

Analyse Biotope und Verkehrswege – Detailbericht zur Bearbeitung und zu den GIS-Analysen (24.11.2021)

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Biodiversität und Landschaften,
CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: Info Habitat

AutorInnen: Annina Zollinger Fischer, UNA AG; Martin Urech, puls; Gaby Volkart, atena; Leslie Bonnard, naturaqua

Hinweis: Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhalt

1	AUSGANGSLAGE	4
2	VORGEHEN	4
2.1	Arbeitsschritte und Methodik.....	4
2.2	Relevante Aspekte zum Verständnis der Resultate	4
3	HAUPTERGEBNISSE	6
3.1	Übersicht über die Betroffenheit verschiedener Biotope, Verkehrswege und deren Eigentümer ...	6
3.1.1	<i>Fall a: Objekte, welche von mindestens einem Strassen- bzw. Bahnabschnitt zerschnitten werden</i> ...	6
3.1.2	<i>Fall b: Distanz eines Objektes zu einem Verkehrsweg (Abschnitt) von max. 500m</i>	9
3.2	Kategorisierung der Objekte pro Biotoptyp	11
3.2.1	<i>Hochmoore und Strassen</i>	13
3.2.2	<i>Hochmoore und Bahnlinien</i>	20
3.2.3	<i>Flachmoore und Strassen</i>	22
3.2.4	<i>Flachmoore und Bahnlinien</i>	26
3.2.5	<i>Auengebiete und Strassen</i>	28
3.2.6	<i>Auengebiete und Bahnlinien</i>	32
3.2.7	<i>Trockenwiesen und –weiden und Strassen</i>	37
3.2.8	<i>Trockenwiesen und –weiden und Bahnlinien</i>	42
3.2.9	<i>Übersicht über alle Biotope</i>	47
4	BEURTEILUNG DER PRIORISIERUNG UND DES HANDLUNGSBEDARFS	48
4.1	Biotopübergreifende Aspekte.....	48
4.2	Beurteilung Handlungsbedarf Moore (Hoch- und Flachmoore).....	51
4.3	Beurteilung Auengebiete.....	53
4.4	Beurteilung Trockenwiesen und -weiden	55
5	EINFLUSS VON VERKEHRSWEGEN	57
6	MASSNAHMENVORSCHLÄGE	62
7	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	68
7.1	Schlussfolgerungen aus den Arbeitsschritten 1 und 2.....	68
7.2	Ausblick und Vorschlag weiteres Vorgehen.....	68
8	GRUNDLAGEN UND LITERATUR	70
9	ANHÄNGE	71
9.1	Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Biotope	71
9.2	Tabellen zu betroffenen Objekten (und Streckenabschnitten) pro Biotoptyp	71
9.3	GIS-Daten	71
9.4	Erläuterungen zu Tabellen und GIS-Daten.....	71

1 Ausgangslage

Das BAFU hat im Frühling 2020 das BIOP Team angefragt, den Bund in der Erarbeitung eines zielgerichteten Vorgehens zur Verminderung der Barrierewirkung von Verkehrswegen am Beispiel national bedeutender Biotopinventare zu unterstützen. Ziele der Arbeiten waren, die Barrierewirkung verschiedener Verkehrswege auf Lebensräume zu erörtern und festzuhalten, relevante Streckenabschnitte für Biotopinventare von nationaler Bedeutung zu identifizieren, unterschiedliche Massnahmen vorzuschlagen und Grundlagen zu liefern, welche der ökologischen Infrastruktur und den Kantonen zur Verfügung gestellt werden können.

2 Vorgehen

2.1 Arbeitsschritte und Methodik

In Zusammenarbeit mit dem BAFU hat das BIOP Team von Oktober 2019 bis März 2021 methodische Aspekte des Themas erörtert und im Rahmen mehrerer GIS-Analysen diskutiert, überarbeitet und verfeinert.

In Arbeitsschritt 1 wurden mittels beispielhaften GIS-Analysen, Austausch mit Verantwortlichen ähnlicher Projekte und Studien sowie Diskussionsrunden innerhalb des BIOP Teams und mit dem BAFU methodische Aspekte geklärt. Während der Arbeiten zeigte sich, dass die Thematik von unterschiedlichster Seite her betrachtet und detailliert analysiert werden kann. Der Fokus des Auftrags verlegte sich dadurch von der Bedeutung der Verkehrswege als Barriere und hin zu direkten Einflüssen der Verkehrswege auf verschiedene Biotoptypen gelegt.

Im Arbeitsschritt 2 ist mit der in Arbeitsschritt 1 erarbeiteten Methode (siehe Kapitel 2.2) eine Analyse des Einflusses der Verkehrswege auf Biotope von nationaler Bedeutung erarbeitet worden. Die detaillierte Methodik ist im separaten Arbeitsdokument beschrieben. Im vorliegenden Dokument sind die Hauptresultate aufgeführt und einige Möglichkeiten zur Erarbeitung spezifischer Aspekte erwähnt. Die darunterliegenden GIS-Daten und Tabellen erlauben eine Vielzahl von weiteren Auswertungen je nach spezifischer Fragestellung.

2.2 Relevante Aspekte zum Verständnis der Resultate

Zweistufige GIS-Analyse

Die GIS-Analyse umfasste 2 separate Prozesse:

- Ermittlung der Objekte (inkl. 10m Puffer), welche von mindestens einem Verkehrsweg zerschnitten wurden (Fall a, Resultate Kapitel 3.1.1)
- Ermittlung der Objekte, welche eine Distanz von max. 500m zu mindestens einem Verkehrsweg aufweisen (Fall b, Resultate Kapitel 3.1.2)

Einzelne Objekte können also in wenigen Fällen in Fall a und Fall b auftauchen.

Grundlagen Objekte aus dem Bundesinventar für Biotope

Die Objekte der Nationalen Inventare folgender Biotoptypen sind einbezogen worden: Auen (AU), Trockenwiesen und –weiden (TWW), Hochmoore (HM) und Flachmoore (FM).

Betrachtungseinheit Gesamtfläche (Kapsel) eines Objektes

Die Betrachtungseinheit für die Analysen waren Kapseln, welche um die Einzelflächen eines Objektes gezogen wurden (Abbildung 1).

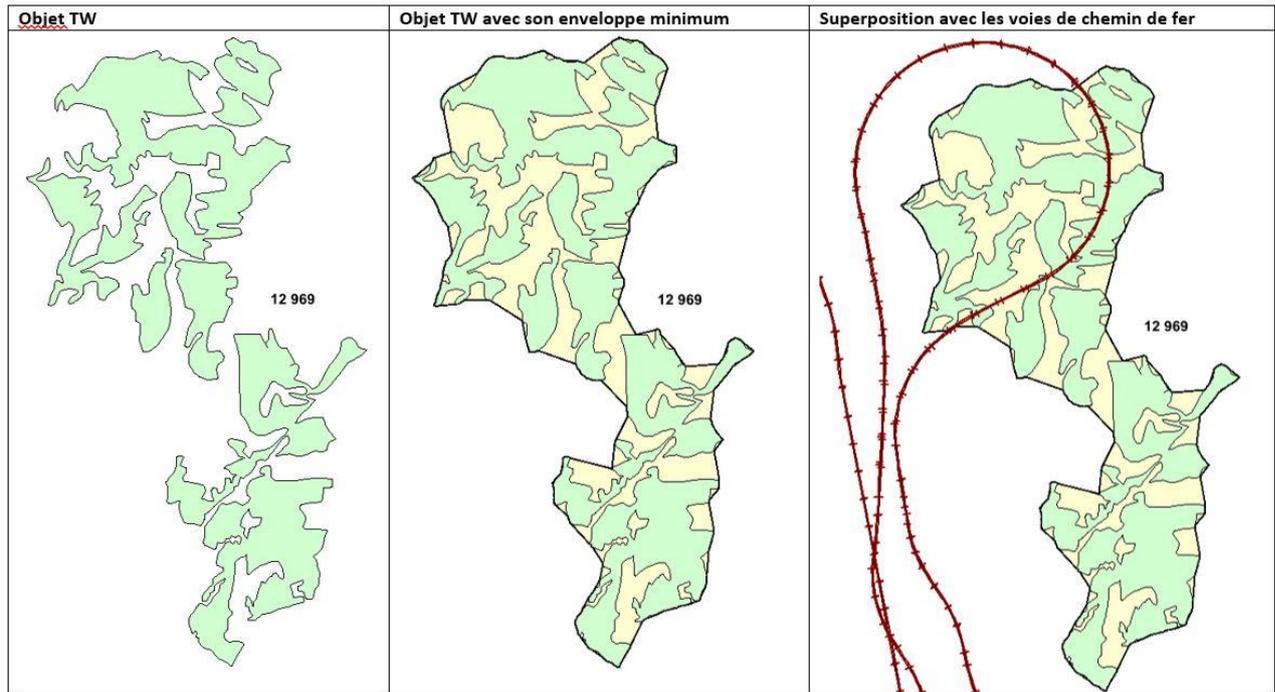


Abbildung 1. Betrachtungseinheiten: Die Betrachtungseinheiten für die GIS-Analyse ist das Objekt. Für die GIS-Analyse werden sämtliche seiner Objektflächen zusammengefasst in eine Kapsel. Bsp. des TWW-Objektes Nr. 12969 mit mehreren Teilflächen (grün). Die Teilflächen werden zusammengefasst in eine „Kapsel“ (gelb). Die Bahnlinie (rot) gilt als zerschneidendes Element des TWW-Objektes.

Nächstliegender Verkehrsweg zu einem Objekt (Betrachtungseinheit)

Die GIS-Analyse lokalisierte die nächstgelegene Bahn- bzw. Strassenlinie zu einem Objekt separat. Die Resultate umfassen also alle Objekte, welche innerhalb der definierten Distanz von 500m einen Verkehrsweg aufweisen. Umgekehrt wurden jedoch nicht alle Verkehrsabschnitte, welche zu einer Distanz von max. 500m zu einem Objekt liegen lokalisiert. Somit müssen die Resultate aus der Perspektive der Objekte und nicht der Verkehrsabschnitte betrachtet werden.

Ein Objekt kann sowohl von einer Bahn- wie einer Strassenlinie durchschnitten sein bzw. in Distanz von 500m dazu liegen. Diese doppelten Zerschneidungen können als schwerer wiegend angesehen werden, als wenn nur eine Zerschneidung vorliegt (Abbildung 2). Dasselbe würde allerdings auch gelten, wenn ein Objekt von zwei Strassen bzw. zwei Bahnlinien zerschnitten wird, was in dieser Analyse so nicht herauslesbar ist. Da ebenfalls weitere Aspekte einen Einfluss

auf ein Objekt haben können (Breite des Verkehrsweges, Verkehrsaufkommen, Zäune etc.), muss der Schweregrad der Zerschneidung situativ beurteilt werden.

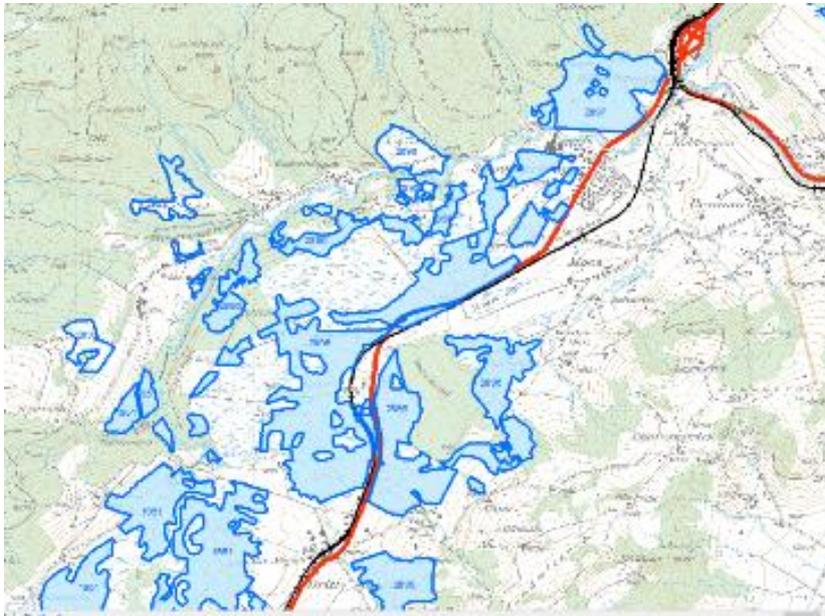


Abbildung 2. Beispiel einer doppelten Zerschneidung von Bahn und Strasse. FM 2896 Schlänggli-Biberbrugg

Spezialfall Trockenwiesen und -weiden entlang Böschungen

Verkehrswege führen nicht nur zur Fragmentierung der Biotope, insbesondere für Trockenwiesen und -weiden haben sie auch zur Bildung von neuen Biotopen geführt. Strassen- und Bahnböschungen stellen Vernetzungsbiotop dar. Aus methodischen Gründen sind sie in untenstehenden Auswertungen wie andere Objekte behandelt.

3 Hauptergebnisse

3.1 Übersicht über die Betroffenheit verschiedener Biotope, Verkehrswege und deren Eigentümer

3.1.1 Fall a: Objekte, welche von mindestens einem Strassen- bzw. Bahnabschnitt zerschnitten werden

Ebene Objekte

Total 150 Objekte von nationaler Bedeutung (Kapsel inkl. Puffer 10m, inklusive nationale TWW auf Bahnböschungen) werden von mindestens einem Bahnabschnitt und 158 Objekte von mindestens einem Strassenabschnitt zerschnitten.

Tabelle 1. Anzahl betroffene Objekte pro Verkehrsmittel in verschiedenen Biotopen

Anzahl Objekte pro Verkehrsmittel	AU	FM	HM	TW	Total pro Verkehrsmittel
Bahn	33	27	7	83	150
Strasse	50	31	15	62	158

In 21% aller Fälle wird ein Objekt sowohl von einer Strasse wie von einer Bahnlinie zerschnitten wird (Tabelle 2).

Tabelle 2. Anzahl Objekte welche von verschiedenen Verkehrsmitteln betroffen sind.

Anzahl Objekte pro Verkehrsmittel	AU	FM	HM	TW	Total pro Verkehrsmittel
A) nur Bahn	21	18	5	73	117
B) nur Strasse	38	22	13	52	125
C) beides	12	9	2	10	33
Total pro Biotoptyp	71	49	20	135	275

Ebene Biotope

Am häufigsten betroffen sind die Tww-Objekte, welche knapp die Hälfte (49%) aller betroffenen Objekte ausmachen

(Tabelle 2). Dies kann daran liegen, dass die trockenen Standortbedingungen an Bahn- bzw. Strassenböschungen ideal sind für die Ansprüche von Pflanzenarten der Trockenwiesen und –weiden.

Dennoch ist auch rund ein Viertel der betroffenen Objekte (total 69) Hoch- oder Flachmoore, welche durch die Verkehrswege vermutlich viel stärker beeinträchtigt werden, da die assoziierten Arten auf feuchte Bedingungen angewiesen sind und ein Verkehrsweg einen grossen Einfluss auf die hydrologischen Bedingungen für die Moore haben kann.

Bei einem weiteren Viertel sind Auen-Gebiete betroffen. Ein Haupteinfluss eines Verkehrsweges auf ein Auengebiet ist in der Einschränkung der Dynamik des Flusses zu finden. Damit sind die Länge der Zerschneidung des Gebietes, aber auch die baulichen Aspekte einer Brücke über einen Fluss wichtige Grundlagen zur Ermittlung des Einflusses.

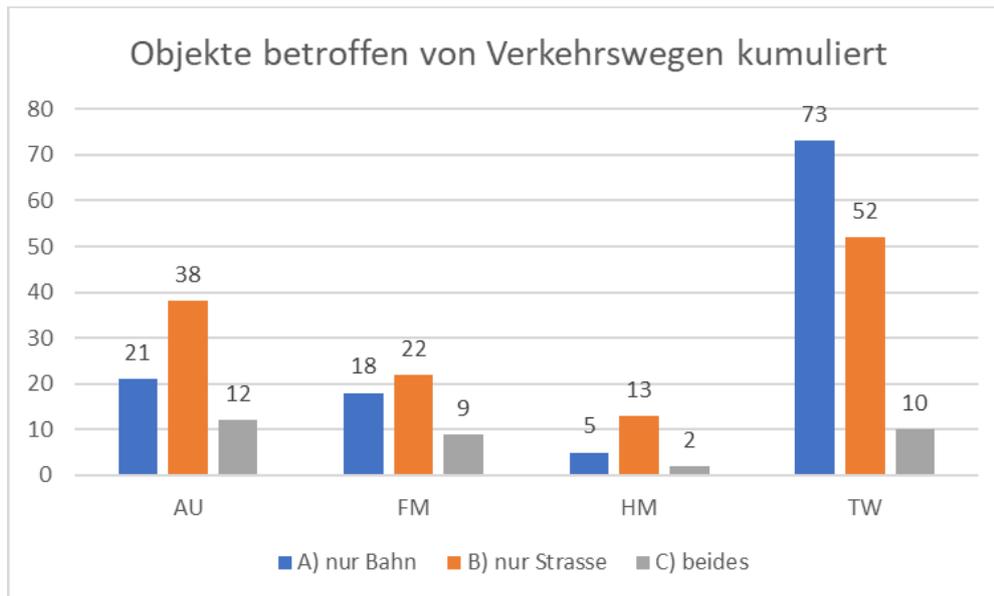


Abbildung 3. Anzahl betroffenen Objekte pro Biotoptyp und Verkehrsweg

Wenn man die Betroffenheit eines Biotoptyps in Relation zur Anzahl Objekte und nach Strasse bzw. Bahn separiert betrachtet, sind die Auen in beiden Fällen am stärksten betroffen.

Tabelle 3. Anzahl und Anteil betroffener Objekte pro Biotoptyp und Verkehrsweg

Verkehrsweg	AU	FM	HM	TW	Total
Bahn Obj.	33	27	7	83	150
% von allen Obj. in der CH	10.1%	2.1%	1.3%	2.3%	2.6%
Strasse Obj.	50	31	15	62	158
% von allen Obj. in der CH	15.3%	2.4%	2.7%	1.7%	2.7%
Total Objekte in der CH	326	1268	551	3631	5776

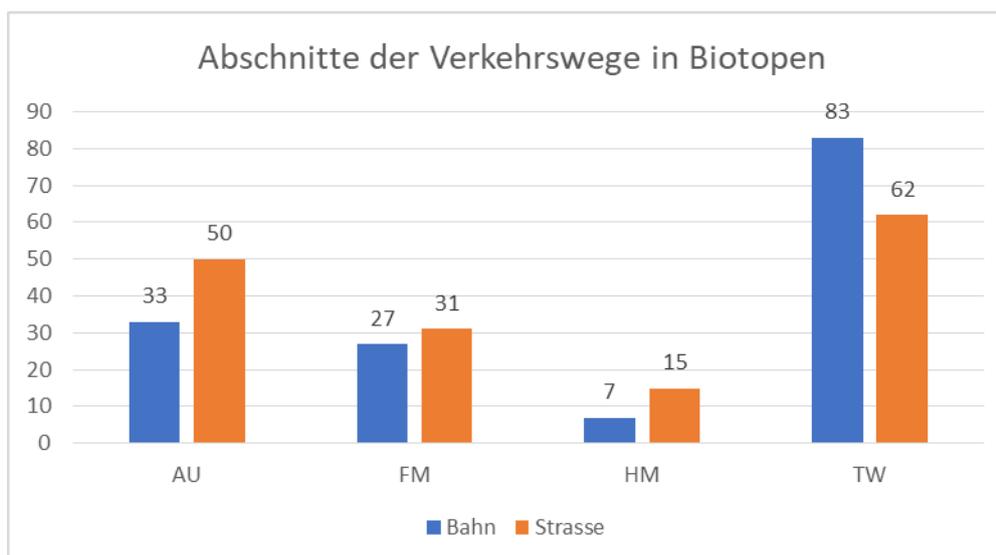


Abbildung 4. Anzahl betroffenen Abschnitte pro Biotoptyp und Verkehrsweg

3.1.2 Fall b: Distanz eines Objektes zu einem Verkehrsweg (Abschnitt) von max. 500m

Anzahl betroffener Abschnitte von Bahn und Strasse:

Insgesamt liegen 2640 Abschnitte in einer Distanz von maximal 500m zu einem Objekt. 974 davon sind Bahnlinien, 1666 Strassen.

Ein Drittel aller betroffenen Abschnitte welche Bahnlinien betreffen liegen weniger als 50m davon entfernt (33%, 322 Abschnitte). Bei den Strassen sieht es ähnlich aus (31%, 523 Abschnitte).

Verteilung auf verschiedene Biotoptypen:

Für diese Auswertung wurden die beiden separaten Analysen Bahn und Strasse kumuliert.

Objekte, welche sowohl von einer Bahn wie auch einer Strasse betroffen sind, wurden nur 1-mal gezählt.

Am stärksten betroffen von einem Verkehrsweg in max. Distanz von 500m sind wiederum die Tww-Objekte mit fast zwei Drittel aller betroffenen Objekte (63%, 1197 Obj.). Die Flachmoore machen 20% aus, die Auen 10% und die Hochmoore 7%.

Tabelle 4. Anzahl und Anteil betroffener Objekte der verschiedenen Biotoptypen an der Gesamtzahl der betroffenen Objekte.

Betroffene Objekte	AU	FM	HM	TW
Anzahl	190	375	134	1197
% aller betroffenen	10%	20%	7%	63%

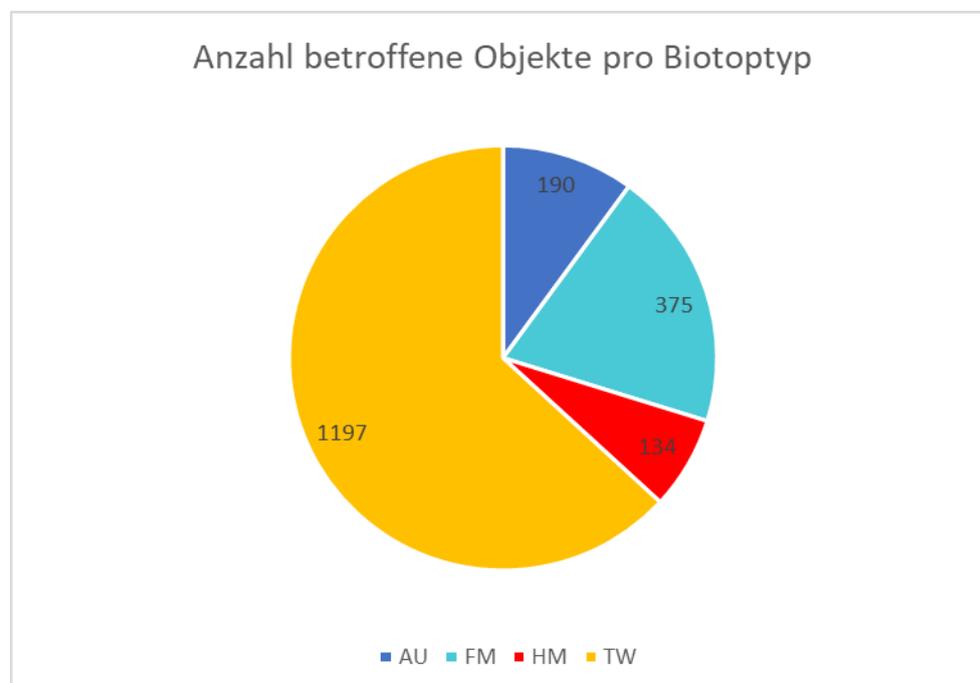


Abbildung 5. Absolute Anzahl betroffene Objekte der verschiedenen Biotoptypen an der Gesamtzahl der betroffenen Objekte. Die Tww-Objekte sind mit 1197 am meisten vertreten, gefolgt von den Flachmooren (375 Objekte). Diese Zahl muss aber in Relation mit der Gesamtanzahl Objekte pro Biotoptyp betrachtet werden (Tabelle 5).

Relativ betrachtet ergibt sich wiederum ein etwas anderes Bild: die Auen sind mit total 58% aller Auen-Objekte innerhalb 500m zu einem Verkehrsweg (Bahn und/oder Strasse) am meisten betroffen. Am zweitmeisten die Tww mit 33% gefolgt von Flachmooren (30%) und Hochmooren (24%). Insgesamt liegen gut 33% aller Objekte von nationaler Bedeutung in der Distanz von max. 500m zu einem Verkehrsweg (Bahnlinie, Strasse).

Tabelle 5. Anzahl betroffene Objekte in Bezug auf die Gesamtzahl der Objekte in der Schweiz

Betroffene Objekte	AU	FM	HM	TW	Total
Anzahl	190	375	134	1197	1896
Total Objekte in der CH (Stand 2017)	326	1268	551	3631	5776
% aller Obj. in der CH	58%	30%	24%	33%	33%

Betrachtet man die beiden Verkehrswege separat, fällt auf, dass insgesamt 744 Objekte (39%) sowohl eine Bahnlinie wie auch eine Strasse in max. Distanz von 500m aufweisen.

Tabelle 6. Anzahl betroffener Objekte verteilt auf Verkehrsweg kumuliert.

Anzahl Objekte betroffen von	AU	FM	HM	TW	Total pro Verkehrsweg
A) nur Bahn	17	36	17	160	230
B) nur Strasse	75	197	75	575	922
C) beidem	98	142	42	462	744
Total pro Biotoptyp	190	375	134	1197	1896

Detail Strassen – Strassentyp und Eigentümer:

Von den 1666 betroffenen Strassenabschnitten sind 235 (14%) Hochleistungsstrassen, 780 (47%) Durchgangsstrassen und 651 (39%) Verbindungsstrassen.

Nur 14% aller betroffenen Strassenabschnitte gehören dem Bund. Der grösste Anteil davon sind die Hochleistungsstrassen (197 Abschnitte). Der weitaus grösste Anteil der betroffenen Strassenabschnitte gehörten Kantonen (84%). Gemeinden sind lediglich von 2% aller betroffenen Strassenabschnitte Eigentümer.

Tabelle 7. Eigentümer der betroffenen Abschnitte und Strassentypen.

Strassentyp	Eigentümer				Total	Anteil (%)
	Bund	Gemeinde	Kanton	unbestimmt		
Hochleistungsstrasse	197		38		235	14.1%
Durchgangsstrasse	38	10	732		780	46.8%
Verbindungsstrasse	1	22	622	6	651	39.1%
Total	236	32	1392	6	1666	
Anteil (%)	14.2%	1.9%	83.6%	0.4%		100.0%

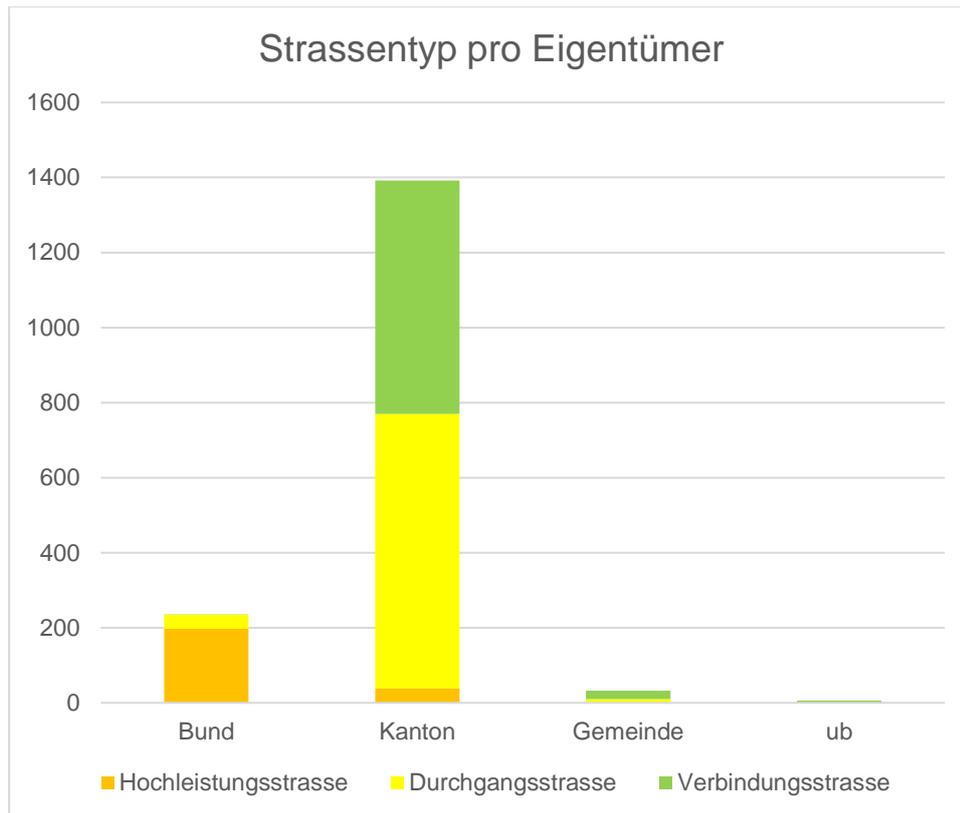


Abbildung 6. Eigentümer der betroffenen Abschnitte und Strassentypen

3.2 Kategorisierung der Objekte pro Biotoptyp

Die Lebensräume sowie die darin lebenden Arten werden in vielerlei Hinsicht von einem Verkehrsweg beeinflusst. Die Tabelle „Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Biotope“ im Anhang 9.1 zeigt auf, welche Biotoptypen von welchen Aspekten beeinflusst werden, bis zu welcher Distanz diese Aspekte ungefähr wirken sowie wie gross der Handlungsbedarf ist.

Zur Kategorisierung der Objekte wurden daraus die Störungspufferzonen definiert. Bei den Mooren müsste als wichtigster Aspekt die Hydrologie einbezogen werden. Da die hydrologischen Pufferzonen noch nicht erarbeitet sind, wurde in einer separaten Analyse eine Annäherung an eine hydrologische Pufferzone mittels Topographie erarbeitet.

Bei Objekten der Hoch- und Flachmoore führte die Kombination die beiden Aspekte Störung und Hydrologie zu folgender Kategorisierung (Tabelle 8, Abbildung 7):

Tabelle 8. Einteilung der Objekte gemäss Hydrologischer Pufferzone und Störungspufferzone für Moore.

Kategorie / Einfluss Verkehrsweg	Hydrologische Pufferzone	Störungspufferzone
1 – Zerschneidung Objekt	Objekt zerschnitten (0-20m)	Objekt zerschnitten
2 – Zerschneidung Störungspuffer UND hydr. Pufferzone (<200m)	20-200m	20-200m
3 – Zerschneidung Störungspuffer UND hydr. Pufferzone (<500m)	200-500m	200-500m
4 - Zerschneidung nur Störungspuffer (<200m)	nein	20-200m
5 – Zerschneidung nur Störungspuffer (<500m)	nein	200-500m

Diese Analyse wurde pro Biotop und pro Verkehrsmittel separat gemacht.

Kategorisierung der Objekte

Die Strasse zerschneidet:

- 1. Objekt selber > Kat. 1
- 2. hydr Puffer 200m UND Störungspuffer > Kat. 2
- 3. hydr Puffer 500m UND Störungspuffer > Kat. 3
- 4. nur Störungspuffer 200m > Kat. 4
- 5. nur Störungspuffer 500m > Kat. 5

Legende:

-  Moor-Objekt
-  Störungspuffer
-  Hydrologischer Puffer
-  Strasse

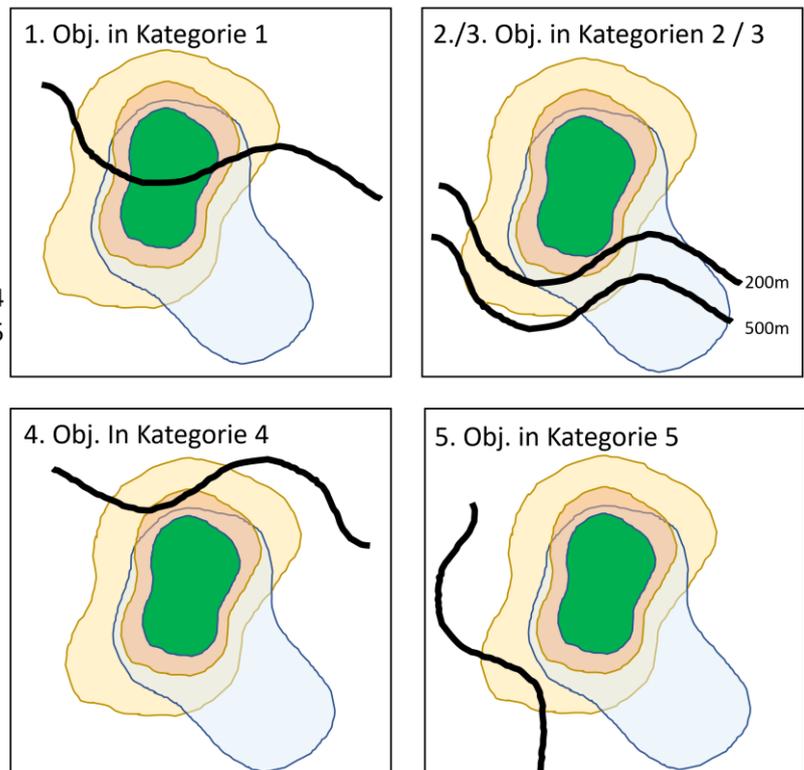


Abbildung 7. Beispiele einer Einteilung in Kategorien für ein Moorobjekt.

Für diese Analyse wurden die Resultate aus Analyse Fall a (Zerschneidung inkl. Puffer von 10m) und Analyse Fall b (Distanz zum nächsten Verkehrsweg max. 500m) zusammengeführt. Ist ein Objekt von einer Zerschneidung betroffen (Fall a) und weist zusätzlich eine Distanz von <500m zu einem anderen Verkehrsweg der gleichen Kategorie auf, wurde nur das Resultat für die Zerschneidung übernommen. Damit wird jedes Objekt nur 1 Mal mit seiner stärksten Beeinträchtigung gezählt und kategorisiert.

3.2.1 Hochmoore und Strassen

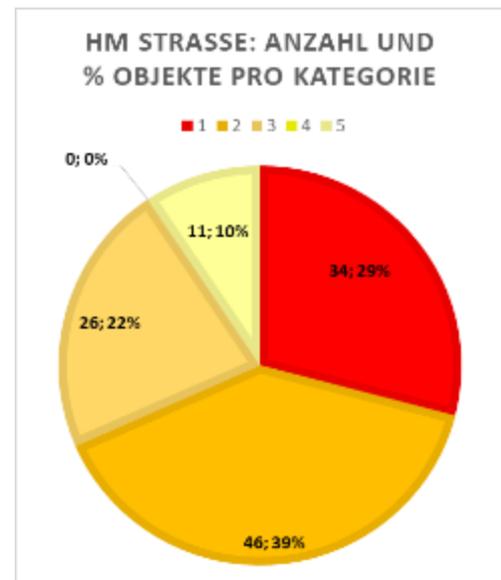
Von den total 551 Hochmoor-Objekten der Schweiz sind 117 Objekte (21%) betroffen von einer Strasse im Objekt oder in maximaler Entfernung von 500m zum Objekt.

Die 117 Objekte, welche in 500m Distanz zu einer Strasse liegen, fallen in die folgenden Distanzkategorien:

Tabelle 9. Hochmoore und Strassen

Distanzkategorie	Anzahl Objekte
1 – Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	34
2 – Objekt in hydr. Puffer <200m	46
3 – Objekt in hydr. Puffer <500m	26
4 – Objekt nur in Störungspuffer <200m	0
5 – Objekt nur in Störungspuffer <500m	11

Abbildung 8. Verteilung der betroffenen Hochmoorobjekte in die verschiedenen Distanzkategorien.



Gut ein Viertel aller betroffenen Objekte (29%) sind also von einer Strasse zerschnitten (bzw. 0-20m Distanz). Weitere 39% weisen eine Strasse innerhalb der hydrologischen Pufferzone von 20-200m auf und weitere 22% innerhalb von 200-500m hydrologischer Pufferzone. Insgesamt weisen 91% aller betroffenen Objekte eine Strasse innerhalb ihrer hydrologischen Pufferzone auf. Mit 19% aller HM-Objekte in der Schweiz sind dies knapp ein Fünftel aller Objekte, welche eine hydrologische Beeinträchtigung durch eine Strasse aufweisen.

Beispiele für die Einteilung der Objekte in Kategorien:

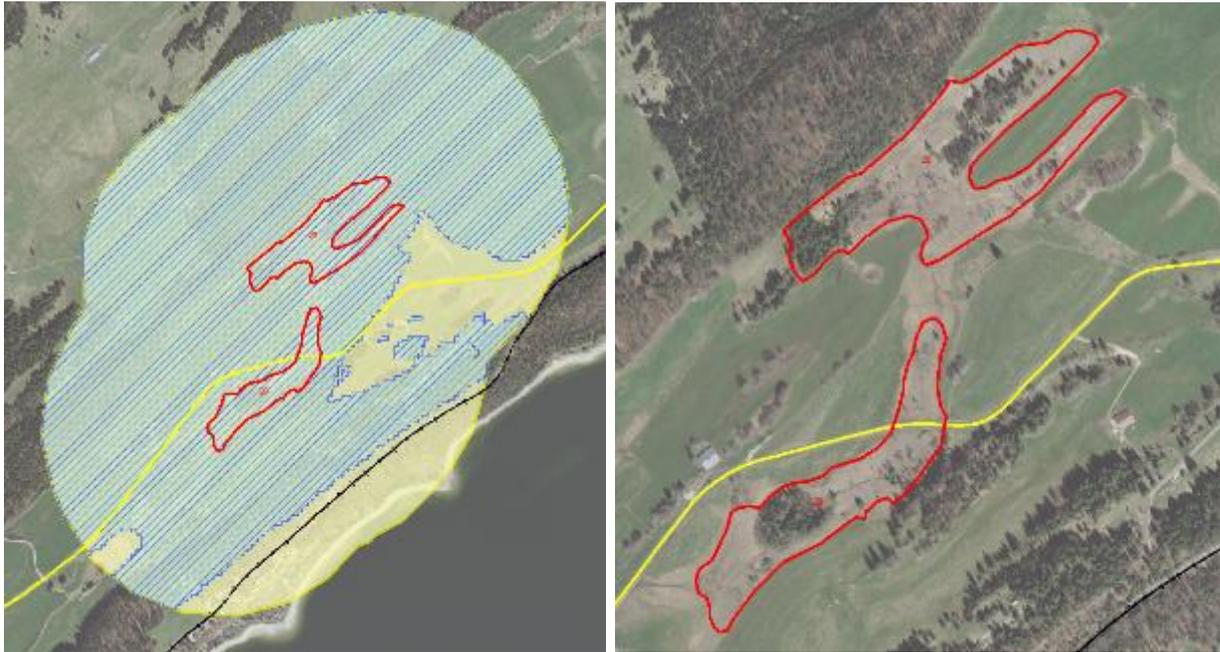


Abbildung 9. Beispiel für ein Objekt der Kategorie 1 mit effektiver Zerschneidung des Objektes.



Abbildung 10. Beispiel für ein Objekt der Kategorie 1 mit randlicher Beeinträchtigung des Objektes (Pufferzone 20m).

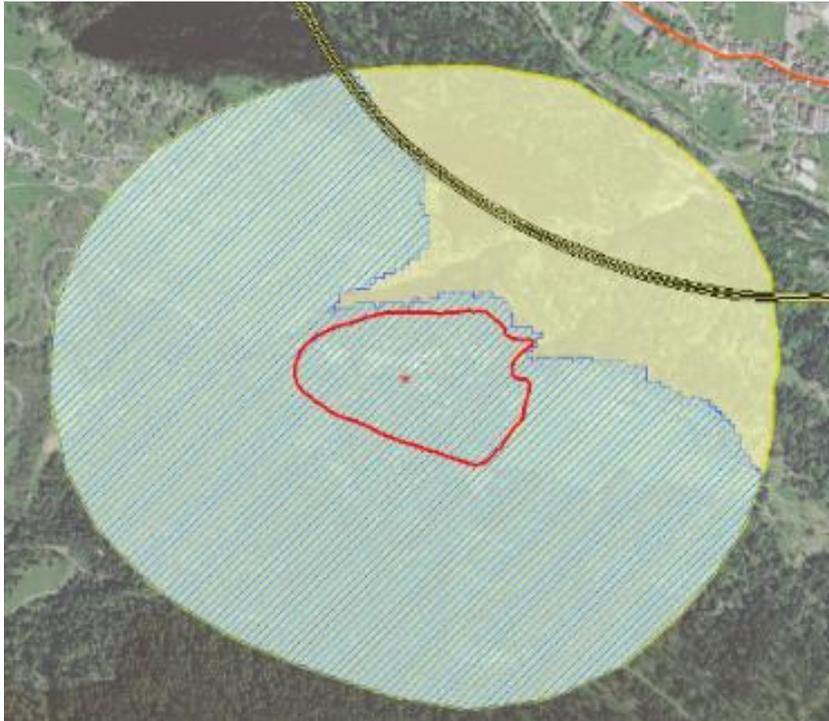


Abbildung 11. Beispiel für ein Objekt der Kategorie 3, wo der Verkehrsweg innerhalb des hydrologischen Puffers von <500m liegt, aber innerhalb des Störungspuffers von <200m.

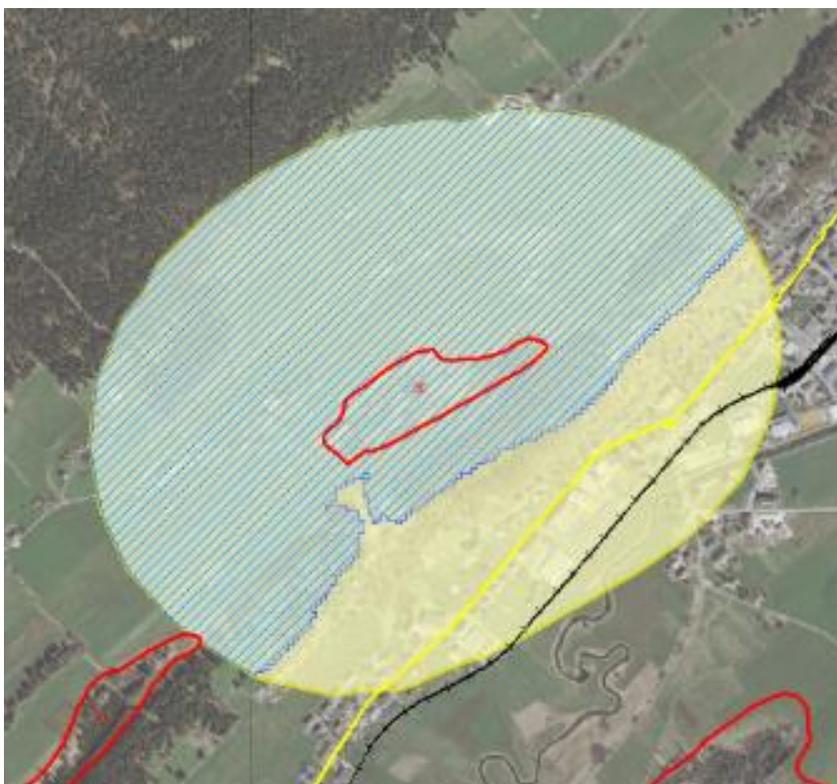


Abbildung 12. Beispiel für ein Objekt der Kategorie 5, wo der Verkehrsweg ausserhalb des hydrologischen Puffers liegt, aber innerhalb des Störungspuffers von <500m.

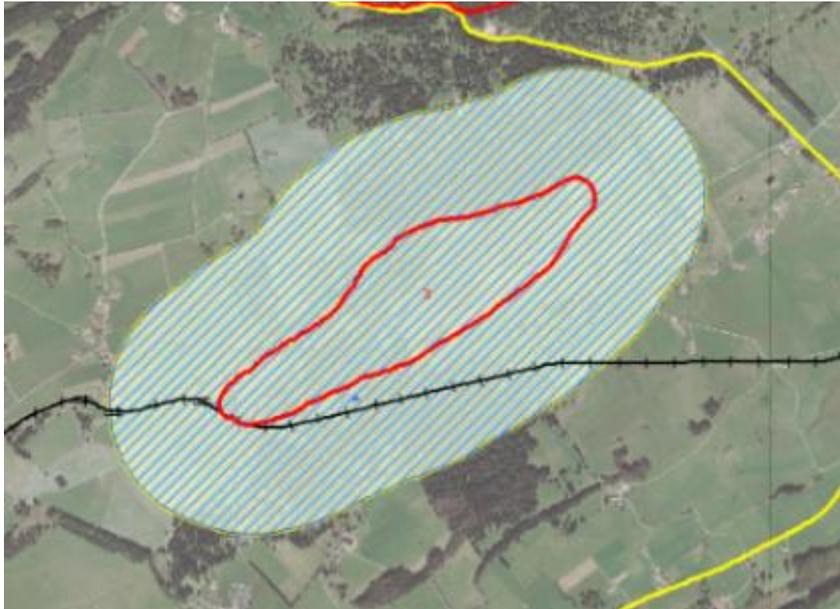


Abbildung 13. Beispiel für ein Objekt, wo die Strasse (gelbe Linie) sowohl ausserhalb des hydrologischen Puffers wie auch ausserhalb des Störungspuffers liegt.

Verkehrsbedeutung

Unterscheidet man die betroffenen Objekte nach Verkehrsbedeutung der Strasse stellt sich heraus, dass die Durchgangs- und Verbindungsstrassen oft einen viel grösseren Anteil ausmachen als die Hochleistungsstrassen (Autobahnen). Gesamthaft machen die Hochleistungsstrassen nur rund 10% aller betroffenen Strassen aus, die Durchgangsstrassen 40% und die Verbindungsstrassen 50%.

Tabelle 10. Anzahl und Anteil der verschiedenen Strassentypen in den unterschiedlichen Distanzkategorien für Hochmoore.

Distanzkategorie	Hochleistungsstrasse	Durchgangsstrasse	Verbindungsstrasse
1	2	15	17
2	5	19	22
3	2	10	14
4	0	0	0
5	2	3	6
total pro Verkehrsbedeutung	11	47	59
% aller betroffenen Objekte	10	40	50

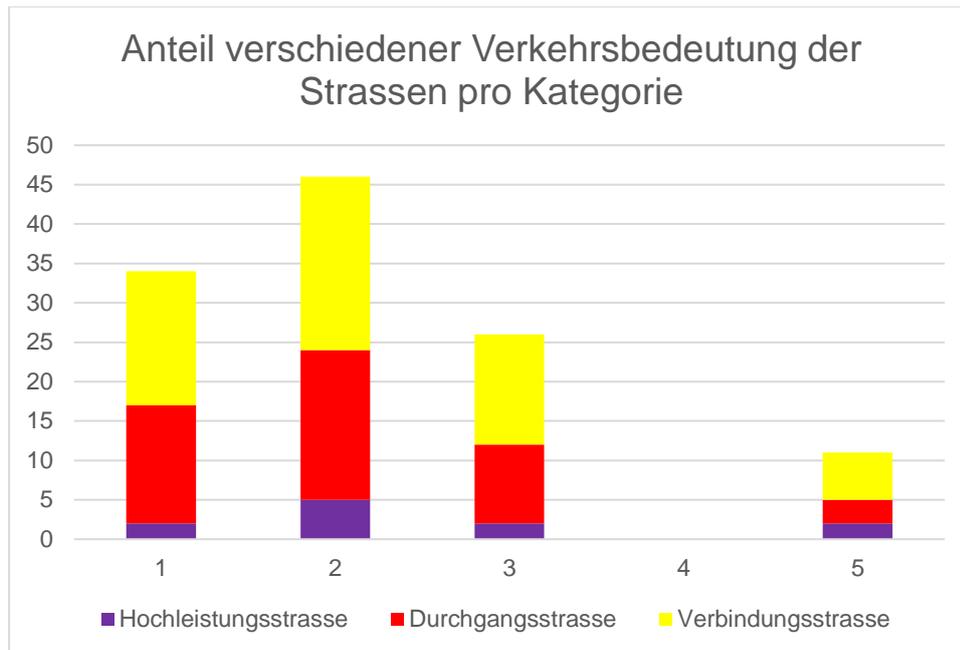


Abbildung 14. Anzahl der verschiedenen Strassentypen in den unterschiedlichen Distanzkategorien für Hochmoore

Tabelle 11. Beschreibung der verschiedenen Strassentypen gemäss GIS-Datensatz TLM_Strasse.

Verkehrsbedeutung	Definition
Hochleistungsstrasse	Alle Ein-, Aus- und Zufahrten auf Autobahnen und Austostrassen, sowie die Autobahnen und Autostrassen selber gelten als Hochleistungsstrassen.
Durchgangsstrasse	Alle Strassensegmente, die gemäss Tabelle „TLM_STRASSENROUTE“ (siehe Kap. 3.4) als „Hauptstrasse A“ oder „Hauptstrasse swisstopo rot“ deklariert sind.
Verbindungsstrasse	Alle Strassensegmente, die gemäss Tabelle „TLM_STRASSENROUTE“ (siehe Kap. 3.4) als „Hauptstrasse B“, „Hauptstrasse C“ oder „Hauptstrasse swisstopo gelb“ deklariert sind.

Artefakte, welche erst durch objektspezifische Prüfung erkannt werden können

Untertunnelung: gemäss GIS-Analyse liegt dieses Objekt am nächsten an einer Autobahn (gelb-schwarze Linie) und wird von dieser zerschnitten. Bei genauerer Prüfung des GIS-Shapes bzw. des Orthofotos wird jedoch ersichtlich, dass die Autobahn hier im Tunnel verläuft. Die nächstgelegene Strasse nicht in einem Tunnel ist hier deshalb eine Durchgangsstrasse, welche in Distanz von ca. 100m zur nächsten Fläche des Objektes liegt. Deshalb können Objekte, welche von einem Verkehrsweg im Tunnel betroffen sind, nicht einfach aus der Analyse ausgeschlossen werden und müssen individuell überprüft werden, ob eine andere Strasse in Distanz von 500 m zum Objekt liegt.

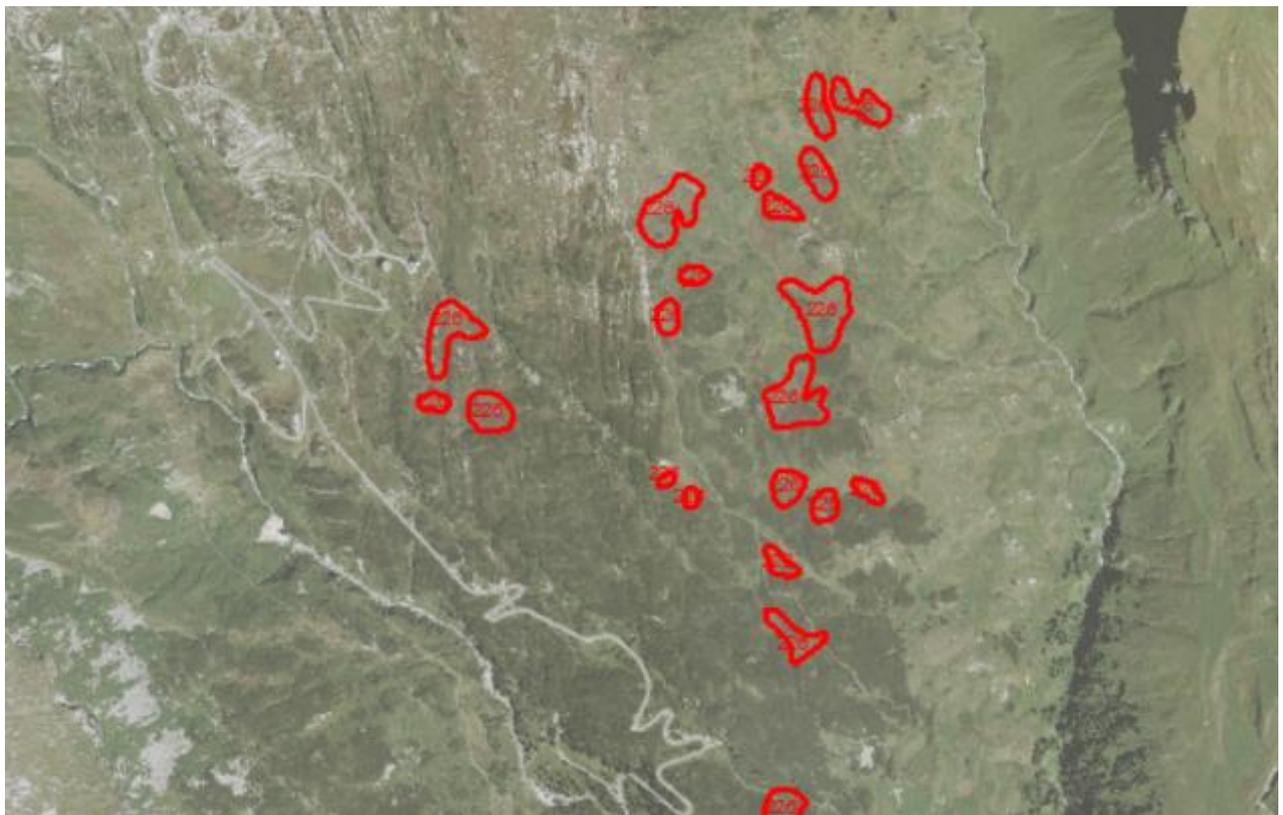
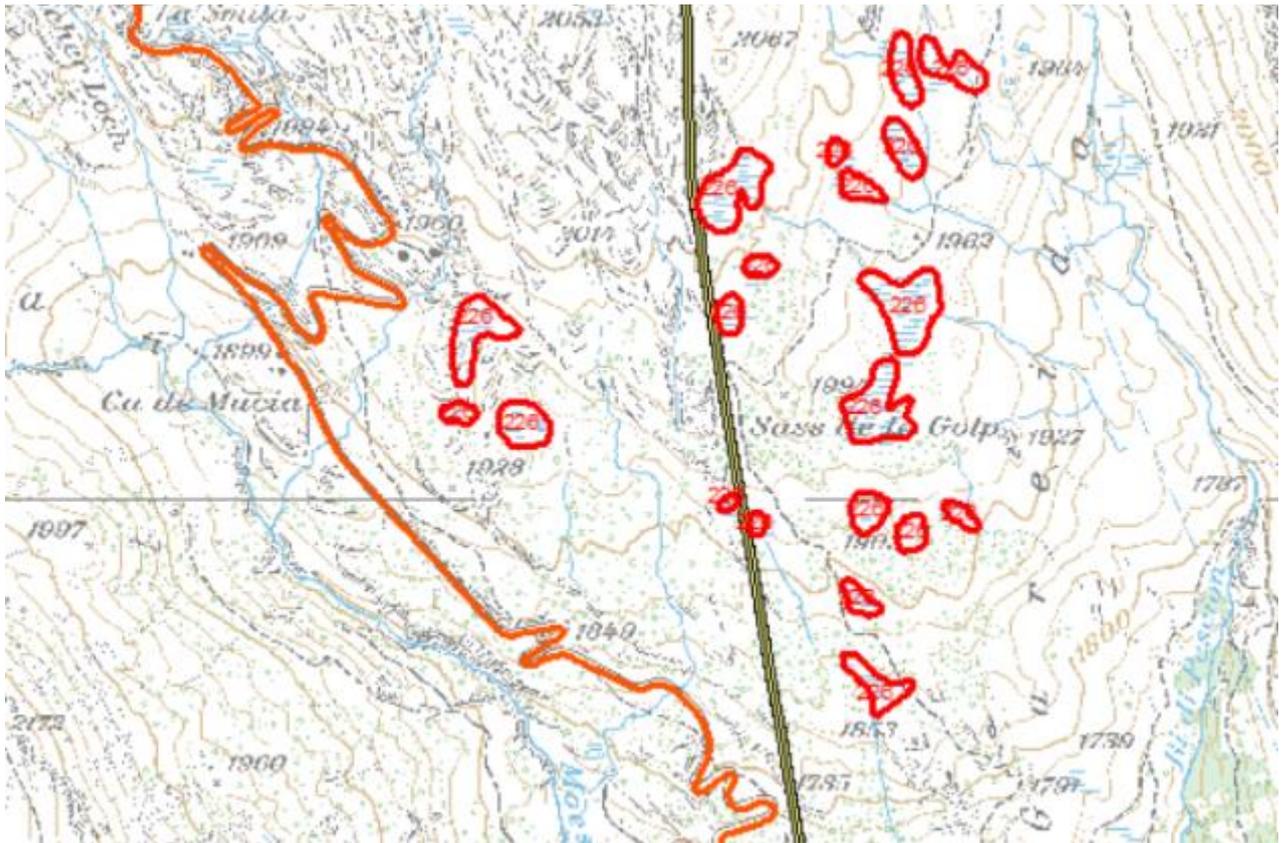


Abbildung 15. Visualisierung des Artefaktes der Analyse, welche durch einen Tunnel verursacht wird und die Einschätzung der Beeinträchtigung durch den Verkehrsweg verfälscht.



Abbildung 16. Übersicht über die Verteilung der betroffenen Objekte in der Schweiz

Legende: grau=keine Kategorie d.h. Objekte ohne Strasse in Distanz max. 500m, rot bis gelb Objekte der Distanzkategorien 1-5

In Distanzkategorie 1 (rote Flecken) sind zum Beispiel Rothenthurm, Vallée de Joux, Vallée des Ponts-de-Martel und die Moore um den Pfäffikersee.

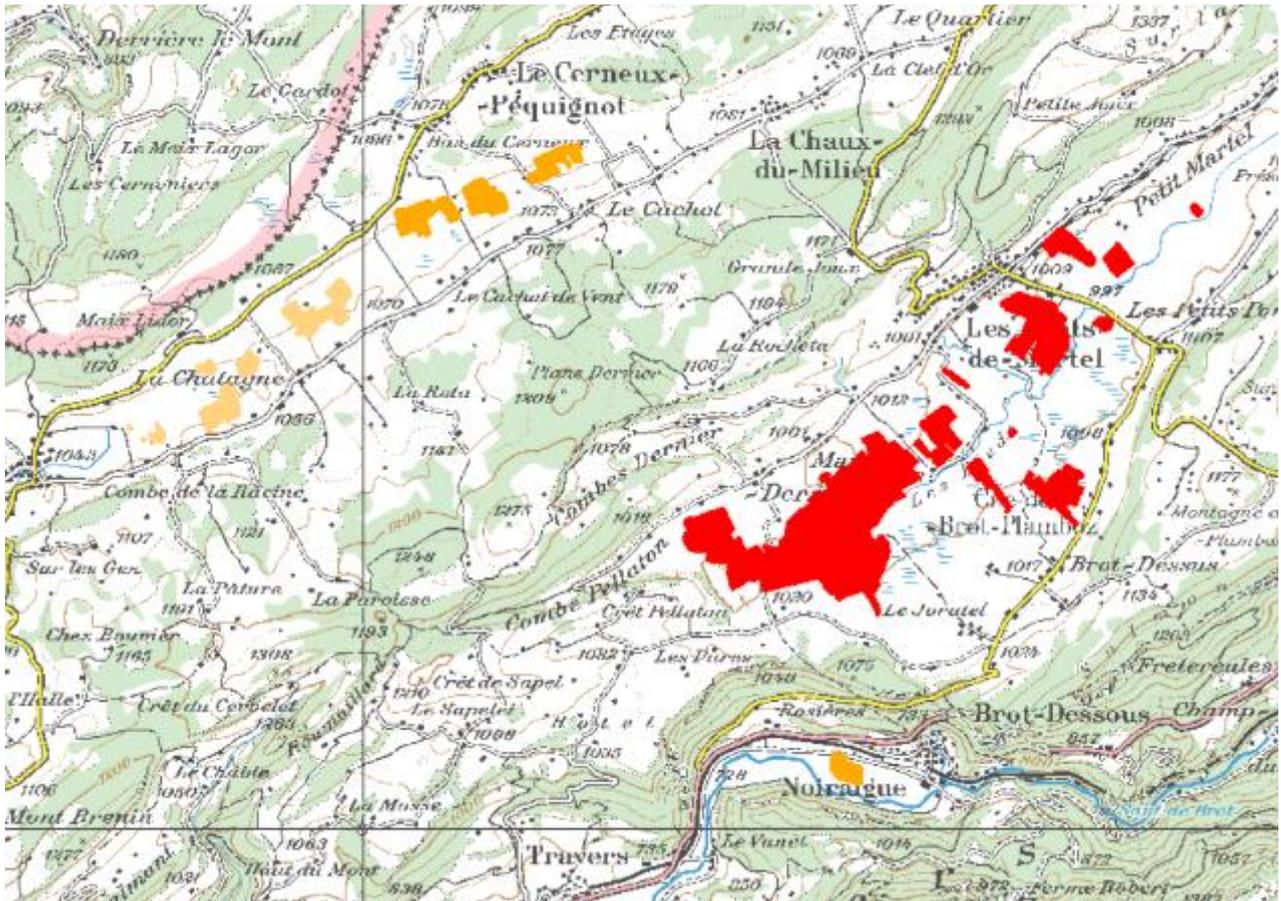


Abbildung 17. Beispiel eines Hotspots für Hochmoore, Vallée des Ponts-de-Martel

3.2.2 Hochmoore und Bahnlinien

Von den total 551 Hochmoor-Objekten der Schweiz sind 57 der Objekte (11%) betroffen von einer Bahnlinie im Objekt oder in maximaler Entfernung von 500m zum Objekt.

Die 59 Objekte, welche in 500m Distanz zu einer Bahnlinie liegen, fallen in die folgenden Distanzkategorien:

Tabelle 12. Hochmoore und Bahnlinien

Distanzkategorie	Anzahl Objekte
1 – Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	12
2 – Objekt in hydr. Puffer <200m	17
3 – Objekt in hydr. Puffer < 500m	17
4 – Objekt nur in Störungspuffer <200m	2
5 – Objekt nur in Störungspuffer <500m	11

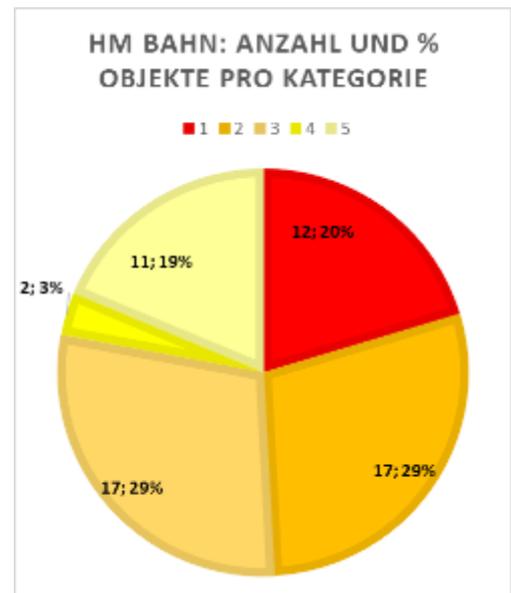


Abbildung 18. Verteilung der betroffenen Hochmoorobjekte in die verschiedenen Distanzkategorien.



Abbildung 19. Übersicht über die Verteilung der betroffenen Objekte in der Schweiz

Legende: grau=keine Kategorie d.h. Objekte ohne Strasse in Distanz max. 500m, rot bis gelb Objekte der Distanzkategorien 1-5)

In Distanzkategorie 1 (rote Flecken) sind zum Beispiel Rothenthurm, Vallée de Joux und La Tourbière de la Chaux-des-Breuleux.



Abbildung 20. Beispiel eines Hotspots für Hochmoore im Zürcher Unterland

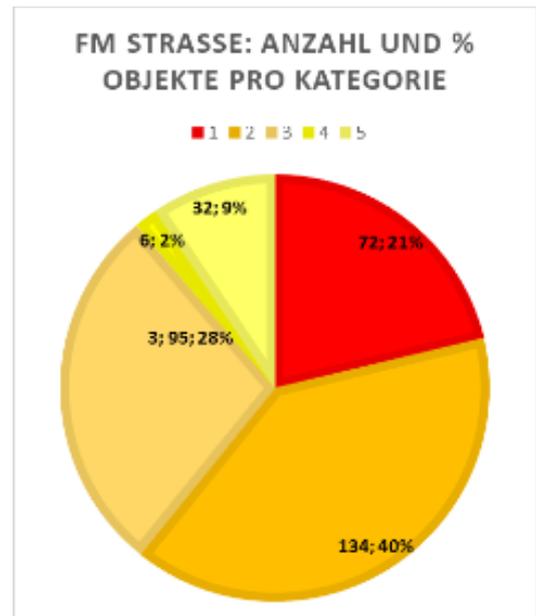
3.2.3 Flachmoore und Strassen

Von den total 1268 Flachmoor-Objekten der Schweiz sind 339 Objekte (27%) betroffen von einer Strasse im Objekt oder in maximaler Entfernung von 500m zum Objekt. Die 339 Objekte, welche in 500m Distanz zu einer Strasse liegen, fallen in die folgenden Distanzkategorien:

Tabelle 13. Flachmoore und Strassen

Distanzkategorie	Anzahl Objekte
1 – Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	72
2 – Objekt in hydr. Puffer <200m	134
3 – Objekt in hydr. Puffer < 500m	95
4 – Objekt nur in Störungspuffer <200m	6
5 – Objekt nur in Störungspuffer <500m	32

Abbildung 21. Verteilung der betroffenen Flachmoorobjekte in die verschiedenen Distanzkategorien.



Im Vergleich zu den Hochmooren sind bei den Flachmooren 21% aller betroffenen Objekte von einer Strasse zerschnitten (bzw. 0-20m Distanz). Dafür weisen knapp 40% eine Strasse innerhalb der hydrologischen Pufferzone von 20-200m auf und weitere 28% innerhalb von 200-500m hydrologischer Pufferzone. Insgesamt weisen 301 Objekte und damit mehr als vier Fünftel (89%) aller betroffenen Objekte eine Strasse innerhalb ihrer hydrologischen Pufferzone auf. Bemessen zu den total 1268 FM Objekten in der Schweiz sind dies jedoch knapp ein Viertel (24%) aller Objekte, welche eine hydrologische Beeinträchtigung durch eine Strasse aufweisen.



Abbildung 22. Bsp. eines Objektes in Distanzkategorie 1 mit Hochleistungsstrasse. FM-Objekt Nr. 2744 Seedorfer Ried (UR). Dieses Objekt ist durch die Autobahn in 2 Teile zerschnitten.

Verkehrsbedeutung

Unterscheidet man die betroffenen Objekte nach Verkehrsbedeutung der Strasse stellt sich heraus, dass die Durchgangs- und Verbindungsstrassen oft einen viel grösseren Anteil ausmachen als die Hochleistungsstrassen (Autobahnen). Gesamthaft machen die Hochleistungsstrassen rund 18% aller Strassen aus, die Durchgangsstrassen 36% und die Verbindungsstrassen 46%.

Tabelle 14. Anzahl und Anteil der verschiedenen Strassentypen in den unterschiedlichen Distanzkategorien für Flachmoore.

Distanzkategorie	Hochleistungsstrasse	Durchgangsstrasse	Verbindungsstrasse
1	11	30	31
2	29	49	56
3	17	30	48
4	1	2	3
5	3	13	16
total pro Verkehrsbedeutung	61	124	154
% aller betroffenen Obj	17.99	36.58	45.43

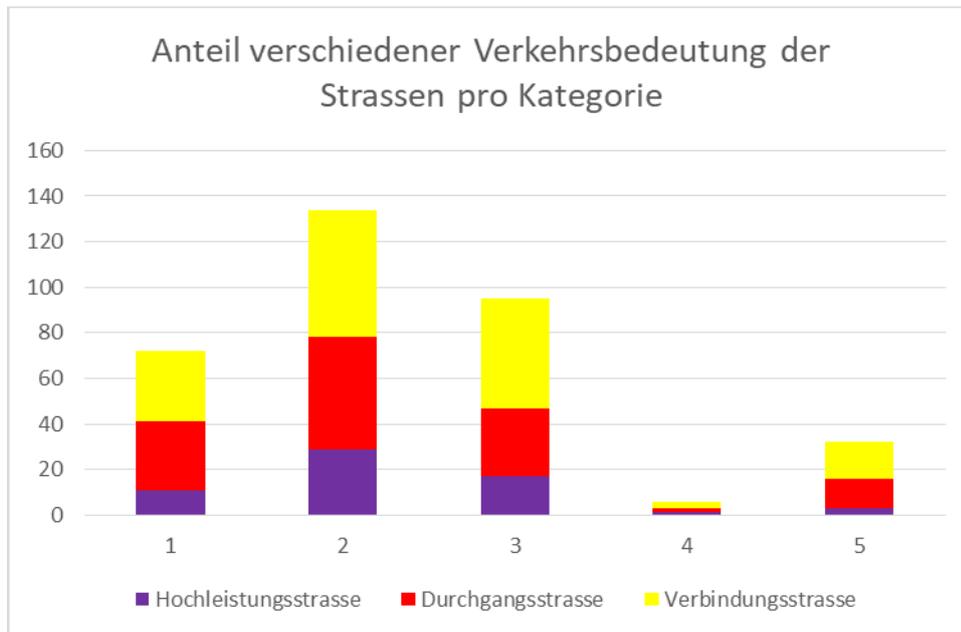


Abbildung 23. Anzahl der verschiedenen Strassentypen in den unterschiedlichen Distanzkategorien für Flachmoore



Abbildung 24. Übersicht über die Verteilung der betroffenen Objekte in der Schweiz

Legende: grau=keine Kategorie d.h. Objekte ohne Strasse in Distanz max. 500m, rot bis gelb Objekte der Distanzkategorien 1-5)

In Distanzkategorie 1 (rote Flecken) sind zum Beispiel das Vallée de Joux, die Moore um den Pfäffikersee, Rothenthurm, die Schwägalp, das Bolle di Magadino und das Gantrischgebiet.

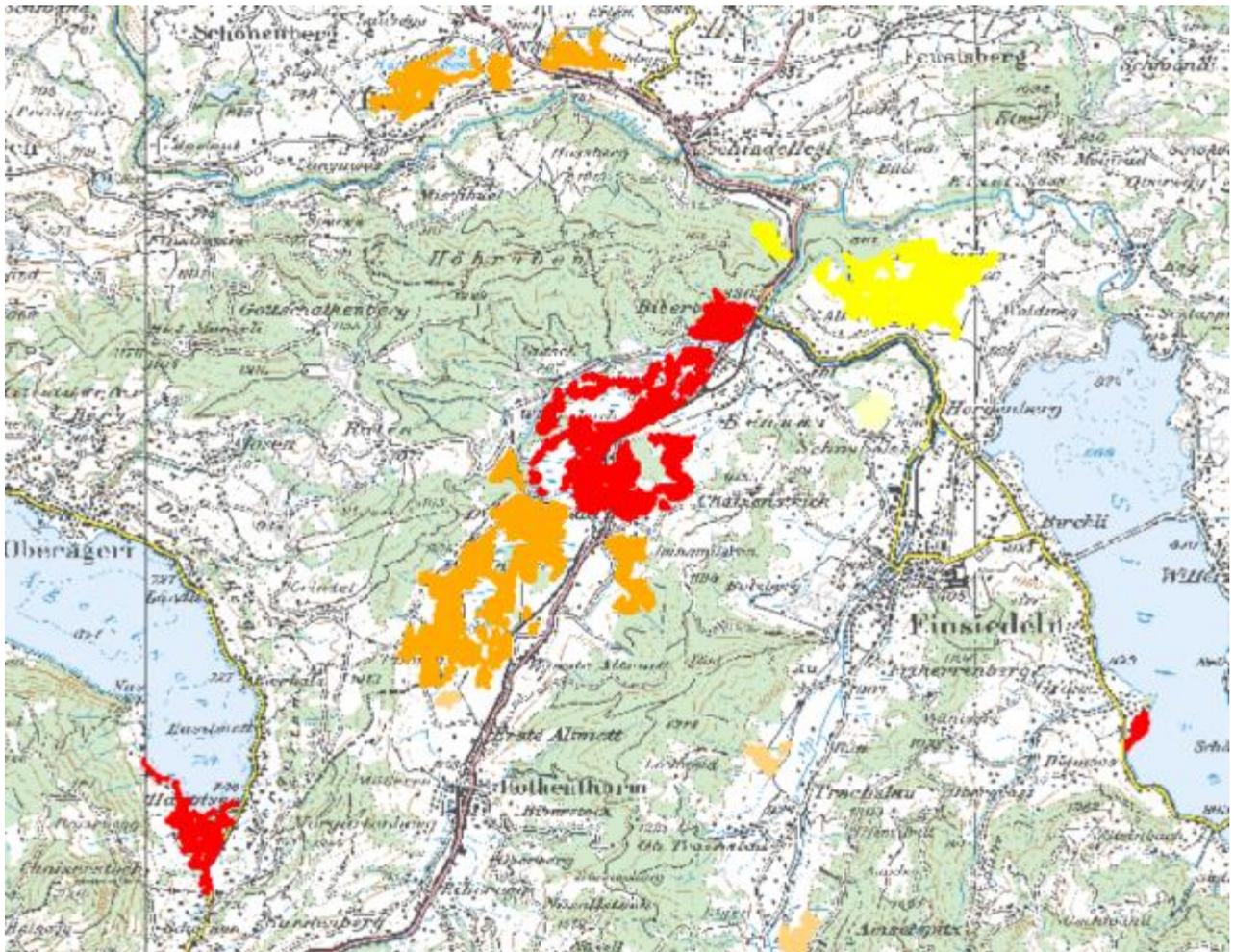


Abbildung 25. Beispiel eines Hotspots für Flachmoore in Rothenthurm

3.2.4 Flachmoore und Bahnlinien

Von den total 1268 Flachmoor-Objekten der Schweiz sind 178 Objekte (14%) betroffen von einer Bahnlinie im Objekt oder in maximaler Entfernung von 500m zum Objekt. Die 178 Objekte, welche in 500m Distanz zu einer Bahnlinie liegen, fallen in die folgenden Distanzkategorien:

Tabelle 15. Flachmoore und Bahnlinien

Distanzkategorie	Anzahl Objekte
1 – Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	50
2 – Objekt in hydr. Puffer <200m	58
3 – Objekt in hydr. Puffer < 500m	51
4 – Objekt nur in Störungspuffer <200m	0
5 – Objekt nur in Störungspuffer <500m	19

Abbildung 26. Verteilung der betroffenen Flachmoorobjekte in die verschiedenen Distanzkategorien.

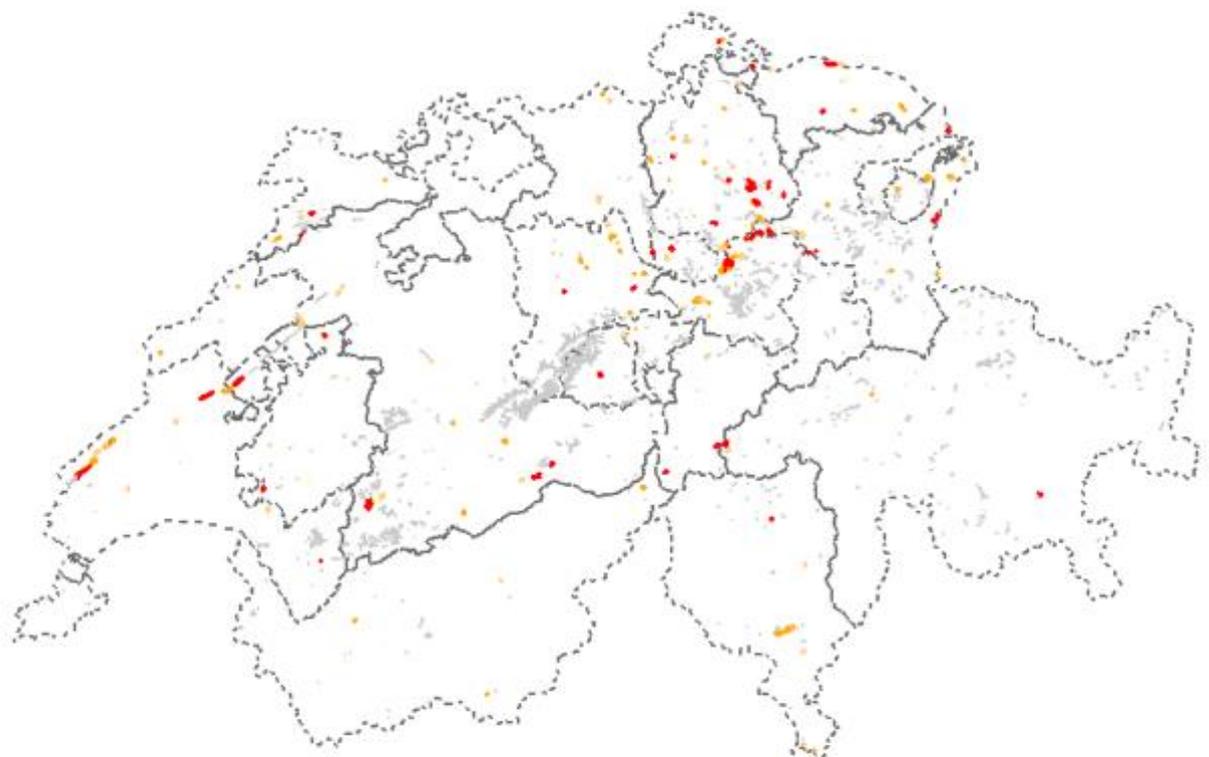
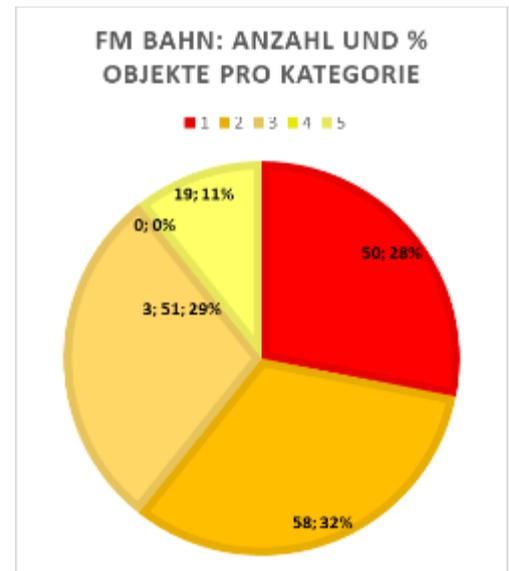


Abbildung 27. Übersicht über die Verteilung der betroffenen Objekte in der Schweiz

Legende: grau=keine Kategorie d.h. Objekte ohne Strasse in Distanz max. 500m, rot bis gelb Objekte der Distanzkategorien 1-5)

In Distanzkategorie 1 (rote Flecken) sind zum Beispiel Rothenthurm, einige Flachmoore um den Zürich- und Pfäffikersee, sowie den Neuenburgersee und das Vallée de Joux.

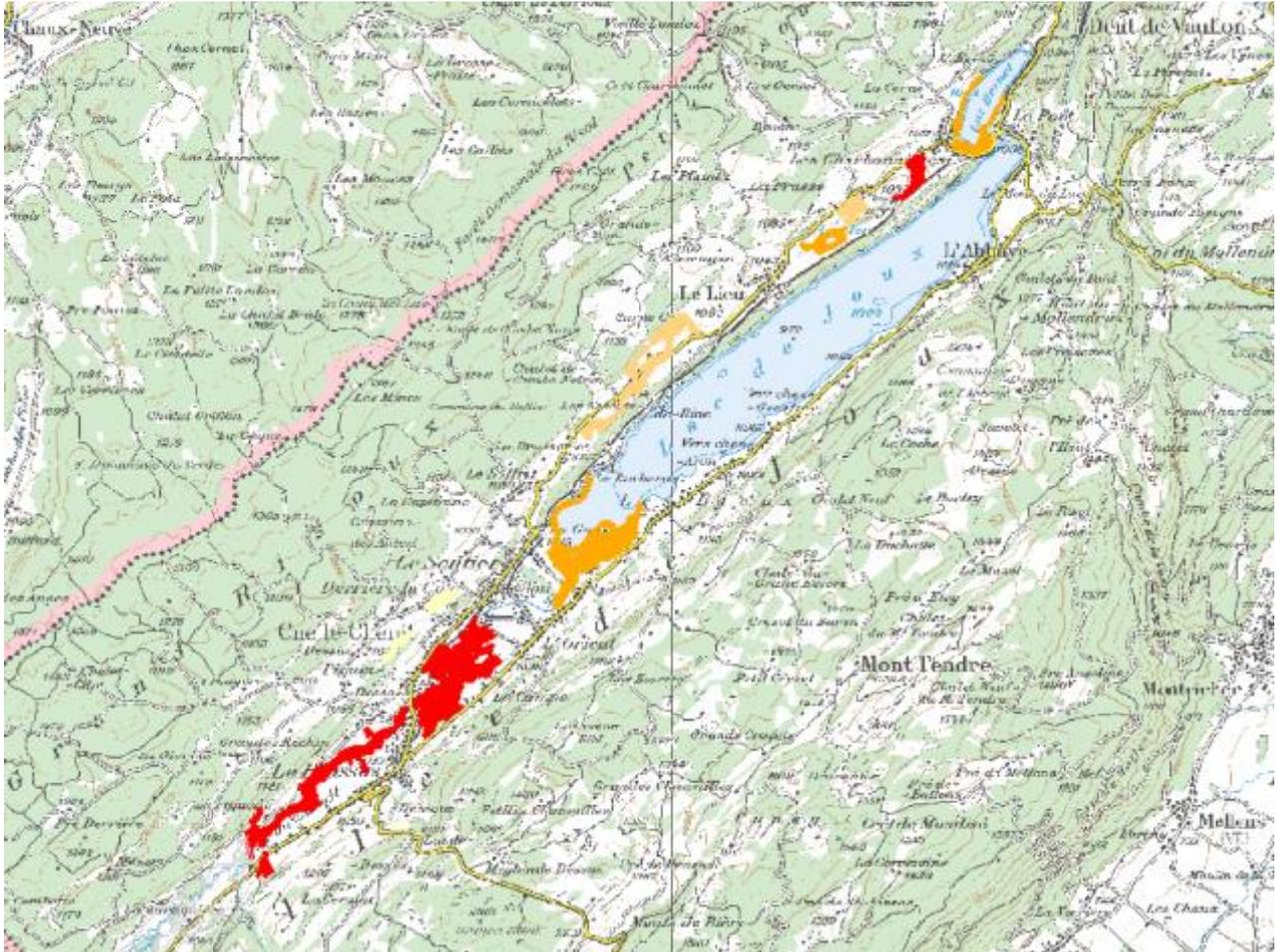


Abbildung 28. Beispiel eines Hotspots für Flachmoore beim Lac de Joux

3.2.5 Auengebiete und Strassen

Bei den Auengebieten ist keine hydrologische Pufferzone einbezogen worden. Die Distanzkategorien 1 bis 3 beziehen sich also nur auf den Störungspuffer.

Von den total 326 Auen-Objekten der Schweiz sind 173 Objekte (50%) betroffen von einer Strasse im Objekt oder in maximaler Entfernung von 500m zum Objekt. Die 173 Objekte, welche in 500m Distanz zu einer Strasse liegen, fallen in die folgenden Distanzkategorien:

Tabelle 16. Auengebiete und Strassen

Distanzkategorie	Anzahl Objekte
1 – Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	91
2 – Objekt in Störungspuffer <200m	44
3 – Objekt in Störungspuffer <500m	38

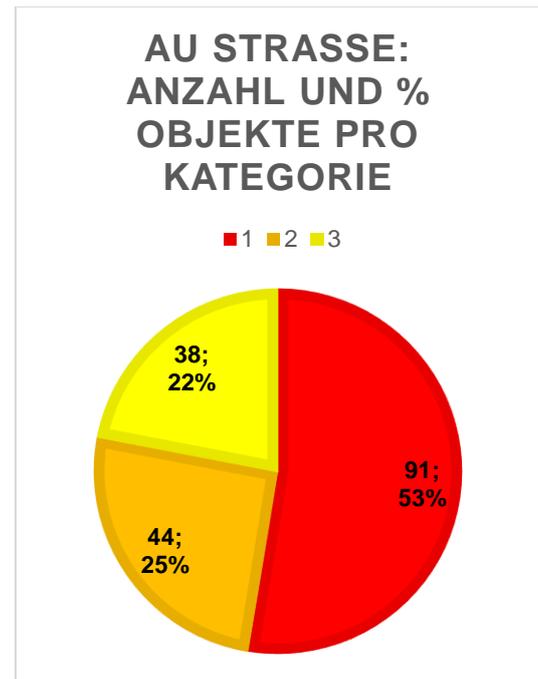


Abbildung 29. Verteilung der betroffenen Auenobjekte in die verschiedenen Distanzkategorien.

Bei den Auengebieten sind mehr als die Hälfte 52% aller betroffenen Objekte von einer Strasse zerschnitten (bzw. 0-20m Distanz). Bemessen an den total 326 Objekten in der Schweiz sind dies gut ein Viertel (28%) aller Objekte, welche eine direkte Beeinträchtigung durch eine Strasse erleben. Der Strassentyp (Hochleistungsstrasse, Verbindungsstrasse, Durchgangsstrasse) spielt keine massgebliche Rolle auf die Einschränkung der Dynamik, ist aber relevant sobald der Einfluss auf Ebene Arten betrachtet wird.

In 12 der insgesamt 91 Objekten der Kategorie 1 sind Brücken involviert. Dies betrifft in 5 Fällen Objekte, wo die Brücke sich inmitten des Objektes befindet (Abbildung 30) und in 7 Fällen Objekte, wo sich die Brücke oberhalb oder unterhalb des Objektes bzw. randlich davon befindet (Abbildung 31). Das heisst, dass die Dynamik des Auengebietes durch die Brücke über das Gewässer potenziell beeinträchtigt wird. Allerdings sind diese GIS-basierte Anzahl sowie das Ausmass der Beeinträchtigung situativ zu überprüfen. Manchmal sind Flächen von Auengebieten in einem Perimeter zusammengefasst (und die Brücke befindet sich mitten im Objekt) oder in mehrere Teilflächen unterteilt worden (und die Brücke befindet sich ausserhalb des eigentlichen Auenperimeters). Zudem ist die Beeinträchtigung des Auengebietes abhängig von der Ausgestaltung wie z.B. der Durchlassbreite der Brücke abhängig.

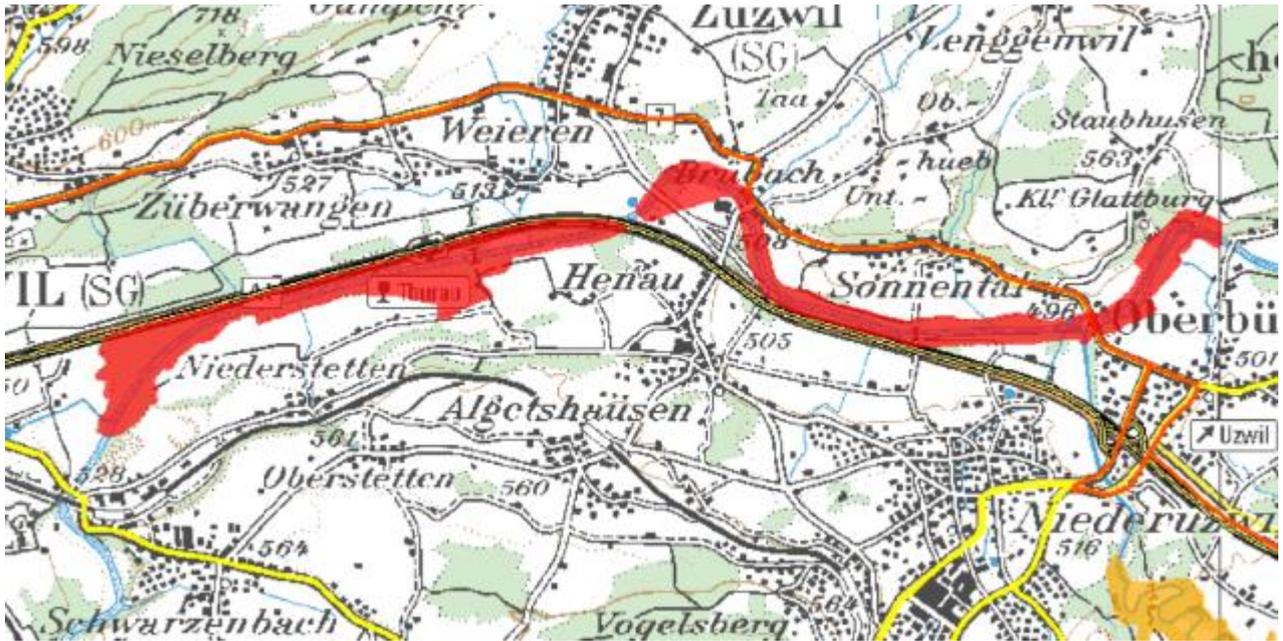


Abbildung 30. Objekt 15 Gillhof – Glattbrugg, in welchem sich eine Brücke unmittelbar im Objekte befindet (rechts) und zusätzlich eine Autobahnbrücke zum benachbarten Objekt 18 Thurauen Will – Weieren (links) liegt.

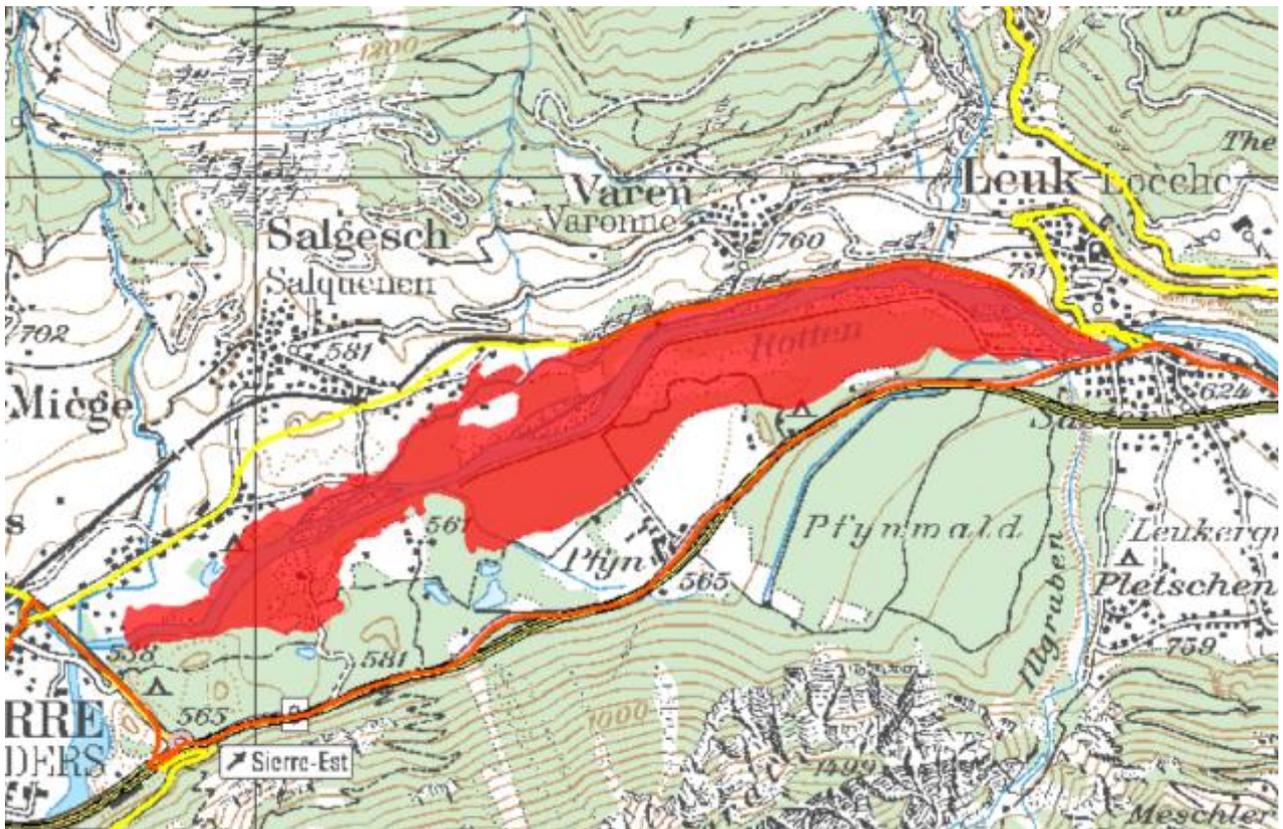


Abbildung 31. Objekt 133 Pfywald, wo sich die Brücke der nächstgelegenen Strasse oberhalb des Objektes befindet. Bei diesem Objekt befindet sich auch eine Brücke unterhalb.



Abbildung 32. Übersicht über die Verteilung der betroffenen Objekte in der Schweiz

Legende: grau=keine Kategorie d.h. Objekte ohne Strasse in Distanz max. 500m, rot bis gelb Objekte der Distanzkategorien 1-3)

In Distanzkategorie 1 (rote Flecken) sind zum Beispiel im Tessin das Valle Mesolcina, die Freiburger Voralpen, Urseren oder Alpnach.

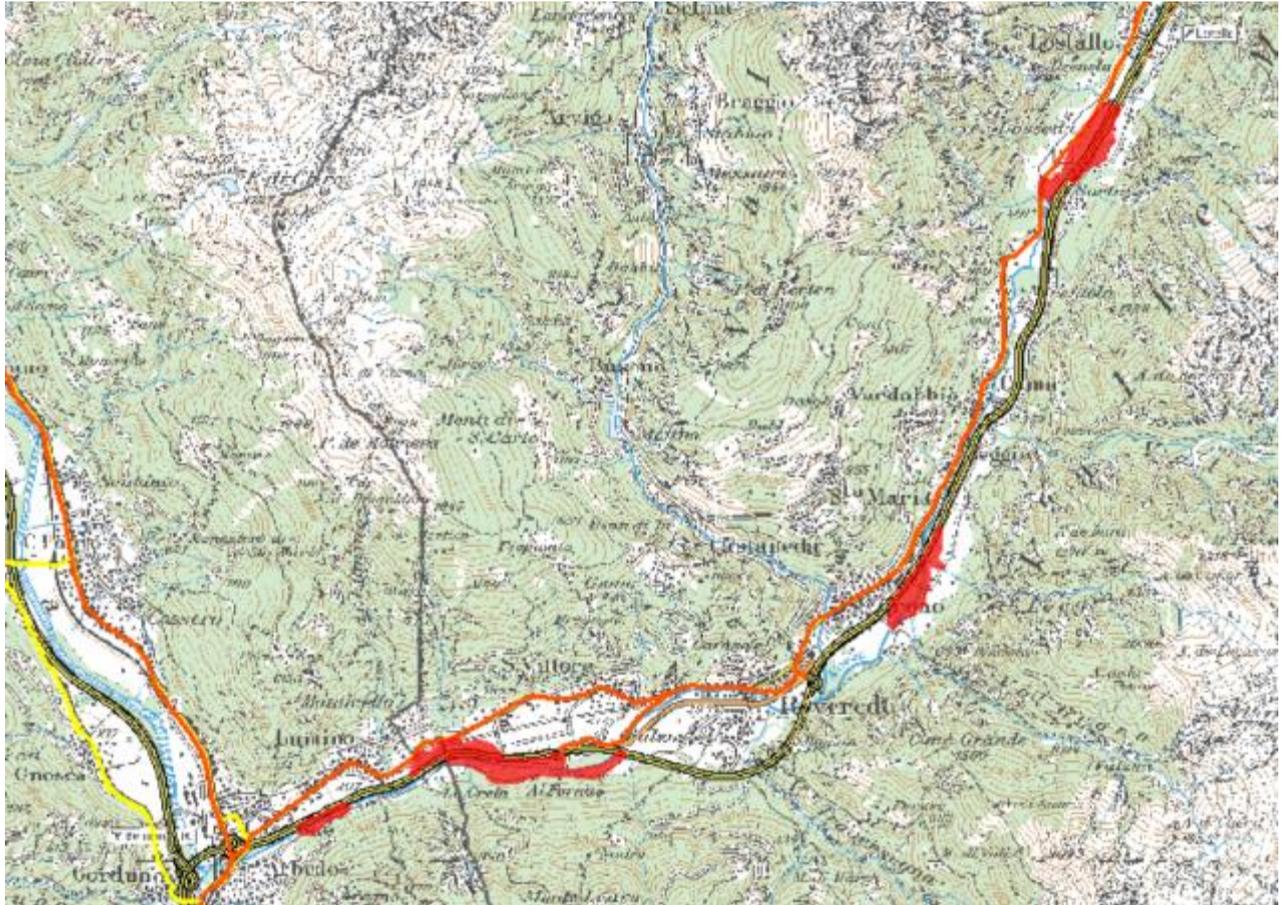


Abbildung 33. Beispiel eines Hotspots für Auen im Valle Mesolcino

3.2.6 Auengebiete und Bahnlinien

Von den total 326 Auen-Objekten der Schweiz sind 122 Objekte (37%) betroffen von einer Bahnlinie im Objekt oder in maximaler Entfernung von 500m zum Objekt. Die 122 Objekte, welche in 500m Distanz zu einer Bahnlinie liegen, fallen in die folgenden Distanzkategorien:

Tabelle 17. Auengebiete und Bahnlinien

Distanzkategorie	Anzahl Objekte
1 – Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	61
2 – Objekt in Störungspuffer <200m	35
3 – Objekt in Störungspuffer <500m	26

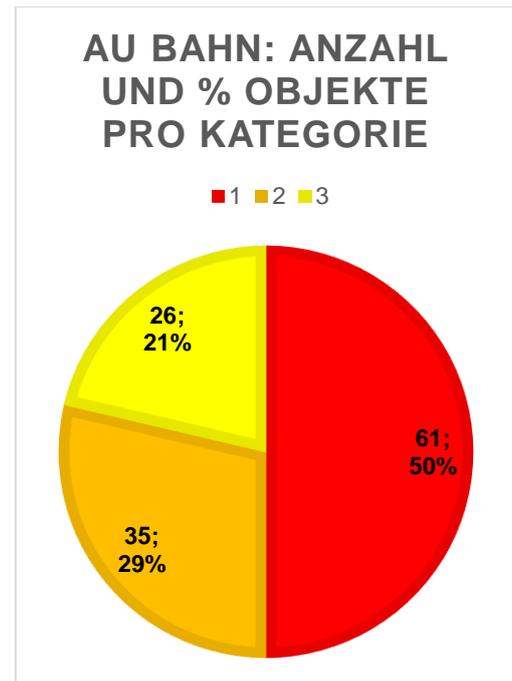


Abbildung 34. Verteilung der betroffenen Auenobjekte in die verschiedenen Distanzkategorien.

Bei den Auengebieten sind wie bei den Strassen die Hälfte 50% aller betroffenen Objekte von einer Bahnlinie zerschnitten (bzw. 0-20m Distanz). Bemessen an den total 326 Objekten in der Schweiz sind dies 19% aller Objekte, welche eine direkte Beeinträchtigung durch eine Bahnlinie erleben.

In 17 der insgesamt 61 Objekten der Kategorie 1 sind Brücken involviert. Dies betrifft in 10 Fällen Objekte, wo die Brücke sich inmitten des Objektes befindet (Abbildung 35) und in 7 Fällen Objekte, wo sich die Brücke oberhalb oder unterhalb des Objektes bzw. randlich davon befindet (Abbildung 36). Wie bereits bei den Strassen erläutert, muss die genaue Anzahl sowie das Ausmass der Beeinträchtigung situativ überprüft werden.

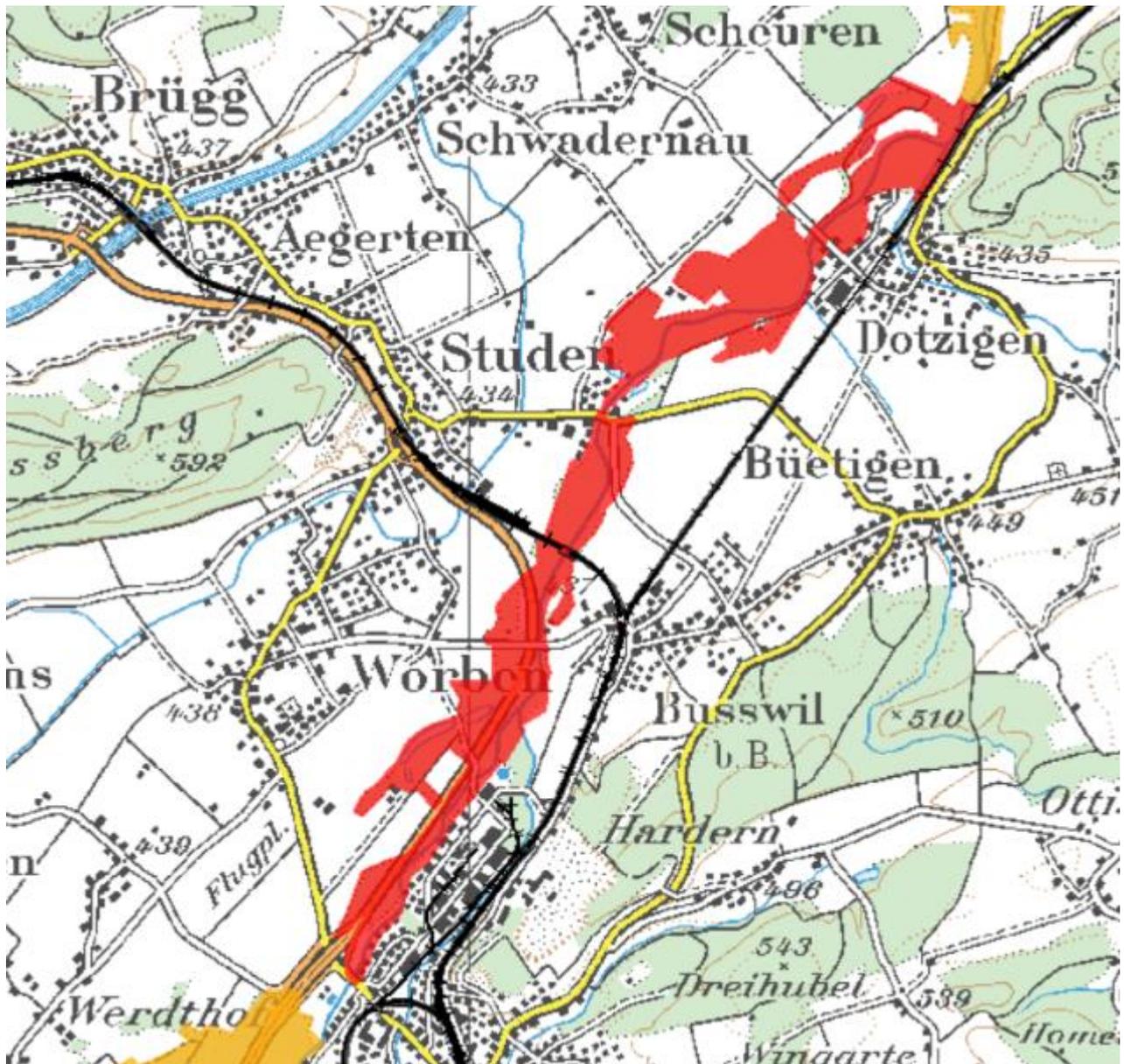


Abbildung 35. Objekt Nr. 48 Alte Aare: Dotzigen - Lyss

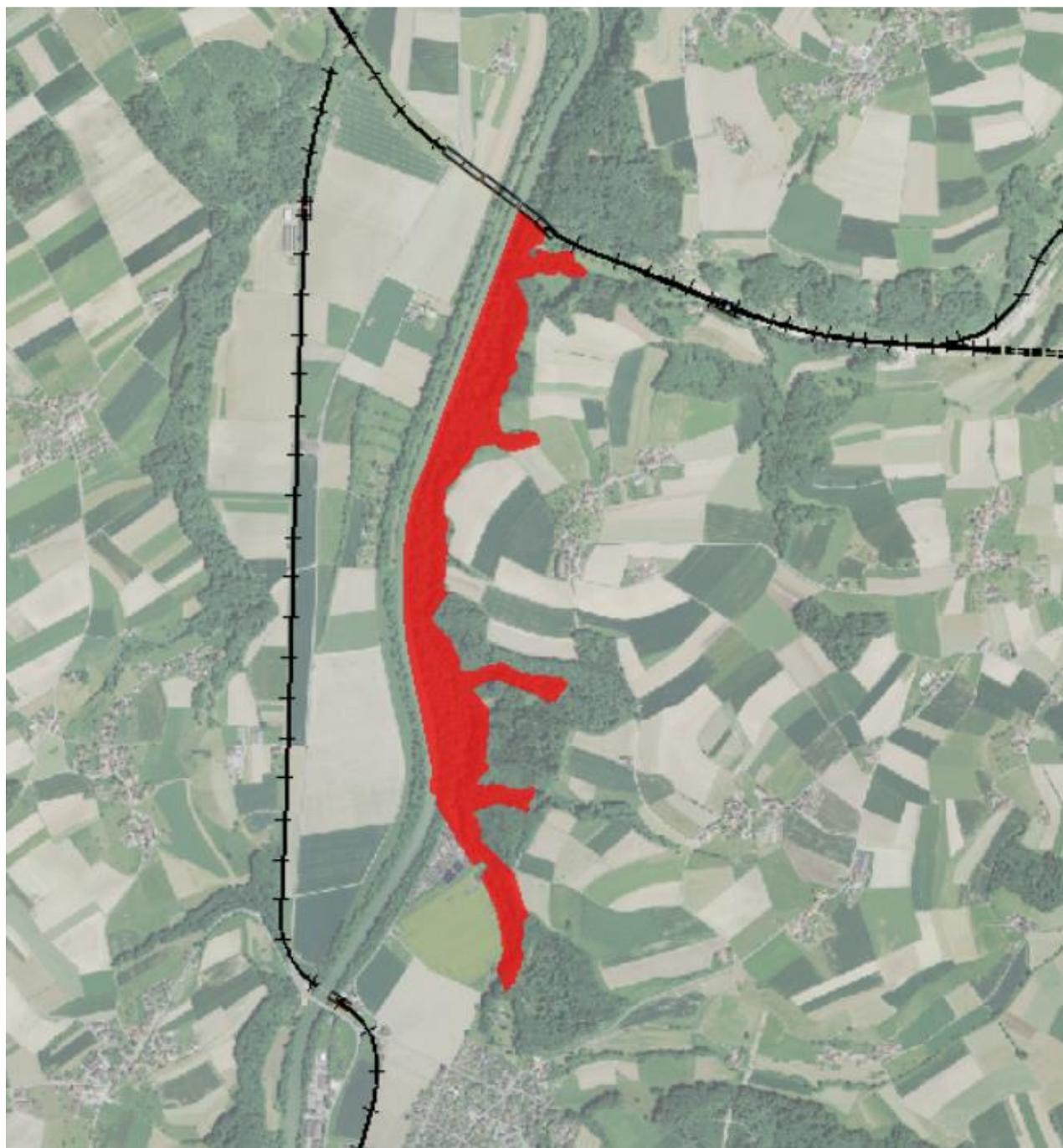


Abbildung 36. Objekt 59 Laupenau. Die Brücke befindet sich unterhalb des Auengebietes über die Saane.

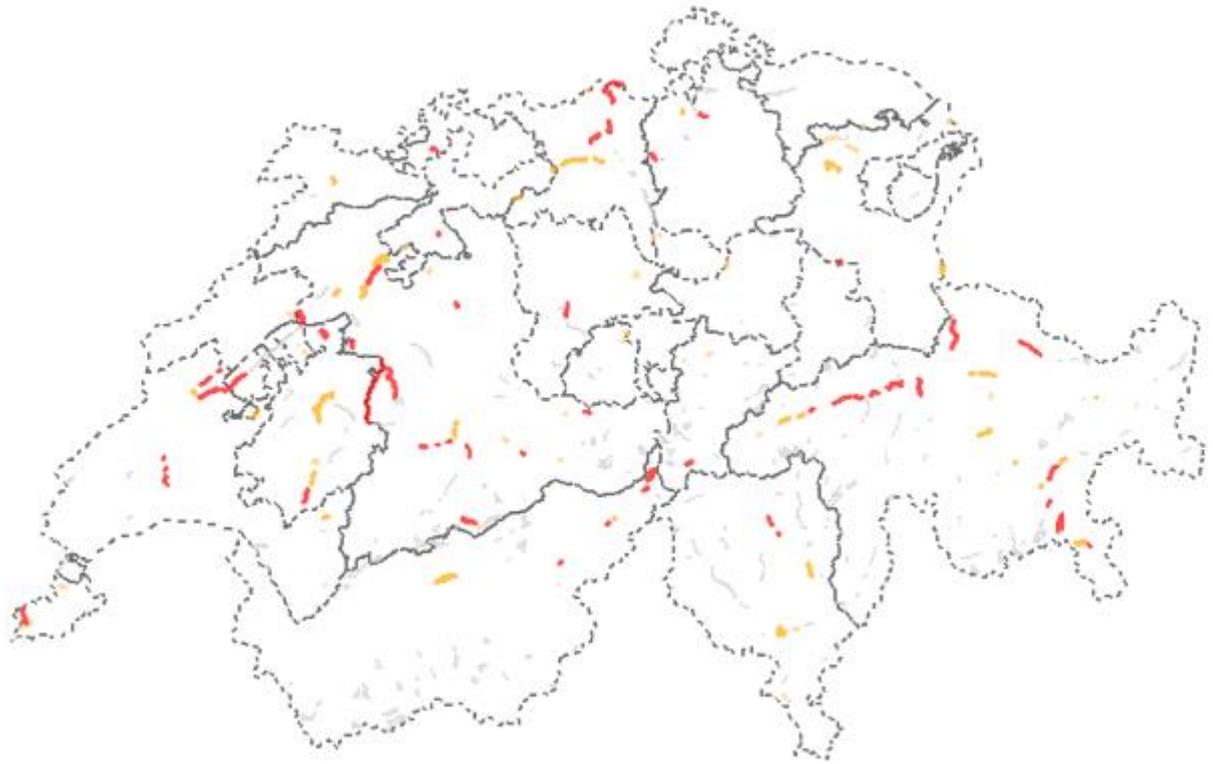


Abbildung 37. Übersicht über die Verteilung der betroffenen Objekte in der Schweiz

Legende: grau=keine Kategorie d.h. Objekte ohne Strasse in Distanz max. 500m, rot bis gelb Objekte der Distanzkategorien 1-3)

In Distanzkategorie 1 (rote Flecken) sind zum Beispiel Surselva, das Ober-Engadin sowie die Auengebiete entlang der Aare zwischen Aarau und Koblenz.



Abbildung 38. Beispiel eines Hotspots für Auen in der Surselva

3.2.7 Trockenwiesen und -weiden und Strassen

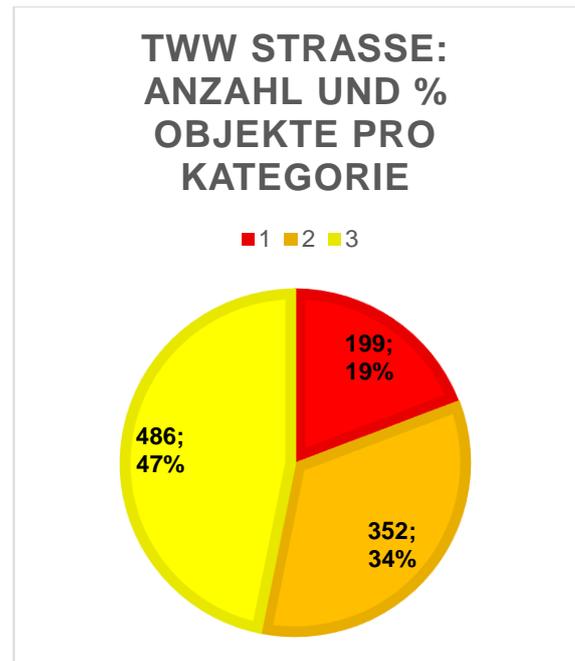
Bei den Trockenwiesen und -weiden ist keine hydrologische Pufferzone einbezogen worden. Die Distanzkategorien 1 bis 3 beziehen sich also nur auf den Störungspuffer.

Von den total 3631 Tww-Objekten der Schweiz sind 1037 Objekte (29%) betroffen von einer Strasse im Objekt oder in maximaler Entfernung von 500m zum Objekt. Die 1037 Objekte, welche in 500m Distanz zu einer Strasse liegen, fallen in die folgenden Distanzkategorien:

Tabelle 18. Trockenwiesen und -weiden und Strassen

Distanzkategorie	Anzahl Objekte
1 – Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	199
2 – Objekt in Störungspuffer <200m	352
3 – Objekt in Störungspuffer <500m	486

Abbildung 39. Verteilung der betroffenen Trockenwiesen- und -weiden-Objekte in die verschiedenen Distanzkategorien.



Bei den Tww-Objekten sind knapp ein Fünftel (19%) aller betroffenen Objekte von einer Strasse zerschnitten (bzw. 0-20m Distanz). Bemessen an den total 3631 Objekten in der Schweiz sind nur 6% aller Objekte, welche eine direkte Beeinträchtigung durch eine Strasse erleben.

Verkehrsbedeutung

Unterscheidet man die betroffenen Objekte nach Verkehrsbedeutung der Strasse stellt sich heraus, dass auch hier die Durchgangs- und Verbindungsstrassen einen viel grösseren Anteil ausmachen als die Hochleistungsstrassen (Autobahnen). Gesamthaft machen die Hochleistungsstrassen rund nur 13% aller Strassen aus, die Durchgangsstrassen 52% und die Verbindungsstrassen 35%.

Tabelle 19. Anzahl und Anteil der verschiedenen Strassentypen in den unterschiedlichen Distanzkategorien für Trockenwiesen und -weiden.

Distanzkategorie	Hochleistungsstrasse	Durchgangsstrasse	Verbindungsstrasse
1	24	97	78
2	50	183	119
3	60	255	171
total pro Verkehrsbedeutung	134	535	368
% aller betroffenen Objekte	12.92	51.59	35.49

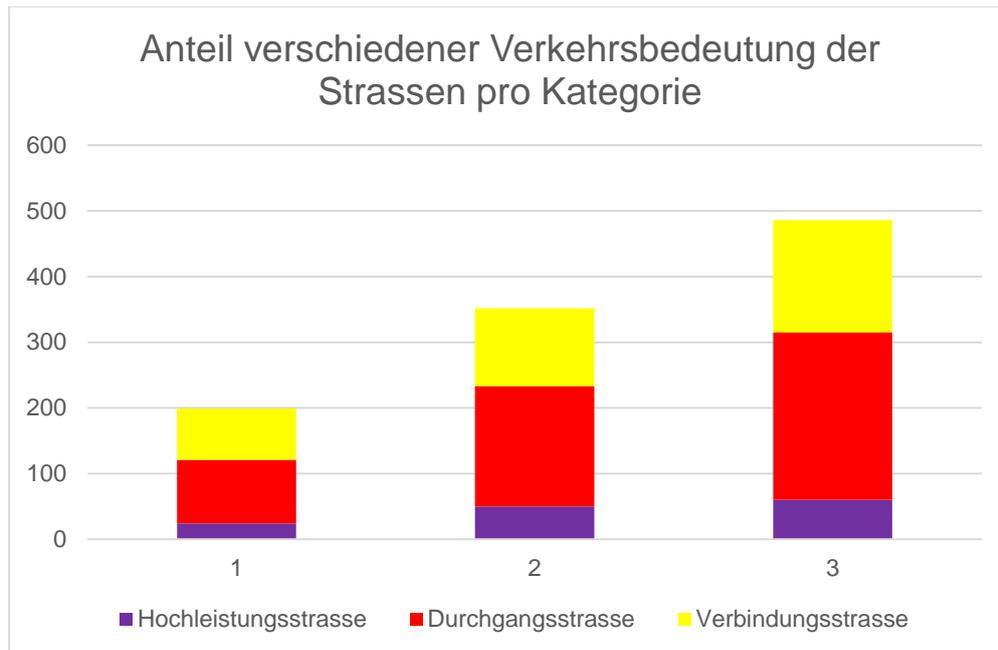


Abbildung 40. Anzahl der verschiedenen Strassentypen in den unterschiedlichen Distanzkategorien für Trockenwiesen und –weiden.

In 25 der insgesamt 199 Objekte der Kategorie 1 sind zumindest teilweise Tunnel involviert. Der Einfluss der Strasse ist in diesen Fällen deshalb als geringer einzustufen als wenn keine Tunnel vorhanden wären. Gerade für die Vernetzungssituation ist dieser Aspekt relevant. Verläuft der Verkehrsweg den grössten Teil der Länge unterhalb des Objektes, kann das Objekt aus Distanzkategorie 1 in die nächstgrössere Distanzkategorie umverteilt werden.

Bei den Tww gilt es grundsätzlich zwei verschiedene Typen von Objekten der Kategorie 1 zu unterscheiden:

1. Objekte, welche wahrscheinlich bereits vor dem Bau bestanden und nun durch einen Verkehrsweg zerschnitten wurden (Abbildung 41). Bei den Strassen ist dies der häufigste Fall.
2. Objekte, welche sich wahrscheinlich aufgrund des Baus entlang den neu entstandenen Böschungen zu Tww entwickelten (Abbildung 42). Bei den Strassen ist dies selten so eindeutig der Fall. Teilweise ist es möglich, dass trockene Standorte während der Bauphase zusätzlich geschaffen wurden.

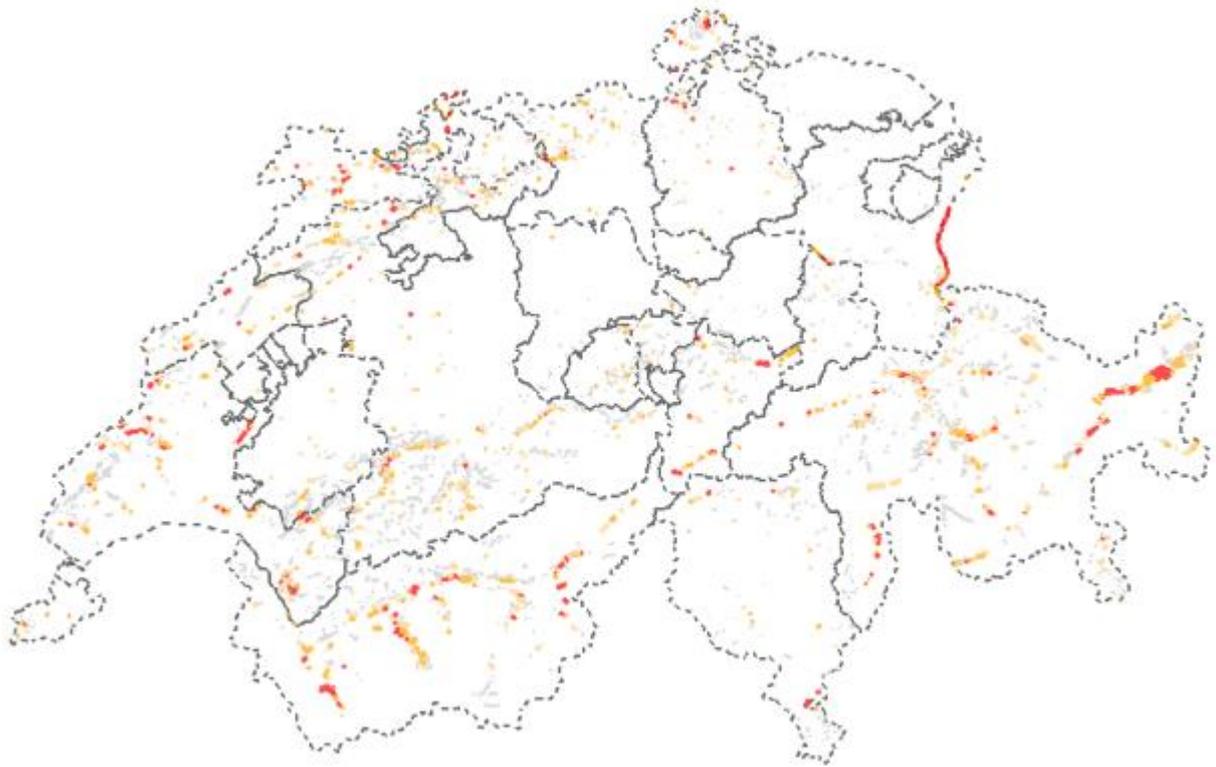
Der Einfluss des Verkehrsweges auf das Objekt ist in beiden Fällen der gleiche. Aber es hat Implikationen auf den Handlungsbedarf und die Massnahmen, welche vorgeschlagen werden.



Abbildung 41. Beispiel für 1. Objekt 8157 Fatschis (GR), welches wahrscheinlich bereits vor dem Bau der Strasse bestand. In diesem Fall wird die Tww-Fläche durch die Strasse in mehrere Teilbereiche unterteilt und die darin lebenden Populationen können sich nicht mehr uneingeschränkt austauschen.



Abbildung 42. Beispiel für 2. Objekt 3738 Vogelsang (ZH), welches wahrscheinlich aufgrund des Baus des Verkehrsweges (hier vor allem die Bahn) entstanden ist.



*Abbildung 43. Übersicht über die Verteilung der betroffenen Objekte in der Schweiz
 grau=keine Kategorie d.h. Objekte ohne Strasse in Distanz max. 500m, rot bis gelb Objekte der
 Distanzkategorien 1-3)*

*In Distanzkategorie 1 (rote Flecken) sind zum Beispiel das Engadina Bassa (GR), entlang des
 Rheins zwischen Lichtenstein und St. Gallen, und im Rhonetal im Wallis.*

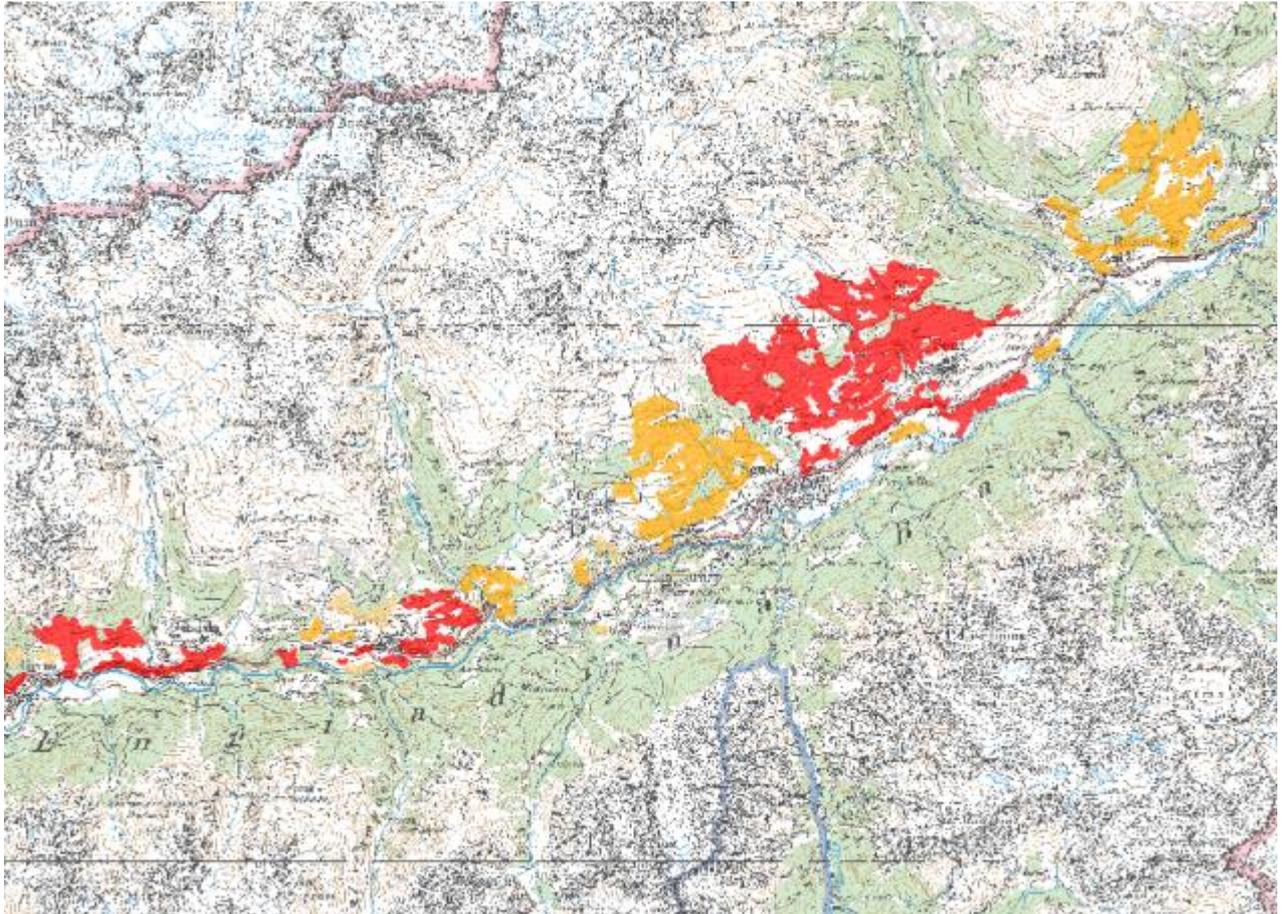


Abbildung 44. Beispiel eines Hotspots für Trockenweiden und –weiden im Engadina bassa

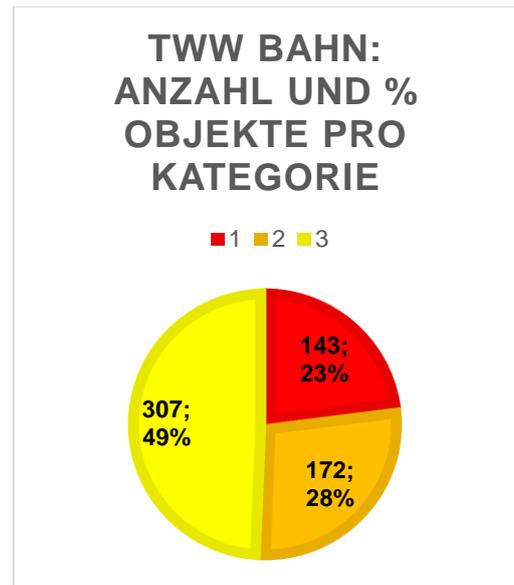
3.2.8 Trockenwiesen und –weiden und Bahnlinien

Von den total 3631 Tww-Objekten der Schweiz sind 622 Objekte (17%) betroffen von einer Bahnlinie im Objekt oder in maximaler Entfernung von 500m zum Objekt. Die 622 Objekte, welche in 500m Distanz zu einer Bahnlinie liegen, fallen in die folgenden Distanzkategorien:

Tabelle 20. Trockenwiesen- und -weiden und Bahnlinien

Distanzkategorie	Anzahl Objekte
1 – Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	143
2 – Objekt in Störungspuffer <200m	172
3 – Objekt in Störungspuffer <500m	307

Abbildung 45. Verteilung der betroffenen Trockenwiesen- und -weiden-Objekte in die verschiedenen Distanzkategorien.



Bei den Tww-Objekten sind 23% aller betroffenen Objekte von einer Bahnlinie zerschnitten (bzw. 0-20m Distanz). Bemessen an den total 3631 Objekten in der Schweiz sind nur 4% aller Objekte, welche eine direkte Beeinträchtigung durch eine Bahnlinie erleben.

In 31 der insgesamt 143 Objekte der Kategorie 1 sind zumindest teilweise Tunnel involviert. Dies betrifft gut ein Fünftel (22%) aller Objekte in Kategorie 1. Der Einfluss der Bahnlinie ist in diesen Fällen deshalb als geringer einzustufen als wenn keine Tunnel vorhanden wären. Gerade für die Vernetzungssituation ist dieser Aspekt relevant. Allerdings ist diese GIS-basierte Anzahl sowie das Ausmass der Abschwächung der Beeinträchtigung situativ zu überprüfen.



Abbildung 46. Objekt 6317 Col de Jaman (VD), bei welchem die Bahnlinie auf der ganzen Schnittlinie in einem Tunnel verläuft und das Objekt damit nicht tangiert.

Bei den Bahnlinien ist es viel häufiger als bei den Strassen der Fall, dass ein Tww-Objekt direkt entlang der Böschungen der Bahnlinien entstanden ist (Abbildung 47). Ebenfalls gibt es jedoch Objekte, welche wahrscheinlich schon zuvor bestanden und durch die Bahnlinie zerschnitten werden (Abbildung 48)



Abbildung 47. Objekt 6633 Jugny (VD) liegt direkt beidseits der Bahnlinie inmitten von intensivem Kulturland.



Abbildung 48. Objekt 9464 Rafailis (GR), welches durch die Bahnlinie durchbrochen ist.

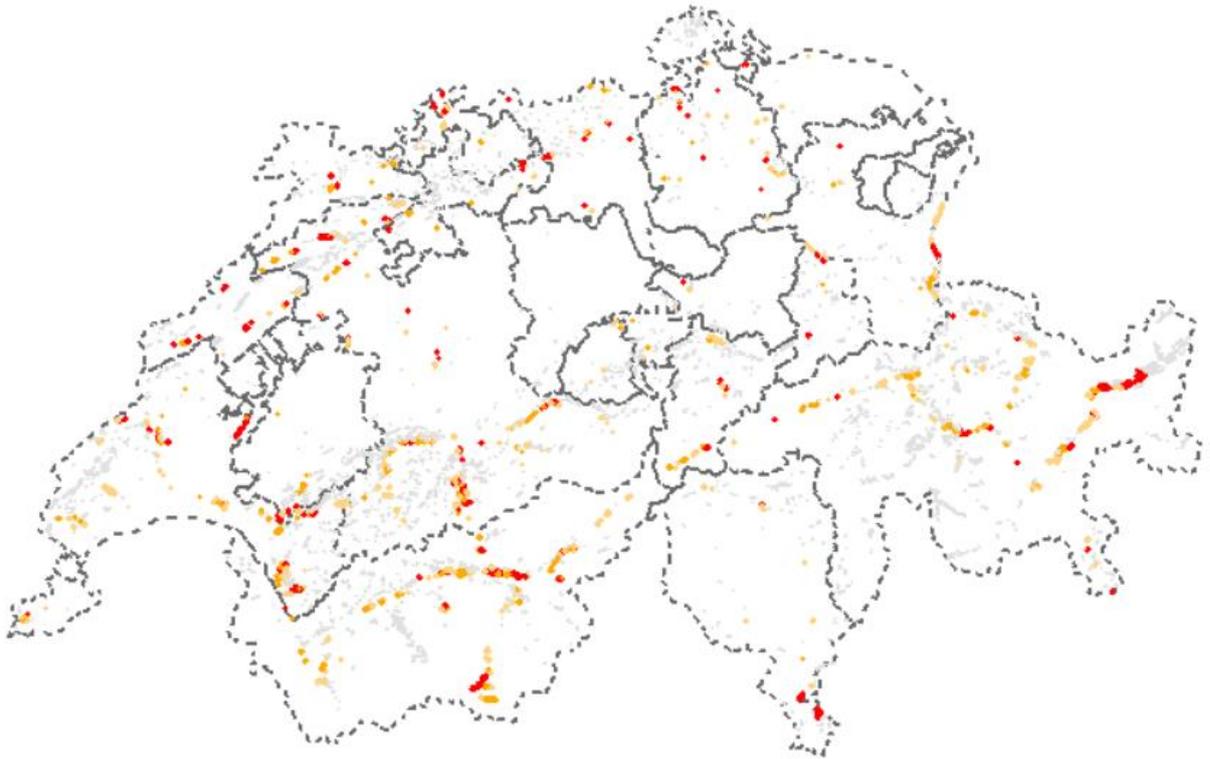
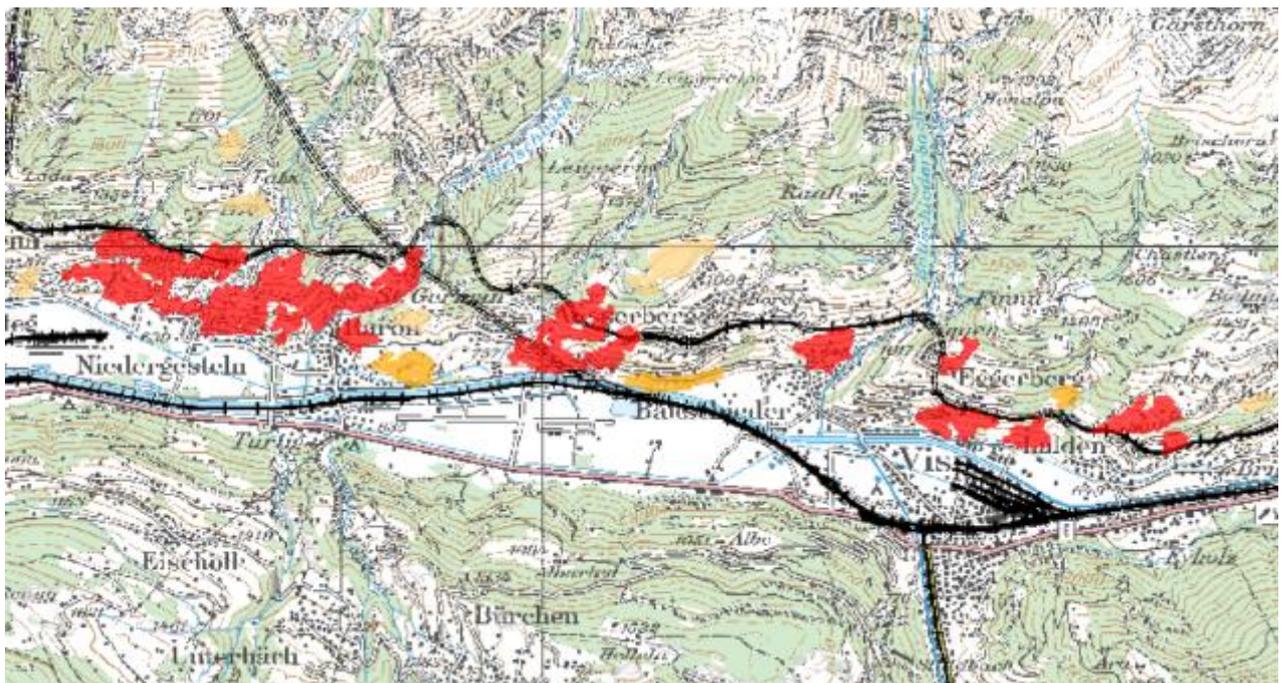


Abbildung 49. Übersicht über die Verteilung der betroffenen Objekte in der Schweiz

Legende: grau=keine Kategorie d.h. Objekte ohne Bahnlinie in Distanz max. 500m, rot bis gelb Objekte der Distanzkategorien 1-3)

In Distanzkategorie 1 (rote Flecken) sind zum Beispiel das Engadina Bassa (GR) und im Rhonetal im Wallis. Des weiteren liegen einige Objekte nahe der Schmalspurbahn zwischen Montreux und Chateau-d'Oex zwischen den Kantonen Fribourg und Waadt.



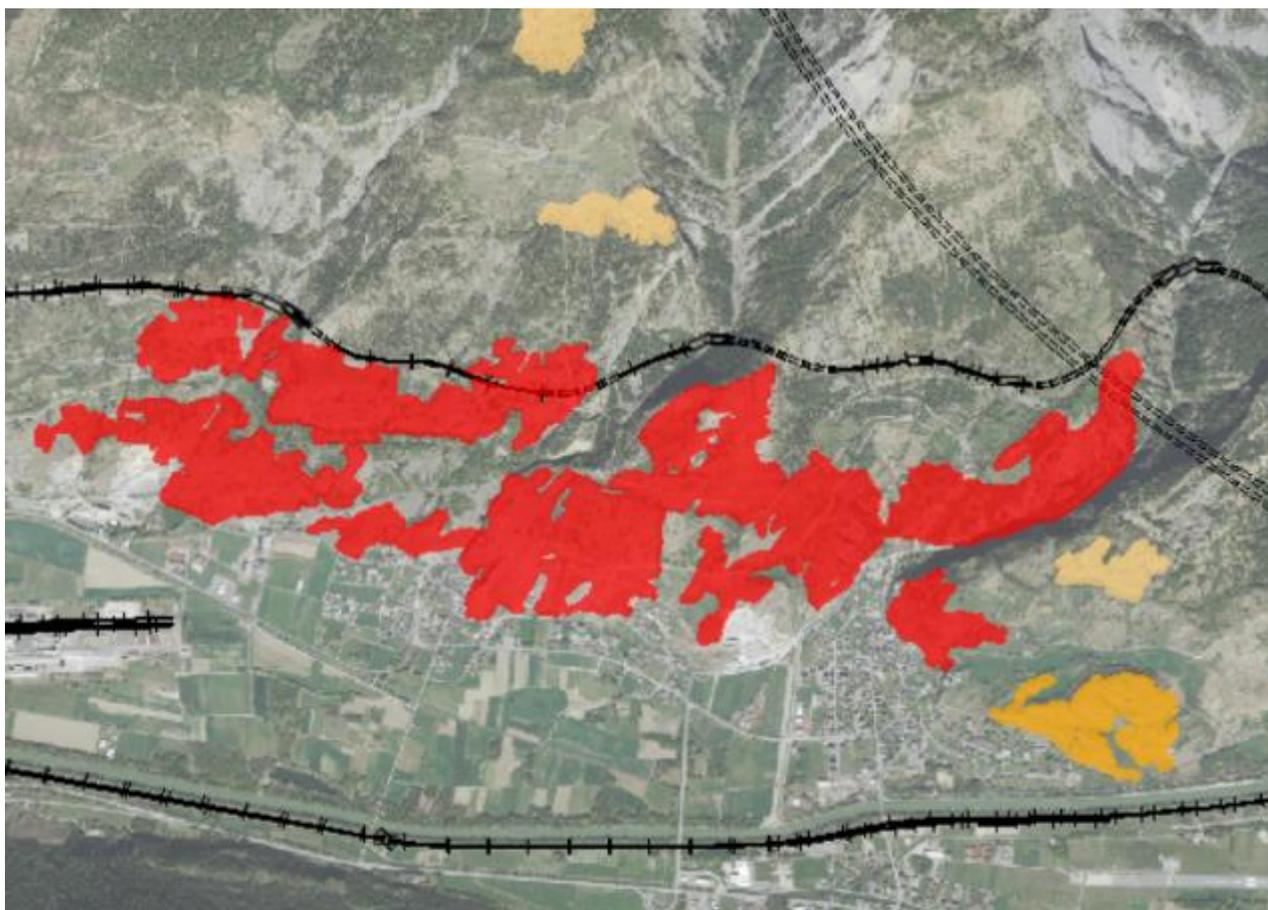


Abbildung 50. Beispiel eines Hotspots für Trockenwiesen und -weiden im Rhonetal, Fokus auf Tww-Obj. 7040 Niedergesteln

3.2.9 Übersicht über alle Biotope

Führt man die Daten aus den Einzelauswertungen zusammen, erhält man folgendes Mengengerüst der betroffenen Objekte.

Tabelle 21. Mengengerüst der betroffenen Objekte pro Biototyp und Distanzkategorie

		Anzahl betroffener Objekte								Total
		HM		FM		AU		TWW		
Distanzkategorie		Strasse	Eisenbahn	Strasse	Eisenbahn	Strasse	Eisenbahn	Strasse	Eisenbahn	
1	Objekt zerschnitten (Puffer 20m)	34	12	72	50	91	61	199	143	662
2	Objekt in hydr. Puffer <200m	46	17	134	58	44	35	352	172	858
3	Objekt in hydr. Puffer < 500m	26	17	95	51	38	26	486	307	1046
4	Objekt nur in Störungspuffer <200m	0	2	6	0					8
5	Objekt nur in Störungspuffer <500	11	11	32	19					73
Total		117	59	339	178	173	122	1037	622	2647

Für Hoch- und Flachmoore wurde die hydrologische Pufferzone einbezogen und die Objekte in 5 Kategorien unterteilt, bei Auen und Tww ist die hydrologische Pufferzone nicht relevant und die Objekte sind nur in 3 Kategorien eingeteilt worden.

4 Beurteilung der Priorisierung und des Handlungsbedarfs

4.1 Biotopübergreifende Aspekte

Ein Verkehrsweg ist immer eine Unterbrechung der Landschaft durch seine infrastrukturellen Eigenschaften (Bodenbeschaffenheit, Kabelkanäle, Zäune etc.) und seine Nutzung (Verkehrsaufkommen, Schadstoffe, Herbizideinsätze etc.). Ein Verkehrsweg hat nicht auf jeden Biototyp dieselbe Wirkung (Tabelle 22).

- Auf Ebene Lebensraum ist der Einfluss eines Verkehrsweges auf ein Biotop dort am grössten, wo die Grundvoraussetzungen für den Lebensraum beeinträchtigt werden (z.B. die hydrologischen Bedingungen bei den Mooren oder die Dynamik bei den Auengebieten).
- Auf Ebene der Arten ist relevant, dass ein Verkehrsweg das Habitat für eine bestimmte Art in zwei kleinere Teilflächen zerteilen kann. Fallen einer oder beide der übrig bleibenden Teilflächen (nach Abzug von Randeffekten) unter die Minimalgrösse für diese Art, kann eine Population isoliert werden mit Verschlechterung der Bedingungen (z.B. durch Klimawandel) oder durch ein Extremereignis (z.B. ein Hochwasser) ausgelöscht werden. Durch die Barrierewirkung des Verkehrsweges ist eine Wiederbesiedlung verhindert.

Moore (FM und HM)

Moore sind sehr stark abhängig vom Einzugsgebiet des Wassers und weiteren hydrologischen Aspekten. FM-/HM-Flächen befinden sich auf feuchten Böden und jeder Verkehrsweg in einem Moor unterbricht oder beeinflusst randlich diese Bedingungen. Die Barriere wird durch die oft trockenen und erhöhten Böschungen entlang der Verkehrswege zusätzlich verbreitert.

Auen

Tiefergelegene Auengebiete befinden sich entlang von Fließgewässern. Diese befinden sich natürlicherweise oft in Talböden, entlang welcher auch die Verkehrswege gebaut werden. Dies kann mit ein Grund sein, dass so viele Auen Verkehrswegen in ihrer Nähe aufweisen. Wie stark der Einfluss eines Verkehrsweges auf das Biotop ist, hängt jedoch vor allem davon ab, wie stark er die Dynamik des Auengebietes beeinträchtigt. Zum Beispiel:

- Verläuft der Verkehrsweg nahe des Gewässers über eine lange Strecke, wo die Aue ohne den Verkehrsweg (oder weitere Infrastrukturen) frei fließen könnte? -> der Einfluss ist gross
- Betrifft der Verkehrsweg nur einen kleinen Anteil des gesamten Auengebietes oder verläuft entlang einer Geländekante, welche durch die Dynamik des Flusses so oder so kaum genutzt werden konnte? -> der Einfluss ist eher klein

Zerschneidet ein Verkehrsweg ein Auengebiet, bzw. unterbricht die Verbindung zweier Auengebiete, besteht dennoch eine minimale Verbindung über das Fließgewässer selbst. Die Barrierewirkung ist abhängig von:

- Beschaffenheit des Durchlasses unterhalb des Verkehrsweges (Natürlichkeit/ Künstlichkeit der Gewässersohle-/Uferbereiche)
- Breite der Uferbereiche
- Beschaffenheit / Vegetation etc. der Uferbereiche

TWW:

TWW-Flächen befinden sich per Definition auf mageren, trockenen Böden. Eben solche Bedingungen sind oft an Böschungen von Bahnlinien oder Autobahnen zu finden. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass auch viele national bedeutende TWW-Flächen entlang der grossen Verkehrswege zu finden sind. Das heisst, dass der Verkehrsweg für TWW-Flächen nebst seiner physischen Grenzlinie auch positive Effekte auf das Biotop und die Organismen haben kann:

- Lebensraum für trockenheitsliebende Pflanzenarten, Insekten oder Reptilien (insbesondere auch in einer intensiv genutzten Landschaft)
- Trittsteinbiotop zwischen zwei Flächen beidseits des Verkehrsweges (insbesondere für flugfähige Tiere und Pflanzen mit Vermehrung über die Luft)
- Korridor entlang des Verkehrsweges für zwei Flächen auf derselben Seite des Verkehrsweges (potenziell für alle Arten).



Abbildung 51. Verkehrsweg-begleitende Tww-Objekte. TWW-Flächen des Objekts 739 entlang der Bahnlinie in einer landwirtschaftlich intensiv genutzten Gegend als wertvollen Lebensraum, Bedeutung für die Längsvernetzung und als Trittsteinbiotop (links). Wenn die betroffenen Objekte in einer Siedlung liegen, ist die Siedlung das grössere Hindernis, der Verkehrsweg funktioniert als

Vernetzungselement, wie bei den Objekten 224, Elsässer Bahn (mitte) und 224 und 226 Elsässer Bahn (rechts).

Tabelle 22. Einfluss und Barrierewirkung des Verkehrsweges abhängig vom Lebensraum (generelle Einschätzung)

Lebensräume	Bahnlinie	Autobahn
FM/HM	<ul style="list-style-type: none"> - grosser Einfluss: Einschränkungen der Hydrologie - mittleres Hindernis, trockene Böschungen vergrössern die Barrierewirkung + Senken entlang Böschungen können Lebensraum, Trittstein und Korridor sein 	<ul style="list-style-type: none"> - grosser Einfluss: Einschränkungen der Hydrologie - grosses Hindernis, trockene Böschungen vergrössern die Barrierewirkung + Senken entlang Böschungen können Lebensraum, Trittstein und Korridor sein
AU	<ul style="list-style-type: none"> - Potenziell grosser Einfluss auf die Dynamik - mittleres Hindernis, trockene Böschungen vergrössern die Barrierewirkung * Gewässerbewohnende Arten meist mit Durchlass verbunden * Uferbereiche: abhängig von Breite und Eigenschaften des Durchlasses 	<ul style="list-style-type: none"> - Potenziell grosser Einfluss auf die Dynamik - grosses Hindernis, trockene Böschungen vergrössern die Barrierewirkung * Gewässerbewohnende Arten meist mit Durchlass verbunden * Uferbereiche: abhängig von Breite und Eigenschaften des Durchlasses
TWW	<ul style="list-style-type: none"> - kleinerer Einfluss / kleineres Hindernis + Böschungen können Lebensraum, Trittstein und Korridor sein 	<ul style="list-style-type: none"> - mittlerer Einfluss / mittleres Hindernis + Böschungen können Lebensraum, Trittstein und Korridor sein

Aufgrund dieser Aspekte ist der Einfluss und somit der Handlungsbedarf wahrscheinlich bei den Mooren mit beeinträchtigter Hydrologie am grössten, gefolgt von Auen, welche in ihrer Dynamik stark eingeschränkt werden. Die Tww-Lebensräume sind aufgrund der tendenziell trockenen Bedingungen entlang der Verkehrswege kaum in ihren Grundbedingungen eingeschränkt bzw. profitieren in gewissen Situation sogar davon. Auf der anderen Seite ist bei allen Biotoptypen der Einfluss der Verkehrswege auf die Vernetzung zwischen einzelnen Arten sehr ähnlich.

Innerhalb der Biotoptypen liegt der grösste Handlungsbedarf dort, wo ein Objekt durch einen Verkehrsweg zerschnitten wird (Kategorie 1 gemäss Tabelle 8). Tendenzuell nimmt der Einfluss des Verkehrsweges mit zunehmender Distanz ab. Je nach Biotoptyp können und müssen jedoch unterschiedlich Aspekte berücksichtigt werden zur Priorisierung der Objekte innerhalb der Kategorie sowie zur Ermittlung des Handlungsbedarfs. Beides ist abhängig von der Situation

sowie der konkreten Fragestellung. Will man z.B. Hochmoore als Lebensräume erhalten bzw. die negativen Einflüsse von Verkehrswegen minimieren, ist das Einzugsgebiet mit den hydrologischen Aspekten im Zentrum. Der Handlungsbedarf sowie die Priorisierung können anders ausfallen, als wenn eine spezifische Art oder Artengruppe erhalten und untereinander besser vernetzt werden soll. Ein Verkehrsweg innerhalb von 500m ist aber a priori eine Störung.

Innerhalb der Distanzkategorie können die Objekte weiter evaluiert werden in Bezug auf den Handlungsbedarf. Nachfolgend ist für die drei Hauptbiotoptypen Moore (Flach- und Hochmoore), Auengebiete und Trockenwiesen und –weiden ein Vorschlag für eine weitere Priorisierung der Objekte in Distanzkategorie 1 mit einigen Aspekten, welche zu berücksichtigen sind.

4.2 Beurteilung Handlungsbedarf Moore (Hoch- und Flachmoore)

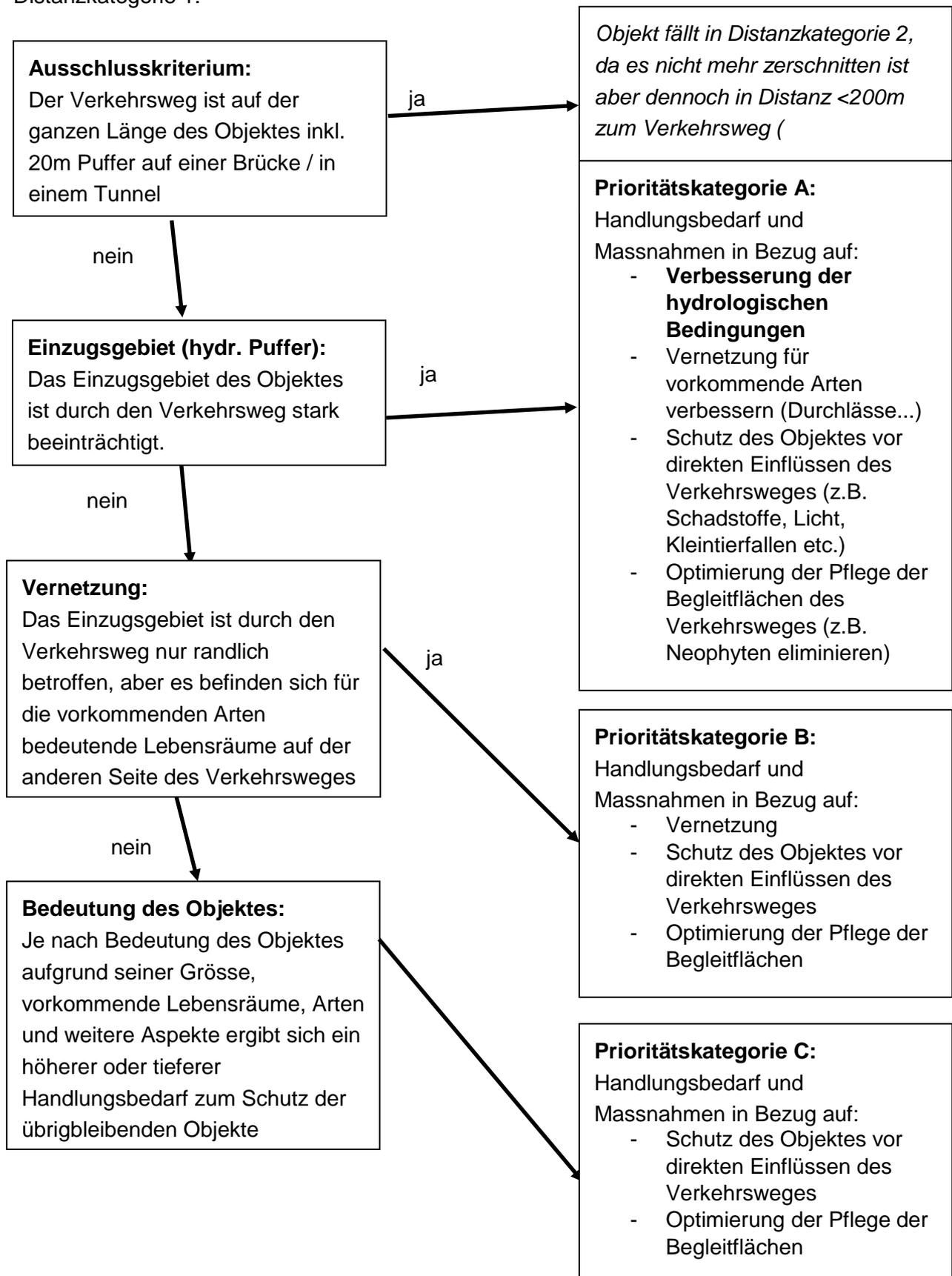
Hoch- und Flachmoore werden hier zusammengefasst, da der Einfluss auf beide Lebensräume gleich zu beurteilen ist. Da Hochmoore seltener sind als Flachmoore, sind sie als Lebensraum jedoch generell mehr gefährdet durch alle Arten von Beeinträchtigungen.

Die Beurteilung des Handlungsbedarfs in Bezug auf die Gefährdung eines Moores durch einen Verkehrsweg muss objektweise und somit situativ geprüft werden. Folgende Faktoren sind dabei zu beurteilen:

- **Hydrologisches Einzugsgebiet des Objektes: analysieren, Möglichkeiten um Wasserversorgung sicherzustellen (z.B. durch Verankerung im Richtplan) bzw. verbessern, mögliche Ersatzflächen lokalisieren**
 - **Dies ist der wichtigste Aspekt zur langfristigen Erhaltung eines Moores**
- Eigenschaften der Verkehrswege (Breite, Frequenz der Befahrung, Konsistenz des Belages etc.)
- Anzahl weiterer Verkehrswege oder anderer Bauten, welche ein Objekt beeinträchtigen
- Vorhandensein von Kunstbauten (Brücken können bezüglich Hydrologie vorteilhaft sein, Tunnel eher nicht)
- Grösse des Objektes bzw. Vernetzungssituation / Isolation (tendenziell je grösser desto kleiner der Effekt, je isolierter desto grösser)
- Vorkommende Arten und deren Mobilitätsansprüche
- Überlagerung mit anderen lokalisierten Grundlagen was die Vernetzung betrifft (z.B. Wildtierkorridore, Amphibien-Migrationsrouten etc.)
- Grösse der fragmentierten Restlebensräume, genetische Isolation der in ihnen lebenden Organismen, Überlebenschance für die beherbergten Arten, Quellpopulationen.
- Eine vollständige Aufzählung situativ wirkender Aspekte sind in der Tabelle „Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Biotope“ im Anhang 1 aufgeführt.

Der untenstehende Entscheidbaum unterstützt darin, die Objekte in Distanzkategorie 1 in Bezug auf ihren Handlungsbedarf zu priorisieren in Prioritäten A (höchste Priorität) bis C (tiefste Priorität).

Entscheidbaum zur Ermittlung des Handlungsbedarfs und der Priorisierung der Moor-Objekte in Distanzkategorie 1:



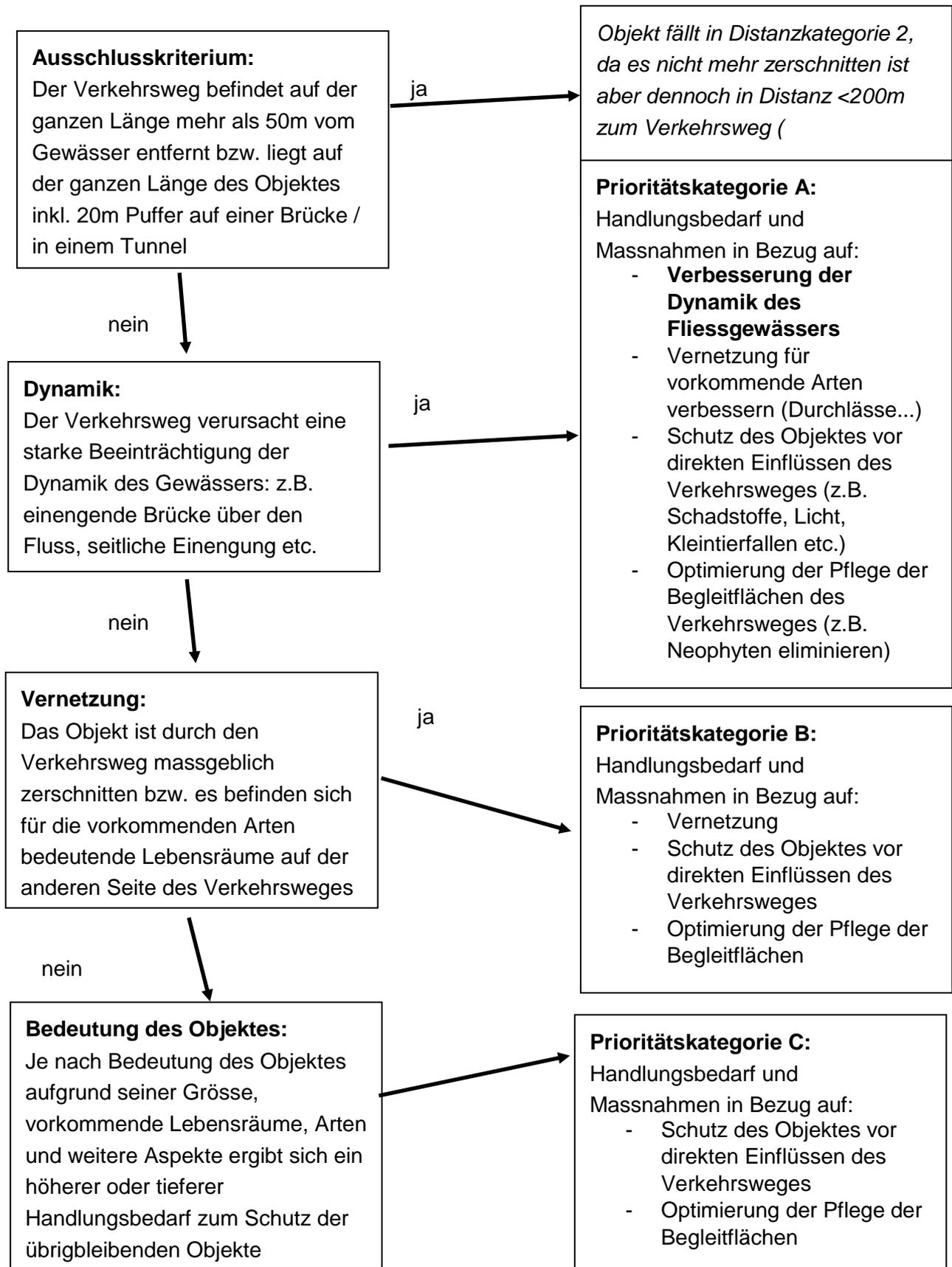
4.3 Beurteilung Auengebiete

Die Beurteilung des Handlungsbedarfs in Bezug auf die Gefährdung eines Auengebietes durch einen Verkehrsweg muss objektweise und somit situativ geprüft werden. Folgende Faktoren sind dabei zu beurteilen:

- **Einschränkung der Dynamik des Flusses. Relevante Aspekte diesbezüglich sind:**
 - **Nähe des Verkehrsweges zum Gewässer (z.B. näher als 30m)**
 - **Länge der Einschränkung entlang des Gewässers**
 - **Anteil des Objektes, welche durch den Verkehrsweg eingeschränkt wird sowie die Breite des nutzbaren Gebietes durch den Fluss an diesen Stellen**
- Topografie (welche Möglichkeit zur Entwicklung der Dynamik hätte der Fluss natürlicherweise ohne den Verkehrsweg? Wie war der ursprüngliche Zustand der Aue?)
- Einengung des Flussbettes durch eine Brücke: wie breit ist der Durchlass? Hat der Fluss an diesem Punkt und unterhalb der Brücke ausreichend Möglichkeit, die Dynamik zu entfalten?
- Tunnel (zwar keinen Einfluss auf die Vernetzung der Arten, jedoch einen Einfluss auf die (potenzielle) Dynamik des Flusses)
- Grösse Objekt bzw. Vernetzungssituation / Isolation (tendenziell je grösser desto kleiner der Effekt, je isolierter desto grösser)
- Vorkommende Arten und deren Mobilitätsansprüche
- Überlagerung mit anderen lokalisierten Grundlagen was die Vernetzung betrifft (z.B. Wildtierkorridore, saisonale Amphibienzugsstellen etc.)
- Eigenschaften der Verkehrswege (Breite, Frequenz der Befahrung, Konsistenz des Belages etc.)
- Anzahl weiterer Verkehrswege oder anderer Bauten, welche ein Objekt beeinträchtigen
- Grösse der fragmentierten Restlebensräume, genetische Isolation der in ihnen lebenden Organismen, Überlebenschance für die beherbergten Arten, Quellpopulationen.
- Eine vollständige Aufzählung situativ wirkender Aspekte sind in der Tabelle „Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Biotope“ im Anhang 9.1 aufgeführt.

Der untenstehende Entscheidungsbaum unterstützt darin, die Objekte in Distanzkategorie 1 in Bezug auf ihren Handlungsbedarf zu priorisieren in Prioritäten A (höchste Priorität) bis C (tiefste Priorität).

Entscheidbaum zur Ermittlung des Handlungsbedarfs und der Priorisierung der Auen-Objekte in Distanzkategorie 1:



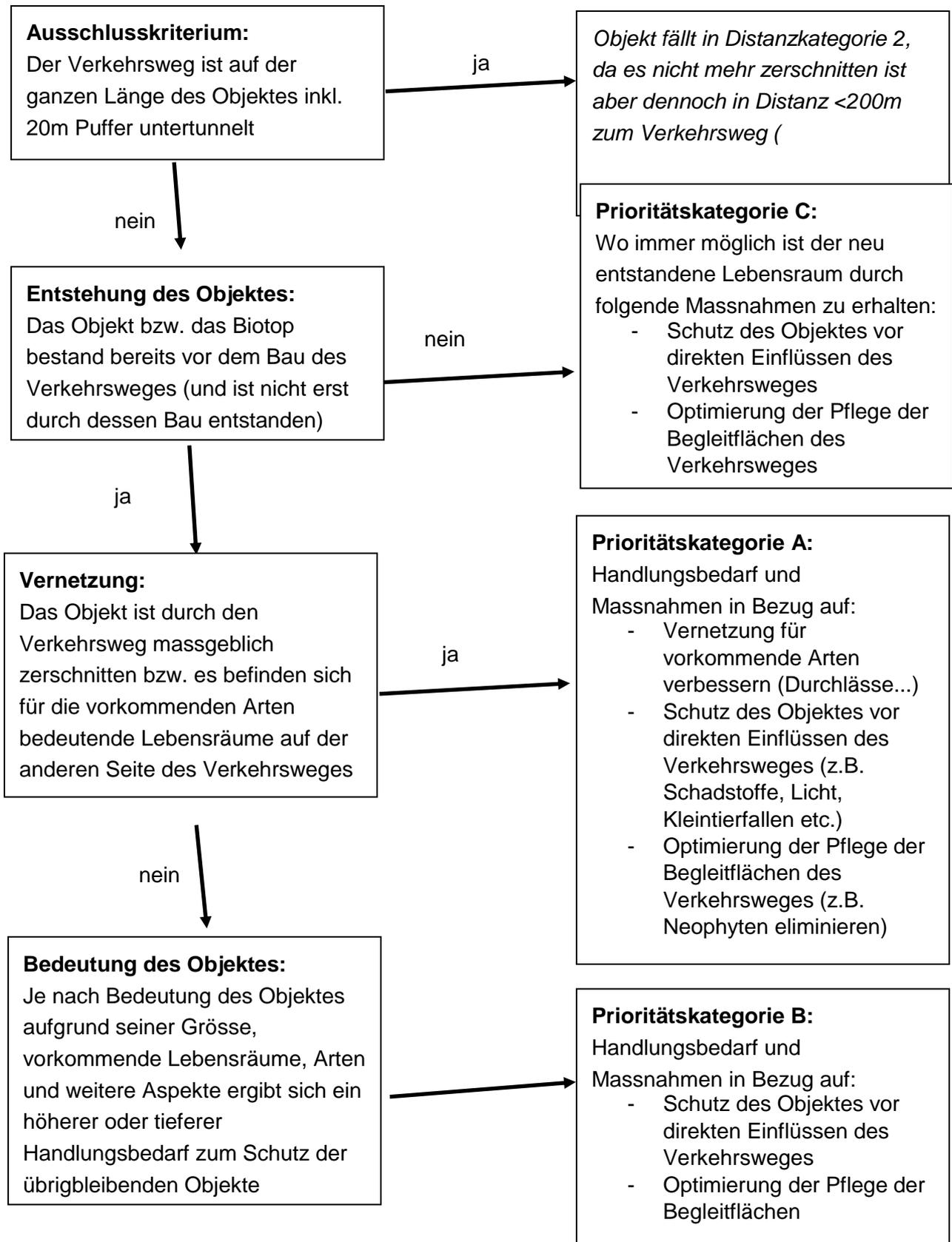
4.4 Beurteilung Trockenwiesen und -weiden

Die Beurteilung des Handlungsbedarfs in Bezug auf die Gefährdung einer Trockenwiese/-weide durch einen Verkehrsweg muss objektweise und somit situativ geprüft werden. Folgende Faktoren sind dabei zu beurteilen:

- **Zerschneidung eines bestehenden Objektes durch den Verkehrsweg oder Entstehung eines neuen Objektes erst durch den Bau des Verkehrsweges**
- Eigenschaften der Verkehrswege (Breite, Frequenz der Befahrung, Konsistenz des Belages etc.)
- Anzahl weiterer Verkehrswege oder anderer Bauten, welche ein Objekt beeinträchtigen
- Vorhandensein von Kunstbauten (Brücken können bezüglich Vernetzung vorteilhaft sein)
- Grösse Objekt bzw. Vernetzungssituation / Isolation (tendenziell je grösser desto kleiner der Effekt, je isolierter desto grösser)
- Vorkommende Arten und deren Mobilitätsansprüche
- Überlagerung mit anderen lokalisierten Grundlagen was die Vernetzung betrifft (z.B. Wildtierkorridore, Amphibien-Migrationsrouten etc.)
- Grösse der fragmentierten Restlebensräume, genetische Isolation der in ihnen lebenden Organismen, Überlebenschance für die beherbergten Arten, Quellpopulationen.
- Zerschnittene Böschungen von Bahnen oder Strassen: der Verkehrsweg stellt eine sehr starke Beeinträchtigung dar, da in der Regel beiderseits nur kleine Biotopflächen existieren. Da die Biotopfläche aber durch den Verkehrsweg selber geschaffen wurde, sind hier die Massnahmen ggf. politisch/strategisch anzupassen.
- Eine vollständige Aufzählung situativ wirkender Aspekte sind in der Tabelle „Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Biotope“ im Anhang 1 aufgeführt.

Der untenstehende Entscheidbaum unterstützt darin, die Objekte in Distanzkategorie 1 in Bezug auf ihren Handlungsbedarf zu priorisieren in Prioritäten A (höchste Priorität) bis C (tiefste Priorität).

Entscheidbaum zur Ermittlung des Handlungsbedarfs und der Priorisierung der Tww-Objekte in Distanzkategorie 1:



5 Einfluss von Verkehrswegen

Verkehrswege wirken in unterschiedlichem Ausmass auf Lebensräume und darin lebende Arten ein. Die Auswirkung ist abhängig von den Begebenheiten des Verkehrsweges sowie den Lebensräumen. Die Tabelle „Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Biotop“ im Anhang 9.1 umfasst alle detaillierten Angaben zu unterschiedlichen Faktoren und Biotoptypen.

Über alle verschiedenen Biotoptypen kann eine grundsätzliche Einschätzung des Einflusses verschiedener Verkehrswegtypen gemacht werden.

Tabelle 23. Grundsätzlich Einschätzung zu den unterschiedlichen Verkehrswegtypen

Verkehrswege / Auswirkungen	Auswirkung	bis Distanz (m)	Verkehrsweg	Einfluss	Lebensraumverlust / Randeffekt	Fragmentierung, Barriere	Störung Fauna	Mortalität, Verletzung	Einfluss auf LR
* je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss Autobahn: > Autobahn > Ein-/Ausfahrt > Zufahrt > Raststätte > Autostrasse	negativ	500-1000	Strasse	Randeffekt, Barriere sehr gross, Zäune, Lärm und Licht	x	x	x	x	x
Kantonsstrassen mehrspurig: > Kantonsstrasse	negativ	500	Strasse	Randeffekt, Vernetzung teilweise beeinträchtigt wenn Zäune	x	x	x	x	x
Weitere Strassen einspurig: > Kantonsstrasse > weitere Strassen	negativ	500	Strasse	Randeffekt, Vernetzung weniger beeinträchtigt	x	x	x	x	x
Eisenbahn mehrspurig: > Normalspur	negativ	200	Bahn	Einfluss kleiner durch Untergrund, jedoch Breite, mehr Verkehr, Kabelkanäle etc.	x	x	x	x	x
Eisenbahn einspurig: > Normalspur > Schmalspur > Kleinbahn	negativ	200	Bahn	Einfluss kleiner durch Untergrund	x	x	x	x	x

So sind Autobahnen grundsätzlich schwerwiegender in ihrem Einfluss als mehrspurige Kantonsstrassen und diese wiederum schwerwiegender als bei einspurigen Strassen. Bei den Eisenbahnen ist ebenfalls bei mehrspurigen Bahnen mit grösseren Einflüssen zu rechnen als bei

einspurigen. Einfluss auf diese grundsätzliche Einschätzung haben dann weitere Aspekte des Verkehrsweges wie Verkehrsaufkommen etc.

Die folgenden Tabellen listen einzelne Einflussfaktoren auf, schätzen deren Auswirkungen ein und bis zu welcher Distanz diese wirken sowie welche Verkehrswege betroffen sind. Des Weiteren wird der Einfluss eingeschätzt und in fünf Hauptbereiche kategorisiert.

Tabelle 24. Einschätzung zum Einfluss von Fahrbahn / Trasse und Begleitflächen

Verkehrswege / Auswirkungen * je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss	Auswirkung	bis Distanz (m)	Verkehrsweg	Einfluss	Lebensraumverlust /	Fragmentierung, Barriere	Störung Fauna	Mortalität, Verletzung	Einfluss auf LR
Asphaltierter Belag	negativ	10	Strasse	Barriere durch Wärme, kaum Versteckmöglichkeiten bei Querung, keine Nahrung (z.B. Schmetterlinge)	x	x		x	
Schotterbelag, mangelnde Durchlässe zw. Belag und Gleise	negativ	10	Bahn	Barriere durch Wärme, für gewisse Arten schwerer zu überqueren?	x	x		x	
Veränderung Mikroklima: Temperatur- und Lichtverhältnisse	je nach Biotop	10	beide	Standorttypische Pflanzen und Tiere	x				x
Beleuchtung der Fahrbahn	negativ	700	beide	Einfluss auf Mortalität, Reproduktion, Wanderung, Kommunikation für nachtaktive Tiere	x	x	x	x	x
Licht der Fahrzeuge*	negativ	700	beide	abhängig von Verkehrsaufkommen, tendenziell sehr hoch	x	x	x	x	x
Optische Reize durch Fahrzeuge*	negativ	200	beide	Fluchtreaktion, Vermeidung	x	x	x		

Verkehrswege / Auswirkungen									
* je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss	Auswirkung	bis Distanz (m)	Verkehrsweg	Einfluss	Lebensraumverlust /	Fragmentierung, Barriere	Störung Fauna	Mortalität, Verletzung	Einfluss auf LR
Kabelkanäle, elektrische Leitungen am Boden	negativ	10	Bahn	Kleintierfallen, Hindernis, Einfluss auf Populationen		x		x	
Elektrische Leitungen in der Luft	negativ	200	Bahn	Mortalität Vögel, Fledermäuse, Insekten		x		x	
Stützbauwerke, Randsteine	negativ	10	beide	Kleintierfallen, verhindern Wanderung		x			x
Entwässerungsgräben und Schächte	negativ	10	beide	Fehlleitung und Fallen für Kleintiere		x		x	
Schadstoffeintrag: Schwermetalle etc.*	negativ	1000	beide	Eintrag Schwermetall durch Schienenabrieb; Abgase/Pneumabrieb etc. bei Strassen	x				x
Schadstoffeintrag: Herbizide	negativ		beide	Eintrag durch Schienen-/Böschungspflege	x				x
Begleitflächen: Pflege allg.	negativ / positiv	200	beide	Mähregime, Bestockung, Schnittgut etc. beeinflussen Lebensraum und Arten	x	x	x	x	x
Begleitflächen: Böschung, erhöhte Fahrbahn	je nach Biotop		beide	bietet Lebensraum für trockenheitsliebende Arten, aber nicht feuchtigkeitsliebende Arten	x	x			x
Neophyten	negativ	200m	beide	Verdrängung einheimischer, lebensraumtypischer Arten keine Futterquelle für indigene Arten Bodenerosion	x				x

Verkehrswege / Auswirkungen * je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss	Auswirkung	bis Distanz (m)	Verkehrsweg	Einfluss	Lebensraumverlust / Fragmentierung, Barriere	Störung Fauna	Mortalität, Verletzung	Einfluss auf LR
Zäune	negativ/ positiv	1000	beide	Verhindern Mortalität aber auch Vernetzung	x	x		
Schall / Lärm*	negativ	1000	beide	Einfluss auf Kommunikation, Fluchtverhalten, Vernetzung	x	x		
Vibration*	negativ	100?	beide	Einfluss auf Kommunikation, Fluchtverhalten, Vernetzung	x	x		
Lärmschutzwände, andere Wände	negativ	50 direkt, 1000 Vernetzung	beide	Vernetzung beeinträchtigt, Schattenwurf		x	x	x

Erläuterungen am Beispiel „Zäune“:

Auswirkungen:

- Auswirkungen: Zäune entlang von Autobahnen können negative und positive Auswirkungen haben. Einerseits behindern sie den Austausch vieler Arten, andererseits wird dadurch auch die Mortalität durch den Verkehr verhindert. Der Einfluss
- Bis Distanz (m): Gerade was die Barrierewirkung betrifft, dann die bis in eine Distanz von 1000m und mehr wirken. Z.B. indem der Austausch von mobilen Säugetieren behindert wird.
- Verkehrsweg: Von Zäunen können sowohl Strassen wie auch Bahnen betroffen sein.
- Einfluss: Der Einfluss ist vor allem, dass die Vernetzung, aber auch die Mortalität reduziert werden. Das führt zu Fragmentierung von Populationen, Barrieren für die Vernetzung und Störung von Tieren.

Zusätzlich gibt es in der Landschaft durch Verkehrswege Veränderungen, welche auf die Lebensräume als Ganzes einen massgeblichen Einfluss haben können.

Tabelle 25. Einschätzung zu Veränderungen mit Einfluss auf Lebensraumbene

Verkehrswege / Auswirkungen	Auswirkung	bis Distanz (m)	Verkehrsweg	Einfluss	Lebensraumverlust / Fragmentierung, Barriere	Störung Fauna	Mortalität, Verletzung	Einfluss auf LR
* je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss								
Hydrologie: Wasserzufuhr zu Objekt reduziert	negativ/ positiv	hydrologischer Puffer	beide	je nach Biotop	x	x		x
Hydrologie: Drainierung Böden wegen Verkehrsweg?	negativ/ positiv	hydrologischer Puffer	beide	je nach Biotop	x	x		x
Beeinträchtigung Gewässer (Breite, Untergrund, Ökomorphologie etc.)	negativ	10-500m?	beide	Verhinderung Bewegung Wasserorganismen	x	x	x	x
Erosions- und Hochwasserschutz	negativ	Gewässerraum	beide	Beeinträchtigung der Dynamik, Veränderung der Morphologie/Hydrologie, Einschränkung der Vernetzung Wasser-Land	x	x	x	x
Fragmentierung / Vernetzung beeinträchtigt (Biotop nat. o.A. auf gegenüberliegender Seite)	negativ	1000 und mehr	beide	Vernetzung beeinträchtigt, Verletzung und Mortalität		x		
Potenzielle Vernetzungslinie: Biotop nat. auf gleichen Seite	negativ/ positiv	500	beide	Reduziert Effekt Isolation, Resilienz Objekt, Austausch Nachbarobjekte		x		x
Untertunnelung > ab Länge von x m sowie natürlichem "Oberboden"	positiv	1000	beide	wenn natürliche Vegetation und nicht bebaut		x		
Untertunnelung > mit weniger als x m Länge / vorwiegend künstlicher "Oberboden"	neutral	1000	beide	wahrscheinlich kaum nutzbar		x		

Verkehrswege / Auswirkungen * je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss	Auswirkung	bis Distanz (m)	Verkehrsweg	Einfluss	Lebensraumverlust / Fragmentierung, Barriere	Störung Fauna	Mortalität, Verletzung	Einfluss auf LR
Brücke > ab Länge x m sowie natürlichem Untergrund	positiv	1000	beide	wenn natürliche Vegetation und nicht bebaut	x			
Brücke > mit weniger als Länge x m / vorwiegend künstlichem Untergrund	positiv		beide	wahrscheinlich kaum nutzbar	x			
Brücke > mit weniger als Länge x m / vorwiegend künstlichem Untergrund / mit Gewässer	positiv		beide	Vernetzung gefördert	x			
Grünbrücke	positiv		beide	Vernetzung gefördert	x			
Galerie	negativ		beide	Absturzgefahr	x			

6 Massnahmenvorschläge

Die Massnahmenvorschläge sind abhängig von den situativen Begebenheiten (Eigenschaften Verkehrsweg, Objektspezifische Aspekte, betroffene Arten, etc.) und müssen für jedes Objekt bzw. jede Situation gutachterlich erörtert werden. Bezüglich einzelner Einflüsse sind mögliche Massnahmen in der Tabelle „Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Biotope“ im Anhang 9.1 aufgeführt.

Reduktionen bestehender Beeinträchtigungen können mit baulichen oder betrieblichen Massnahmen erreicht werden.

Ebene Aufwertung:

Bauliche Massnahmen der Verkehrswege selber:

- Umleitung, Rückbau oder Sanierung von Verkehrswegen mit grossem negativem Einfluss auf ein Biotop: Obwohl diese Massnahme in schwerwiegenden Fällen das grösste Verbesserungspotenzial haben kann, ist sie ebenfalls die teuerste aller Massnahmen und oft kaum machbar.
- Landschaftsbrücken/Grünbrücken/Unterführungen neu erstellen, wo möglich und sinnvoll. Für diese kostenintensiven Bauvorhaben ist die Gesamtsituation einer Region mittel Ökologischer Infrastruktur beizuziehen.
- Nicht mehr genutzte Strecken zurück bauen
- Sanierung von Verkehrswegen: bei der Sanierung von Verkehrswegen soll die Notwendigkeit bzw. Möglichkeit zur Reduktion der negativen Einflüsse des Verkehrsweges berücksichtigt bzw. positive Aspekte gefördert werden. Diese Aspekte, allenfalls auch betroffenen Abschnitte müssen in die entsprechenden Instrumente einbezogen werden.
- Querungshilfen für Kleintiere schaffen (z.B. über Kabelkanäle)
- Evaluation und Umgestaltung bestehender Lärmschutzwände, Zäune etc. z.B. keine transparenten Lärmschutzwände wegen Kollision Vögel
- Entschärfen von Kleintierfallen (Randsteine mit Lenkung zu Wasserschächten etc.) mittels Umlenkung, Ausstiegen, Lücken und Durchlässen (z.B. bei Bahngleisen)
- Gewässerdurchlässe aufwerten (baulich)
- Emissionen reduzieren (z.B. Licht) durch Anpassung von Lichtquellenintensität, Frequenz, Ausrichtung etc.
- Für weitere, situativ angepasste Massnahmen siehe „Vernetzung von Lebensräumen bei der Gestaltung von Verkehrsträgern“, J. Rieder, C. Elmiger, R. Fankhauser, S. Schneider (2006)

Betriebliche Massnahmen (Unterhalt) der Verkehrswege und Begleitflächen:

- Landschaftsbrücken/Grünbrücken/Unterführungen aufwerten, damit den vorkommenden Arten besser entsprechen
- Bewirtschaftung des Streckenabschnitts anpassen (z.B. Herbizid- und Pestizideinsatz unterlassen).
- Aufwertung der Begleitflächen mit Leitstrukturen, welche zum nächsten Übergang bzw. Unterführung führen.
- Trittsteinbiotope entlang des Verkehrsweges schaffen
- Gewässerdurchlässe aufwerten (z.B. Gewässerbegleitend Naturbelag, Kleinstrukturen und Vegetation anlegen)

Ebene Erhaltung:

- Ein Neubau eines Verkehrsweges darf ein nationales Biotop nicht beeinträchtigen. Dabei sind das gesamt hydrologische Einzugsgebiet eines Moores, die ursprüngliche bzw.

potenzielle Dynamik einer Aue sowie die Störungspuffer (<500m) zu Biotopen einbeziehen. Ebenfalls ist die Vernetzung der in den Biotopen vorkommenden Arten mit dem Umland zu gewährleisten. Falls es unabdingbar ist, muss die Beeinträchtigung minimiert werden und für das Übrigbleibende angemessener Ersatz geleistet werden.

- Momentan vorhandene, funktionale Übergänge erhalten, indem sie in entsprechende Planungsgrundlagen einbezogen werden.

In Bezug auf die in Kapitel 5 beschriebenen Einflussfaktoren zeigt Tabelle 26 spezifische mögliche Massnahmen auf, welche situativ evaluiert werden müssen.

Tabelle 26. Massnahmenbeispiele für die Reduktion spezifischer Auswirkungen

Verkehrswege / Auswirkungen * je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss	Massnahmenbeispiele
Asphaltierter Belag	<ul style="list-style-type: none"> - Versiegelungs- bzw. Verbauungsgrad gering halten - Zuleitstrukturen zu nächstem Durchlass - Begleitflächen als wertvolle Lebensräume gestalten - Brücken und Unterführungen artspezifisch gestalten oder mit Mischnutzung (neu, umgestaltet) - Kleintierdurchlässe artspezifisch gestalten
Schotterbelag, mangelnde Durchlässe zw. Belag und Gleise	<ul style="list-style-type: none"> - Gleisanlagen überquerbar gestalten / umgestalten - Kleintierdurchlässe artspezifisch gestalten - Zuleitstrukturen zu nächstem Durchlass - Brücken und Unterführungen artspezifisch gestalten oder mit Mischnutzung (neu, umgestaltet) - Begleitflächen als wertvolle Lebensräume gestalten
Veränderung Mikroklima: Temperatur- und Lichtverhältnisse	<ul style="list-style-type: none"> - Minimaldistanz einhalten - krautige Vegetation etc. als Pufferstreifen - Ersatzflächen
Beleuchtung der Fahrbahn	<ul style="list-style-type: none"> - Lichtemission reduzieren (z.B. keine Lichtquellen innerhalb 100m) - Ausrichten/Abdecken Lichtquelle - Bewegungsmelder - Flugrouten der Fledermäuse schützen, nicht beleuchten (insbesondere Zuleitung zu Grünbrücken) - Brücken als Lebensräume gestalten und nicht beleuchten - Siehe Broschüre Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen (Klaus et. al. 2005)
Licht der Fahrzeuge*	<ul style="list-style-type: none"> - Sichtschutz - ansonsten siehe oben
Optische Reize durch Fahrzeuge*	<ul style="list-style-type: none"> - Minimaldistanz einhalten - Sichtschutz
Kabelkanäle, elektrische Leitungen am Boden	<ul style="list-style-type: none"> - Allgemein: Überwindbarkeit sicherstellen, z.B. durch: - Kabelkanäle schliessen - Ausstiege ermöglichen
Elektrische Leitungen in der Luft	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrleitungen: Kollisionen mit Vögel verhindern, Kurzschlüsse vermeiden
Stützbauwerke, Randsteine	<ul style="list-style-type: none"> - Stützbauwerke durchlässig gestalten (Rampen, Durchlässe etc.) - Brücken und Unterführungen mit Mischnutzung (neu, umgestaltet) - Kleintierdurchlässe artspezifisch gestalten - Zuleitstrukturen zu nächstem Durchlass - Begleitflächen als wertvolle Lebensräume gestalten
Entwässerungsgräben und Schächte	<ul style="list-style-type: none"> - Entwässerungssysteme: Kleintierverluste bei Abläufen reduzieren, Ausstiege, Fehlleitung verhindern mit Ausstiegen aus Fahrbahn etc. - Zuleitstrukturen zu nächstem Durchlass

Verkehrswege / Auswirkungen * je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss	Massnahmenbeispiele
Schadstoffeintrag: Schwermetalle etc.*	- technische Massnahmen vorhanden? Mit entsprechenden Partnern abklären.
Schadstoffeintrag: Herbizide	- Pflege anpassen, ökologische Herbizide - Eintrag in angrenzende LR minimieren
Begleitflächen: Pflege allg.	- Lebensraum- und Umgebungsangepasste Pflege
Begleitflächen: Böschung, erhöhte Fahrbahn	- Begleitflächen als wertvolle Lebensräume gestalten für trockenheitsliebende Arten, insb. Reptilien - Ersatzlebensräume schaffen für feuchtigkeitsliebende Arten
Neophyten	- Bekämpfung entlang Strassenabschnitt von x km - Begleitflächen als wertvolle Lebensräume gestalten
Zäune	- Vernetzung sicherstellen (Öl, Grünbrücke) - Zuleitstrukturen zu nächstem Durchlass - Begleitflächen als wertvolle Lebensräume gestalten - Brücken und Unterführungen artspezifisch gestalten oder mit Mischnutzung (neu, umgestaltet) - Kleintierdurchlässe artspezifisch gestalten
Schall / Lärm*	- Lärmschutzmassnahmen wie Lärmschutzzäune (artgerecht gestaltet, mit Durchlässen) prüfen (allerdings bringt dies meist andere Probleme mit sich, deshalb nur in Ausnahmefällen sinnvoll)
Vibration*	- technische Massnahmen vorhanden? Mit entsprechenden Partnern abklären.
Lärmschutzwände, andere Wände	- Lärmschutzbauten vernetzungsfreundlich (um-)gestalten - Zuleitstrukturen zu nächstem Durchlass - Begleitflächen als wertvolle Lebensräume gestalten - Brücken und Unterführungen mit Mischnutzung (neu, umgestaltet) - Kleintierdurchlässe artspezifisch gestalten - Vogelschlag durch Lärmschutzwände reduzieren (wo dies ein Thema ist)
Hydrologie: Wasserzufuhr zu Objekt reduziert	- Hydrologische Massnahmen möglich? - Bau einer (guten) Brücke/ eines Viadukts wäre eine mögliche (teure) Massnahme - Ersatzlebensräume schaffen
Hydrologie: Drainierung Böden wegen Verkehrsweg?	- Hydrologische Massnahmen möglich? - Ersatzlebensräume schaffen
Beeinträchtigung Gewässer (Breite, Untergrund, Ökomorphologie etc.)	- natürliche Gestaltung der Durchlässe (Untergrund, Breite, Strömungsvielfalt etc.) - Erstellung / Umgestaltung zu artspezifischem Durchlass für Gewässer- und uferbegleitende Arten - Brücken und Unterführungen mit Mischnutzung (neu, umgestaltet)

Verkehrswege / Auswirkungen * je grösser Verkehrsaufkommen desto grösser Einfluss	Massnahmenbeispiele
Erosions- und Hochwasserschutz	<ul style="list-style-type: none"> - Entflechtung - Revitalisierung
Fragmentierung / Vernetzung beeinträchtigt (Biotop nat. o.A. auf gegenüberliegender Seite)	<ul style="list-style-type: none"> - Grünbrücken, Durchlässe, Aufwertung Randlebensräume als - Zuleitung zu Querungen, Querungen aufwerten etc.
Potenzielle Vernetzungslinie: Biotop nat. auf gleichen Seite	<ul style="list-style-type: none"> - Begleitflächen als wertvolle Lebensräume gestalten
Untertunnelung > ab Länge von x m sowie natürlichem "Oberboden"	<ul style="list-style-type: none"> - Flächen nicht verbauen oder anderweitig die Vernetzung beeinträchtigen - Lebensräume natürlich gestalten
Untertunnelung > mit weniger als x m Länge / vorwiegend künstlicher "Oberboden"	<ul style="list-style-type: none"> - Flächen nicht weiter verbauen oder anderweitig die Vernetzung beeinträchtigen - Rückbau von Anlagen, Versiegelung aufheben - Lebensräume natürlich gestalten
Brücke > ab Länge x m sowie natürlichem Untergrund	<ul style="list-style-type: none"> - Artspezifische Gestaltung der Durchlässe - Belassen oder schaffen von Mauerritzen und Unterschlüpfen - Mischnutzung schaffen - Beleuchtung reduzieren - Unterhalt und Pflege der Brücken und Durchlässe auf Arten abstimmen - Zuleitstrukturen schaffen - Versiegelungsgrad reduzieren - etc.
Brücke > mit weniger als Länge x m / vorwiegend künstlichem Untergrund	<ul style="list-style-type: none"> - Flächen nicht weiter verbauen oder anderweitig die Vernetzung beeinträchtigen - Rückbau von Anlagen, Versiegelung aufheben - Lebensräume natürlich gestalten
Brücke > mit weniger als Länge x m / vorwiegend künstlichem Untergrund / mit Gewässer	<ul style="list-style-type: none"> - natürliche Gestaltung der Durchlässe (Untergrund, Breite, Strömungsvielfalt etc.) - Erstellung / Umgestaltung zu artspezifischem Durchlass für Gewässer- und uferbegleitende Arten - Brücken und Unterführungen mit Mischnutzung (neu, umgestaltet) - Uferlebensräume aufwerten
Grünbrücke	<ul style="list-style-type: none"> - Unterhalt und Pflege der Brücken und Durchlässe auf Arten abstimmen - Zuleitstrukturen schaffen
Gallerie	<ul style="list-style-type: none"> - Zuleitstrukturen schaffen zu nächster Querungshilfe - Absturzgefahr minimieren

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

7.1 Schlussfolgerungen aus den Arbeitsschritten 1 und 2

- Die Analysen und Recherchen haben gezeigt, dass ein grosser Anteil der Biotope von nationaler Bedeutung in irgendeiner Weise direkt durch Verkehrswege beeinträchtigt sind.
- Die grösste Beeinträchtigung besteht dort, wo die Grundvoraussetzungen für einen Lebensraum durch einen Verkehrsweg tangiert werden: das hydrologische Einzugsgebiet bei den Mooren, die Dynamik bei den Auen.
- Viele Objekte der Biotope von nationaler Bedeutung sind schon heute zu Relikten ihrer ursprünglichen Verbreitung zusammengeschrumpft, z.B. bei den Auen.
- Viele Verkehrswege wurden dort gebaut, wo es infrastrukturtechnisch am sinnvollsten ist, wo aber auch naturgemäss viele Objekte von nationaler Bedeutung liegen. z.B. Verkehrswege und Auen entlang der Flüsse in den Talböden.
- Oftmals ist nicht der Verkehrsweg nicht die einzige Beeinträchtigung für ein Objekt, sondern zusätzliche Infrastrukturen wie Siedlungen, Parkplätze oder Hochwasserverbauungen sowie land- und forstwirtschaftliche Nutzungen in der Umgebung.
- In vielen Situationen ist es kaum oder nur mit technisch und kostenmässig hohem Aufwand möglich, die Beeinträchtigungen durch einen Verkehrsweg auf ein Objekt massgeblich zu reduzieren. Umso bedeutender ist es, an Standorten, an welchen eine Verbesserung der Situation für ein Biotop machbar ist, entsprechende Massnahmen umzusetzen.
- Die Aufwände, welche nötig wären für eine Reduktion der Beeinträchtigung durch einen Verkehrsweg sollten jedoch in Relation mit den Subventionen für ebendiese Infrastrukturen betrachtet werden (Gubler et. al. 2020).

7.2 Ausblick und Vorschlag weiteres Vorgehen

Im Mandat vom 18.10.2019 wurden weiterführende Arbeiten als Arbeitsschritte 3 und 4 vorgeschlagen. Diese Vorschläge werden basierend auf den vorliegenden Auswertungen wie folgt aktualisiert:

Arbeitsschritt 3: Umsetzungsbeispiele

1. Auswahl konkreter Beispiele zur situativen Evaluation möglicher und zielführender Aufwertungsmassnahmen zur Reduktion negativer Auswirkungen von Verkehrswegen auf Biotope (von nationaler Bedeutung)
 - Gravierendste Fälle aus Kategorie 1 pro Biotop aus Sicht der Inventare

- Angehende Sanierungen oder geplante Neubauprojekte
 - Weitere Auswahlkriterien gemeinsam mit BAFU definieren (z.B. Strasse oder Bahn, Eigentümer Bund oder Kanton, Wildtierkorridore etc.)
2. Situative Beurteilung der ausgewählten Beispiele gemäss Handlungsbedarf, Machbarkeit etc.
 3. Machbarkeitsabklärung für 3 ausgewählte Beispiele
 4. Formulierung der nötigen Inputs für die Planungs- und Bauphase (gemeinsam mit relevanten Akteuren)

Arbeitsschritt 4: Erfolgskontrolle

Vor Umsetzung ausgewählter Massnahmen sowie 2, 5 und 10 Jahre danach wird der Erfolg für die Biotope und darin lebender Arten evaluiert. Erfolgsfaktoren sowie Herausforderungen fliessen fortlaufend in die Planung weiterer Umsetzungen mit ein.

Weitere mögliche Arbeiten und Produkte:

Mögliche weitere Arbeiten auf den aufgebauten Grundlagen und Zwischenprodukten wären:

1. Übersicht und Priorisierung über alle Biotoptypen als Grundlage für künftige Sanierungen bzw. Bauprojekte
2. Definition der nötigen zusätzlichen Fragestellungen für die Evaluation eines Bauprojektes, bei welche die Objekte inkl. ihrem Störungspuffer betroffen sind
3. Definition und Lokalisation nötiger Pflegemassnahmen für ausgewählte Abschnitte mit den betroffenen Akteuren bei der Bahn (SBB, BLS)

8 Grundlagen und Literatur

Grundlagen (Auswahl)

- Della Rocca, F. et. Al. Patterns of distribution and landscape connectivity
- Holzgang, O.; Pfister, H.P.; Heynen, D.; Blant, M.; Righetti, A.; Berthoud, G.; Marchesi, P.; Maddalena, T.; Müri, H.; Wendelspiess, M.; Dändliker, G.; Mollet, P. & U. Bornhauser-Sieber (2001): Korridore für Wildtiere in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 326, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW) & Schweizerische Vogelwarte Sempach, Bern, 118 S.
- Oggier et. Al. 2001. Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastruktur. BAFU
- J. Rieder, C. Elmiger, R. Fankhauser, S. Schneider (2006): Vernetzung von Lebensräumen bei der Gestaltung von Verkehrsträgern. Forschungsauftrag XXX (1999/240) auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
- KLAUS G., KÄGI B., KOBLER R. L., MAUS K., RIGHETTI A., 2005: Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 40 S.
- Gubler, L.; Ismail, S. A.; Seidl, I., 2020: Biodiversitätsschädigende Subventionen in der Schweiz. Grundlagenbericht. WSL Ber. 96. 216 S.

Interne Dokumente:

- BAFU : Véronique Savoy Bugnon, atena (2019). Sites marécageux et grandes infrastructures. Rapport de synthèse.

9 Anhänge

9.1 Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Biotope

Siehe separate Excel-Tabelle «Anhang_1.1_Einfluss_Verkehrswege_auf_Biotope_210325»

9.2 Tabellen zu betroffenen Objekten (und Streckenabschnitten) pro Biotoptyp

Siehe separate Excel-Tabelle «Anhang_9.2_Priorisierung_FM_HM_AU_Tww_210921»

9.3 GIS-Daten

Siehe separate GIS-Shapes: «Anhang_9.3_GIS-Shapes_210923»

9.4 Erläuterungen zu Tabellen und GIS-Daten

Siehe Excel-Tabelle «Anhang_9.4_Erlaeuterungen_Tabellen_GIS-Shapes_210921»