapps/resources/apps/wrrl/index.html?lang=de>
- HLNUG. (2021b). Artnachweise Säugetiere: Wildkatze, Wolf, Luchs, Feldhamster, Fledermäuse, Biber, Mauswiesel, Fischotter, Iltis, Hermelin und weiteren Marderartigen.
- HLNUG. (2022). Natureg Viewer [WWW Document]. letzter Zugriff: 18.07.2022. URL <https://natureg.hessen.de/mapapps/resources/apps/natureg/index.html?lang=de>
- HMUELV/HMWVL. (2013). *Landesweiter Biotopverbund für Hessen*. Wiesbaden.
- HMUKLV. (2012). *Leitfaden zum Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen*. Wiesbaden.
- HMUKLV. (2018). *Verordnung über die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen, das Führen von Ökokonten, deren Handelbarkeit und die Festsetzung von Ersatzzahlungen (Kompensationsverordnung KV) vom 26. Oktober 2018*. Wiesbaden.
- HMUKLV. (2020). NATUREG-Viewer.
- HMWEVL. (2018). *Umweltbericht zum Entwurf der 3. Änderung des Landesentwicklungsplans Hessen 2000*.
- Hohmann, U. (2003). Gutachterliche Stellungnahme zur Barrierewirkung von Straßen für Rotwild (*Cervus elaphus*) dargestellt am Beispiel Pfälzerwald/Nordvogesen - Literaturübersicht, Situationsanalyse, Empfehlungen.
- Hurrell, E. & McIntosh, G. (1984). Mammal Society dormouse survey, January 1975-April 1979. *Mamm. Rev.* **14**, 1–18.
- ISM. (2008). *Landesentwicklungsprogramm (LEP IV)*. Mainz.
- ITN. (2010). *Biotopverbund-Konzept für die Wildkatze (Felis silvestris silvestris) in Hessen*. Wiesbaden.
- ITN. (2012). *Ermittlung von Maßnahmenräumen für die Wildkatze (Felis silvestris silvestris) in Hessen auf der Grundlage des Biotopverbund-Konzeptes für die Wildkatze in Hessen (Simon 2010)*. Gonterskirchen.
- Jędrzejewski, W., Jędrzejewska, B., Okarma, H., Schmidt, K., Bunevich, A.N. & Miłkowski, L. (1996). Population dynamics (1869-1994), demography, and home ranges of the lynx in Białowieża Primeval Forest (Poland and Belarus). *Ecography (Cop.)*. **19**, 122–138.
- Jędrzejewski, W., Schmidt, K., Okarma, H. & Kowalczyk, R. (2002). Movement pattern and home range use by the Eurasian lynx in Białowieża Primeval Forest. *Ann. Zool. Fennici* **39**, 29–41.
- Källén, E., Kattsov, V., Walsh, J. & Weatherhead, E. e. (2001). Report from the Artic Climate Impact Assessment Modelling and Scenario Workshop, Stockholm. *ACIA Secr.*
- Klar, N. (2003). *Windwurfflächen und Bachtäler: Habitatpräferenzen von Wildkatzen (Felis silvestris) in der Eifel*. Freie Universität Berlin.

- Klar, N. (2009). *Lebensraum- und Korridormodellierung für Niedersachsen zum Projekt "Schleichwege für die Wildkatze."* Hamburg.
- Klenner-Fringes, B. (1994). Die Ansprüche des Bibers in der Kulturlandschaft. In *Internationales Fachsymposium*: 39–48. Saarbrücken.
- Knapp, J. (2009). Die Wildkatze in Rheinland-Pfalz und Saarland. In *Zukunft der Wildkatze in Deutschland - Ergebnisse des internationalen Wildkatzen-Symposiums 2008 in Wiesenfeld*: 55–61. Fremuth, W., Jedicke, E., Kaphegyi, T.A.M., Wachendörfer, V. & Weinzierl, H. (Eds). . Berlin, Germany: Erich Schmidt Verlag.
- Körbel, O., Rogoschik, B., Engst, N., Meyer, S. & Tellermann, H. (2001). Vermeidung der durch den Straßenverkehr bedingten Verluste von Fischottern (*Lutra lutra*). *Forsch. Straßenbau und Verkehrstechnik* **805**, 58.
- Kranz, A. (1995). Bestimmung und Analyse des Home Range beim Fischotter *Lutra lutra* L. *Methoden feldökologischer Säugetierforsch.* **1**, 161–168.
- Kuprian, M. (2021). Biber- und Fischotter- Management in Hessen. In : 20. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- Lang, J. & Kiepe, K. (2011). Straßenränder als Ausbreitungsachsen für die Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*): ein Fallbeispiel aus Nordhessen. *Hess. Faun. Briefe* **30**, 49–54.
- Linnell, J., Salvatori, V. & Boitani, L. (2008). Guidelines for population level management plans for large carnivores in Europe. A Large Carnivore Initiative for Europe report prepared for the European Commission. *A Large Carniv. Initiat. Eur. Rep. Prep. Eur. Comm.* 85.
- Long, E.S., Diefenbach, D.R., Wallingford, B.D. & Rosenberry, C.S. (2010). Influence of Roads, Rivers, and Mountains on Natal Dispersal of White-Tailed Deer. *J. Wildl. Manage.* **74**, 1242–1249.
- Lossow, G. v. (1995). Aspekte zu geplanten Biberwiederansiedlungen aus bayerischer Sicht. *Säugetierkundliche Mitteilungen* **36**, 38–41.
- LUBW. (2014). *Fachplan Landesweiter Biotopverbund. Arbeitsbericht.* Karlsruhe.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press Princeton, N.J.
- Meinig, H., Boye, P. & Büchner, S. (2004). *Muscardinus avellanarius* (Linnaeus, 1758). In *Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 2: Wirbeltiere.*: 453–457. Petersen, B., Ellwanger, G., Biewald, G., Hauke, U., Ludwig, G., Pretscher, P., Schröder, E. & Ssymank, A. (Eds). . Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Molinari-Jobin, A., Molinari, P., Breitenmoser-Würsten, C., Wölfl, M., Stanisa, C., Fasel, M., Stahl, P., Vandel, J., Rotelli, L., Kaczensky, P., Huber, T., Adamic, M., Koren, I. & Breitenmoser, U. (2003). The pan-alpine conservation strategy for the lynx. *Nat. Environ.* **130**, 25.
- Müller, U. (2005). Modellierung potenzieller Korridore für die Wildkatze im Rahmen des Verbundprojektes "Ein Rettungsnetz für die Wildkatze." In *Konzept eines Lebensraumverbundes für waldgebundene Säugetierarten für Hessen und benachbarte Bundesländer. In: Kleine Katzen große Räume. Tagungsband zur Wildkatzentagung in Fulda am 11.11.2005. NAH Akademie Bericht 5*: 45–52. Naturschutzakademie Hessen, Bund für Umwelt- und Naturschutz e.V. (BUND) & Institut für Tierökologie und Naturbildung (Eds). . NZH Verlag.
- Müller, U., Strein, M. & Suchant, R. (2003). Wildtierkorridore in Baden-Württemberg. *Berichte Freiburg. Forstl. Forsch.* **48**, 50.
- MUNR. (1999). *Artenschutzprogramm Elbebiber und Fischotter*. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg.
- Newmark, W.D. (1987). A land-bridge island perspective on mammalian extinctions in western North American parks. *Nature* **325**, 430–432.

- Nicht, M. (1967). Wanderungen des Elbebibers, *Castor fiber albicus* Matschie, 1907, und ihre Ursachen. *Säugetierkundliche Mitteilungen* **15**, 40–42.
- Nitsche, K.A. & Pachinger, K. (2000). Die Biber (*Castor fiber* L.) in der Slowakei. - Gegenwärtige Situation, Entwicklung und Perspektiven. *Mitteilungen Zool. Gesellschaft Braunau* **7**, 259–270.
- Nitze, M. & Roth, M. (2003). Space use of red deer in the ore mountain. In *Congress of Mammology and Wildlife Biology*: 49. Bern.
- ÖKO-LOG. (2023). *Landeskonzept Wiedervernetzung an Straßen in Hessen: Prioritäre Wiedervernetzungsabschnitte in Hessen - Steckbriefe* -. Parlow, Germany: Im Auftrag von Hessen Mobil.
- Pachinger, K. & Nitsche, K.A. (1998). Zur Situation des Bibers (*Castor fiber*) in der südwestlichen Slowakei und Perspektiven seiner Ausbreitung. *Säugetierkundliche Informationen* **4**, 349–361.
- Philcox, C.K., Grogan, A.L. & Macdonald, D.W. (1999). Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in Britain. *J. Appl. Ecol.* **36**, 748–762.
- QGIS Development Team. (2022). *QGIS Geographic Information System Version 3.22.11*. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.
- R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing; Version: 4.2.0*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>.
- Reck, H., Hänel, K., Strein, M., Georgii, B., Henneberg, M., Peters-Ostenberg, E. & Böttcher, M. (2018). Grünbrücken, Faunatunnel und Tierdurchlässe - Anforderungen an Querungshilfen. *BfN Skripten* **522**, 97.
- Reimoser, S. (2013). Störung von Rot- und Rehwild. *Weidwerk* **9**, 16–17.
- Reiner, G., Klein, C., Lang, M. & Willems, H. (2021). Human-driven genetic differentiation in a managed red deer population. *Eur. J. Wildl. Res.* **67**.
- Reiner, G. & Willems, H. (2019). *Sicherung der genetischen Vielfalt beim hessischen Rotwild als Beitrag zur Biodiversität*. 1st edn. Gießen, Deutschland: Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Rudolph, B.-U. & Fetz, R. (2008). *Konzept zur Erhaltung und Wiederherstellung von bedeutsamen Wildtierkorridoren an Bundesfernstraßen in Bayern*. *UmweltSpezial*. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Schiefenhövel, P. & Klar, N. (2010). *Die Ausbreitung der Europäischen Wildkatze (Felis silvestris, SCHREBER 1777) im Westerwald - eine streng geschützte Art auf dem Vormarsch*. Molsberg.
- Schmidt, K., Jedrzejewski, W. & Okarma, H. (1997). Spatial organisation and social relations in the Eurasian lynx population in Białowieża Primeval Forest, Poland. *Acta Theriol. (Warsz)*. **42**, 289–312.
- Schoppe, R. (1986). Schlafmäuse (Gliridae) in Niedersachsen. *Naturschutz und Landschaftspf. Niedersachsen - Beih.* **14**.
- Schulte, R. (1984). *Freilandbeobachtungen zum Verhalten und zur Ökologie des Bibers (Castor fiber L.). Dokumentation eines Wiederansiedlungsversuchs an einem Mittelgebirgsbach*. Universität Hannover.
- Schulte, R. (1995). Die Verbreitung des Bibers (C.F.L.) in Deutschland und angrenzenden Gebieten. *Säugetierkundliche Mitteilungen* **36**, 13–27.
- Schulz, B., Ehlers, S., Lang, J. & Büchner, S. (2012). Hazel dormice in roadside habitats. *Peckiana* **8**, 49–55.
- Schulze, W. (1987). Zur Mobilität der Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*) im Südharz. *Säugetierkundliche Mitteilungen* **2**, 485–488.
- Schwab, G. (1994). Biber (*Castor fiber* L.) - Systematik, Verbreitung, Biologie. *Beiträge zum Artenschutz des LFU Bayern, München* **18**, 5–7.
- Schwab, G., Dietzen, W. & Lossow, G. v. (1994). Biber in Bayern - Entwicklung eines Gesamtkonzepts zum Schutz des Bibers. *Schriftenr. Bayer. Landesamt für Umweltschutz* **128**, 9–44.

- Severon, A. (2015). *Wildcats in space: spacing and kinship analysis in the European wildcat (Felis silvestris silvestris, SCHREBER 1777)*. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- Simon, O. (2022). Rotwildaten Hessen.
- Ssymank, A. (1994). Neue Anforderungen im europäischen Naturschutz: Das Schutzgebietssystem Natura 2000 und die FFH-Richtlinie der EU. *Natur und Landschaft* **69**, 395–406.
- Stahl, P. & Vandel, J.-M. (1999). Mortalité et captures de lynx (*Lynx lynx*) en France (1974-1998). *Mammalia* **63**, 49–59.
- Strein, M. (2010). *Generalwildwegeplan 2010*. Freiburg.
- Stroka, A. (1987). *Untersuchungen zur Raum-Zeitnutzung an Rothirschen (Cervus elaphus L. 1758) im Nationalpark Berchtesgaden*. Berchtesgaden, Germany: Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.
- Sunde, P., Kvam, T., Moa, P., Negård, A. & Overskaug, K. (2000). Space use by Eurasian lynxes *Lynx lynx* in central Norway. *Acta Theriol. (Warsz)*. **45**, 507–524.
- Szederjey, A. (1962). Rotwildwanderungen. *Z. Jagdwiss.* **8**, 111–123.
- Thiel, C. (2004). *Streifgebiete und Schwerpunkte der Raumnutzung von Felis silvestris silvestris (Schreber 1777) in der Nordeifel*. Rheinisch Friedrich-Wilhelms University Bonn.
- Tottewitz, F. (2005). Telemetrische Untersuchungen zu Lebensraumsansprüchen des Rotwildes im Thüringer Wald. In „*Biotopverbund im Thüringer Wald*“: 47–53. Verwaltung Biosphärenreservat Vessertal.
- Umweltbundesamt. (2021a). Anteil der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR) mit 100 km² oder mehr an der Landfläche [WWW Document]. *letzter Zugriff: 13.10.2021*. URL <https://www.umweltbundesamt.de/bild/anteil-der-unzerschnittenen-verkehrsarmen-raeume>
- Umweltbundesamt. (2021b). Siedlungs- und Verkehrsfläche [WWW Document]. *letzter Zugriff: 13.10.2021*. URL <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#-das-tempo-des-flachen-neuverbrauchs-geht-zuruck>
- Vandel, J.M., Stahl, P., Herrenschmidt, V. & Marboutin, E. (2006). Reintroduction of the lynx into the Vosges mountain massif: From animal survival and movements to population development. *Biol. Conserv.* **131**, 370–385.
- Wittmer, H.U. (2001). Home range size, movements, and habitat utilization of three male European wildcats (*Felis silvestris* Schreber, 1777) in Saarland and Rheinland-Pfalz (Germany). *Mamm. Biol. - Zeitschrift für Säugetierkd.* **66**, 365–370.
- Wölfl, M., Bufka, L., Červený, J., Koubek, P., Heurich, M., Habel, H., Huber, T. & Poost, W. (2001). Distribution and status of lynx in the border region between Czech Republic, Germany and Austria. *Acta Theriol. (Warsz)*. **46**, 181–194.
- Wölfl, M., Leibl, F. & Wagner, M. (Eds.). (2004). Luchsmanagement in Mitteleuropa. In *Naturschutz in Niederbayern, Heft 4*: 121. Landshut: Regierung von Niederbayern.
- Wotschikowsky, U. & Simon, O. (2002). Ein Leitbild für das Rotwild-Management in Deutschland. In *Der Rothirsch - Ein Fall für die Rote Liste? Neue Wege für das Rotwildmanagement. - Tagungsband zum Rotwildsymposium*: 211–255. Bonn: Deutschen Wildtier Stiftung.
- Zimmermann, F. (2004). *Conservation of the Eurasian Lynx (Lynx lynx) in a fragmented landscape – habitat models, dispersal and potential distribution*. Universite de Lausanne.