

Zustand und Potential der Hecken in der UNESCO Biosphäre Entlebuch

Bachelor-Arbeit

Studiengang Umweltnaturwissenschaften

Ecosystem Management Group

ETH Zürich

Simone Grätzer

20-929-295

Betreuung

Florian Knaus, ETH Zürich

Tanja Koch, UNESCO Biosphäre Entlebuch

21. Juli 2023

Zusammenfassung

Hecken gelten in der Schweiz gemäss Natur- und Heimatschutzgesetz als besonders schützenswerte Lebensräume. Auch im Kanton Luzern sind Hecken streng geschützt. Der Grund dafür ist, dass rund 90 Tier- und Pflanzenarten auf ökologisch wertvolle Hecken in ihrem Habitat angewiesen sind. Weil bisher eine systematische Auseinandersetzung mit diesen wertvollen Lebensräumen fehlt, möchte die UNESCO Biosphäre Entlebuch (UBE) die Verbreitung, die ökologische Qualität und das Aufwertungspotential der Hecken in der Region ermitteln.

Im ersten Teil dieser Arbeit wird aus verschiedenen, existierenden Geodatenätzen zu Hecken ein Synthesedatensatz erstellt. Dies ergibt das «Heckeninventar», welches die erfassten Hecken im Untersuchungsgebiet (landwirtschaftliche Nutzfläche der UBE) enthält. Im Heckeninventar werden die Objekte nach ihrer Qualität eingestuft, wobei folgende Qualitätsstufen vorhanden sind: Hecke mit Krautsaum Q2, Hecke mit Krautsaum Q1, Hecke mit Pufferstreifen, schmale bestockte Fläche und Gehölzfläche.

Im zweiten Teil dient das Inventar als Grundlage für die Potentialbeurteilung der erfassten Hecken. Das Potential wird anhand verschiedener Variablen berechnet: Zum einen aus dem «ökologischen Potential», zum anderen aus den «bewirtschaftungstechnischen Aspekten». Die Potentialberechnung ergibt für jede Hecke einen Wert zwischen 1 (tiefes Potential) und 5 (hohes Potential). Zudem wird für jede Hecke angegeben, ob sie sich innerhalb oder ausserhalb der Biodiversitätshotspots befindet.

Insgesamt sind in der UBE 139 ha Hecken angemeldet, davon zählen 72 ha als BFF. 22% der BFF-Hecken weisen die Qualitätsstufe II auf (Q2: 16 ha und Q1: 56 ha). 48 Hektaren sind als Hecke mit Pufferstreifen angemeldet. Weitere 19 Hektaren Hecken sind nicht angemeldet, was 14% der Hecken im Untersuchungsgebiet entspricht. Die Gemeinden Escholzmatt-Marbach und Flühli zeigen das grösste Potential bezüglich des Anmeldens von Hecken. 76% der Q1-Hecken im Heckeninventar wurden mit mittlerem bis hohem Potential eingestuft. In den Gemeinden Escholzmatt-Marbach, Schüpfheim und Hasle liegt das grösste Potential für Aufwertungen der BFF-Hecken von Q1 auf Q2.

Auf die Fläche gesehen gibt es in der UBE 14 Aren Hecken mit der Qualitätsstufe I pro km², was leicht über dem Schweizer Durchschnitt (10 Ar/km²) ist. Verglichen mit dem Kanton Luzern (35 Ar/km²) ist dies jedoch weniger als die Hälfte. Bei der Qualitätsstufe II hingegen liegt die UBE (4.0Ar/km²) sowohl unter dem Schnitt der Schweiz als auch dem des Kantons Luzern. Hier besteht Handlungsbedarf, Hecken mit hohem Potential ökologisch aufzuwerten.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	2
1 EINLEITUNG	4
2 METHODEN	9
2.1 HECKENINVENTAR	9
2.1.1 <i>Datensatz Heckeninventar</i>	12
2.2 QUALITÄTSBEURTEILUNG DER HECKEN.....	13
2.3 POTENTIALANALYSE DER HECKEN.....	14
2.3.1 <i>Berechnung Potential</i>	16
2.3.2 <i>Hotspots</i>	16
3 RESULTATE UND DISKUSSION	18
3.1 HECKENINVENTAR	18
3.1.1 <i>Anteil angemeldete Hecken</i>	19
3.2 QUALITÄTSEINSTUFUNGEN	21
3.3 POTENTIALANALYSE	24
3.3.1 <i>Hotspots</i>	28
4 SCHLUSSFOLGERUNG	30
5 QUELLEN	32
5.1 LITERATUR	32
5.2 GEODATEN.....	34
6 ANHANG	35

1 Einleitung

Rund 90 Tier- und Pflanzenarten sind auf ökologisch wertvolle Hecken in ihrem Habitat angewiesen (vgl. UBE, 2023). Hecken dienen sowohl als Lebensraum als auch als Nahrungsquelle (Benz et al., 2021). Um diese wertvollen Habitats zu erhalten, braucht es eine systematische Auseinandersetzung mit Hecken.

Eine Hecke wird definiert als: «grösstenteils geschlossener, wenige Meter breiter Gehölzstreifen, der vorwiegend aus einheimischen und standortgerechten Stauden, Sträuchern und einzelnen Bäumen besteht, stufig aufgebaut ist und eine minimale Länge von 10 m aufweist» (Caillet-Bois, Weiss, Benz, Stäheli, & AGRIDEA, 2022, p. 17). Für Ufergehölze gilt dieselbe Definition, mit dem Unterschied, dass sich diese entlang eines Fliessgewässers befinden (Iawa, 2021b). Zudem gibt es das «Feldgehölz», welches als «flächig angeordnete Gruppe von Sträuchern mit oder ohne Bäume» (Caillet-Bois et al., 2022, p. 17) definiert wird und eine Mindestfläche von 30 m² aufweisen muss (Caillet-Bois et al., 2022). In dieser Arbeit werden Hecken, Feld- und Ufergehölze zu «Hecken» zusammengefasst, weil diese in den Geodaten nicht unterschieden werden.

Bestockungen, welche innerhalb des Waldes liegen oder folgende drei Höchstwerte überschreiten, können hingegen nicht als Hecke angerechnet werden (Iawa, 2021b) und werden auch in dieser Arbeit nicht als Hecken interpretiert:

- «Fläche mit Einschluss des Waldsaums: maximal 800 m²» (Caillet-Bois et al., 2022, p. 17)
- «Breite mit Einschluss des Waldsaums: maximal 12 m» (Caillet-Bois et al., 2022, p. 17)
- «Alter der Bestockung: maximal 20 Jahre» (Caillet-Bois et al., 2022, p. 17)

Gesetzlich sind Hecken im Kanton Luzern geschützt (Art. 3 Abs. 1 Heckenschutzverordnung), wobei die Beseitigung verboten ist (Art. 3 Abs. 2 Heckenschutzverordnung). Dieser Schutz wird damit begründet, dass Hecken, Feldgehölze und Uferbestockungen als Lebensräume von Pflanzen und Tieren dienen, als Naturobjekte die Landschaft prägen, Uferböschungen sichern und den Boden vor Wind und Erosion schützen (Art. 1 Heckenschutzverordnung). Auf nationaler Ebene sind Hecken im Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) als besonders schützenswerte Lebensräume aufgeführt (Art. 18 Abs. 1bis NHG).

In der Verordnung über Direktzahlungen in der Landwirtschaft (DZV) wird festgelegt, welche Flächen als Biodiversitätsförderflächen (BFF) angemeldet werden können und wie hoch die entsprechenden Biodiversitätsbeiträge sind (Art. 1 DZV). Diese Beiträge werden jedoch nur

ausgerichtet, wenn der Betrieb die Anforderungen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) erfüllt (Art. 11 DZV). Unter anderem wird darin vorgegeben, dass 7% der Fläche des Betriebes aus BFF bestehen müssen. Bei den Biodiversitätsbeiträgen wird unterschieden zwischen «Qualitätsbeiträgen» und «Vernetzungsbeiträgen» (Art. 2 DZV). Unter den Qualitätsbeiträgen sind die minimalen Anforderungen an Hecken, Feld- und Ufergehölze für Beiträge festgelegt, damit der Betrieb diese Fläche anmelden kann (Anhang 4 Ziff. 6 DZV). In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Qualitätsstufen der Hecken beschrieben.

Entlang von Hecken müssen Pufferstreifen angelegt werden (Art. 21 DZV). Diese müssen, mit wenigen Ausnahmen, beidseitig drei bis sechs Meter breit sein (Anhang 1 Ziff. 9.3 Buchstabe c DZV). Auf dieser Fläche dürfen kein Dünger und Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden (Anhang 1 Ziff. 9 DZV). Der Pufferstreifen dient als Schutz für die Hecke, damit die ausgebrachten Dünger und Pflanzenschutzmittel vom Kulturland nicht in die Hecke gelangen (Caillet-Bois et al., 2022). Diese Form der Bestockung wird als «Hecke, Feld- und Ufergehölz mit Pufferstreifen» (Code 0857) angemeldet und ist keine BFF (lawa, 2021b). In dieser Arbeit wird diese Qualitätsstufe als Hecke mit **«Pufferstreifen»** bezeichnet.

Wenn angrenzend an die Hecke nicht nur ein Pufferstreifen, sondern ein Krautsaum angelegt wird, zählt diese Hecke als BFF. Ein Krautsaum ist ein 3-6 Meter breiter, ganzjährig bewachsener Grünstreifen. Der Krautsaum darf weder gemulcht, noch als Fahrweg genutzt werden (vgl. lawa, 2021b). Diese Fläche wird zusätzlich zur Fläche der Bestockung als BFF angerechnet und kann als «Hecke, Feld- und Ufergehölz mit Krautsaum» (Code 0852) angemeldet werden (lawa, 2021b). Sowohl für den Krautsaum, als auch für die Gehölzpflege werden Anforderungen an die Pflege aufgeführt (lawa, 2021b). Im Vergleich zum Pufferstreifen, bei welchem der Nutzungszeitpunkt frei ist, darf ein Krautsaum erst nach dem ersten Nutzungszeitpunkt (analog zu extensiv genutzten Wiesen) geschnitten oder beweidet (sofern eine Weide an den Krautsaum grenzt) werden. Der Krautsaum muss mindestens alle drei Jahre genutzt werden (vgl. lawa, 2021b). Dies entspricht der Qualitätsstufe I (lawa, 2021b) und wird in dieser Arbeit als **«Krautsaum Q1»** bezeichnet.

Bei der BFF «Hecke, Feld- und Ufergehölz mit Krautsaum» (Code 0852) gibt es zusätzlich die höhere Qualitätsstufe II (Q2) (lawa, 2021b), welche in dieser Arbeit als **«Krautsaum Q2»** bezeichnet wird. Um diese Qualitätsstufe zu erreichen, müssen zusätzliche Anforderungen zu den obengenannten Kriterien der Qualitätsstufe I erfüllt werden (lawa, 2021b). Die Hecke muss ausschliesslich aus einheimischen Strauch- und Baumarten bestehen (siehe kantonales Verzeichnis (lawa, 2021a) und die Bestockung muss mindestens 2 Meter breit sein (Anhang 4 Ziff. 6.2.1 & 6.2.4 DZV). Zudem gibt es Anforderungen an die Anzahl Arten an Gehölzpflanzen. Es

müssen pro 10 Laufmeter mindestens fünf verschiedene Baum- und Straucharten vorkommen (vgl. Anhang 4 Ziff. 6.2.2 DZV). Im Kanton Luzern wurde dieses Kriterium aufgrund von regionalspezifischen Gegebenheiten angepasst (lawa, 2019). Eine Hecke kann demnach die Qualitätsstufe II erhalten, wenn «durchschnittlich mindestens 3 verschiedene Strauch- und Baumarten je 10 Laufmeter vorhanden sind» (lawa, 2019, p. 2), zusätzlich wird hier «pro fehlende Art je 10 Laufmeter, eine biologisch wertvolle Kleinstruktur» (lawa, 2019, p. 2) verlangt (lawa, 2019). Für diese Qualitätsstufe müssen in der Hecke Dornensträucher oder landschaftstypische Bäume vorkommen. Für den Krautsaum gilt, dass dieser maximal zwei Mal pro Jahr geschnitten werden darf (vgl. lawa, 2021b).

In dieser Arbeit wird mit Datensätzen zu «**Gehölzflächen**» und «**schmalen bestockten Flächen**» gearbeitet. Auf diesen Flächen sind Bestockungen ausserhalb des Waldes vorhanden. Diese werden in die Analyse miteinbezogen, da sie potenziell als Hecken geschützt sein könnten, jedoch nicht als solche angemeldet sind.

Fast 90 Tier- und Pflanzenarten sind direkt oder indirekt von Hecken abhängig, davon einige, die hochgradig auf Hecken mit hoher ökologischer Qualität spezialisiert sind (UBE, 2023). Im Folgenden wird dargelegt, welche Faktoren einen Einfluss auf die ökologische Qualität einer Hecke haben.

Wie bereits in der Definition der Qualitätsstufe II ersichtlich, sind Hecken ökologisch hochwertig, wenn diese aus einer hohen Vielfalt an einheimischen Gehölzarten bestehen. Geodaten bezüglich Anzahl Gehölzarten pro Hecke liegen nicht vor. Aus diesem Grund wird auf die Arten-Areal-Beziehung zurückgegriffen, welche besagt, dass mit zunehmender Fläche des Habitats die Artenvielfalt ansteigt (Sadava, Hillis, Heller, & Hacker, 2019). So könnten aufgrund der Fläche einer Hecke Rückschlüsse auf die Artenvielfalt gemacht werden.

Verschiedene Tiere sind auf verschiedene Nischen angewiesen, somit sind Hecken wertvoll, wenn darin viele verschiedene Strukturen vorhanden sind (siehe

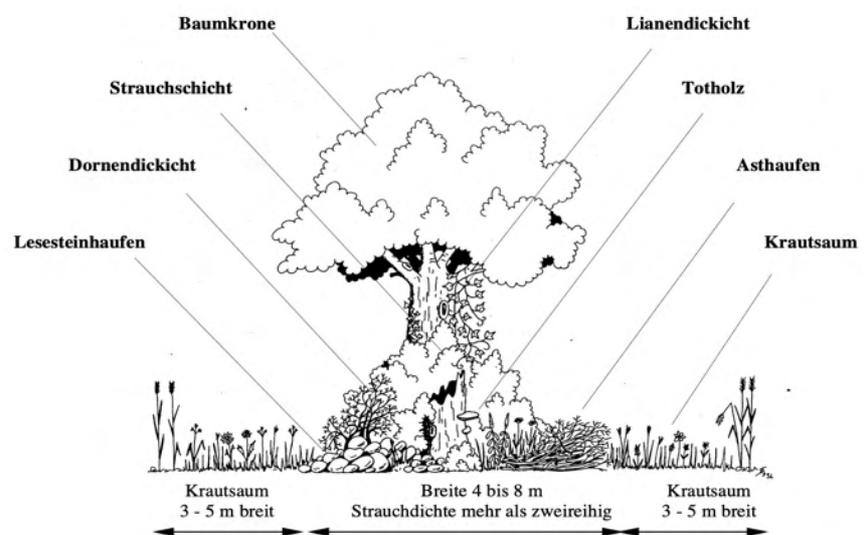


Abbildung 1: Stufiger Aufbau einer Hecke (Quelle: ÖkoBüro Jacques Studer, 2014).

Abbildung 1). Hierzu zählen beispielsweise Kleinstrukturen wie Stein- oder Asthaufen oder auch dornenreiche Sträucher (vgl. ÖkoBüro Jacques Studer, 2014). Mit den einzelnen Bäumen im Zentrum der Hecke, übergehend in eine Strauchschicht und schliesslich die Krautschicht entsteht im Querschnitt der Hecke



Abbildung 2: Hecken in der UBE (Quelle: eigenes Bild).

eine hohe Strukturvielfalt. Diese Strukturvielfalt kann mit gezielten Eingriffen erreicht werden. Die Pflege hat somit einen grossen Einfluss auf den ökologischen Wert der Hecke (vgl. ÖkoBüro Jacques Studer, 2014).

Ein zentraler Faktor für die Qualität einer Hecke und für ihre Bedeutung als Lebensraum ist die Vernetzung (siehe Abbildung 2), also wie stark eine Hecke mit umliegenden Hecken vernetzt ist. Dies ist von grosser Bedeutung, da Tierarten in isolierten Hecken ein grösseres Aussterberisiko haben (vgl. ÖkoBüro Jacques Studer, 2014).

In Gebieten mit viel ökologisch wertvollen Strukturen ist es lohnenswert, die Biodiversität weiter zu fördern. Hierfür werden Regionen als Biodiversitätshotspots ausgeschieden, um dort gezielte Massnahmen ergreifen zu können (vgl. Reid, 1998). Gegensätzlich kann argumentiert werden, dass in intensiv genutzten Gebieten ökologische Vernetzung wichtig ist. Demnach sollten in diesen Gebieten für die Biodiversität wertvolle Strukturen besonders gefördert werden (Kitt & Kielhorn, 2021).

Eine Tierart, welche besonders auf ökologisch wertvolle Hecken angewiesen ist, ist der Neuntöter. Dieser braucht strukturreiche Heckenlandschaften als Lebensraum und kommt aktuell in der UNESCO Biosphäre Entlebuch (UBE) nur in sehr kleiner Population vor (vgl. Knaus, 2017). Hecken sind für Vogelarten wie den Neuntöter wichtig als Nahrungsangebot, da sich dort viele Insekten befinden. Der Anteil an ökologisch wertvollen Hecken in der UBE ist sehr klein, somit besteht grosses Entwicklungspotential. Die ökologische Aufwertung von Hecken bietet sich als zielführende Massnahme an, um beispielsweise den Neuntöter zu fördern. Deshalb hat sich die UBE das Ziel gesetzt, Hecken aufzuwerten. Diese Aufwertung der Hecken kann aus selektiver Durchforstung, Förderung von Dornensträuchern, blütenreichen Säumen, Altgrasstreifen und Kleinstrukturen innerhalb oder angrenzend an die Hecken bestehen (vgl. Knaus, 2017).

Für die Analyse wurde als Untersuchungsgebiet die Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) der UBE (ohne Sömmerungsgebiet) festgelegt. Für diesen Perimeter sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- 1) Wie viele Hecken gibt es in der UBE und wo befinden sich diese?
- 2) Welche Hecken sind bereits offiziell als Hecken angemeldet und welche/wie viele nicht?
- 3) Welche ökologische Qualität weisen die Hecken jeweils auf?
- 4) Bei welchen Hecken sind ökologische Aufwertungsmassnahmen sinnvoll?

2 Methoden

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurden verschiedene existierende Geodatenätze zu einem Synthesedatenatz (Heckeninventar) zusammengefasst. Sodann wurde mittels Geodaten, welche Qualitätsaspekte der Hecken abdecken, die Qualität und das Potential der Hecken bestimmt. Diese räumliche Analyse wurde mit ArcGIS Pro von Esri durchgeführt, wobei für einige Berechnungen RStudio zugezogen wurde.

2.1 Heckeninventar

Für das Heckeninventar wurden verschiedene Datensätze, welche Informationen zu Hecken im Untersuchungsgebiet enthalten, zu einem Synthesedatenatz zusammengefügt. Um das Gebiet abgrenzen zu können, wurde zu Beginn ein Datensatz mit dem Untersuchungsgebiet dieser Arbeit erstellt, also der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) innerhalb der UBE (siehe Anhang I: Gebiet). Für das Zusammenfügen des Synthesedatenatzes wurden die jeweils passenden Daten aus den Datensätzen extrahiert: Aus dem Datensatz «Vernetzungsprojekte» wurden folgende zwei Datensätze entnommen:

1. «Hecken mit Pufferstreifen» (KULTUR = Hecken, Feld- und Ufergehölze (mit Pufferstreifen)), welches die angemeldeten Hecken nur mit Pufferstreifen sind und deshalb nicht als BFF gelten.
2. «Hecken mit Krautsaum» (KULTUR = Hecken, Feld- und Ufergehölze (mit Krautsaum)), welche der Qualitätsstufe «Hecke mit Krautsaum» entsprechen.

Die «Hecken mit Krautsaum» beinhalten die Q1 und Q2 Hecken, wobei die Qualität nicht ersichtlich ist. Um die Qualität der Hecken im Synthesedatenatz aufzuführen, wurde der Datensatz «Qualitätsstufe II» beigezogen, welcher nur BFF der Qualitätsstufe II enthält. Davon wurden die Hecken übernommen (siehe Anhang I: Q2). Damit die Q2-Hecken im Synthesedatenatz nicht doppelt vorkommen, wurden die entsprechenden Hecken bei den «Hecken mit Krautsaum» entfernt (siehe Anhang I: Bereinigung Q2). Auffällig hierbei ist, dass für drei Objekte der angemeldeten Q2-Hecken keine Überlappung zu einer «Hecke mit Krautsaum» gefunden werden konnte (siehe Abbildung 3). Zu diesen drei Hecken stehen im Synthesedatenatz somit weniger Informationen



Abbildung 3: Hecken der Qualitätsstufe II (Quelle: Heckeninventar).

zur Verfügung (siehe Anhang I: Bereinigung Q2). Bei einigen Hecken ist nur ein Teil der Hecke als Q2 angemeldet. Bei diesen resultieren im Synthesedatensatz zwei Polygone, welche je die Fläche der Qualitätsstufe abbilden (siehe Abbildung 4).

Für die Auswertung der Hecken pro Gemeinde ist es wichtig, dass im Synthesedatensatz aufgeführt ist, in welcher Gemeinde sich die jeweilige Hecke befindet. Für die bisher erfassten Hecken war diese Information jeweils vorhanden, ausser für die drei Hecken, welche nur im Datensatz mit den Flächen der Qualitätsstufe II vorhanden waren. Diese drei Hecken befinden sich in der Gemeinde Doppleschwand, wobei diese Angabe manuell ergänzt wurde.



Abbildung 4: Hecke mit unterschiedlichen Qualitätsstufen. Blau: Q1; violett: Q2 (Quelle: Heckeninventar).

Weiter wurde nach Hecken gesucht, welche nicht als solche angemeldet sind. Hierzu wurden zwei verschiedene Datensätze verwendet. Zum einen die Daten über die Bodenbedeckung aus dem Topografischen Landschaftsmodell (TLM) der Schweiz von swisstopo, zum anderen die amtliche Vermessung des Kantons Luzern.

Auch der Datensatz «Lebensrauminventar im Wald» vom Kanton Luzern enthält Geodaten zu Feldgehölze. Im Vergleich zum Luftbild wurde jedoch festgestellt, dass viele eingezeichnete Polylinien nicht einer Hecke entsprechen (siehe Abbildung 5). Der Datensatz ist zu ungenau und wurde deshalb nicht verwendet.



Abbildung 5: Feldgehölze als Polylinien. Gelb: Lebensrauminventar im Wald; blau: Heckeninventar.

Aus dem TLM wurde die Objektart «Gehoelzflaeche» übernommen, da nur diese Bodenbedeckung relevant ist für diese Arbeit. Hier ist anzumerken, dass laut Definition «Feldgehölze» nicht grösser als 600 m² sein dürfen, jedoch dürfen «Hecken» und «Ufergehölze» auch grössere Flächen abdecken (Iawa, 2021b). Die Gehölzflächen wurden also auch miteinbezogen, wenn sie grösser als 600 m² sind, da in dieser Arbeit «Hecken, Feld- und Ufergehölze» zusammengefasst werden. Wie vorangehend beschrieben, ist es für die weitere Auswertung wichtig, dass im Datensatz jeweils die Information vorliegt, in welcher Gemeinde sich die Hecke befindet. Da diese Angabe bei allen Gehölzflächen fehlt, wird diese Angabe im nächsten Schritt für jede Gehölzfläche hinzugefügt (siehe Anhang I: BFS-Nummer).

Aus der amtlichen Vermessung des Kantons Luzern wurden die «schmalen bestockten Flächen» aus den Einzelobjekten verwendet (siehe Anhang I: schmale bestockte Flächen). Anschliessend wurden die Überlappungen sowohl der «Gehölzflächen» und den «schmalen bestockten Flächen» untereinander als auch mit den angemeldeten Hecken bereinigt (siehe Anhang I: Bereinigung Überschneidungen). Bei einer Überlappung des TLM und der amtlichen Vermessung wurde entschieden, jeweils die Daten aus der amtlichen Vermessung des Kantons Luzern zu übernehmen, da diese die Hecken exakter abzubilden scheinen (siehe Abbildung 6). Zudem sind die Hecken teilweise leicht versetzt erfasst, aus diesem Grund wurden Überlappungen in einer Distanz von drei Meter gesucht (siehe Abbildung 7).



Abbildung 6: Überschneidung der Datensätze. Rot: Gehölzflächen (TLM); transparent: schmale bestockte Flächen (amtliche Vermessung).



Abbildung 7: Versetzte Polygone. Gelb: Gehölzflächen; violett: Hecken mit Pufferstreifen.

Zum Schluss wurden die Daten der Hecken « Krautsaum Q2», « Krautsaum Q1», «Pufferstreifen», «schmale bestockte Flächen» und «Gehölzflächen» zusammengeführt und die Objekte durchnummeriert, damit die Hecken im Inventar eine konsistente Hecken-ID erhalten.

2.1.1 Datensatz Heckeninventar

Es wurden Geodaten aus verschiedenen Datensätzen in einem Synthesedatensatz zusammengestellt (siehe Abschnitt 2.1). Dieser bietet einen Überblick über die Hecken im Untersuchungsgebiet. Aus den verschiedenen Datensätzen wurden jeweils nur die relevanten Informationen übernommen, damit das Heckeninventar möglichst übersichtlich ist (siehe Tabelle 1). In den ursprünglichen Datensätzen wurden den Hecken ID's zugeschrieben (siehe Anhang I: ID). Diese wurden in den Synthesedatensatz übernommen, damit bei Bedarf eine Verknüpfung zu anderen Datenbanken mithilfe der entsprechenden ID erstellt werden kann. Hiermit können alle Attribute, welche im ursprünglichen Datensatz vorhanden waren, jedoch nicht in den Synthesedatensatz übernommen wurden, für die entsprechenden Hecken wieder hinzugefügt werden. Weiter wurde für jede Hecke die «ID_Hecke» und die Quelle der Daten manuell hinzugefügt.

Tabelle 1: Attribute des Heckeninventars. Direkt aus anderem Datensatz übernommenes Attribut (blau), indirekt aus anderem Datensatz übernommenes Attribut (grün), manuell hinzugefügte Daten (gelb).

	Krautsaum Q2	Krautsaum Q1	Pufferstreifen	Schmale bestockte Flächen	Gehoezflaeche
OBJECTID (auto)					
Shape (auto)					
Qualitaet	Krautsaum Q2	Krautsaum Q1	Pufferstreifen	schmale bestockte Flächen	OBJEKTART
BFS_NR	BFS_NR	BFS_NR	BFS_NR	BFS_NR	BFS_NR
ID_Hecke	ID	ID	ID	ID	ID
BPO_ID	BPO_ID	BPO_ID	BPO_ID		
NS_ID	NS_ID	NS_ID	NS_ID		
t_id	t_id				
Identifikation	identifika				
OBJID				OBJID	
UUID					UUID
Quelle	© 2023, rawi Kanton Luzern	© swisstopo			
Shape_Length (auto)					
Shape_Area (auto)					

2.2 Qualitätsbeurteilung der Hecken

Die Hecken wurden hinsichtlich ihrer Qualität eingestuft. Dazu wurde bei den angemeldeten Hecken jeweils die Qualitätseinstufung der DZV übernommen (siehe Kapitel 1). Daraus ergeben sich bereits drei verschiedene Qualitätsstufen. Diese sind: «Hecke mit Pufferstreifen», «Krautsaum Q1» und «Krautsaum Q2». Für die restlichen Hecken, also die «schmalen bestockten Flächen» und die «Gehölzflächen» wurde diese Bezeichnung jeweils als Qualitätsstufe verwendet. Die Angabe zur Qualität im Inventar dient als Grundlage für die Potentialabschätzung (siehe Abschnitt 2.3).

Die feinere Unterteilung der Qualitätsstufen der Hecken hat sich als aufwändig herausgestellt und übersteigt den Umfang dieser Arbeit. Hier gäbe es folgende Möglichkeiten, um die Qualität einer Hecke anhand von Geodaten zu beurteilen:

- Mit dem Vegetationshöhenmodell könnte mit Daten zu Höhe und Varianz in der Höhe eine Aussage über die Struktur der Hecke gemacht werden. Je mehr Struktur in der Hecke vorhanden ist, desto wertvoller ist diese (ÖkoBüro Jacques Studer, 2014).
Je nach Genauigkeit des Vegetationshöhenmodells könnte hiermit eine Analyse des Krautsaums durchgeführt werden, indem der Querschnitt der Hecke analysiert wird. Damit wäre sichtbar, ob die Hecke einen stufigen Aufbau aufweist, was ein wichtiger Aspekt der Qualität darstellt (ALN, 2014).
- Je mehr Kleinstrukturen innerhalb der Hecke respektive in der Nähe einer Hecke vorhanden sind, desto wertvoller ist diese (ÖkoBüro Jacques Studer, 2014). Es wurden jedoch keine Datensätze zu Kleinstrukturen gefunden, weshalb diese zuerst erhoben werden müssten.
- Von einem grösseren Verhältnis von Umfang zu Fläche kann auf mehr Struktur im Umfang (z.B. Buchtigkeit) geschlossen werden. Die Geodaten der Hecken sind jedoch stark vereinfacht dargestellt, sodass der Umfang der Polygone häufig aus geraden Linien besteht, weshalb diese Berechnung nicht viel Aussagekraft hat (siehe Abbildung 8).

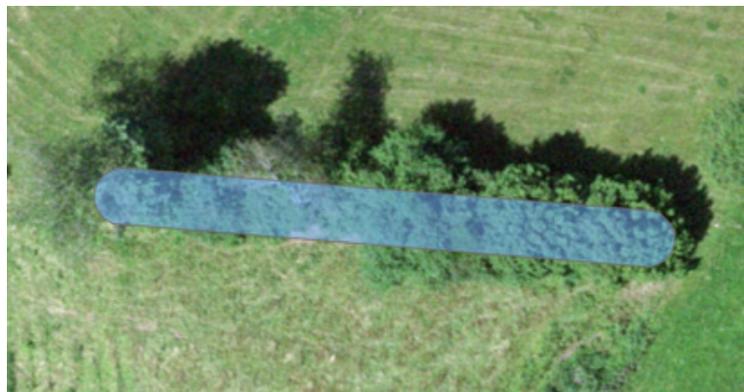


Abbildung 8: Vereinfachte Polygone (Quelle: Heckeninventar).

- Wie bereits erwähnt kann bei grösserer Habitatsfläche von mehr Arten ausgegangen werden, weshalb grössere Flächen als wertvoller eingestuft werden können (Sadava et al., 2019). Auch hier bräuchte es für eine hohe Aussagekraft genauere Geodaten, aus welchen die Fläche genauer abgelesen werden kann.

2.3 Potentialanalyse der Hecken

Für die Beantwortung der dritten Forschungsfrage wurde eine Potentialanalyse durchgeführt. Der Fokus wurde auf die Hecken mit Q1 gelegt, weil diese bereits als BFF angemeldet sind. Da sie aber nur die tiefere Qualitätsstufe erfüllen, würde es sich bei Q1-Hecken mit einem hohen Potentialwert lohnen, diese zu einer Hecke mit Q2 aufzuwerten. Werte wurden dennoch für alle Hecken im Inventar berechnet. Es wurde ein Potentialwert hinsichtlich einer Aufwertung berechnet und angegeben, ob sich die Hecke in einem Biodiversitätshotspot befindet oder nicht. Im Potentialwert wurden zum einen ökologische Komponenten berücksichtigt, zum anderen wurden technische Aspekte mit in die Berechnung integriert. In die Berechnung des ökologischen Potentials fliessen zwei verschiedene Grössen ein: Die Vernetzung der Hecken untereinander und die Exposition der Hecke. Weiter gibt es bewirtschaftungstechnische Aspekte, welche einen Einfluss auf das Potential haben. Damit Massnahmen mit vernünftigem Aufwand umgesetzt und Hecken entsprechend bewirtschaftet werden können, sollten diese gut erreichbar sein (Erreichbarkeit), sich nicht in steilem Gelände (Hangneigung) befinden und nicht zu nahe an einer Strasse liegen (Strassennähe). Mit Ausnahme der Variable «Vernetzung» wurde für jede Variable ein kategorialer Wert pro Hecke (0: Kriterium nicht erfüllt; 1: Kriterium erfüllt) ermittelt. Die verwendeten Variablen werden im Folgenden erläutert.

Vernetzung: Bei Hecken, welche eine gute Vernetzung mit anderen Hecken aufweisen, ist eine Aufwertung ökologisch sinnvoll (siehe Kapitel 1). In die Berechnung der Vernetzung fliessen zwei verschiedene Grössen ein: Zum einen wurde berücksichtigt, welche Qualität die umliegenden Hecken haben, zum anderen, welche Länge die umliegenden Hecken aufweisen. Als Grundlage für die Berechnung der Vernetzung wurde jeder Hecke im Synthesedatensatz aufgrund der Qualitätsstufe ein Wert zugeschrieben (siehe Anhang II: Vernetzung). Anschliessend wurden für jede Hecke die Werte der umliegenden Hecken aufsummiert. So hat eine Hecke mit hoher Qualitätsstufe einen grösseren Einfluss auf die «Vernetzung» als eine Hecke mit tieferer Qualitätsstufe, weil sie vermutlich mehr Hecken-gebundene Arten und gleichzeitig grössere Populationen dieser Arten aufweist. Für jede Hecke wurden die Werte der umliegenden Hecken in drei verschiedenen Distanzen aufsummiert. Für die Berechnung wurden die Distanzen 50 Meter (sum50), 100 Meter (sum100) und 200 Meter (sum200) verwendet (Knaus, Laule,

Kröpfli, & Landolt, 2016; ÖkoBüro Jacques Studer, 2014). Bei der grössten Distanz wurde zudem die Länge aller Hecken innerhalb dieser Distanz aufsummiert (Länge). Als grösster Wert wurde 200 Meter verwendet, weil die Lebensräume nicht weiter als diese Distanz auseinander liegen sollten (ÖkoBüro Jacques Studer,



Abbildung 9: Ausschnitt Heckeninventar, eingefärbt nach Qualitätsstufe.

2014). Für die umliegenden Hecken wurde ein Datensatz verwendet, bei welchem jeweils Hecken derselben Qualitätsstufe, die weniger als zwei Meter voneinander entfernt sind, als eine Hecke gezählt werden. Grund dafür ist, dass die Hecken teilweise als zwei fast aneinanderliegende Polygone eingezeichnet sind, obwohl es sich wahrscheinlich um dasselbe Habitat handelt (siehe Abbildung 9). Anschliessend wurde aus diesen Summen pro Hecke ein Wert für die «Vernetzung» wie folgt berechnet:

Vernetzung = $\text{sum}50 \times 3 + \text{sum}100 \times 2 + \text{sum}200 \times 1 + \text{Länge}$.

Kleinere Distanzen können von wenig mobilen Arten besser überwunden werden, weshalb Flächen in der Nähe höher gewichtet wurden (Duss, Meichtry-Stier, Pasinelli, Baur, & Birrer, 2012).

Exposition: Bei südexponierten Waldrändern wurde eine grössere Diversität an Pflanzen festgestellt (Babbi, Widmer, Blattner, & Krüsi, 2016), deshalb wurde die Exposition der Hecke in die Potentialanalyse miteinbezogen. Hecken, welche südexponiert sind (zwischen 135 und 225 Grad) erhalten einen höheren Wert (siehe Anhang II: Exposition).

Erreichbarkeit: Es wird angenommen, dass bei gut erreichbaren Hecken, Massnahmen einfacher umsetzbar sind. Die Erreichbarkeit wird ermittelt, indem jeweils für jede Hecke die Distanz zum nächstgelegenen landwirtschaftlichen Betrieb ermittelt wird (Datensatz: «Landwirtschaftsbetriebe»). Hecken, welche weniger als 200 Meter Distanz zum nächstgelegenen Betrieb entfernt sind, erhalten einen höheren Wert.

Hangneigung: Ab einer Hangneigung von 18% erteilt der Bund einen finanziellen Beitrag für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung (BLW, 2019b). Deshalb wird davon ausgegangen, dass ab dieser Neigung die Bewirtschaftung deutlich erschwert wird. Um Aufwertungsmassnahmen

umsetzen zu können, sollten sich die Hecken nicht in steilem Gelände befinden. Folglich erhalten Hecken, welche sich in Gelände mit weniger als 18% Steigung befinden, einen höheren Wert (siehe Anhang II: Hangneigung).

Strassennähe: Der Krautsaum entlang von Hecken darf nicht als Fahrweg benutzt werden (siehe Kapitel 1). Aus diesem Grund wurde Hecken, welche näher als 3 Meter von einer befahrenen Strasse liegen, ein tieferes Potential zugeschrieben (siehe Anhang II: Strassennähe).

Wald: Hecken, welche sich innerhalb der Waldfläche befinden (Datensatz: «Waldfläche»), dürfen nicht angemeldet werden (lawa, 2021b). Für diese Hecken wurde keine Berechnung des Potentials vorgenommen, sondern strikt den Wert 1 als Potential (tiefes Potential) gesetzt.

2.3.1 Berechnung Potential

Der Potentialwert wurde so berechnet, dass es sich bei einer Hecke mit einem höheren Potentialwert mehr lohnt, die Hecke aufzuwerten, als bei Hecken mit einem tieferen Potentialwert. Für die Berechnung des Potentials wurden die vorangehend ermittelten Werte in RStudio importiert und ausgewertet (siehe Anhang III). Damit die verschiedenen Werte miteinander verglichen werden können, müssen diese alle als kategoriale Werte vorliegen. Der Wert für die Vernetzung lag als numerisches Attribut vor und musste in ein kategorisches Attribut transformiert werden (siehe Anhang III).

Diese kategorialen Werte konnten anschliessend aufsummiert werden. Für die Potentialberechnung wurden folgende Formeln verwendet:

Potential = ökologisches Potential + technische Aspekte

ökologisches Potential = Vernetzung + Exposition

technische Aspekte = Erreichbarkeit + Neigung + Strassennähe

Die ermittelten Potentialwerte wurden anschliessend dem Heckeninventar zugefügt, damit eine räumliche Auswertung möglich wurde.

2.3.2 Hotspots

In der Literatur werden Biodiversitäts-Hotspots häufig anhand der vorkommenden Arten definiert (Reid, 1998). In dieser Arbeit wurde jedoch eine andere Herangehensweise verwendet. Die Hotspots wurden indirekt über die BFF eruiert, also es wurde davon ausgegangen, dass dort, wo viel BFF in der Umgebung vorhanden ist, die Biodiversität generell höher ist. Laut Guntern et al. (2020) müssen 10-20% der LN aus naturnahem Flächen inklusive Strukturen

bestehen, um die Biodiversität im Landwirtschaftsgebiet zu erhalten. Ausgehend davon wurde hier für die Eruierung der Hotspots die obere Grenze von 20% verwendet. Damit also in dieser Arbeit ein Gebiet als Hotspot gilt, muss mindestens 20% des Umkreises eines Objektes aus BFF bestehen (siehe Anhang II: Hotspots).

Die Meinungen bezüglich der Gebiete, innerhalb welcher wertvolle Strukturen gefördert werden sollen, sind in der Literatur widersprüchlich: Zum einen gibt es Literatur dazu, dass wertvolle Strukturen in Gebieten mit bereits hoher Biodiversität gefördert werden sollen, zum anderen, dass Hecken besonders in intensiv genutzten Gebieten als Vernetzungselement wichtig sind (siehe Kapitel 1). Aus diesem Grund wurde die Hotspotanalyse nicht in die Potentialberechnung miteinbezogen. Die Angabe, ob eine Hecke in einem Hotspot liegt, wird aber dennoch im Datensatz aufgeführt, damit, je nach Aufwertungsstrategie (Aufwertung innerhalb Hotspots oder in intensiv genutzten Gebieten), dieser Faktor berücksichtigt werden kann. Diese Angabe erfolgt in einer separaten Spalte, welche den Wert 1 (=Hecke innerhalb Hotspots) oder 0 (=Hecke nicht innerhalb Hotspots) enthält.

3 Resultate und Diskussion

In diesem Kapitel werden die Resultate anhand der Forschungsfragen (siehe Kapitel 1) dargelegt und diskutiert. Begonnen wird mit dem Heckeninventar (1, 2), anschliessend folgt die Qualitätseinstufung (2) und zum Schluss wird das Potential (3) der Hecken analysiert.

3.1 Heckeninventar

Insgesamt sind 3'036 Hecken im Heckeninventar erfasst worden, was einer Gesamtfläche von 139 Hektaren entspricht (siehe Anhang IV). Im Vergleich zwischen den Gemeinden, wo jeweils die Anzahl (siehe Abbildung 10) oder Fläche (siehe Abbildung 11) von Hecken pro LN berechnet wurde, fallen die Resultate der Gemeinden ähnlich aus: In der UBE hat Doppleschwand sowohl als Anzahl, als auch als Fläche gerechnet die meisten Hecken pro Hektare LN der Gemeinde (siehe Abbildung 10 und Abbildung 11). Doppleschwand ist mit einer Fläche von 695 Hektaren (415 Hektaren LN) die kleinste Gemeinde der UBE (siehe Anhang IV). Hier wird das Verhältnis von Hecken zu Fläche von einigen wenigen Hecken (102 Hecken, 382 Aren) beeinflusst (siehe Anhang IV). Am wenigsten Hecken pro LN weisen die Gemeinden Flühli und Hasle auf. Mögliche Gründe für die wenigen Hecken in der Gemeinde Flühli könnten zum einen die höhere Lage der Gemeinde im Vergleich zu den anderen Gemeinden in der UBE (Ort Flühli (LU) auf ca. 880 m. ü. M. (swisstopo, 2023a)), zum anderen der grosse Anteil der Moorfläche in der Gemeinde sein (swisstopo, 2023b). Bezüglich der Verteilung zwischen Fläche der Hecken und Anzahl Hecken stellt die Gemeinde Schüpfheim eine Ausnahme dar. Schüpfheim hat im Vergleich zu den anderen Gemeinden viel Fläche, welche mit Hecken bestockt sind, jedoch auf eine kleinere Anzahl Hecken verteilt. Bei der Anzahl an Hecken befinden sich ähnlich viele Hecken in der Gemeinde Schüpfheim wie in den Gemeinden Entlebuch, Escholzmatt-Marbach und Romoos. Für die weitere Analyse wird jeweils die Fläche der Hecken verwendet, weil Beiträge für Hecken als BFF mehrheitlich pro Fläche und nicht pro Hecke ausbezahlt werden (lawa, 2021b). In absoluten Werten weist die Gemeinde Escholzmatt-Marbach (4517 Aren) deutlich mehr Hecken-Fläche auf als die anderen Gemeinden (siehe Anhang IV).

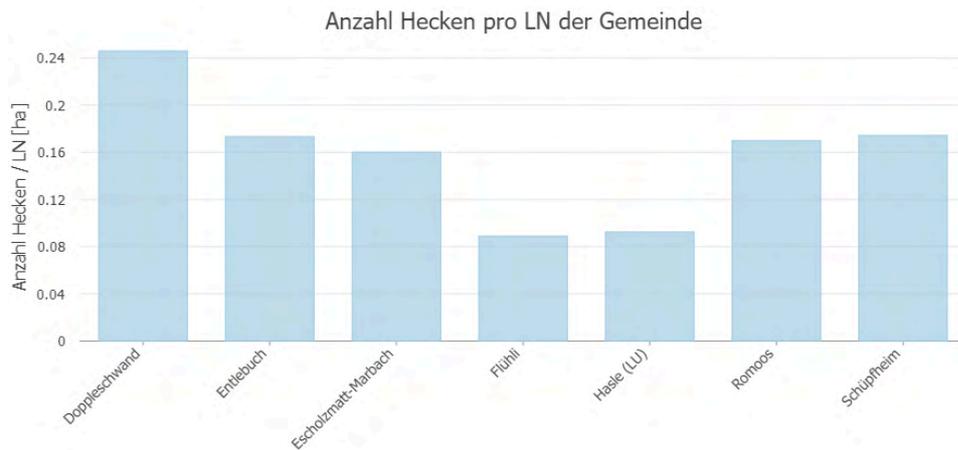


Abbildung 10: Anzahl erfasste Hecken im Heckeninventar pro Hektare LN der Gemeinde.

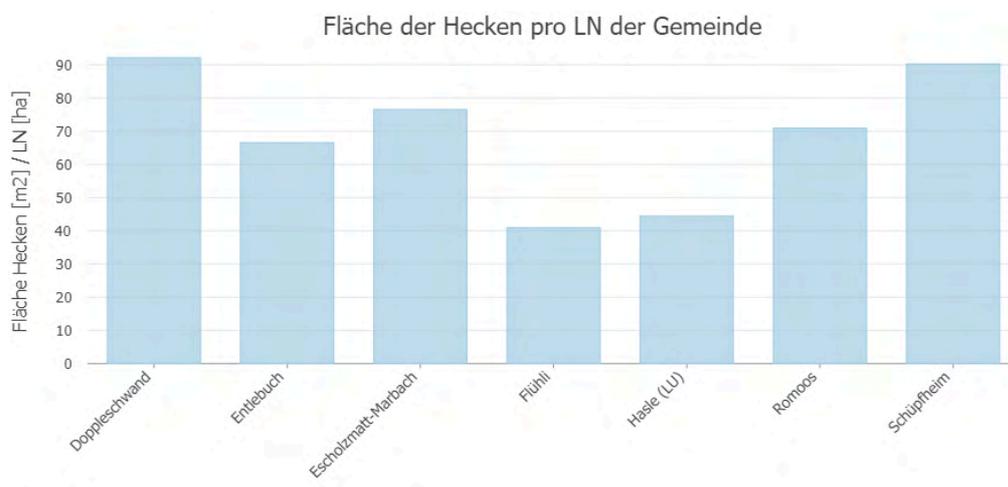


Abbildung 11: Fläche der Hecken im Heckeninventar in m² pro Hektare LN der Gemeinde.

3.1.1 Anteil angemeldete Hecken

In der UBE sind insgesamt nur die Hälfte der Hecken als BFF angemeldet (72 Hektaren von 139 Hektaren, siehe Tabelle 2), weitere rund 35% sind als Hecken mit Pufferstreifen angemeldet (48 Hektaren), die restlichen Hecken sind nicht angemeldet (14%, 19 Hektaren). Mögliche Gründe für den grossen Anteil der nicht angemeldeten Hecken könnten zum einen der strenge Schutz der Hecken im Kanton Luzern sein (siehe Kapitel 1). Sobald die Hecke angemeldet wird, wird diese offiziell erfasst. So scheint es, als ob die Hecke nur geschützt wäre, wenn sie angemeldet ist. Dem ist aber nicht so, alle Hecken sind, auch wenn sie nicht angemeldet sind, geschützt (Art. 3 Abs 1 Heckenschutzverordnung). Zum anderen könnten Hecken nicht angemeldet werden, weil der Krautsaum der Hecken nur zu gewissen Zeiten beweidet werden darf (Anhang 4 A 6.1.2 DZV). So muss, für die Zeiten ohne Beweidung, der Zaun umgesetzt

werden. Bei einer Weide, welche mit einem dauerhaften Zaun eingegrenzt wird, ist dies ein zusätzlicher Aufwand für die Landwirt:innen. Zudem können nur Betriebe, welche direktzahlungsberechtigt sind, Hecken als BFF anmelden. Somit gibt es Gehölzflächen und schmale bestockte Flächen, welche aus diesem Grund nicht angemeldet werden können.

Die Werte der nicht angemeldeten Hecken sind mit Vorsicht zu betrachten, weil die Fehler in den Geodaten dieser viel grösser sind als die Geodaten der angemeldeten Daten (siehe Abbildung 12). Insgesamt gibt es dennoch Hinweise darauf, in welchen Gebieten viele Hecken vorhanden sein könnten, die nicht als solche angemeldet sind.



Abbildung 12: Bäume als Gehölzfläche (gelb) (Quelle: TLM).

In einigen Gemeinden befinden sich grosse Anteile von Hecken, welche nicht als solche angemeldet sind (siehe Abbildung 13). Die Gemeinden Escholzmatt-Marbach (17%) und Flühlí (24%) haben die grössten Anteile an Hecken, welche weder als BFF noch als Hecke mit Pufferstreifen angemeldet sind. Bei der Gemeinde Doppleschwand sind nur 3% der Hecken nicht angemeldet, was der kleinste Anteil der betrachteten Gemeinden ist.

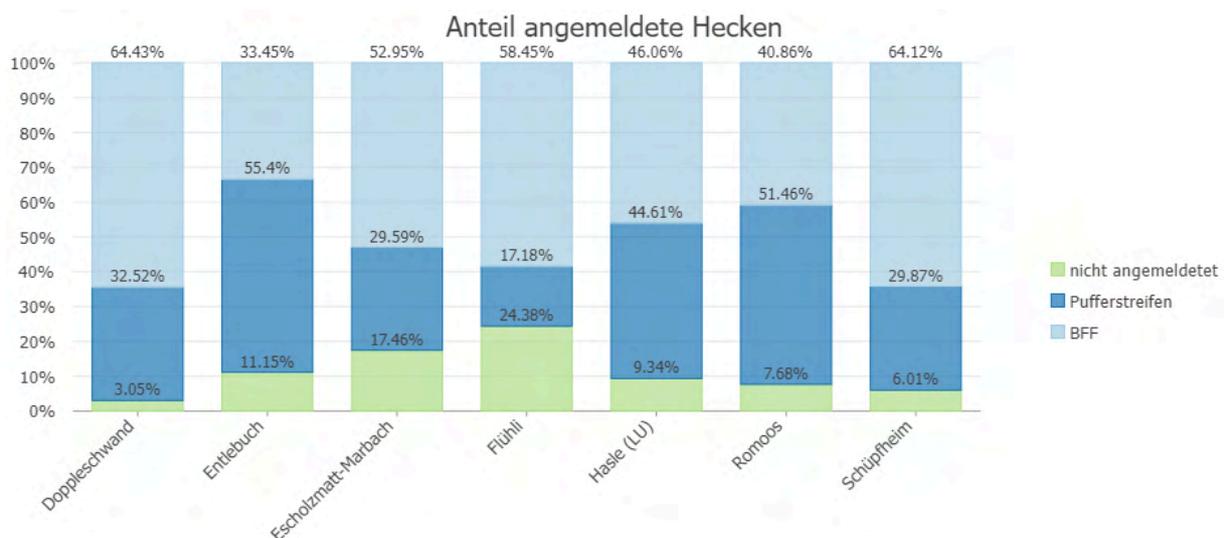


Abbildung 13: Auswertung der Heckenfläche in drei Stufen: angemeldet als BFF, angemeldet als Hecken mit Pufferstreifen, nicht angemeldet.

3.2 Qualitätseinstufungen

Ausgewertet nach Anzahl Hecken im Untersuchungsgebiet gibt es die meisten Hecken mit Pufferstreifen (42.3%), wobei bei der Auswertung nach Fläche die Hecken der Qualitätsstufe I (40.5%) dominieren (siehe Tabelle 2). Dies deutet darauf hin, dass die einzelnen Hecken mit Pufferstreifen jeweils eine weniger grosse Fläche aufweisen, respektive die einzelnen Q1-Hecken eine grössere Fläche abdecken. Als BFF angemeldete Hecken machen 52% der Hecken aus. Davon weisen 22% die Qualitätsstufe II auf. Zudem wurden 1'926 Aren Hecken erfasst, welche nicht angemeldet sind (schmale bestockte Flächen und Gehölzflächen).

Tabelle 2: Auswertung des Heckeninventars nach Qualitätsstufe im gesamten Untersuchungsgebiet.

Qualitätsstufe	Anzahl	Anzahl [%]	Fläche [Aren]	Fläche [%]
Krautsaum Q2	218	7.2	1582	11.4
Krautsaum Q1	997	32.8	5614	40.5
Pufferstreifen	1284	42.3	4756	34.3
Schmale bestockte Fläche	185	6.1	940	6.8
Gehölzfläche	352	11.6	986	7.1

In der UBE sind 14 Aren Hecken mit der Qualitätsstufe I pro km² angemeldet. Dies ist im Vergleich zum Kanton Luzern (35 Ar/km²) weniger als die Hälfte (siehe Tabelle 3). Auf die ganze Schweiz (10 Ar/km²) gesehen ist dies jedoch leicht mehr als der Durchschnitt. Von der Qualitätsstufe II sind schweizweit viel weniger Aren Hecken angemeldet. Die UBE (4.0 Ar/km²) ist hier leicht unter dem Durchschnitt über die ganze Schweiz (4.1 Ar/km²). Im Vergleich zum Durchschnitt des Kantons Luzern (11.9 Ar/ km²) hat die UBE weniger als halb so viele Aren Hecken der Qualitätsstufe II (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Vergleich der BFF-Hecken der UBE mit dem Kanton Luzern und der Schweiz (Berechnung siehe Anhang V).

Gebiet	Q1 pro km ² [Ar/km ²]	Q2 pro km ² [Ar/km ²]
Schweiz	10	4.1
Kanton Luzern	35	11.9
UBE	14	4.0

In absoluten Werten sind in der Gemeinde Escholzmatt-Marbach von allen Qualitätsstufen grosse Flächen vorhanden (siehe Abbildung 14), weil in dieser Gemeinde insgesamt viele Hecken vorhanden sind (4517 Aren). Abgesehen von der Gemeinde Escholzmatt-Marbach, weisen die Gemeinden Flühli und Schüpfheim die grössten Flächen sowohl von Q2-Hecken als auch von Q1-Hecken auf. Die grösste Fläche an Hecken mit Pufferstreifen weist nach der Gemeinde Escholzmatt-Marbach die Gemeinde Entlebuch auf. Viel Fläche von nicht angemeldeten Hecken (schmale bestockte Fläche und Gehölzfläche) ist in den Gemeinden Escholzmatt-Marbach (788 Aren) und Flühli (566 Aren) vorhanden (siehe Anhang IV).

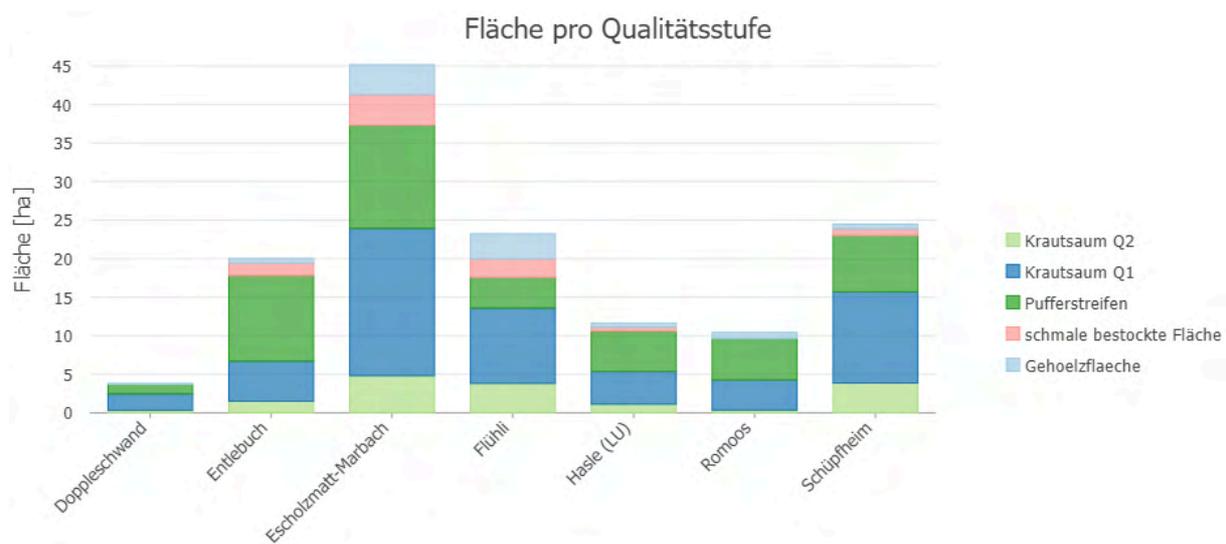
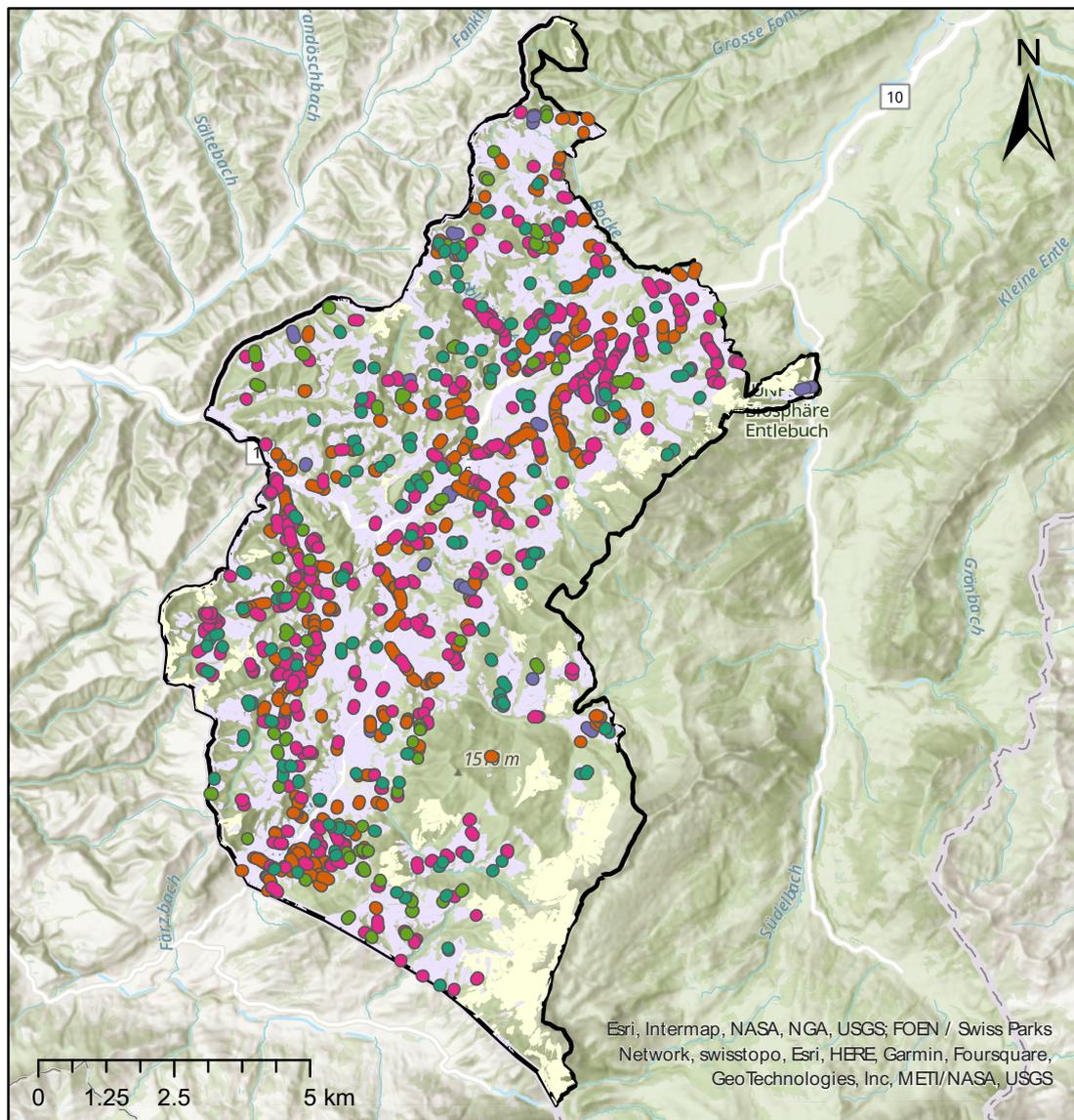


Abbildung 14: Auswertung Heckeninventar (Fläche in ha) nach Qualitätsstufe.

In der räumlichen Verteilung der Hecken innerhalb der Gemeinde Escholzmatt-Marbach ist sichtbar, dass sich die meisten Hecken innerhalb eines Bandes von Nordosten nach Südwesten befinden (siehe Abbildung 15). Im südöstlichen Gebiet der Gemeinde sind keine Hecken eingezeichnet. Grund dafür könnte sein, dass in dieser Arbeit nur Hecken innerhalb der LN berücksichtigt wurden. Das Gebiet im Südosten der Gemeinde wird teilweise nicht landwirtschaftlich bewirtschaftet, teilweise besteht es aus Sömmerungsgebiet. Bezüglich der räumlichen Verteilung der Qualitätsstufen der Hecken ist erkennbar, dass jeweils einige Hecken derselben Qualitätsstufe linear angeordnet sind. Dies betrifft hauptsächlich die Q1-Hecken und die Hecken mit Pufferstreifen.

Gemeinde Escholzmatt-Marbach

Hecken nach Qualitätsstufe mit LN und Sömmerungsflächen



Legende

- Krautsaum Q2
- Krautsaum Q1
- Pufferstreifen
- schmale bestockte Fläche
- Gehoelzflaeche
- LN
- Sömmerungsgebiet
- Escholzmatt

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Abbildung 15: Hecken innerhalb der Gemeinde Escholzmatt-Marbach eingefärbt nach Qualitätsstufe. Fläche der Hecken wird vergrössert dargestellt (Karten der Hecken nach Qualitätsstufe aller Gemeinden: siehe Anhang VII).

Grundsätzlich haben alle Gemeinden der UBE (22%), ausser die Gemeinde Flühli (28%), einen Anteil an Q2 Hecken (innerhalb der BFF-Hecken) unter dem Durchschnitt des Kantons Luzern (25%) und der Schweiz (29%) (siehe Tabelle 3). Für Aufwertungsmassnahmen ist interessant, in welcher Gemeinden wie viele Hecken von der Qualitätsstufe I liegen und somit in die Qualitätsstufe II aufgewertet werden können (siehe Abbildung 16). Romoos hat nur 8% der BFF-Hecken (Fläche) mit Qualitätsstufe II. Doppleschwand hat mit 14% auch einen sehr kleinen Anteil an Q2-Hecken, jedoch sind diese, wie bereits erwähnt, insgesamt eine kleine Fläche von BFF-Hecken. In der Gemeinde Escholzmatt-Marbach liegen, im Vergleich zu den anderen Gemeinden, in absoluten Werten die grössten Flächen von Q1-Hecken (siehe Anhang IV).

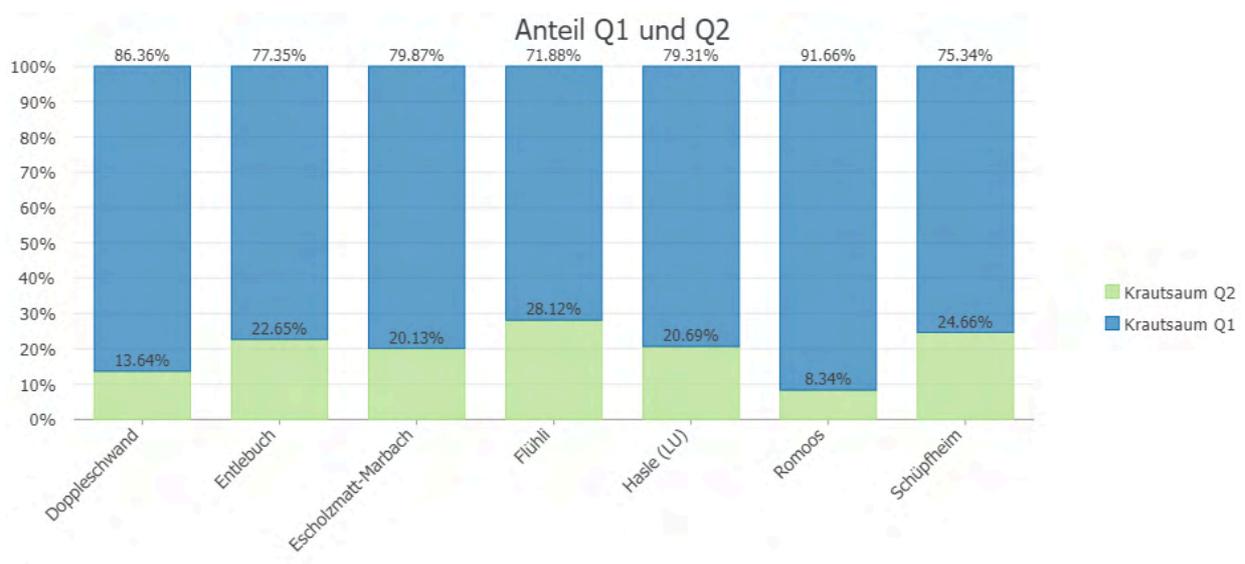


Abbildung 16: Anteil Q1 und Q2 der angemeldeten BFF-Hecken.

3.3 Potentialanalyse

Im Potentialwert wurden das ökologische Potential und bewirtschaftungstechnische Aspekte berücksichtigt (siehe Abschnitt 2.3). Bei den bewirtschaftungstechnischen Aspekten erfüllen im Untersuchungsgebiet nur 3 Hektaren von Hecken alle drei Kriterien (Erreichbarkeit, Hangneigung und Strassennähe) und weisen somit den Wert 3 auf (siehe Anhang VI). 85 Hektaren der Hecken im Untersuchungsgebiet weisen jedoch einen Wert von 2 auf, die restlichen 51 Hektaren einen Wert von 1. Alle der Hecken in der UBE erfüllen mindestens ein Kriterium der bewirtschaftungstechnischen Aspekte. In den Gemeinden ist eine ähnliche Verteilung der Werte zu sehen. Grob sieht die Verteilung wie folgt aus (siehe Abbildung 17): Wenige Prozent der Hecken weisen einen hohen Wert (3) auf. Rund zwei Drittel haben bei der Bewirtschaftung einen mittleren Wert (2) und ein Drittel einen tiefen Wert (1). Doppleschwand unterscheidet

sich von den anderen Gemeinden (siehe Abbildung 17), hier sind nur 12% der Hecken mit dem Wert 1 eingestuft, somit sind mehr Hecken mit dem Wert 2 eingestuft (85%). In absoluten Werten (siehe Anhang VI) sind in der Gemeinde Escholzmatt-Marbach die meisten Hecken mit mittleren (2) bis hohen (3) Werten eingestuft (28 Hektaren).

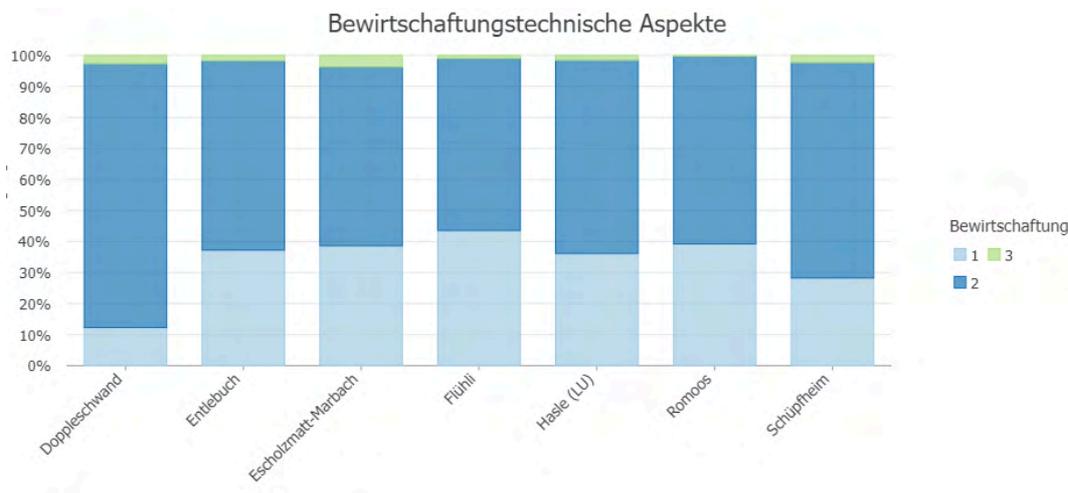


Abbildung 17: Anteil Heckenfläche im Heckeninventar pro Wert der bewirtschaftungstechnischen Aspekte.

Beim ökologischen Potential liegen die Werte in der UBE zwischen 0 (0.02 ha) und 3 (1.18 ha), die restlichen Hecken weisen ein ökologisches Potential von 1 (107.5 ha) oder 2 (30.7 ha) auf (siehe Anhang VI). Der grösste Anteil der Hecken wurde in allen Gemeinden mit dem Wert 1 für das ökologische Potential eingestuft. Der Wert 0 erhielt eine Hecke in der Gemeinde Escholzmatt-Marbach, wobei dieser Wert in den restlichen Gemeinden nicht vorkommt. Hecken mit sehr grossem ökologischem Potential (3) sind in den Gemeinden Hasle (LU) und Schüpfheim vorhanden, wo diese einen Anteil von 7% respektive 1.5% der Heckenfläche innerhalb der Gemeinde ausmachen (siehe Abbildung 18).

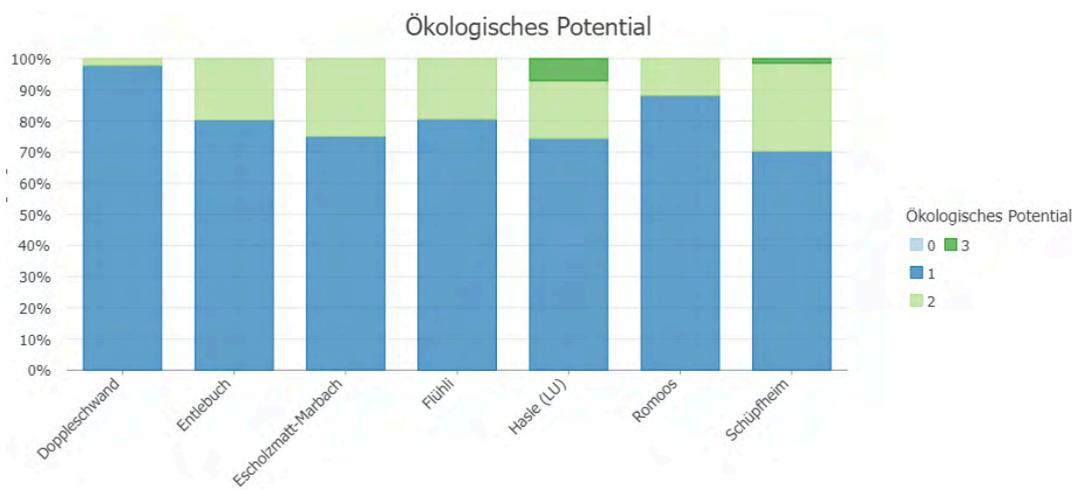


Abbildung 18: Anteil Heckenfläche im Heckeninventar pro Wert des ökologischen Potentials.

In der Analyse der berechneten Potentialwerte (siehe Abbildung 19) ist sichtbar, dass viele Hecken (76% der Fläche) der Qualitätsstufe I in der UBE hohes Potential (Potential = 4 oder Potential = 5) oder mittleres Potential (Potential = 3) aufweisen (siehe Anhang VI). 24 % der Q1-Hecken weisen somit einen tiefen Potentialwert auf (Potential = 2 oder Potential = 1). Der grösste Anteil an Q1-Hecken mit hohem Potential zeigt die Gemeinde Hasle (LU). Hier sind 42% der Q1-Hecken mit hohem Potential eingestuft. Auch die Gemeinden Escholzmatt-Marbach (23%) und Schüpfheim (24%) haben viele Q1-Hecken mit hohem Potential. Die Gemeinde Doppleschwand zeigt nur wenige Q1-Hecken mit hohem Potential (5%), jedoch sind 95% der Q1-Hecken mit mittlerem bis hohem Potential eingestuft. In Doppleschwand sind jedoch in absoluten Werten nur 213 Aren Q1-Hecken vorhanden, wohingegen in den Gemeinden Escholzmatt-Marbach (1'910 Aren) und Schüpfheim (1'181 Aren) deutlich mehr Fläche mit Hecken dieser Qualitätsstufe vorhanden sind (siehe Anhang IV). Aus diesem Grund ist in diesen Gemeinden insgesamt grösseres Potential vorhanden. In der räumlichen Verteilung der Q1-Hecken in der Gemeinde Escholzmatt-Marbach ist sichtbar, dass sich im nordöstlichen und im westlichen Teil der Gemeinde zwei Flächen befinden, wo sich einige Q1-Hecken mit hohem Potential befinden (siehe Abbildung 20).

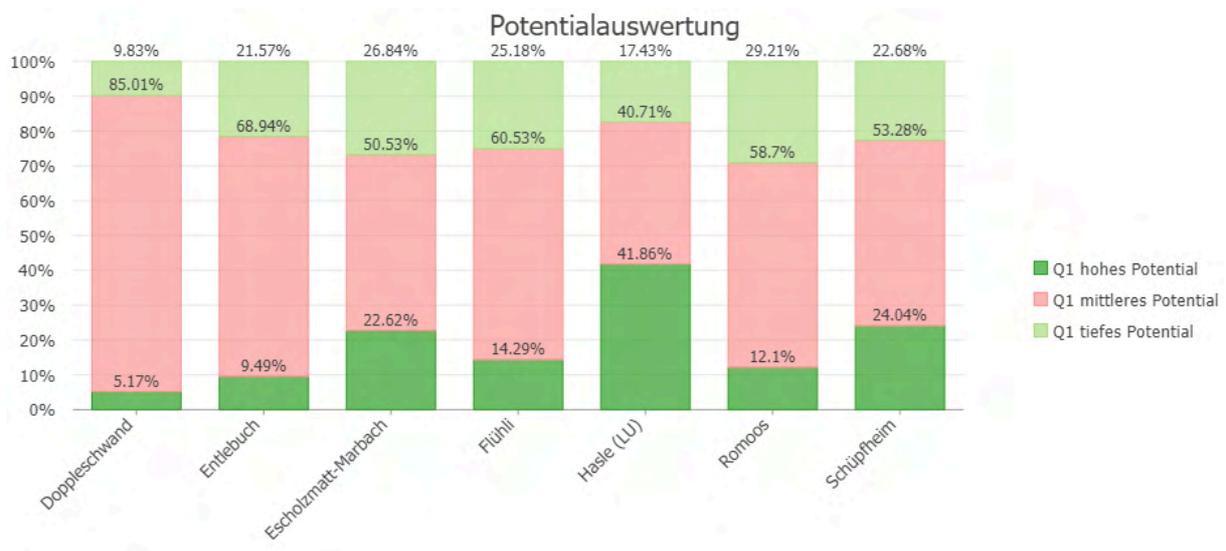
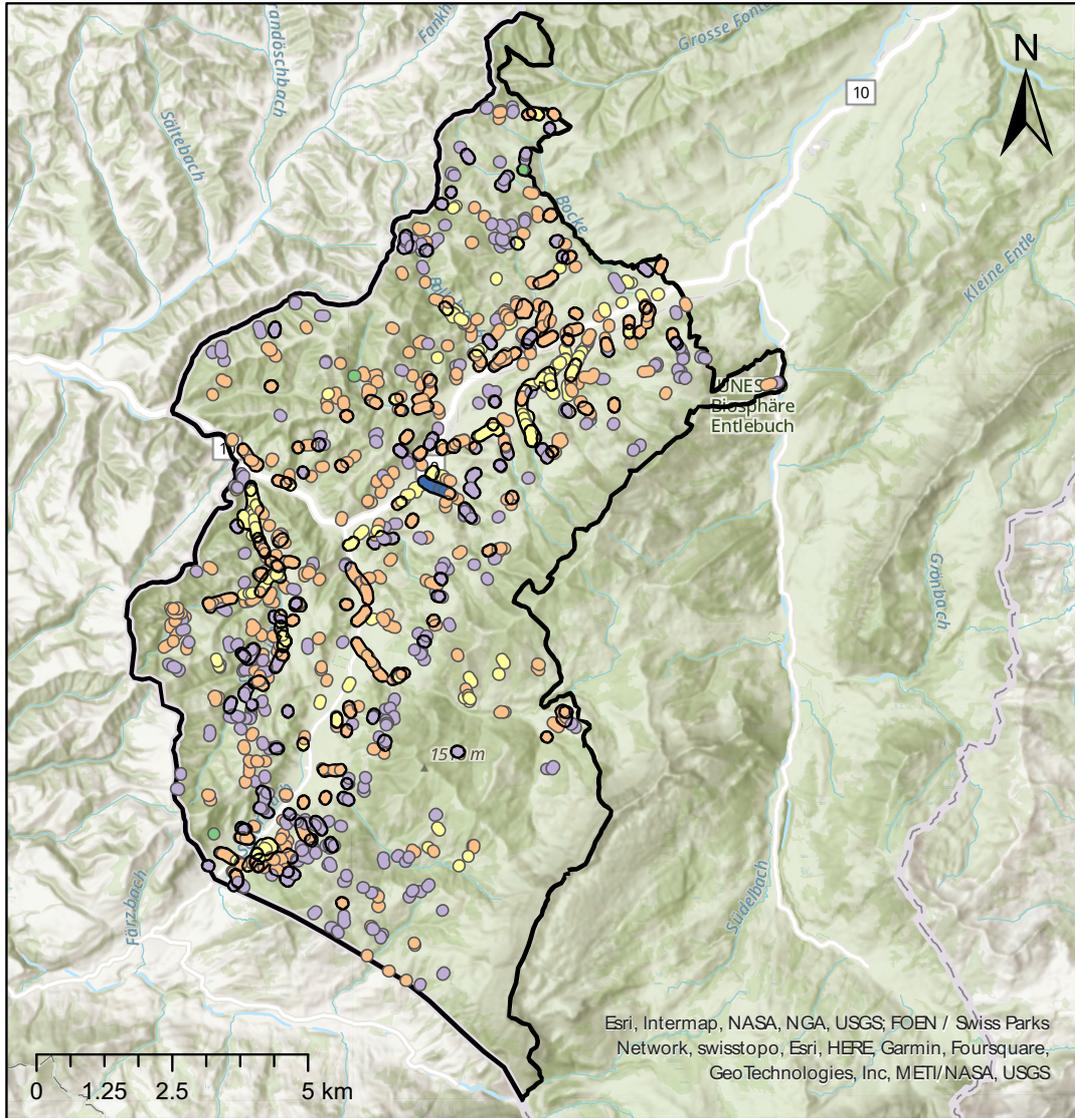


Abbildung 19: Darstellung Potential der Q1-Hecken.

Gemeinde Escholzmatt-Marbach

Hecken nach Potential, Qualitätsstufe I hervorgehoben



Legende

Potential

1

2

3

4

5

Krautsaum Q1

Escholzmatt

Quellen

© 2023, rawi Kanton Luzern

© swisstopo

Abbildung 20: Hecken (alle Qualitätsstufen) innerhalb der Gemeinde Escholzmatt-Marbach nach Potential eingefärbt. Werte 4 und 5: hohes Potential; Wert 3: mittleres Potential; Werte 1 und 2: tiefes Potential. Hecken der Qualitätsstufe I werden hervorgehoben. Fläche der Hecken vergrössert dargestellt (Karten der Hecken nach Potential aller Gemeinden im Anhang VIII).

3.3.1 Hotspots

Von den 3'036 erfassten Hecken in der UBE befinden sich 1'347 der Hecken (44%) in einem Biodiversitätshotspot, die restlichen 1'689 Hecken befinden sich ausserhalb der Hotspotflächen (siehe Anhang VI).

Sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Hotspots ist die Verteilung der angemeldeten Hecken nach Qualitätsstufen sehr ähnlich (siehe Abbildung 21). Den grössten Unterschied besteht bei den Hecken mit Pufferstreifen. Diese befinden sich im Vergleich zu den anderen Qualitätsstufen zu einem grösseren Anteil ausserhalb der Hotspots. Innerhalb der Hotspots ist ein grösserer Anteil der Hecken nicht angemeldet (20%) als ausserhalb der Hotspots (9%).

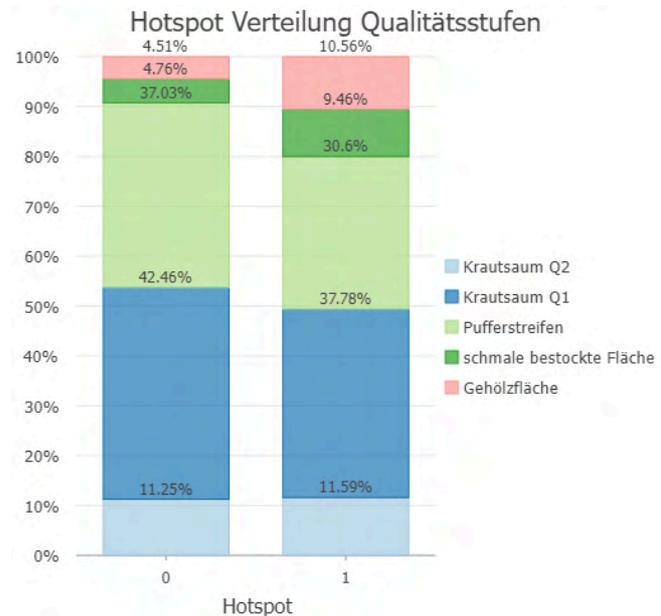
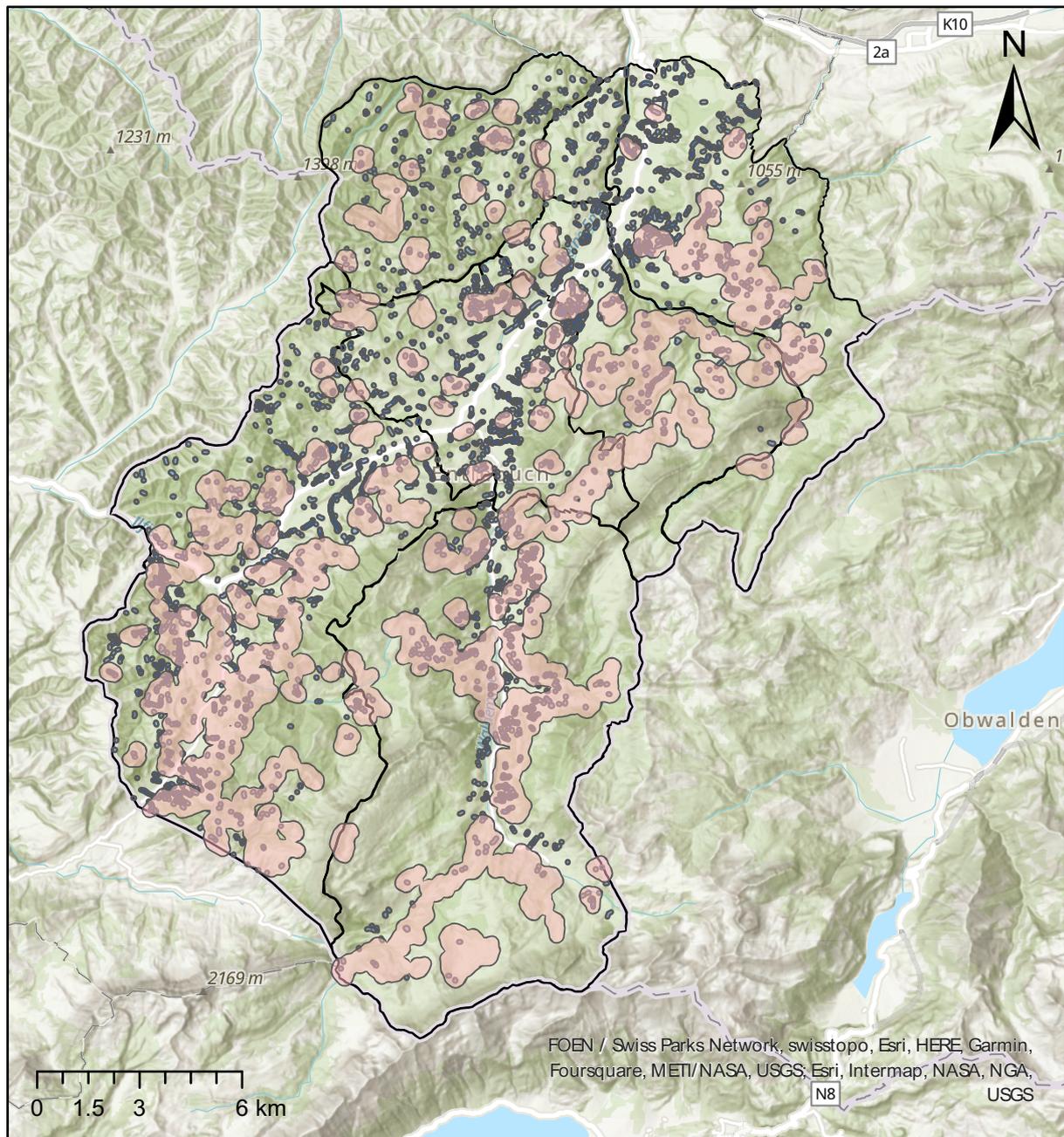


Abbildung 21: Anteil der Hecken nach Qualitätsstufen ausserhalb (0) und innerhalb (1) der Hotspots.

In der räumlichen Verteilung der Hotspots ist sichtbar, dass die Hotspots im südlichen Teil der UBE zusammenhängender sind als im nördlichen Teil der UBE. In den Gemeinden Entlebuch, Doppleschwand und Schüpfheim sind mehr Hecken ausserhalb der Hotspotflächen als in den restlichen Gemeinden (siehe Abbildung 22).

Biodiversitätshotspots



Legende

-  Hotspots
-  Hecken
-  Biosphäre

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Abbildung 22: Biodiversitätshotspots mit Heckeninventar (Fläche der Hecken vergrössert dargestellt) in der UBE.

4 Schlussfolgerung

Im Heckeninventar sind 3'306 Hecken erfasst worden (siehe Kapitel 3.1). Rund die Hälfte der Heckenfläche im Untersuchungsgebiet sind als BFF angemeldet, die andere Hälfte ist entweder als Hecke mit Pufferstreifen (35%) angemeldet oder nicht registriert (14%). Dies deutet auf ein grosses Potential auf drei Stufen hin: Erstens könnten unangemeldete Hecken angemeldet werden, zweitens könnten Hecken mit Pufferstreifen zu BFF-Hecken aufgewertet werden und drittens könnten die BFF-Hecken mit der Qualitätsstufe I auf Qualitätsstufe II aufgewertet werden.

Nur 22% von den als BFF angemeldeten Hecken weisen die Qualitätsstufe II auf (siehe Kapitel 3.2). Hier besteht somit grosses Aufwertungspotential. Hecken, welche bisher die Qualitätsstufe I aufweisen und mit einem hohen Potential bewertet wurden, wären die optimale Wahl für ökologische Aufwertungsmassnahmen, weil von den drei Potentialen vor allem die Aufwertung der BFF-Hecken von Q1 auf Q2 realistisch ist. Bei Hecken, welche nicht als BFF angemeldet werden wollen, ist der Aufwand sehr gross, die entsprechenden Landwirt:innen vom Nutzen der Anmeldung als BFF zu überzeugen. Möglich wäre auch, dass diese aus betriebstechnischen Gründen nicht angemeldet werden können oder dies mit grossem Aufwand verbunden wäre (siehe Kapitel 3.1.1). Zudem könnte es sein, dass einige Hecken nicht angemeldet werden aufgrund des strengen Schutzes der Hecken im Kanton Luzern. Mit der Anmeldung der Hecken werden diese offiziell erfasst. Hier wäre es wichtig den Landwirt:innen aufzuzeigen, dass Hecken auch ohne Anmeldung unter Schutz stehen.

In allen Gemeinden der UBE besteht grosses Potential bezüglich der ökologischen Aufwertung von Hecken. Die Gemeinden Flühli und Escholzmatt-Marbach zeigen grosses Potential bezüglich des Anmeldens von Hecken (siehe Abschnitt 3.1.1). Die Gemeinden Escholzmatt-Marbach, Schüpfheim und Hasle weisen grosses Potential für Aufwertungen der BFF-Hecken von Q1 auf Q2 auf (siehe Abschnitt 3.3). Die Ausschöpfung des vorhandenen Potentials ist jedoch stark abhängig von den Eigentümer:innen, respektive Bewirtschafter:innen der Hecken. Sie bestimmen, ob und bei welchem Anteil der Hecken Massnahmen umgesetzt werden. Hier hat sich gezeigt, dass Betriebe, welche bezüglich BFF fachlich Beraten wurden, mehr und qualitativ wertvollere BFF anlegen (Chevillat et al., 2017). Eine Beratung der Betriebe mit grossem Potential bezüglich ökologischer Aufwertung von Hecken zeigt sich somit als zielführende Massnahme.

Konkret braucht es für die ökologische Aufwertung der Hecken einen initialen Eingriff, gefolgt von richtiger Pflege. Beim Eingriff von artenarmen Hecken wird selektiv geholt. Hierbei

werden dominierende Arten (zum Beispiel Hasel) radikal zurückgeschnitten (Auf-den-Stock-Setzen) und anschliessend einheimische und standortgerechte Sträucher (siehe Lawa, 2021a) gepflanzt, wobei dornenreiche und beerentragende Sträucher besonders wertvoll sind (Benz et al., 2021). Zudem sollten Kleinstrukturen (bspw. Steinhaufen, Asthaufen) angelegt werden, welche ein wichtiges Strukturelement der Hecke darstellen. Wenn Weiden an die Hecke grenzen, ist es nötig, die anliegenden Zäune zu verlegen, weil der Krautsaum nicht dauerhaft beweidet werden darf. Mit der Pflege in den anschliessenden Jahren werden die dominanten Arten weiterhin auf den Stock gesetzt, bis sich verschiedene andere Arten durchsetzen können (vgl. Benz et al., 2021).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in der UBE viel Potential für Heckenaufwertungen vorhanden ist. Im Vergleich zum Kanton Luzern sind nur wenige Hecken von hoher Qualität. Viele Hecken sind nicht als BFF angemeldet oder sie weisen nur die Qualitätsstufe I auf. Für viele Arten sind Hecken mit einer hohen Qualität sehr wichtig. Folglich wäre es sinnvoll, mehr Hecken aufzuwerten.

5 Quellen

5.1 Literatur

- ALN. (2014). *Hecken. Merkblatt*. Retrieved from Zürich: Amt für Landschaft und Natur Kanton Zürich, Fachstelle Naturschutz: <https://www.zh.ch/de/planen-bauen/bauvorschriften/bauen-natur.html>
- Babbi, M., Widmer, S., Blattner, M., & Krüsi, B. O. (2016). Waldrandaufwertungen: Einfluss von Exposition und Wüchsigkeit des Standorts. *Schweiz Z Forstwes*, 167(5), 286–293. Retrieved 23 June 2023 from <https://doi.org/10.3188/szf.2016.0286>
- Benz, R., Jucker, P., Koller, N., Kuchen, S., Marendaz Guignet, E., Mulhauser, G., ... Rohrbach, E. (2021). *Hecken - richtig pflanzen und pflegen. Biodiversitätsförderung* (Vol. 1613). Retrieved from Lausanne: AGRIDEA: <https://agridea.abacuscity.ch/de/A~1613~1/3~410230~Shop/Publicationen/Pflanzenbau-Umwelt-Natur-Landschaft/Hecken-Feld-und-Ufergehölze/Hecken-richtig-pflanzen-und-pflegen/Deutsch/Print-Papier>
- BLW. (2019a). Agrarbericht 2019 - Biodiversitätsbeiträge. Retrieved 25 June 2023, from <https://2019.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/biodiversitaetsbeitraege>
- BLW. (2019b). Hangbeitrag. Retrieved 19 June 2023, from <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/kulturlandschaftsbeitraege/hangbeitr-ag.html>
- Böttcher, J. (2011). *Statistische Analyse großer Datenmengen mittels Oracle Data Mining 11g. Diplomarbeit*. Hochschule Mittweida, Mittweida. Retrieved from https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/2173/file/DA_jboettch_final.pdf
- Caillet-Bois, D., Weiss, B., Benz, R., Stäheli, B., & AGRIDEA. (2022). *Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb-Wegleitung. Grundanforderungen und Qualitätsstufen: Voraussetzungen – Auflagen – Beiträge. Merkblattsammlung Biodiversität und Landwirtschaft* (Vol. 1443). Retrieved from Lindau: AGRIDEA: <https://agridea.abacuscity.ch/de/A~1443~1/Biodiversitätsförderung-auf-dem-Landwirtschaftsbetrieb-Wegleitung/Deutsch/Print-Papier>
- Chevillat, V., Stöckli, S., Birrer, S., Jenny, M., Graf, R., Pfiffner, L., & Zellweger-Fischer, J. (2017). Mehr und qualitativ wertvollere Biodiversitätsförderflächen dank Beratung. *Agrarforschung Schweiz*, 8(6), 232–239. Retrieved from <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2017/06/mehr-und-qualitativ-wertvollere-biodiversitaetsfoerderflaechen-dank-beratung/#links>
- Duss, M., Meichtry-Stier, K. S., Pasinelli, G., Baur, B., & Birrer, S. (2012). Vernetzte Ökoflächen fördern Heuschrecken. *Agrarforschung Schweiz*, 3(1), 4–11. Retrieved from <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2012/01/vernetzte-oekoflaechen-foerdern-heuschrecken/>
- DZV. Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft, No. SR 910.13 (23 October 2013). Direktzahlungsverordnung.
- EDA. (2023). Geografie – Fakten und Zahlen. Retrieved 25 June 2023, from <https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/umwelt/geografie/geografie---fakten-und-zahlen.html>
- Gunter, J., Pauli, D., & Klaus, G. (2020). *Biodiversitätsfördernde Strukturen im Landwirtschaftsgebiet. Bedeutung, Entwicklung und Stossrichtungen für die Förderung*. Retrieved from Bern: Forum Biodiversität Schweiz (SCNAT): https://biodiversity.scnat.ch/publications/other_publications/uuid/i/f278cef9-b02b-51e1-8962-554847c00423-Biodiversitätsfördernde_Strukturen_im_Landwirtschaftsgebiet
- Heckenschutzverordnung. Verordnung zum Schutz der Hecken, Feldgehölze und Uferbestockungen, No. SRL 717 (19 December 1989).
- Kanton Luzern. (2023). Kurzportrait. Retrieved 25 June 2023, from https://gruezi.lu.ch/kanton_luzern/kurzportrait
- Kitt, M., & Kielhorn, K.-H. (2021). *Effiziente Förderung der Artenvielfalt in ackerbaulich genutzten Landschaften (EFA): Laufkäfer und Spinnen*. Retrieved from Neustadt a.d.W.: RLP AgroScience, Institut für Agrarökologie (IFA): <https://docplayer.org/storage/118/230930149/1688659208/GS9qxfDmKnrIcJ72kPcSg/230930149.pdf>
- Knaus, F. (2017). *Zustand und Entwicklung der Ziel- und Leitarten der Vernetzungsprojekte aller Gemeinden in der UNESCO Biosphäre Entlebuch von 2012 bis 2017. Bericht zur Feldüberprüfung der*

- Vernetzungsprojekte. Interner Bericht.* Retrieved from Schüpfheim: Biosphärenmanagement.
- Knaus, F., Laule, C., Kröpfli, C., & Landolt, M. (2016). Naturschutzfachliche Bewertung von Flurneuordnungen und Meliorationen - Eine Methodensynthese. *Naturschutz Und Landschaftsplanung*, 48(9), 281–288. Retrieved from https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/ites/ecosystem-management-dam/documents/People/Knaus/Knaus_et_al_2016_Naturschf_Bewertung_NuL.pdf
- lawa. (2019). *Qualitätsstufe II. Weisung.* Retrieved from Sursee: Landwirtschaft und Wald, Kanton Luzern: https://lawa.lu.ch/-/media/LAWA/Dokumente/Landwirtschaft/Biodiversitaetsfoerderflaechen/we_praezisierung_bff_qualitaetssstufe_II.pdf
- lawa. (2021a). *Einheimische Heckensträucher und landschaftstypische Bäume. Verzeichnis.* Retrieved from Sursee: Landwirtschaft und Wald, Kanton Luzern: https://lawa.lu.ch/-/media/LAWA/Dokumente/Landwirtschaft/Landschaftsqualitaetsbeitraege/AN_Einheimische_Heckenstraecher_und_landschaftstypische_Baeume.pdf
- lawa. (2021b). *Hecken, Feld- und Ufergehölze. Merkblatt.* Retrieved from Sursee: Landwirtschaft und Wald, Kanton Luzern: https://lawa.lu.ch/-/media/LAWA/Dokumente/Landwirtschaft/Landschaftsqualitaetsbeitraege/Merkblaetter/MB_Hecken.pdf
- lawa, & rawi. (2023). *Vernetzungsprojekte.* Retrieved 16 June 2023, from https://daten.geo.lu.ch/produkt/vnprojxx_col_v1
- NHG. Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz, No. SR 451 (1 July 1966). Natur- und Heimatschutzgesetz.
- ÖkoBüro Jacques Studer. (2014). *Hecken: Pflege und ökologischer Wert.* Retrieved from Freiburg: <https://bureaudecologie.ch/media/heckenpflege.pdf>
- rawi Kanton Luzern. (2023). *Amtliche Vermessung.* Retrieved 12 June 2023, from https://daten.geo.lu.ch/produkt/amtverxx_col_v2
- Reid, W. V. (1998). Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(7), 275–280. Retrieved 17 June 2023 from [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01363-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01363-9)
- Sadava, D., Hillis, D. M., Heller, H. C., & Hacker, S. D. (2019). *Purves Biologie.* (J. Markl,Ed.) (10th ed.). Heidelberg: Springer Spektrum Berlin.
- swisstopo. (2023a). *Karten der Schweiz.* Retrieved 5 July 2023, from https://map.geo.admin.ch/?topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers_visibility=false&layers_timestamp=18641231&lang=de&E=2644075.50&N=1192597.25&zoom=10
- swisstopo. (2023b). *Karten der Schweiz - Moore.* Retrieved 7 July 2023, from https://map.geo.admin.ch/?topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&lang=de&E=2644878.24&N=1189357.31&zoom=4.887592402242807&layers=ch.bafu.bundesinventare-moorlandschaften,ch.bafu.bundesinventare-flachmoore,ch.bafu.bundesinventare-hochmoore&layers_
- UBE. (2023). *Ökologische Infrastruktur.* Retrieved 9 June 2023, from <https://www.biosphaere.ch/de/unesco-biosphaere-a-z/natur-landschaft/unser-engagement/oekologische-infrastrukturen/>

5.2 Geodaten

Folgende Geodaten wurden in dieser Arbeit verwendet, wobei diese jeweils mit dem fettgedruckten Namen erwähnt werden.

Kanton Luzern, Raum und Wirtschaft (rawi), www.geoportal.lu.ch

- **Amtliche Vermessung** (GEO.ACEOBXXX_V3_PY, 12.06.2023)
- Digitales Terrainmodell (DTM) 2012: **Exposition** (https://daten.geo.lu.ch/produkt/dtm12exp_ds_v1, 19.06.2023)
- Digitales Terrainmodell (DTM) 2012: **Hangneigung** (https://daten.geo.lu.ch/produkt/dtm12hng_ds_v1, 19.06.2023)
- Landwirtschaftliche Bewirtschaftung: Biodiversitätsförderflächen, **Qualitätsstufe II** und Vernetzung (minimales Geodatenmodell, via geodienste.ch, 13.03.2023)
- Landw. Bewirtschaftung: **Landwirtschaftsbetriebe** (https://daten.geo.lu.ch/produkt/lwbetrie_ds_v2, 19.06.2023)
- Landw. Bewirtschaftung: **Perimeter landwirtschaftliche Nutzflächen (LN) und Sömmerungsflächen** (https://daten.geo.lu.ch/produkt/perimeln_ds_v1, 13.03.2023)
- **Lebensrauminventar im Wald** (https://daten.geo.lu.ch/produkt/lriwaldx_ds_v1, 11.01.2023)
- **Vernetzungsprojekte** (https://daten.geo.lu.ch/produkt/vnprojxx_col_v1, 20.03.2023)
- **Waldflächen** (https://daten.geo.lu.ch/produkt/waldflae_ds_v1, 08.05.2023)

Bundesamt für Landestopografie swisstopo

- **swissBOUNDARIES3D** (<https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/boundaries3d.html>, 10.03.2023)
- **swissTLM3D** (kurz **TLM**, <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/tlm3d.html>, 10.03.2023)

6 Anhang

Anhang I

Gebiet: Der Datensatz «swissBOUNDARIES3D» von swisstopo wurde für die Grenze der UBE verwendet. Es wurden aus den Hoheitsgebieten die Gemeinden ausgesucht, welche zur UBE gehören (Knaus, 2017). Diese Gebiete wurden zu einem Polygon zusammengeführt. Somit steht ein Polygon mit der gesamten Fläche der UBE zur Verfügung. Anschliessend wurde das Gebiet auf die Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) der UBE beschränkt, da sich die Arbeit mit Hecken auf landwirtschaftlicher Fläche befasst. Die Sömmerungsflächen wurden ausgeschlossen. Hierfür wurde der Datensatz «Perimeter landwirtschaftliche Nutzflächen (LN) und Sömmerungsflächen» des Kantons Luzern verwendet. Dieser enthält die «Landwirtschaftliche Nutzfläche» und die «Sömmerungsflächen», wobei für die Analyse nur die LN verwendet wird. Dies ergibt den Datensatz «Gebiet», welcher die Fläche des Untersuchungsgebiets dieser Arbeit darstellt.

Q2: Aus dem Datensatz «Qualitätsstufe II» wurden die angemeldeten Objekte im Untersuchungsgebiet in einen neuen Datensatz abgespeichert. Anschliessend wurden aus diesem Datensatz die Hecken exportiert («Inf_code» = 852) (Iawa, 2021b). Somit liegt ein Datensatz vor, welcher alle Hecken mit der Qualitätsstufe II im Untersuchungsgebiet enthält.

Bereinigung Q2: Zuerst wurden die Informationen der «Hecken mit Krautsaum» zu den jeweiligen Q2-Hecken hinzugefügt. Dies wurde in ArcGIS mit der Funktion «Spatial Join» umgesetzt. Es wurde also räumlich zu jeder Q2-Hecke das Objekt des Datensatzes «Hecke mit Krautsaum» mit der grössten Überlappung gesucht und die Informationen davon zum Objekt der Q2-Hecke hinzugefügt. Dieser Schritt ist notwendig, da sonst Informationen wie zum Beispiel die «BPO_ID» der Hecke verloren gehen würden, weil diese im Datensatz der Q2-Hecken nicht enthalten ist. Schliesslich liegen zwei Datensätze vor: «Hecken mit Krautsaum» und «Krautsaum Q2».

BFS-Nummer: Hierzu wurden die einzelnen Gemeinden der UBE aus dem Datensatz «swissBOUNDARIES3D» in einzelne Polygone abgespeichert. Anschliessend wurden für jede Gemeinde jeweils die Gehölzflächen innerhalb einer Gemeinde ausgewählt und die entsprechende Nummer der Gemeinde wird ins Feld «BFS_NR» geschrieben.

Schmale bestockte Flächen: Zuerst wurden alle Objekte des Datensatzes der Einzelobjekte (amtliche Vermessung) mit den Einzelobjekten auf das Untersuchungsgebiet begrenzt.

Anschliessend wurden die «schmalen bestockten Flächen» aus dem Datensatz ausgesucht (ART = 24) und separat abgespeichert (rawi Kanton Luzern, 2023).

Bereinigung Überschneidungen: Um die doppelt erfassten Hecken zu entfernen, wurden zuerst alle Gehölzflächen erfasst, welche sich mit keiner schmalen bestockten Fläche überschneiden. Anschliessend wurden diese Hecken in einem neuen Datensatz abgespeichert. Als nächstes wurden die beiden Datensätze Gehölzflächen (neu ohne Überschneidungen zu den bestockten Flächen) und die bestockten Flächen aus der amtlichen Vermessung zu einem Datensatz zusammengefügt. Dieser Datensatz enthält alle nicht angemeldeten Hecken im Untersuchungsgebiet. Die Gehölzflächen und die schmalen bestockten Flächen überlappen teilweise die Geodaten der restlichen erfassten Hecken, weshalb die Gehölzflächen und die schmalen bestockten Flächen, welche bereits in den vorherigen Datensätzen als Hecken erfasst wurden, entfernt werden mussten. Hier wurde nacheinander für die «Hecken mit Pufferstreifen» und die «Hecken mit Krautsaum» (enthält alle als BFF angemeldeten Hecken) nach Überlappungen mit den Gehölzflächen und den schmalen bestockten Flächen gesucht und anschliessend diejenigen Gehölzflächen weiterverwendet, welche keine Überlappung (innerhalb von drei Metern) zu einem anderen Datensatz aufzeigen. Dieser Datensatz enthält schliesslich alle in den voran genannten Datensätzen erfassten Gehölzflächen, welche nicht als Hecken angemeldet sind.

ID: Für die angemeldeten Hecken gibt es zum einen die «Objekt-ID aus der Sachdatenbank LAWIS (Landwirtschaftliches Informationssystem)», welche als «BPO_ID» im Datensatz vorhanden ist (lawa & rawi, 2023). Zum anderen gibt es die Vertragsflächen-ID aus der Sachdatenbank LAWIS (Landwirtschaftliches Informationssystem), welche als «NS_ID» im Datensatz aufgeführt wird (lawa & rawi, 2023). Diese wurden für die Hecken «Krautsaum Q1» und «Pufferstreifen» aus dem Datensatz übernommen. Für die Hecken «Krautsaum Q2» wurden diese aus dem Datensatz mit den «Hecken mit Krautsaum» (enthält Q1 und Q2) übernommen (siehe Kapitel 2.1). Für die nicht angemeldeten Hecken wurde analog die ID des ursprünglichen Datensatzes angegeben. Bei den Gehölzflächen wird diese als «UUID» angegeben, bei den schmalen bestockten Flächen die «OBJID».

Anhang II

Vernetzung:

Tabelle 4: Ökologischer Wert nach Qualitätsstufe.

Qualitätsstufe	Wert
Krautsaum Q2	30
Krautsaum Q1	15
Pufferstreifen	5
Schmale bestockte Fläche	2
Gehölzfläche	2

Exposition: Aus dem Rasterdatensatz, welcher die Exposition darstellt, wurden die Zellen, welche einen Wert zwischen 135 und 225 Grad ($135^\circ \leq x \leq 225^\circ$) aufweisen, extrahiert. Diese Flächen wurden anschliessend in Polygone umgewandelt. Anschliessend wurde bei den Hecken, welche sich innerhalb dieser Fläche befinden, der Wert «1» in die Spalte « Expo» geschrieben. Für die restlichen Objekte im Datensatz wurde der Wert auf «0» gesetzt.

Hangneigung: Analog zur Exposition wurden auch hier aus dem Rasterdatensatz, welche die Hangneigung darstellt, die Zellen, welche einen Wert von weniger als 18% enthalten, extrahiert und in Polygone umgewandelt. Hecken, welche sich innerhalb dieser Fläche befinden, erhielten in der Spalte «Hangneigung» den Wert «1», die restlichen Hecken den Wert «0».

Strassennähe: Zuerst wurden hierfür aus dem TLM die Strassen extrahiert, bei welchen die «Befahrbarkeit» nicht gleich «Falsch» ist. Dies beinhaltet alle Strassen, welche befahrbar sind, und diejenigen, zu denen in diesem Feld keine Angabe vorliegt. Um diese Strassen wurde anschliessend ein Puffer mit einer Distanz von 3 Meter erstellt. Hecken, welche sich innerhalb dieser Fläche befinden, erhalten den Wert «0», die restlichen Hecken den Wert «1».

Hotspots: Es wurden aus dem Datensatz mit allen BFF vom Kanton Luzern (Vernetzungsprojekte) zuerst die Flächen ausgesucht, welche im Untersuchungsgebiet dieser Arbeit liegen. Anschliessend wurden diese in einen separaten Datensatz abgespeichert, womit die Datenmenge verringert werden konnte. Als nächstes wurden in einem Umkreis von 200 Metern (analog zur grössten Distanz bei Berechnung von Vernetzung) um jedes Objekt die Flächen der anderen

BFF aufsummiert. Diese wurden danach verwendet, um die Hotspotregionen auszusuchen. Hierfür wurden die Objekte danach gefiltert, wie gross der Wert der aufsummierten Fläche ist. Der verwendete Grenzwert entspricht 20% der Kreisfläche (Radius 200 m), also 2.51 ha. Es wurden schliesslich alle Objekte ausgesucht, bei denen die aufsummierte Fläche grösser als 2.51 ha ist und diese anschliessend zu einer Fläche zusammengeführt. Folglich liegt ein Layer vor mit den berechneten Hotspots. Im Synthesedatensatz wurde anschliessend ein neues Feld «Hotspot» hinzugefügt. Hecken, welche innerhalb der Hotspotflächen liegen, erhalten den Wert «1», die anderen den Wert «0».

Anhang III

Für die Potentialberechnung wurden die Werte zuerst mit der Formel
$$\text{Vernetzung}_{\text{standardisiert}} = \frac{\text{Vernetzung} - \min(\text{Vernetzung})}{\max(\text{Vernetzung}) - \min(\text{Vernetzung})}$$
 standardisiert, damit Werte zwischen 0 und 1 vorgelegen sind (Böttcher, 2011). Diese Werte wurden anschliessend mit drei multipliziert, damit die Werte zwischen 0 und 3 waren. Schliesslich konnten diese Werte kategorisiert werden. Es wurde allen Werten zwischen 0 und 1 der Wert 1, den Werten zwischen 1 und 2 den Wert 2 und allen Werten zwischen 2 und 3 den Wert 3 zugeschrieben.

```
df = read.csv("Potentialberechnung.csv", header = TRUE) #einlesen der Werte

min_max_norm <- function(x) { # Funktion für Skalierung
  (x - min(x)) / (max(x) - min(x))}

# Skalierung der Vernetzungswerte zwischen 0 und 3.
df$VernetzungN <- (as.data.frame(lapply(df[15], min_max_norm)))*3

# runden des Resutates
df$Vernetzung = ceiling(df$VernetzungN)

# Berechnung des ökologischen Potentials
df$oekPotential = df$Vernetzung + df$Expo

# Berechnung der technischen Aspekte
df$techAspekte = df$Hangneigung + df$Erreichbarkeit + df$Strasse

# Berechnung des Potentialswertes
df$Potential = df$oekPotential + df$techAspekte
```

Anhang IV

Tabelle 5: Auswertung der Hecken nach Gemeinde.

Gemeinde	Anzahl	Fläche [Aren]
Doppleschwand	102	382
Entlebuch	521	2002
Flühli	504	2322
Hasle (LU)	242	1165
Romoos	250	1044
Schüpfheim	472	2445
Escholzmatt - Marbach	945	4517
Summe	3036	13877

Tabelle 6: Fläche der Gemeinde und der LN.

Gemeinde	Gemeindefläche [ha] ¹	LN [ha] ₂
Doppleschwand	695	415
Entlebuch	5690	3007
Flühli	10817	5673
Hasle (LU)	4031	2619
Romoos	3739	1472
Schüpfheim	3838	2709
Escholzmatt - Marbach	10640	5899

¹swissBOUNDARIES3D

²Perimeter landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) und Sömmerungsflächen

Tabelle 7: Auswertung der Hecken nach Qualitätsstufe in der Gemeinde Doppleschwand.

Qualitätsstufe	Anzahl	Fläche [Aren]
Krautsaum Q2	8	34
Krautsaum Q1	43	213
Pufferstreifen	43	124
Schmale bestockte Fläche	0	0
Gehölzfläche	8	117

Tabelle 8: Auswertung der Hecken nach Qualitätsstufe in der Gemeinde Entlebuch.

Qualitätsstufe	Anzahl	Fläche [Aren]
Krautsaum Q2	27	152
Krautsaum Q1	104	518
Pufferstreifen	331	1109
Schmale bestockte Fläche	33	164
Gehölzfläche	26	59

Tabelle 9: Auswertung der Hecken nach Qualitätsstufe in der Gemeinde Flühi.

Qualitätsstufe	Anzahl	Fläche [Aren]
Krautsaum Q2	60	382
Krautsaum Q1	198	976
Pufferstreifen	111	399
Schmale bestockte Fläche	45	238
Gehölzfläche	90	328

Tabelle 10: Auswertung der Hecken nach Qualitätsstufe in der Gemeinde Hasle (LU).

Qualitätsstufe	Anzahl	Fläche [Aren]
Krautsaum Q2	11	111
Krautsaum Q1	62	426
Pufferstreifen	135	520
Schmale bestockte Fläche	11	53
Gehölzfläche	23	56

Tabelle 11: Auswertung der Hecken nach Qualitätsstufe in der Gemeinde Romoos.

Qualitätsstufe	Anzahl	Fläche [Aren]
Krautsaum Q2	4	36
Krautsaum Q1	60	391
Pufferstreifen	148	537
Schmale bestockte Fläche	0	0
Gehölzfläche	38	80

Tabelle 12: Auswertung der Hecken nach Qualitätsstufe in der Gemeinde Schüpfheim.

Qualitätsstufe	Anzahl	Fläche [Aren]
Krautsaum Q2	49	387
Krautsaum Q1	193	1181
Pufferstreifen	188	730
Schmale bestockte Fläche	21	87
Gehölzfläche	21	60

Tabelle 13: Auswertung der Hecken nach Qualitätsstufe in der Gemeinde Escholzmatt - Marbach.

Qualitätsstufe	Anzahl	Fläche [Aren]
Krautsaum Q2	59	482
Krautsaum Q1	337	1910
Pufferstreifen	328	1337
Schmale bestockte Fläche	75	398
Gehölzfläche	146	390

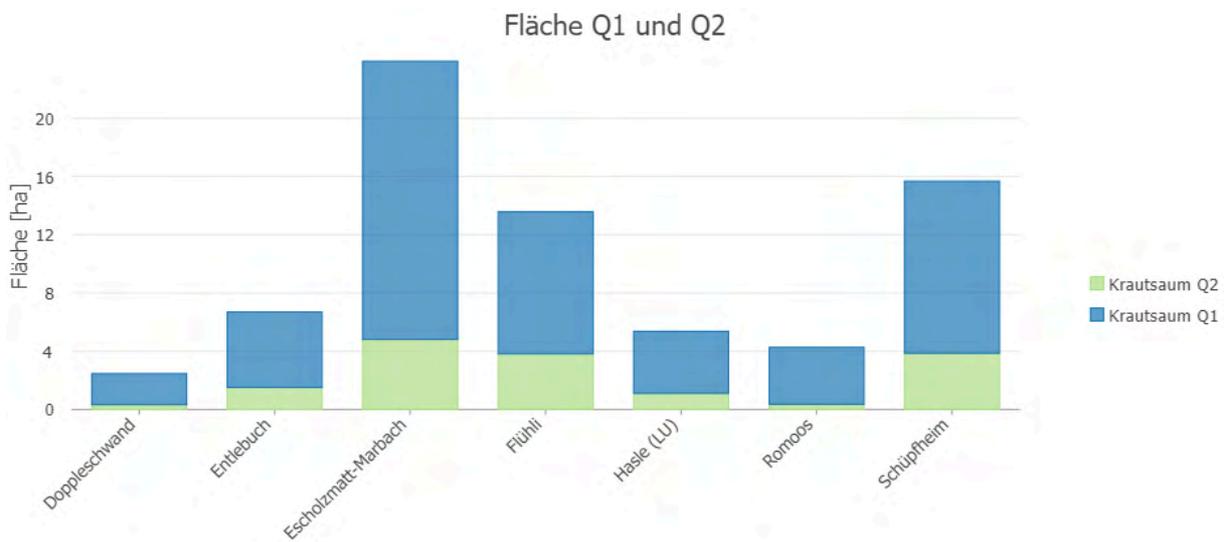


Abbildung 23: Absolute Fläche der BFF-Hecken Q1 und Q2.

Anhang V

Tabelle 14: Vergleich der BFF-Hecken der UBE mit dem Kanton Luzern und der Schweiz.

Gebiet	Q1 pro km ² [Ar/km ²]	Q2 pro km ² [Ar/km ²]
Schweiz	10 ¹	4.1 ²
Kanton Luzern	35 ³	11.9 ⁴
UBE	14 ⁵	4.0 ⁶

¹BFF Q1 Schweiz (BLW, 2019a) / Fläche Schweiz (EDA, 2023)

²BFF Q2 Schweiz (BLW, 2019a) / Fläche Schweiz (EDA, 2023)

³BFF Q1 Kanton Luzern (BLW, 2019a) / Fläche Kanton Luzern (Kanton Luzern, 2023)

⁴BFF Q2 Kanton Luzern (BLW, 2019a) / Fläche Kanton Luzern (Kanton Luzern, 2023)

⁵BFF Q1 UBE (Heckeninventar) / Fläche UBE 394 km² (swissBOUNDARIES3D)

⁶BFF Q2 UBE (Heckeninventar) / Fläche UBE 394 km² (swissBOUNDARIES3D)

Anhang VI

Tabelle 15: Flächen pro Potentialstufe der Qualitätsstufe I, zusammengefasst zu hohem Potential (Potential = 5 oder Potential = 4), mittlerem Potential (Potential = 3) und tiefem Potential (Potential = 2 oder Potential = 1).

Potential	Fläche [ha]	Fläche [%]
Hohes Potential	11.4	20.3
Mittleres Potential	31.3	55.7
Tiefes Potential	13.5	24.0



Abbildung 24: Heckeninventar dargestellt nach Werten der bewirtschaftungstechnischen Aspekte.

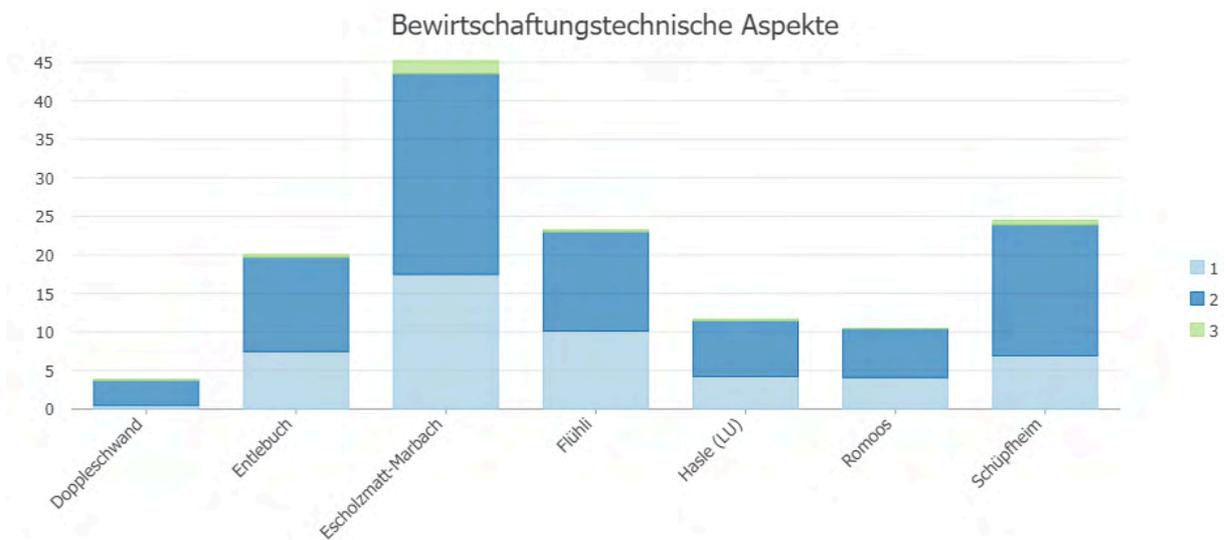


Abbildung 25: Bewirtschaftungstechnische Aspekte nach Gemeinde in Hektaren pro Wert.

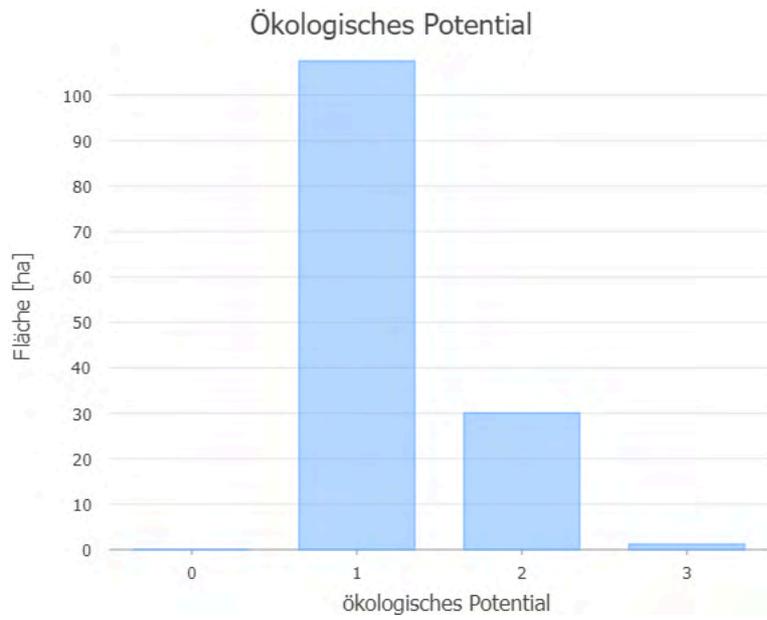


Abbildung 26: Heckeninventar dargestellt nach Werten des ökologischen Potentials.

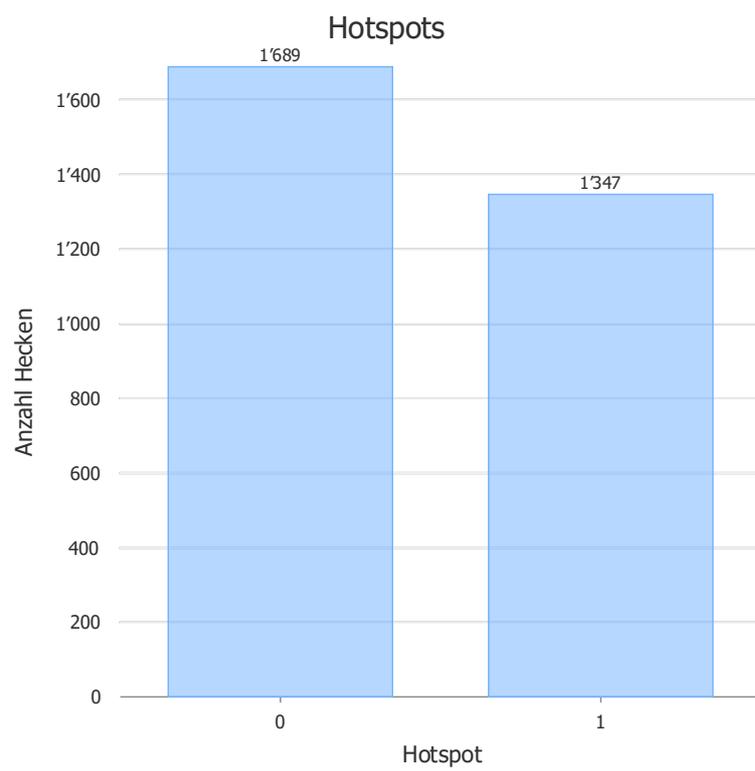


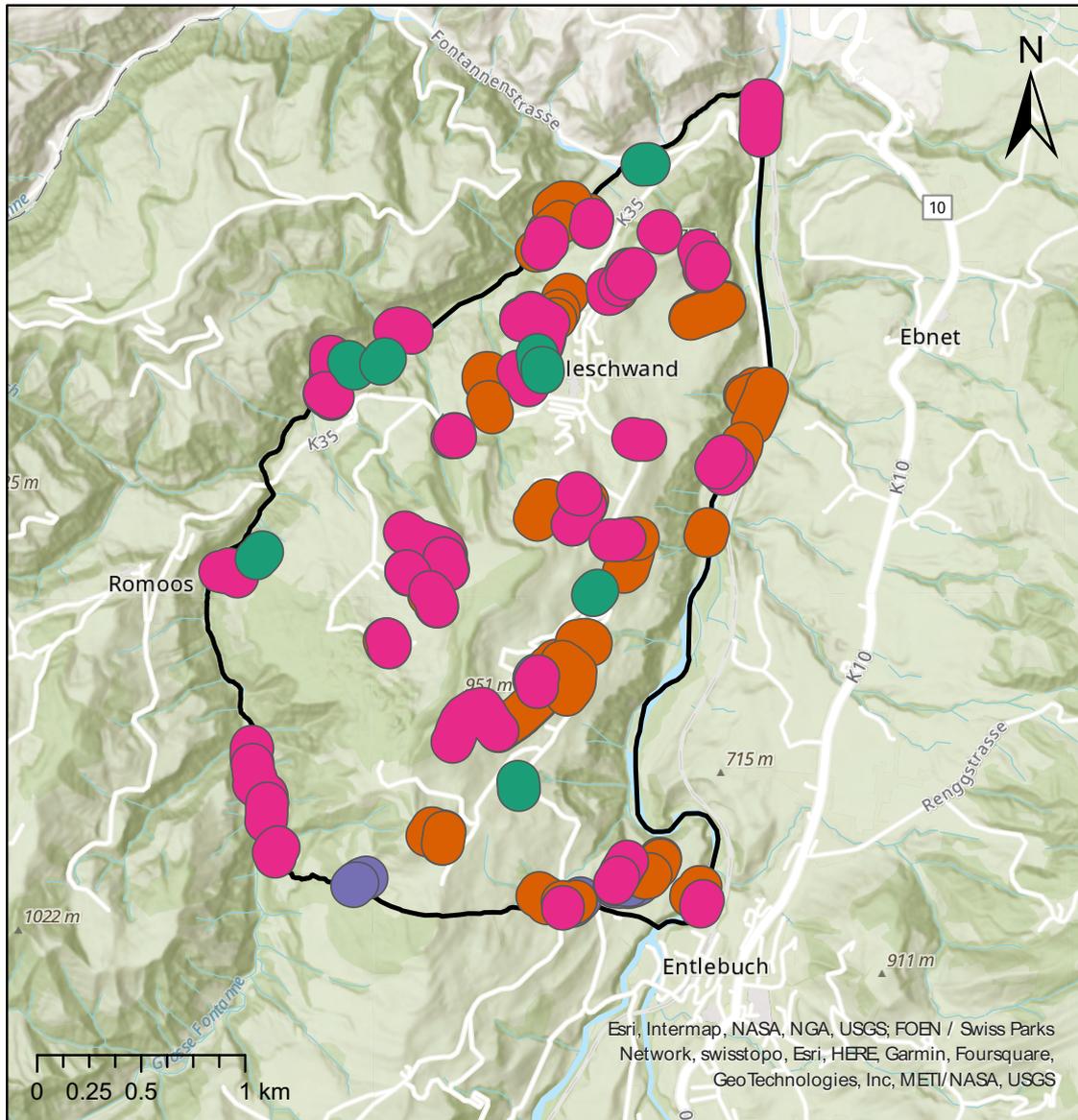
Abbildung 27: Anzahl Hecken innerhalb (1) und ausserhalb (0) der Hotspotflächen.

Anhang VII

Auf den folgenden Karten wird die Fläche der Hecken vergrössert dargestellt.

Gemeinde Doppleschwand

Hecken nach Qualitätsstufe



Legende

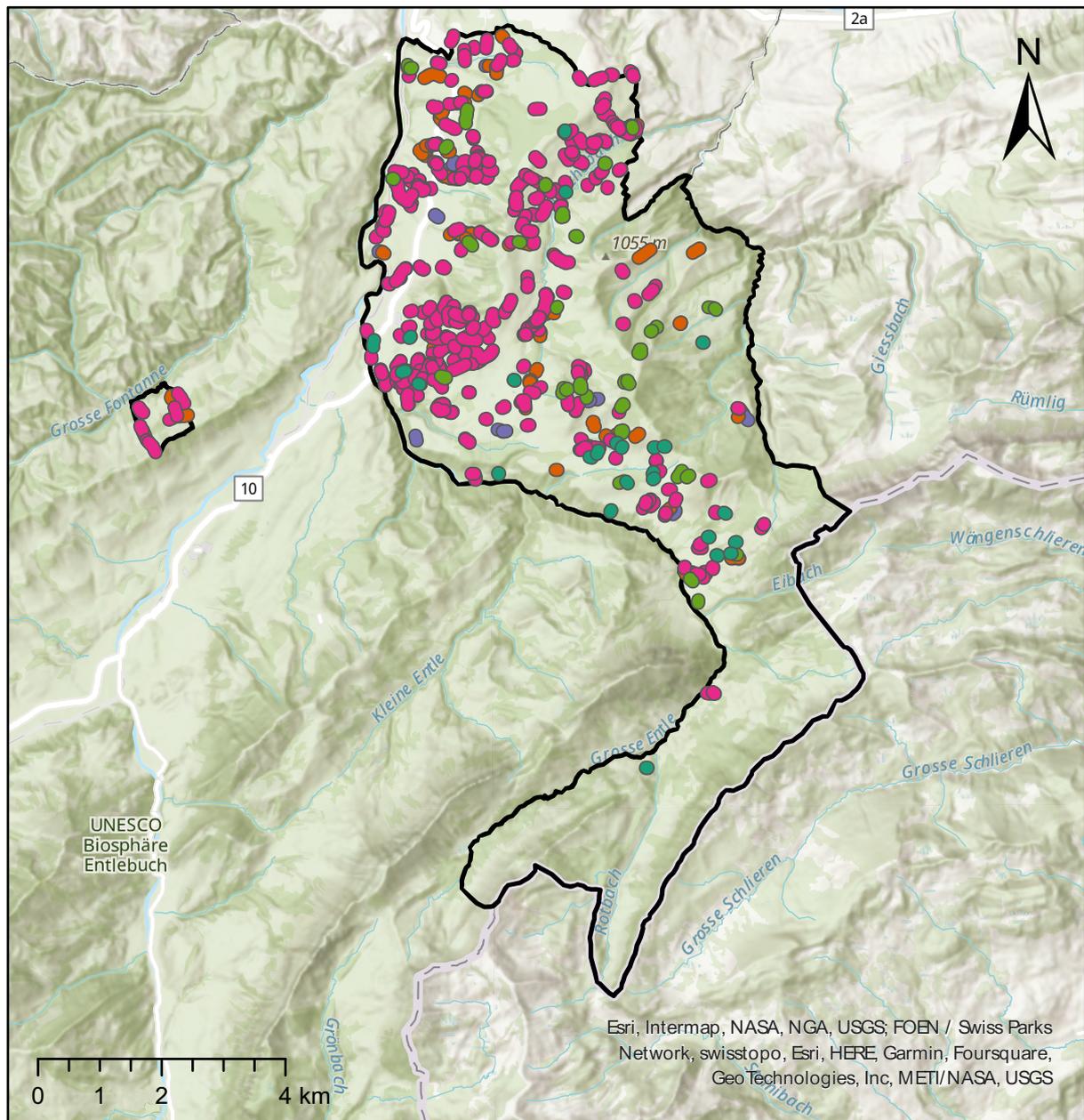
-  Krautsaum Q2
-  Krautsaum Q1
-  Pufferstreifen
-  Gehoelzflaeche
-  Doppleschwand

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Entlebuch

Hecken nach Qualitätsstufe



Legende

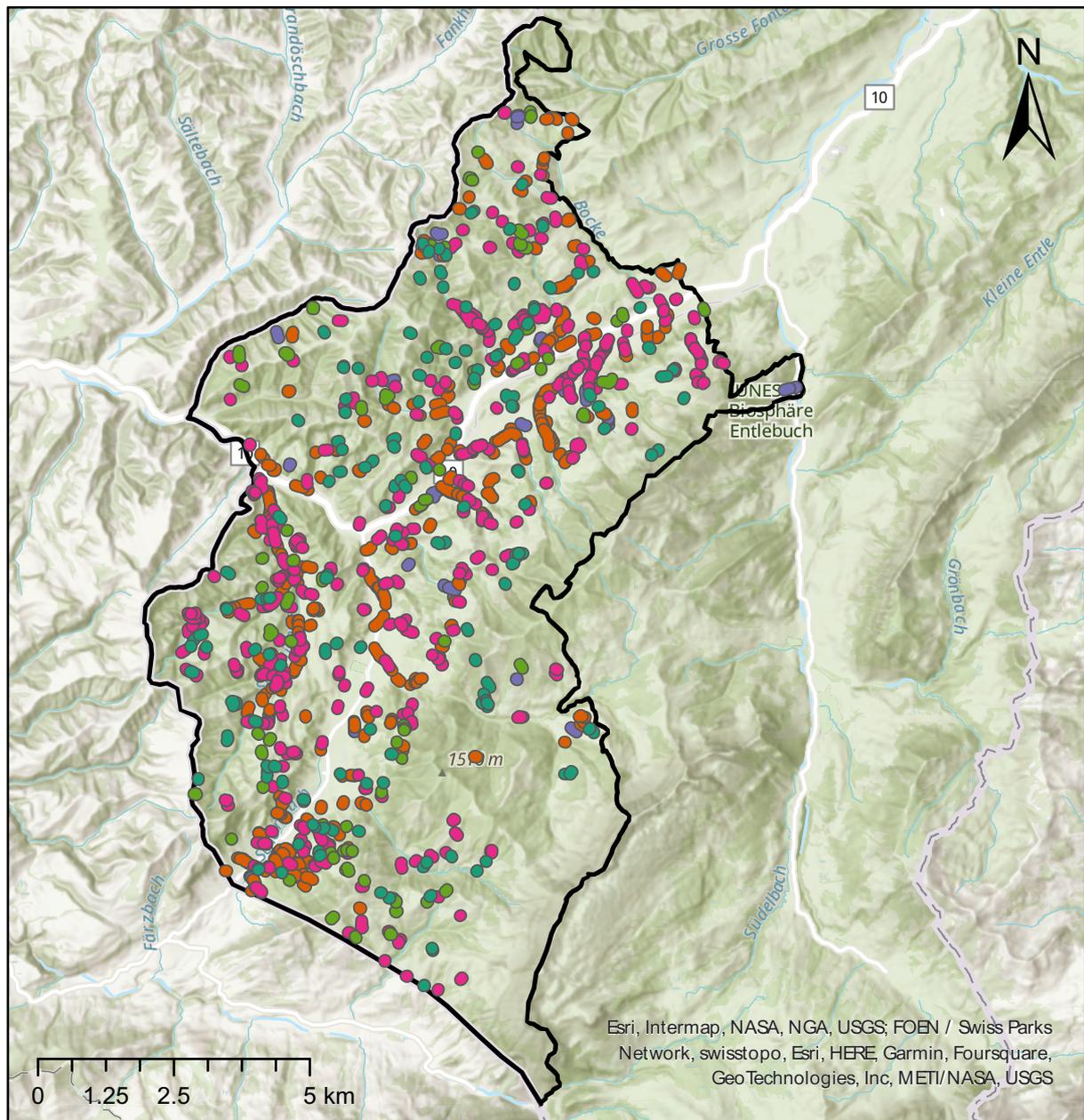
- Krautsaum Q2
- Krautsaum Q1
- Pufferstreifen
- schmale bestockte Fläche
- Gehoelzflaeche
- Entlebuch

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Escholzmatt-Marbach

Hecken nach Qualitätsstufe



Legende

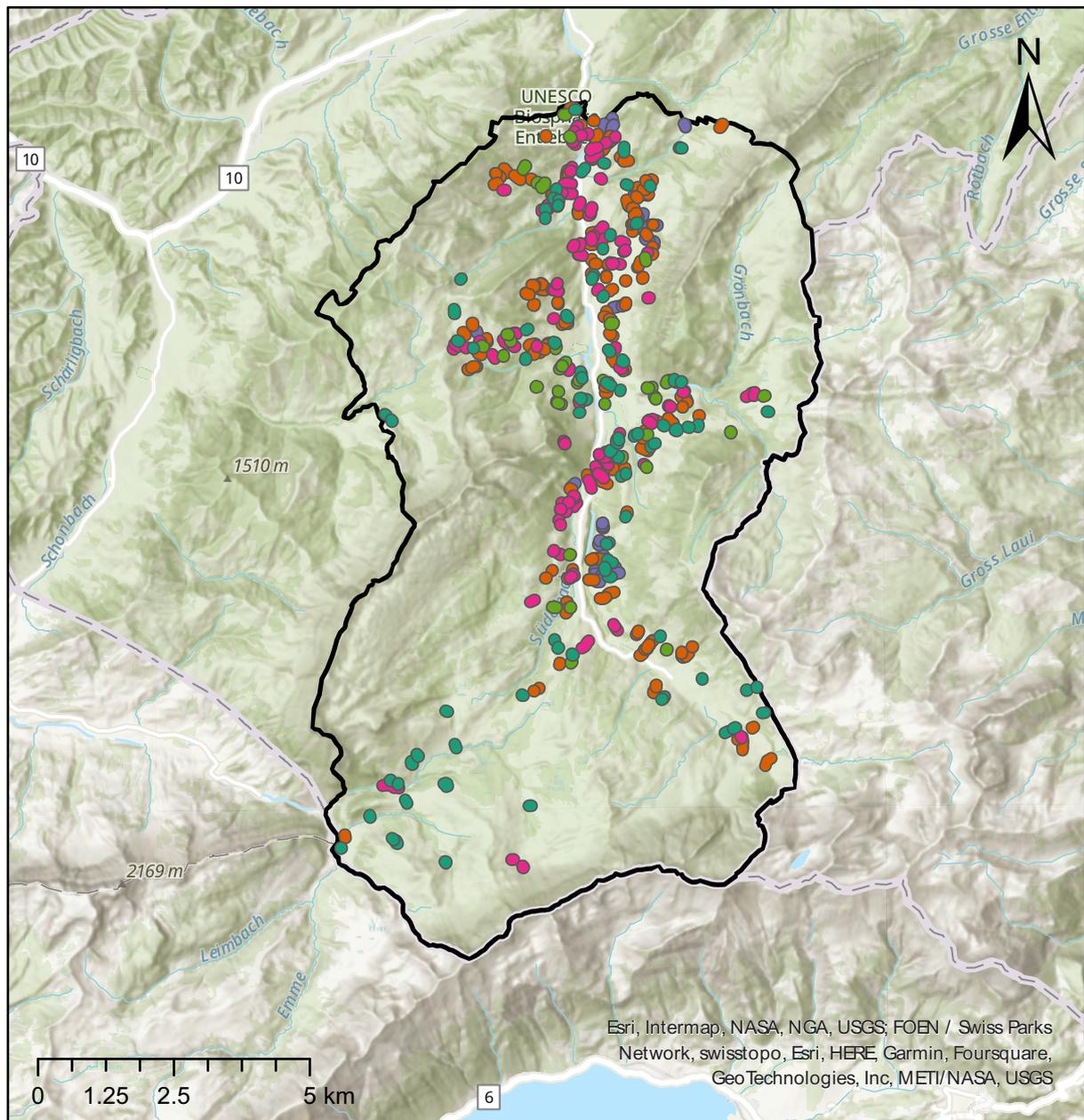
- Krautsaum Q2
- Krautsaum Q1
- Pufferstreifen
- schmale bestockte Fläche
- Gehoelzflaeche
- Escholzmatt

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Flühli

Hecken nach Qualitätsstufe



Legende

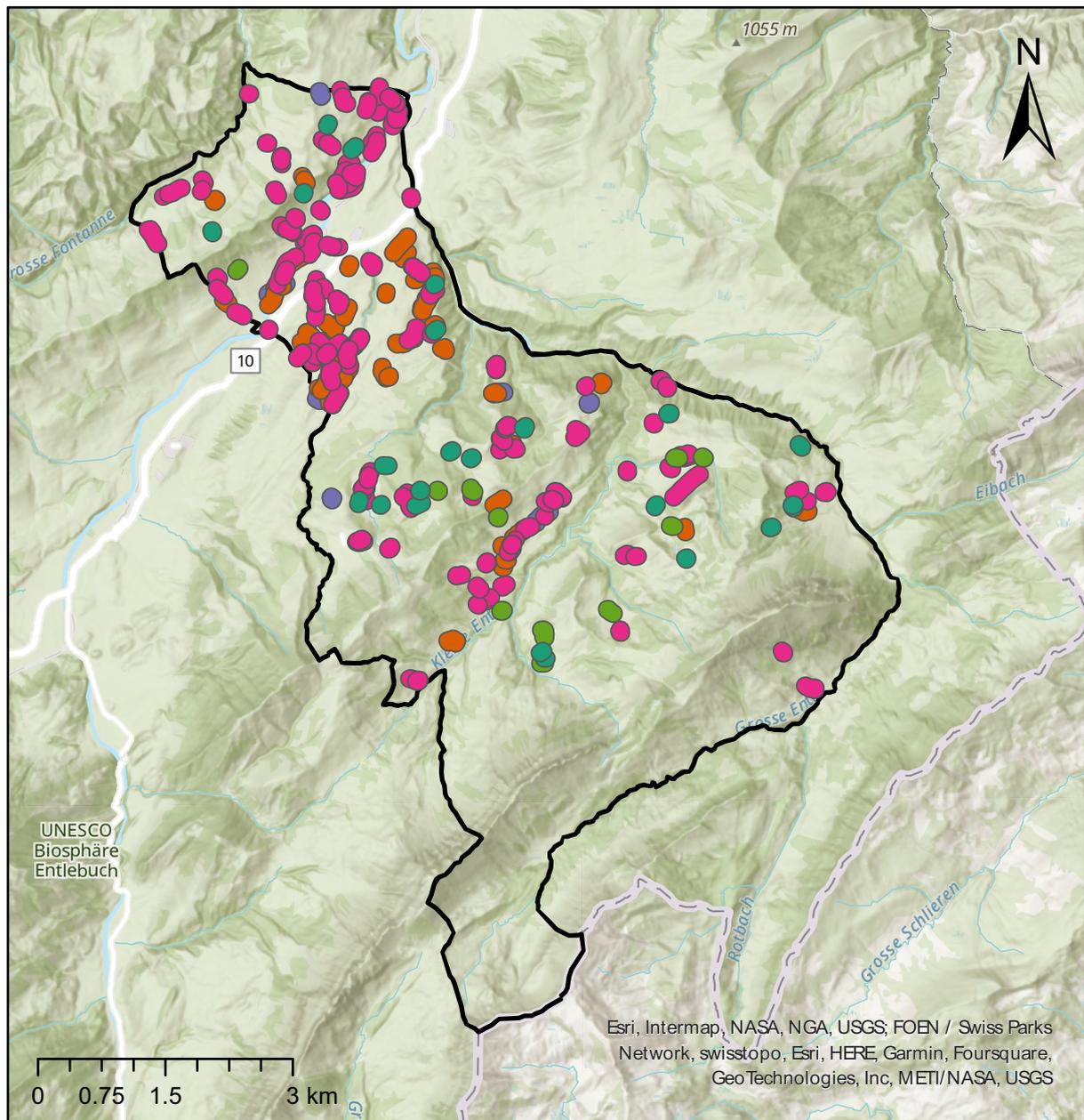
- Krautsaum Q2
- Krautsaum Q1
- Pufferstreifen
- schmale bestockte Fläche
- Gehoelzflaeche
- Flühli

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Hasle

Hecken nach Qualitätsstufe



Legende

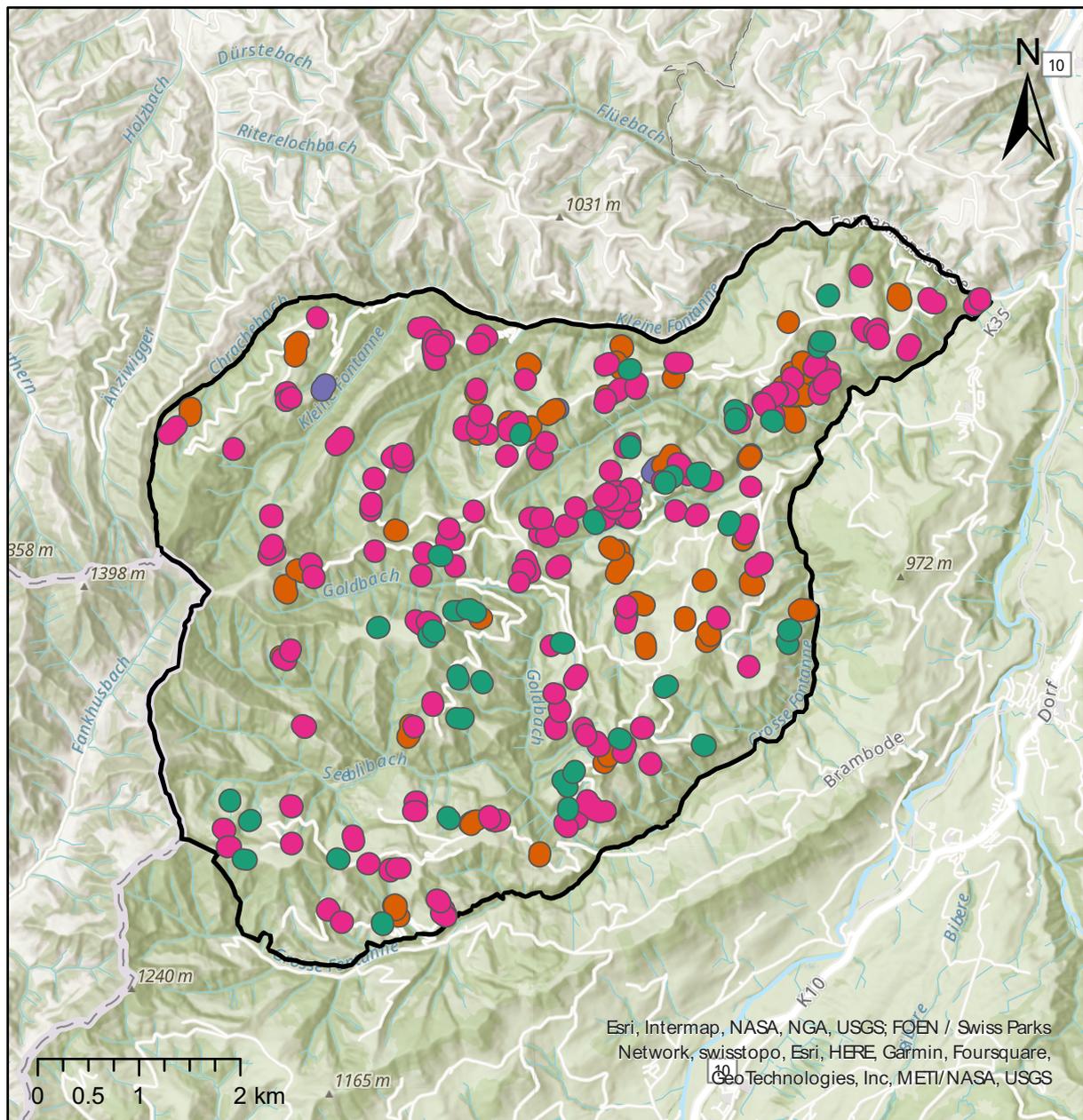
- Krautsaum Q2
- Krautsaum Q1
- Pufferstreifen
- schmale bestockte Fläche
- Gehoelzflaeche
- Hasle

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Romoos

Hecken nach Qualitätsstufe



Legende

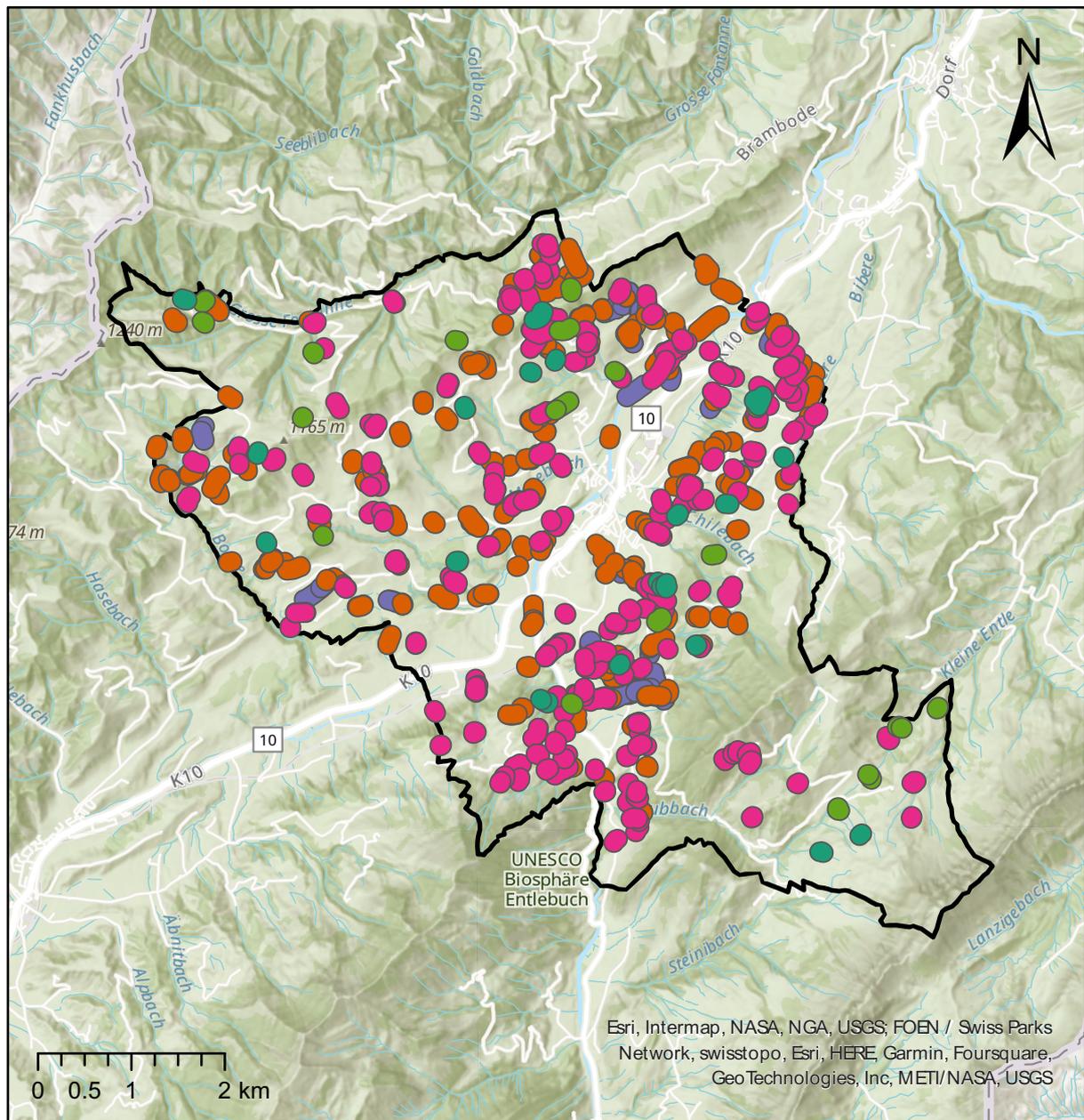
-  Krautsaum Q2
-  Krautsaum Q1
-  Pufferstreifen
-  Gehoelzflaeche
-  Romoos

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Schüpfheim

Hecken nach Qualitätsstufe



Legende

-  Krautsaum Q2
-  Krautsaum Q1
-  Pufferstreifen
-  schmale bestockte Fläche
-  Gehoelzflaeche
-  Schüpfheim

Quellen

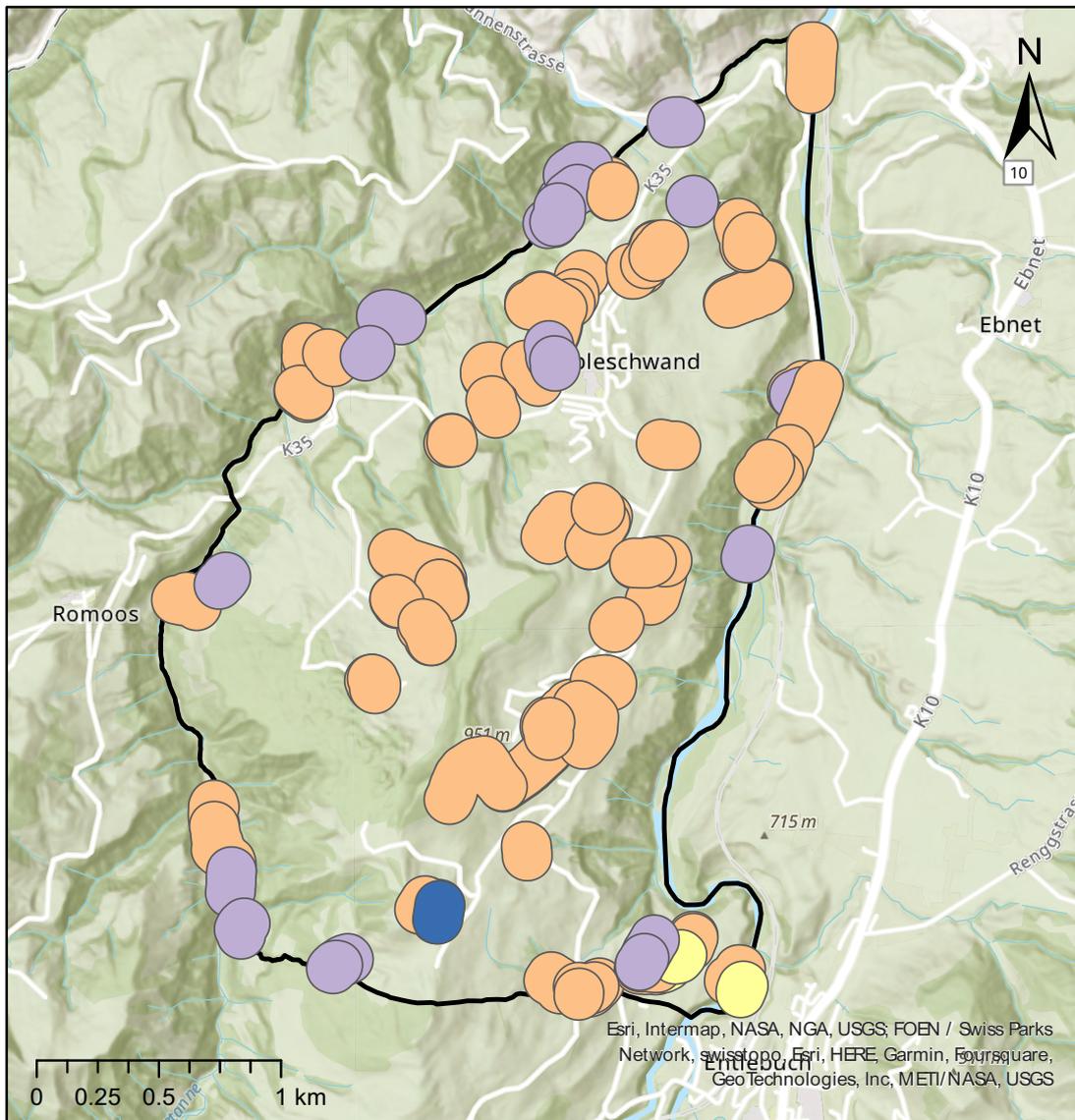
- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Anhang VIII

Auf den folgenden Karten wird die Fläche der Hecken vergrössert dargestellt.

Gemeinde Doppleschwand

Hecken nach Potential



Legende

Potential



2



3



4



5

Doppleschwand

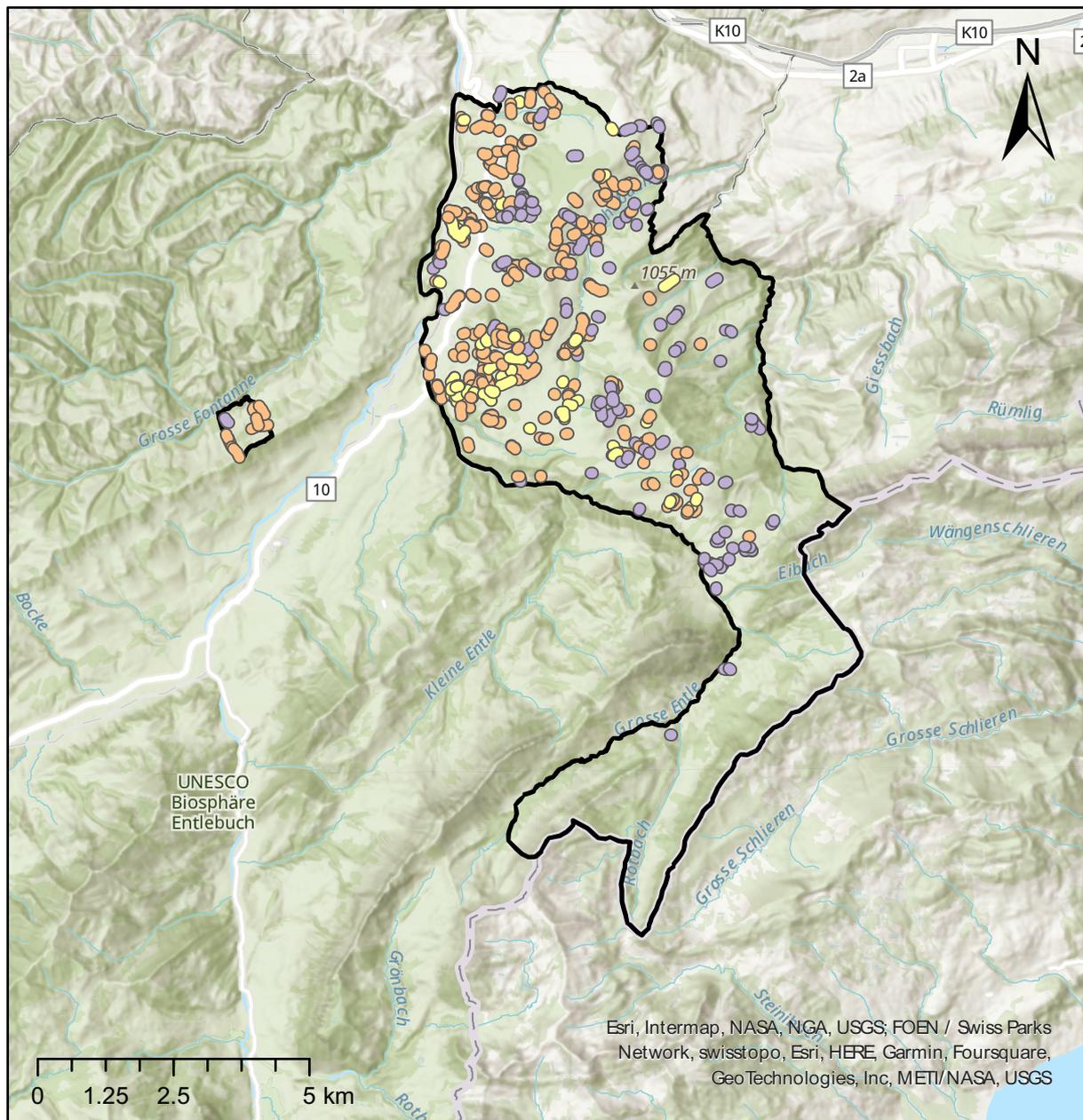
Quellen

© 2023, rawi Kanton Luzern

© swisstopo

Gemeinde Entlebuch

Hecken nach Potential



Legende

Potential

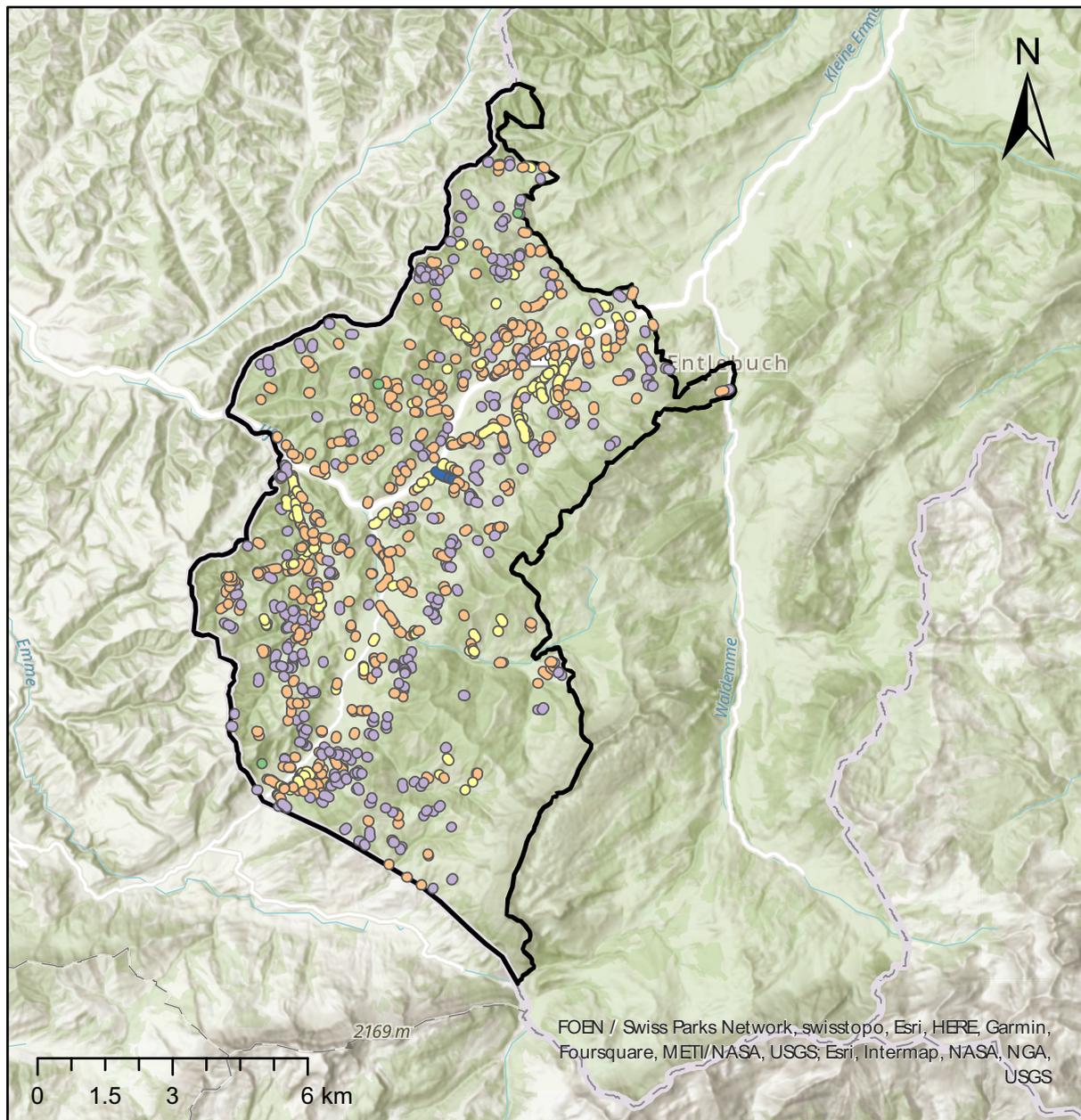
- 2
- 3
- 4
- Entlebuch

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Escholzmatt-Marbach

Hecken nach Potential



Legende

Potential

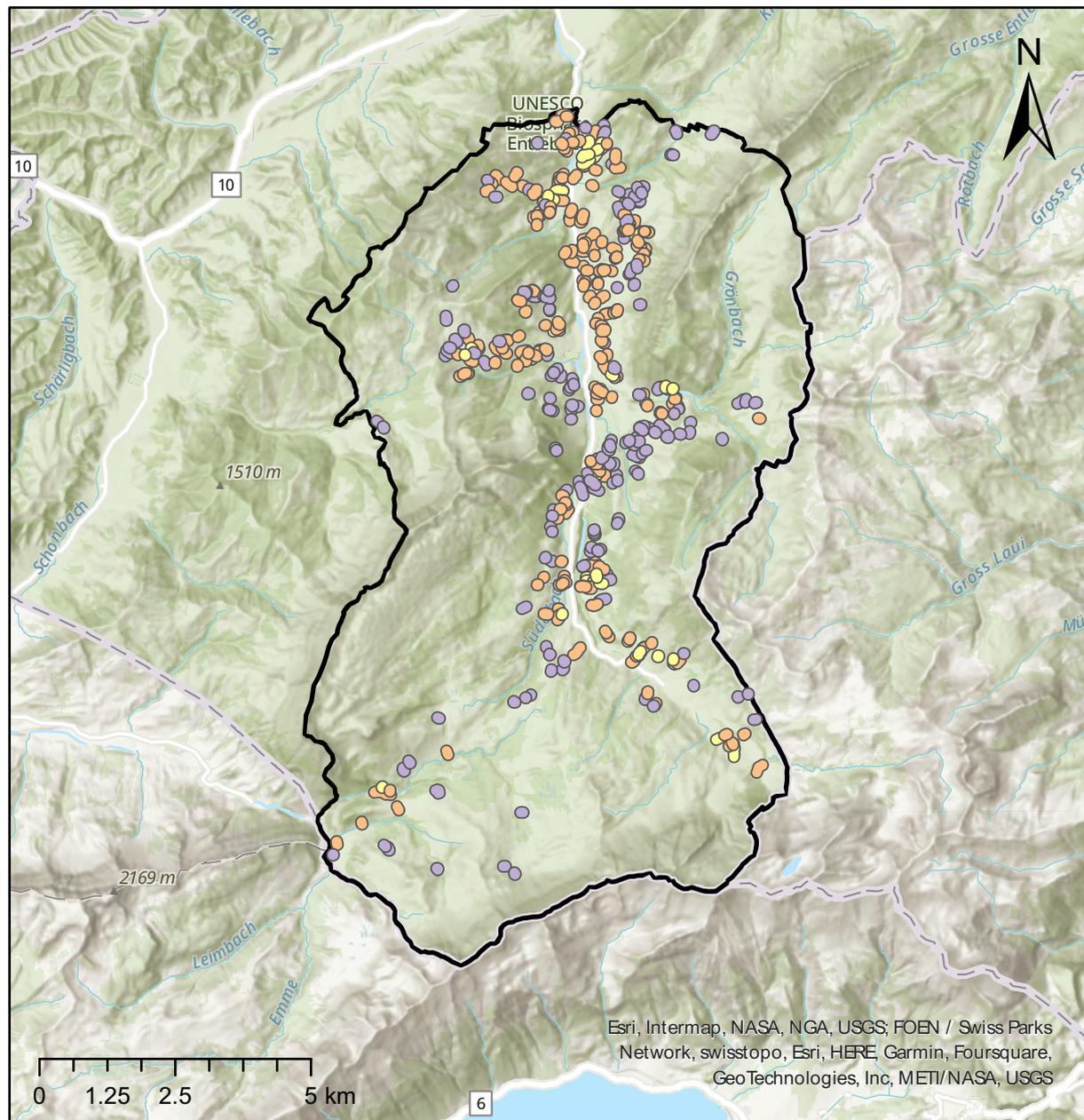
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- Escholzmatt

Quellen

© 2023, rawi Kanton Luzern
© swisstopo

Gemeinde Flühli

Hecken nach Potential



Legende

Potential

2

3

4

Flühli

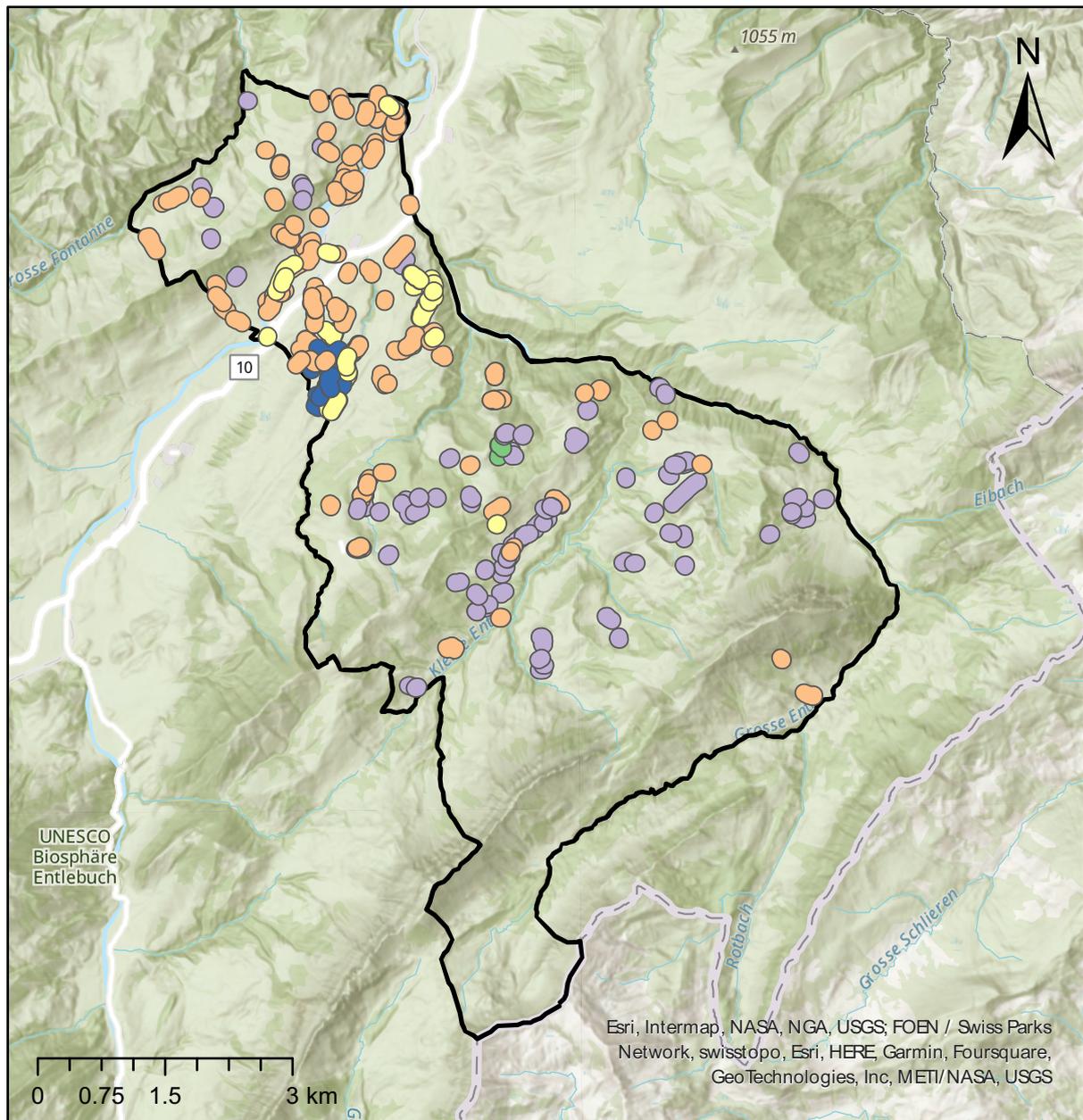
Quellen

© 2023, rawi Kanton Luzern

© swisstopo

Gemeinde Hasle

Hecken nach Potential



Legende

Potential

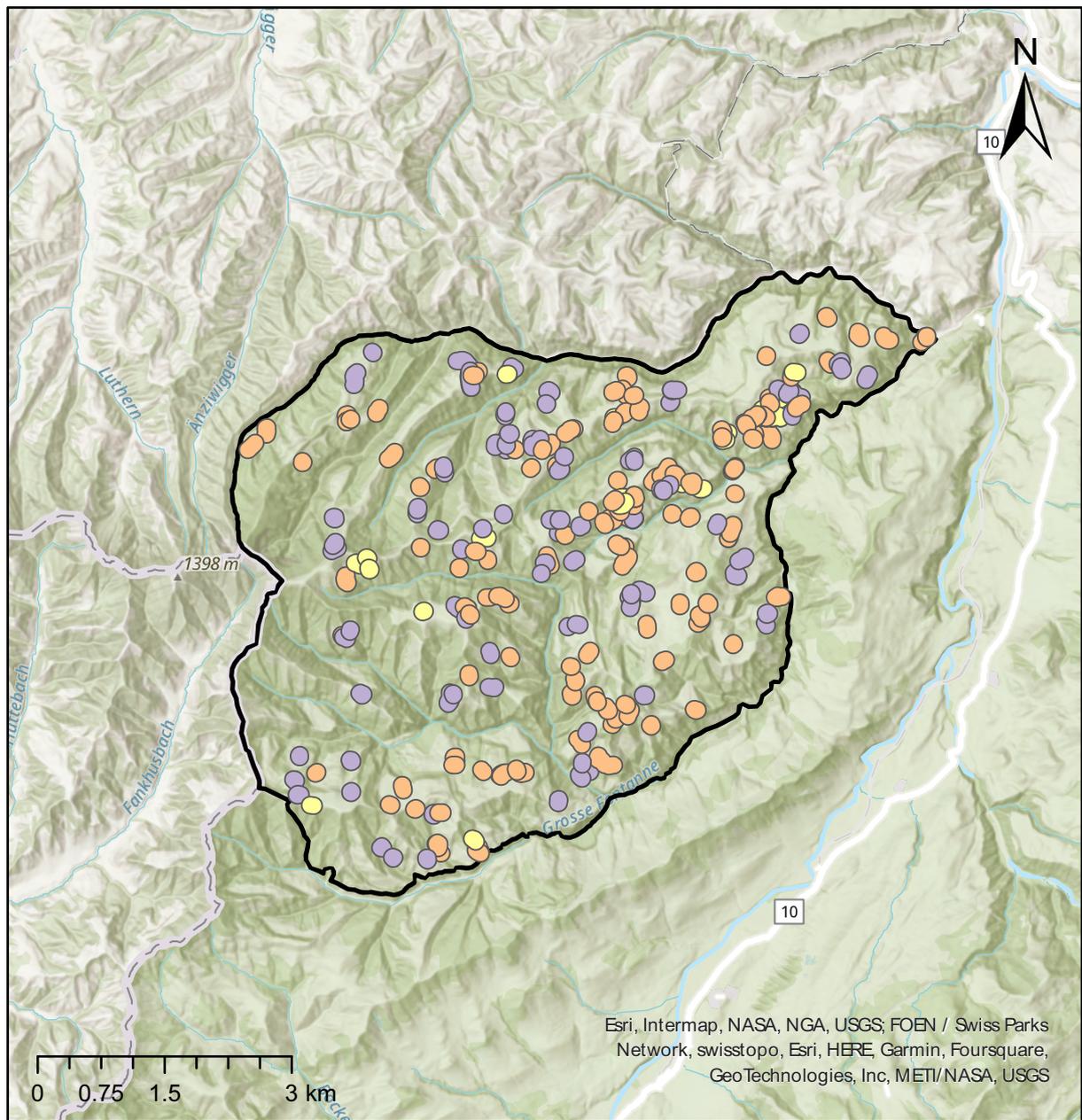
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- Hasle

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Romoos

Hecken nach Potential



Legende

Potential

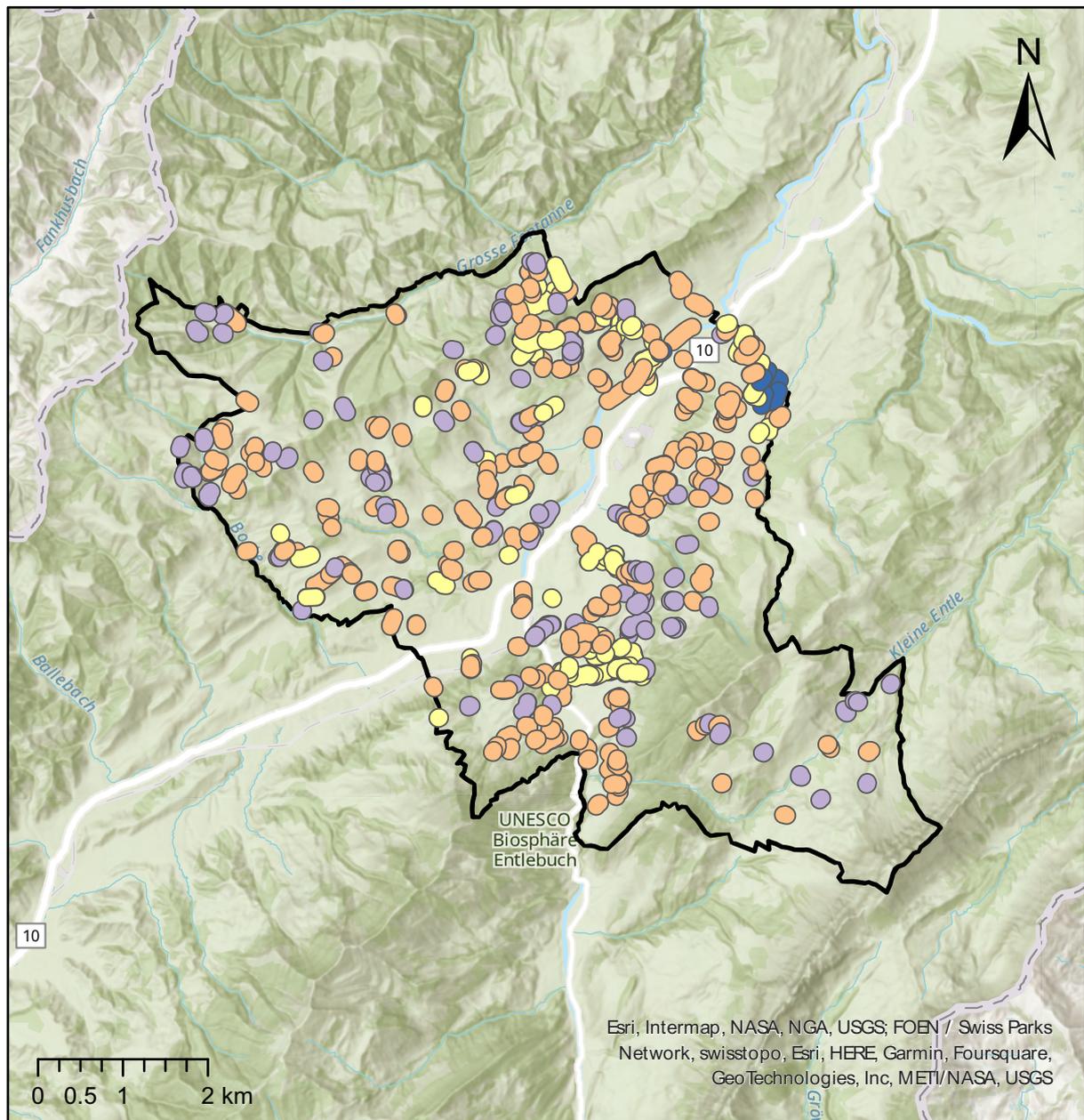
- 2
- 3
- 4
- Romoos

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Gemeinde Schüpflheim

Hecken nach Potential



Legende

- Potential
- 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - Schüpflheim

Quellen

- © 2023, rawi Kanton Luzern
- © swisstopo

Anhang IV



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Eigenständigkeitserklärung

Die unterzeichnete Eigenständigkeitserklärung ist Bestandteil jeder während des Studiums verfassten Semester-, Bachelor- und Master-Arbeit oder anderen Abschlussarbeit (auch der jeweils elektronischen Version).

Die Dozentinnen und Dozenten können auch für andere bei ihnen verfasste schriftliche Arbeiten eine Eigenständigkeitserklärung verlangen.

Ich bestätige, die vorliegende Arbeit selbständig und in eigenen Worten verfasst zu haben. Davon ausgenommen sind sprachliche und inhaltliche Korrekturvorschläge durch die Betreuer und Betreuerinnen der Arbeit.

Titel der Arbeit (in Druckschrift):

Zustand und Potential der Hecken in der UNESCO Biosphäre Entlebuch
--

Verfasst von (in Druckschrift):

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.

Name(n):
Grätzer

Vorname(n):
Simone

.....
.....
.....
.....

Ich bestätige mit meiner Unterschrift:

- Ich habe keine im Merkblatt [„Zitier-Knigge“](#) beschriebene Form des Plagiats begangen.
- Ich habe alle Methoden, Daten und Arbeitsabläufe wahrheitsgetreu dokumentiert.
- Ich habe keine Daten manipuliert.
- Ich habe alle Personen erwähnt, welche die Arbeit wesentlich unterstützt haben.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die Arbeit mit elektronischen Hilfsmitteln auf Plagiate überprüft werden kann.

Ort, Datum

Zürich, 21. Juli 2023

Unterschrift(en)

S. Grätzer

.....
.....
.....

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich. Durch die Unterschriften bürgen sie gemeinsam für den gesamten Inhalt dieser schriftlichen Arbeit.