

Bachelor-Arbeit (Naturwissenschaften und Technik)
Bachelor-Studiengang in Umweltnaturwissenschaften

BIODIVERSITÄT IM SIEDLUNGSRAUM

Ein Konzept zur Biodiversitätsförderung in Siedlungen am Beispiel der Gemeinde Entlebuch



Referent: Florian Knaus
Institut für Terrestrische Ökosysteme, ETH Zürich

Autorin: Saskia Aeschbach
17-925-355

13.08.2020

ZUSAMMENFASSUNG

Siedlungsräume verlieren immer mehr ökologisch wertvolle Flächen. Um die Zersiedelung einzudämmen, wird vermehrt verdichtet gebaut, was diesen Trend zusätzlich antreibt. Es wird daher immer wichtiger, die Biodiversität im Siedlungsraum gezielt zu fördern. Während der Fokus dabei bisher in erster Linie auf urbanen Siedlungsräumen lag, wurde in ländlichen Gebieten erst wenig unternommen. In dieser Arbeit wird deshalb speziell für ländliche Gemeinden ein Konzept ausgearbeitet, mit dem die Biodiversität im Siedlungsraum gefördert werden kann. Das Konzept wurde am Beispiel der Gemeinde Entlebuch (Kt. Luzern) entwickelt.

In einem ersten Schritt wurden alle Grünflächen des Entlebucher Siedlungsraums kartiert. Danach wurde ein System zur Bewertung des ökologischen Zustands und Potenzials erarbeitet. Die Differenz zwischen dem Potenzial und dem Zustand, genannt Wirkungsgrad, wurde als Mass für die Effektivität der Aufwertung einer Fläche berechnet. Anhand dieser Werte wurden Flächen ausgewählt, die erhalten oder aufgewertet werden sollten. Diese Flächen sind im Massnahmenplan zusammengestellt. Zusätzlich wurden dem Massnahmenplan Trittstein-Biotop und lineare Vernetzungselemente hinzugefügt, um einen ausreichend vernetzten Lebensraumverbund sicherzustellen. Für alle öffentlichen Flächen, die gemäss Massnahmenplan aufgewertet werden sollten, wurden aus einem Katalog anhand verschiedener Kriterien diejenigen Massnahmen ausgewählt, die am geeignetsten sind. So entstanden die Objektblätter, die für alle zu erhaltenden und aufzuwertenden öffentlichen Flächen die empfohlenen Massnahmen aufzeigen. Auch für private Flächen wurde ein Massnahmenkatalog erstellt.

Der Entlebucher Siedlungsraum weist viele Flächen auf, die ökologisch wertlos sind, es sind aber auch einige wertvolle Flächen zu finden. Letztere befinden sich hauptsächlich in der Nähe des Siedlungsrandes. Auch die Flächen mit dem grössten ökologischen Potenzial liegen tendenziell am Rand des Siedlungsraums. Ein Grund dafür ist, dass die zentralen Grünflächen i.d.R. eine kleinere Flächengrösse haben als Grünflächen in der Nähe des Siedlungsrandes. Auch die Flächen mit dem höchsten Wirkungsgrad, die sich für eine Aufwertung am meisten eignen, befinden sich tendenziell in Randgebieten. Gerade im Zentrum des Entlebucher Siedlungsraums sind deshalb Trittsteine nötig, um einen gut vernetzten Lebensraumverbund zu gewährleisten.

Die meisten der im Massnahmenplan festgehaltenen Flächen befinden sich in Privatbesitz. Sensibilisierungsmassnahmen, z.B. Informationstage zum Thema naturgerechter Unterhalt und ökologische Aufwertungsmöglichkeiten, oder Anreizsysteme wie Steuervergünstigungen für ökologisch wertvolle Flächen können deshalb viel zur Biodiversitätsförderung im Siedlungsraum der Gemeinde Entlebuch beitragen. Für die öffentlichen Flächen des Massnahmenplans sind konkrete Aufwertungsmassnahmen wie das Pflanzen einheimischer Gehölze möglich.

Das Konzept ist ein einfacher Weg für Gemeinden, einen Massnahmenplan auszuarbeiten, der zur Biodiversitätsförderung im Siedlungsraum beiträgt und ein Mindestmass an ökologisch wertvollen Flächen sicherstellt. Auch wenn teilweise starke Vereinfachungen in Kauf genommen wurden, um den Aufwand der Methode in Grenzen zu halten, liefert das Ergebnis wichtige Erkenntnisse und ermöglicht es der Gemeinde, biodiversitätsfördernde Massnahmen zu planen und umzusetzen. Das hier entworfene Konzept und der dabei entstehende Massnahmenplan sind hilfreiche Instrumente dafür, die Entwicklung des Siedlungsraums so zu planen, dass die Biodiversität dabei trotz verdichtetem Bauen nicht zu kurz kommt.

DANK

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben. Besonderer Dank geht an Florian Knaus, der mir diese spannende Arbeit ermöglichte, mir jederzeit für Fragen zur Verfügung stand und immer einen guten Rat bereit hatte. Auch bei Dr. Eva Frei von der UNESCO Biosphäre Entlebuch möchte ich mich herzlich bedanken für ihre Bereitschaft, meine Fragen zu beantworten und mir verschiedene Geodaten zur Verfügung zu stellen. Für ihre Ratschläge zum Vorgehen mit GIS möchte ich ausserdem Monika Niederhuber danken. Nicht zuletzt gilt mein Dank auch Astrid Brun-Bühlmann, Gemeinderätin von Entlebuch, für ihr Feedback zu den Resultaten.

GLOSSAR

- Grünfläche:** Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff «Grünfläche» definiert als Fläche innerhalb des Siedlungsraums, die grösstenteils unversiegelt ist und ein Lebensraum für Pflanzen und Tiere darstellt. Dies, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass auch «nicht-grüne» unversiegelte Lebensräume wie Ruderalstandorte oder Trockenmauern wertvolle Lebensräume sein können und so zur Biodiversitätsförderung beitragen können. Kleinere Versiegelungen wie Sitzplätze werden als Teil der Grünfläche betrachtet, da diese zur Nutzung des Grünraums beitragen.
- Management:** Das Management (auch: die Pflege) meint die Massnahmen, die ergriffen werden, um die Grünfläche in ihrer Form zu erhalten. Dies beinhaltet insbesondere die Mahd von Rasen und Wiesen, das Schneiden und Stutzen von Sträuchern und Bäumen sowie das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln.
- Nutzung:** Die Nutzung ist die Aktivität des Menschen, für die die Fläche gedacht ist. Beispiele wären die Nutzung der Grünfläche für Sport, als Liegewiese oder zur Naherholung. Die Art der Nutzung hat dabei einen grossen Einfluss darauf, wie naturnah eine Fläche gestaltet werden kann. Nicht als Nutzung gezählt werden Funktionen von Flächen, die keine Aktivität bzw. Präsenz des Menschen auf der Fläche bedeuten. Ein Beispiel hierfür ist die Funktion einer Grünfläche, einen Abstand zwischen Wohnhäusern zu schaffen.
- Nutzung, aktive:** Der Mensch ist auf der betrachteten Fläche aktiv. Dies hat zur Folge, dass die aktiv genutzte Teilfläche nicht frei im Sinne der Natur gestaltet werden kann, z.B. da sie regelmässig gemäht werden muss, um dem Tritt standzuhalten. Aktiv genutzte Teilflächen können dementsprechend nicht oder nur begrenzt für eine ökologisch wertvolle Gestaltung genutzt werden.
- Nutzung, passive:** Der Mensch hat ebenfalls Interesse an der Fläche, die Fläche soll eine Funktion für ihn erfüllen. Dabei handelt es sich aber um Naherholung, d.h. die Fläche wird nicht aktiv durch Betreten etc. genutzt. Eine solche Nutzung lässt sich – bis auf Infrastrukturen wie Spazierwege und Sitzbänke – gut mit einer naturnahen Gestaltung vereinbaren.
- Pflege:** siehe Management
- Struktur:** Strukturen werden Elemente auf Grünflächen genannt, die Ressourcen für Lebewesen anbieten. Dies kann bedeuten, dass das Element selbst als Habitat dient, aber auch, dass es Ressourcen wie Nahrung, Material für den Nestbau o.Ä. zur Verfügung stellt. Solche Elemente sind einerseits **Vegetationsstrukturen** wie Sträucher, Bäume und Wildwuchszonen, andererseits auch andere **Lebensraumstrukturen** wie Trockenmauern oder Steinhäufen.

INHALT

Zusammenfassung.....	i
Dank	ii
Glossar	iii
1. Einleitung.....	1
2. Ausgangslage.....	3
2.1 Was ist eine Grünfläche?.....	3
2.2 Die Gemeinde Entlebuch.....	3
2.3 Beispiele durchgeführter Projekte	4
2.3.1 Wohnsiedlung Fröschmatt	4
2.3.2 Konzept Illnau-Effretikon.....	4
2.3.3 Arlesheim	5
2.3.4 Ökologische Aufwertung im Höngger Siedlungsraum.....	6
3. Soll-Zustand des Siedlungsraums	7
3.1 Grünflächenanteil.....	7
3.2 Flächengrösse.....	7
3.3 Habitatheterogenität.....	7
3.4 Vegetationsstruktur	8
3.5 Einheimische Vegetation.....	8
3.6 Management.....	8
3.7 Vernetzung	9
3.8 Sozio-kulturelle Kriterien.....	10
3.9 Synthese	10
4. Material und Methoden.....	12
4.1 Erfassung der Grünflächen im Siedlungsraum	12
4.1.1 Projektperimeter	12
4.1.2 Erfassung von Grünflächen	13
4.1.3 Erfassung von linearen Vernetzungselementen.....	14
4.2 Bewertung des ökologischen Zustands und Potenzials.....	15
4.2.1 Qualitative Bewertung des ökologischen Zustands	15
4.2.2 Qualitative Bewertung des ökologischen Potenzials	16
4.2.3 Berücksichtigung der Flächengrösse	18

4.2.4 Wirkungsgrad	18
4.3 Überprüfung im Feld	19
4.4 Erstellen der Massnahmenkarte	19
4.5 Erarbeiten der Hinweise zur Umsetzung	19
5. Resultate.....	21
5.1 Objekte	21
5.2 Ökologischer Zustand	22
5.3 Ökologisches Potenzial	25
5.4 Wirkungsgrad	27
5.5 Massnahmenplan	30
5.6 Hinweise zur Umsetzung des Massnahmenplans	32
6. Diskussion.....	35
6.1 Diskussion der Resultate	35
6.2 Methodenkritik.....	36
7. Schlussfolgerungen	39
7.1 Allgemeine Schlussfolgerungen	39
7.2 Schlussfolgerungen für die Praxis.....	39
8. Literaturverzeichnis.....	40
9. GIS Quellenverzeichnis.....	43
10. Anhang	44
10.1 Typisierung der Objekte	44
10.2 Bestimmungsschlüssel.....	46
10.2.1 Bestimmungsschlüssel ökologischer Zustand	46
10.2.2 Bestimmungsschlüssel ökologisches Potenzial	49
10.3 Sensitivitätsanalyse	51
10.4 Erstellen der Massnahmenkarte	57
10.5 Objektblätter	61

1. EINLEITUNG

In der jüngeren Vergangenheit zeichnete sich in der Schweiz verstärkt der Trend ab, verdichtet zu bauen. Statt den Siedlungsraum gegen aussen zu vergrössern, werden vermehrt Baureserven innerhalb des Siedlungsraums für Neuüberbauungen genutzt, um die Zersiedelung einzudämmen (Di Giulio, 2016). Dieser Trend verschärft jedoch eine andere Problematik im Siedlungsraum: den Verlust ökologisch wertvoller Grünflächen. Es ist wichtig, diesem Trend entgegenzuwirken und den Grünflächen im Siedlungsraum einen höheren Stellenwert einzuräumen, denn der Siedlungsraum hat ein grosses Potenzial für die Biodiversitätsförderung (Di Giulio, 2016). Grünräume können eine hohe Artenvielfalt beherbergen und Ersatzlebensräume für Arten aus der Natur- und Kulturlandschaft darstellen (Di Giulio und Nobis, 2007). Oft wird dieses Potenzial aber nicht ausgeschöpft. Zum einen ist der Flächenanteil von Grünräumen vielerorts zu gering, zum anderen ist die ökologische Qualität der existierenden Grünflächen häufig mangelhaft (Di Giulio, 2016). Gründe dafür sind u.a. die intensive Pflege, z.B. häufiges Mähen, sowie die Begrünung mit standortfremden statt einheimischen Pflanzen (Di Giulio und Nobis, 2007). Dies kann zu einer reduzierten Artenvielfalt führen, aber auch zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung, wobei empfindliche Arten durch tolerante ersetzt werden (Di Giulio und Nobis, 2007). Ungeachtet des Zustands der Grünflächen ist die Artenzusammensetzung in Städten anders als in anderen Lebensräumen. Während Generalisten im Siedlungsraum gut zurechtkommen, ist dies bei Spezialisten eher nicht der Fall (Di Giulio, 2016). Anders als Spezialisten kommen Generalisten in unterschiedlichen Lebensräumen mit verschiedenen Bedingungen vor und sind somit oft weiter verbreitet (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, 2020). Durch aufwertende Massnahmen in Siedlungen werden deshalb häufige, weitverbreitete Arten eher gefördert als seltene, gefährdete Arten. Dies verringert jedoch keineswegs das Potenzial des Siedlungsraums zur Biodiversitätsförderung, da in den letzten Jahren insbesondere häufige Arten eine negative Entwicklung zu verzeichnen hatten (Di Giulio, 2016).

Grünräume im Siedlungsgebiet sind aber auch für die Bevölkerung sehr wichtig. In vielerlei Hinsicht tragen sie zur Lebensqualität bei. Grünräume sind Orte der Ruhe und Erholung, bieten Platz für Bewegung, Sport und Spiele, sorgen für saubere Luft und ermöglichen soziale Kontakte (Di Giulio, 2016). Für den Menschen ist es deshalb wichtig, dass Grünräume im Siedlungsgebiet zugänglich sind (Di Giulio, 2016). Dies bedeutet nicht, dass die Flächen nicht ökologisch wertvoll sein sollen. Der positive Effekt von Grünflächen auf den Menschen ist nämlich grösser, wenn die Artenvielfalt höher ist. Es gibt vermehrt Hinweise darauf, dass naturnahe, artenreiche Flächen unsere psychische Gesundheit positiv beeinflussen (Fuller *et al.*, 2007; Clark *et al.*, 2014). Auch die Regulation des Immunsystems kann durch den Kontakt mit Mikrobiota, die auf naturnahen Flächen vorkommen, verbessert werden (Rook, 2013). Eine höhere Artenvielfalt auf den Grünflächen in Siedlungsgebieten kommt somit auch den Menschen zugute, die diese Grünräume nutzen.

Grünflächen im Siedlungsgebiet haben ausserdem noch eine weitere Bedeutung: sie sind pädagogisch sehr wertvoll für den Naturschutz. Gerade in Städten haben Menschen hauptsächlich im Siedlungsraum Kontakt zur Natur (Di Giulio, 2016). In den Grünräumen können sie die Jahreszeiten erleben und Tiere beobachten (Di Giulio, 2016; Threlfall und Kendal, 2018). Dies mag vor allem für Menschen in grösseren Städten von Bedeutung sein, doch auch für die Bevölkerung ländlicher Gebiete gilt: Weiss der Mensch um die Bedeutung der Natur im Siedlungsraum, so ist es wahrscheinlicher, dass er sich auch für die Natur und deren Schutz ausserhalb des Siedlungsraums interessiert (Eigenmann *et al.*, 2003). Die Biodiversitätsförderung im Siedlungsraum ist deshalb ein guter Weg, Menschen für Naturschutz zu sensibilisieren.

Das Potenzial des Siedlungsraums für die Biodiversität wurde in den letzten Jahren vermehrt erkannt. Zumeist fokussierte die Forschung aber auf den urbanen Raum. In ländlicheren Gebieten wurden Grünflächen im Siedlungsraum kaum behandelt. Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, mit Hilfe von Erkenntnissen aus der Literatur und aus bereits durchgeführten Projekten ein Konzept zur ökologischen Aufwertung des Siedlungsraums einer ländlichen Gemeinde zu erarbeiten. Dies beinhaltet eine Methode zur Erfassung vorhandener Grünflächen, eine Methode zur Bewertung des ökologischen Zustands und Potenzials von Grünflächen sowie die Entwicklung eines Massnahmenplans. Zum Schluss folgen Hinweise zur Umsetzung des Massnahmenplans. Das Konzept wurde anhand der Gemeinde Entlebuch im Kanton Luzern ausgearbeitet, sollte aber auch für andere Gemeinden in ruralen Gebieten anwendbar sein oder zumindest als Leitfaden dienen können.

Im Folgenden wird als Erstes die Ausgangslage dargelegt. Zu diesem Zweck wird der Begriff «Grünfläche» definiert und die Gemeinde Entlebuch wird kurz vorgestellt. Ausserdem werden Erkenntnisse aus bereits durchgeführten Projekten zusammengetragen. In einem zweiten Schritt werden aus einer Literaturrecherche die Kriterien für einen ökologisch wertvollen Siedlungsraum abgeleitet. Als Drittes folgt dann das eigentliche Konzept mit dem Vorgehen bei der Erfassung und Bewertung der Grünflächen. Zum Schluss werden die Erkenntnisse in einem Massnahmenplan festgehalten und Möglichkeiten zur Umsetzung dieses Plans erläutert. In der Diskussion werden einige Resultate hervorgehoben und die Unsicherheiten und Verbesserungspotenziale des Konzepts besprochen.

2. AUSGANGSLAGE

2.1 Was ist eine Grünfläche?

Eine Grünfläche im engen Sinn ist eine rasenbedeckte Fläche innerhalb des Siedlungsraums. Im weiteren Sinne bezeichnet der Begriff alle Flächen innerhalb des Siedlungsraums, die Erholungs- und Sportmöglichkeiten bieten (Bibliographisches Institut, 2020). Dies vernachlässigt jedoch jegliche Bedeutung von Grünflächen für die Biodiversität. Unter Berücksichtigung der Biodiversität muss der Begriff der Grünfläche noch weiter ausgedehnt werden. Denn nicht alles muss grün sein, um ökologisch wertvoll zu sein. Neben Grünflächen wie Parks und Gärten können auch Ruderalflächen¹, Familiengärten, Gleisränder und Böschungen entlang von Verkehrswegen eine hohe Biodiversität aufweisen (Goddard, Dougill und Benton, 2010; Holderegger und Di Giulio, 2010; Bonthoux *et al.*, 2014; Nielsen *et al.*, 2014). Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff Grünfläche deshalb definiert als Fläche innerhalb des Siedlungsraums, die grösstenteils unversiegelt ist und die Pflanzen und Tieren einen Lebensraum bietet. Kleinere Versiegelungen wie Sitzplätze werden als Teil der Grünfläche betrachtet, da diese zur Nutzung des Grünraums beitragen.

2.2 Die Gemeinde Entlebuch

Die Gemeinde Entlebuch ist Teil der UNESCO Biosphäre Entlebuch (UBE). Als einer der 17 Schweizer Pärke hat die UBE Nachhaltigkeitsaspekte bereits vielerorts berücksichtigt. Dies bedeutet aber, dass die Verdichtung des Siedlungsraums auch hier nicht haltmacht. Der regionale Entwicklungsplan sieht vor, dass die Gemeinden die bereits ausgeschiedenen Bauzonen durch verdichtetes Bauen und die Nutzung vorhandener innerer Reserven optimal nutzen (Frei und Bertiller, 2012). Es ist deshalb wichtig, die ökologische Bedeutung von un bebauten Flächen in der Bauzone abzuschätzen und die wertvollsten dieser Flächen zu erhalten.

Während bereits grosser Wert auf die Biodiversitätsförderung im Kulturland der UBE gelegt wird, ist dies für den Siedlungsraum erst in geringerem Ausmass der Fall. So werden im Kulturland beispielsweise verschiedene Arten wie Feldhasen, Gartenrotschwanz und Wiesel durch Vernetzungsprojekte gefördert (UNESCO Biosphäre Entlebuch, 2020a). Im Siedlungsraum fanden aber auch bereits kleinere Aktionen statt. Im Frühling 2019 wurden Blühstreifen mit einheimischen Wildpflanzen angelegt und von Mitte Mai bis Mitte Juni werden mit Schulklassen der Region Aktionstage zum Thema «Biodiversität ums Schulhaus» durchgeführt (UNESCO Biosphäre Entlebuch, 2020a). Auch in der Bevölkerung besteht schon Interesse an einer biodiversitätsfreundlichen Gestaltung des Siedlungsraums. Im Herbst 2016 wurde die Interessengruppe «NaturGärten in der Biosphäre» gegründet, die den Siedlungsraum der UBE durch Naturgärten aufwerten möchte (UNESCO Biosphäre Entlebuch, 2020b). Die Biodiversitätsförderung im Siedlungsraum kann also noch stärker priorisiert werden, doch es besteht in der UBE bereits das nötige Grundinteresse, was eine gute Ausgangslage schafft.

Von rechtlicher Seite ist ebenfalls ein Aspekt hervorzuheben: Als Luzerner Gemeinde gilt in Entlebuch die Richtlinie Heckenschutz und Heckenpflege (Landwirtschaft und Wald (lawa), 2019). Diese hält fest, dass Hecken, Feldgehölze und Uferbestockungen als schützenswerte Lebensräume gelten und nicht beseitigt werden dürfen. Davon ausgenommen sind Lebhäge, die als Abgrenzung oder Sichtschutz um Liegenschaften angelegt sind und die ökologisch meist nicht besonders wertvoll sind, da sie oft in Monokultur mit

¹ Ruderalflächen bezeichnen ungenutzte und sich zumindest kurzzeitig selbst überlassene Flächen (Deutschland Natur, 2020). Andere Begriffe dafür sind Brache, Stadtbrache oder Kulturbrache.

standortfremden Arten gepflanzt sind und intensiv gepflegt werden. Beim Massnahmenplan sowie den Hinweisen zu dessen Umsetzung muss also darauf geachtet werden, dass Hecken nicht beseitigt werden. Ausserdem sollten neue Hecken, Feldgehölze und Uferbestockungen nur mit gutem Grund als Aufwertungsmassnahme vorgeschlagen werden, da diese nachfolgend nicht einfach wieder zu beseitigen sind.

2.3 Beispiele durchgeführter Projekte

Es existieren bereits viele Projekte zur Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet, von denen zukünftige Vorhaben lernen können. Beispiele gibt es für alle räumlichen Ebenen, von einzelnen Arealen über ganze Quartiere und Gemeinden bis hin zu regionalen Projekten (Di Giulio, 2016). Im Folgenden werden einige Projekte vorgestellt und es wird aufgezeigt, welche Lehren aus ihnen gezogen werden können.

2.3.1 WOHNIEDLUNG FRÖSCHMATT

Besonders vorbildlich für das Vorgehen bei der Planung der Aufwertung eines Areals ist die Wohnsiedlung Fröschmatt. Der Aussenraum der Berner Wohnsiedlung wurde in den Jahren 2013-2014 umgestaltet (Moeri & Partner AG, 2020). Für die Planung wurde ein Biodiversitätskonzept erstellt (Di Giulio, 2016), in welchem zuerst der Ist-Zustand festgehalten wurde. Dabei wurden auch naturnahe Flächen und Elemente in der Nähe der Liegenschaft aufgelistet und festgehalten, welche Strukturen diese aufweisen. Dies diente dazu, die Wohnsiedlung mit ihrem Umland vernetzen zu können und Elemente, die bereits auf nahen Flächen vorkommen, aufzugreifen. Bestehende Vernetzungachsen wurden kartiert und für verschiedene Organismengruppen wurde geklärt, ob die Fröschmatt als Vernetzungselement bzw. Lebensraum überhaupt sinnvoll ist. Im Folgenden wurden Zielarten bestimmt. Dabei handelt es sich um Arten, die siedlungstypisch, national prioritär und/oder attraktiv sind. Anhand der Zielarten wurde bestimmt, welche Lebensraumstrukturen sicher umgesetzt werden und welche optional ergänzt werden können (Witschi, 2014). Auch die Pflege und der Unterhalt der Liegenschaft wurde festgelegt und der Anwohnerschaft als Gartenfibel zur Verfügung gestellt (Schellenberger *et al.*, 2014). Die Effektivität der Massnahmen konnte ein Jahr nach der Umsetzung in einer Erfolgskontrolle nachgewiesen werden: Es wurden 76 Tierarten mit verschiedenen Standortansprüchen gefunden, darunter auch gefährdete und geschützte Arten (Di Giulio, 2016). Das Vorgehen scheint sich also bewährt zu haben. Die Berücksichtigung der vorhandenen Strukturen und die Planung der Vernetzung des neu entstehenden Lebensraums mit den bereits existierenden werden deshalb in dieser Arbeit übernommen. Im Schlussbericht des Projekts werden ausserdem verschiedene im Verlauf der Planung verwendete Instrumente für weitere Projekte zur Verfügung gestellt. Für diese Arbeit sind insbesondere die Objektblätter von Nutzen, die die umgesetzten Lebensraumstrukturen auflisten und erläutern, wie diese gepflegt werden sollen (Schellenberger *et al.*, 2014).

2.3.2 KONZEPT ILLNAU-EFFRETIKON

Die Stadt Illnau-Effretikon erstellte im Jahr 2007 das Konzept «Natur im Siedlungsraum» (Umwelt- und Naturschutzkommission, 2007). Da es sich um ein Beispiel auf Gemeinde-Ebene handelt und ebenfalls ein Konzept im Zentrum steht, können verschiedene Punkte direkt als Vorbild für diese Arbeit verwendet werden. Das Konzept verfolgt fünf Ziele:

1. Die Stadt soll eine Vorbildfunktion einnehmen, indem sie öffentliche Flächen ökologisch aufwertet.
2. Der ökologische Ausgleich bei Neubauten soll sichergestellt werden.
3. Wertvolle Strukturen wie Hecken, die in Inventaren erfasst sind, bleiben erhalten oder werden andernfalls ersetzt.

4. Das Konzept fungiert als Leitbild zur Entwicklung der Freiräume des Siedlungsraums.
5. Die Bevölkerung soll vermehrt für die Bedeutung der Biodiversitätsförderung im Siedlungsraums sensibilisiert werden.

Besonders relevant für diese Arbeit ist das erste Ziel. Der hier erarbeitete Massnahmenplan soll der Gemeinde Entlebuch ermöglichen, eine solche Vorbildfunktion einzunehmen. Das Konzept der Gemeinde Illnau-Effretikon liefert ausserdem bereits konkrete Massnahmen, die auch in anderen Gemeinden übernommen werden können und deshalb für diese Arbeit relevant sind. Zur Erreichung des ersten Ziels wurde beschlossen, dass die Stadt bei der Umgestaltung öffentlicher Flächen einheimische Pflanzen verwenden und weitere Massnahmen zur ökologischen Aufwertung ergreifen soll. Zur besseren Nutzung des Potenzials bestehender Anlagen wurde ein Leitfaden für naturnahe Pflege sowie Pflegekonzepte für bestimmte grössere Grünflächen in Auftrag gegeben. Der Werkdienst und die Hauswarte sollen ihre Flächen nach diesem Leitfaden pflegen, was bedeutet, natürliche Kreisläufe wenn möglich zu schliessen, auf Dünger und synthetische Hilfsstoffe weitgehend zu verzichten und hauptsächlich einheimische, standortgerechte Pflanzen einzusetzen.

2.3.3 ARLESHEIM

Die Gemeinde Arlesheim zeigt auf, wie die Planungsinstrumente einer Gemeinde zugunsten von Biodiversität und Erholung genutzt werden können. Bereits im Jahr 2000 wurden die ökologisch wertvollen Lebensräume erfasst und Ziele für deren Entwicklung definiert. Daraufhin wurde ein Grün-, Freiraum- und Landschaftsentwicklungskonzept (GFLEK) als Grundlage für die Siedlungsplanung erarbeitet. Dieses stellt den Erhalt der Fläche und Qualität wertvoller Lebensräume sicher (Hintermann & Weber AG, 2009a). Dabei wurde grosser Wert auf die Vernetzung der Grünräume innerhalb des Siedlungsraums sowie die Vernetzung mit ökologisch wertvollen Flächen des Umlands gelegt. So wurden Grünzonen festgelegt, in denen die Grünflächen als Vernetzungselemente gesichert werden. Zu diesem Zweck wurden sogar gemeindeeigene Flächen von der Bauzone in die Grünzone umgezont (Di Giulio, 2016). Zudem wurden an verschiedenen Strassenabschnitten Schutzbepflanzungen und Grünachsen, d.h. Hecken, Baumhecken und Alleen, geplant. Eine weitere Massnahme, die der Vernetzung dient, ist die Sicherung, Aufwertung und Ergänzung bestehender Wanderkorridore durch die Gemeinde. Dies beinhaltet die Gleisanlagen der SBB und BLT ebenso wie verschiedene Fliessgewässer und den nahegelegenen Waldrand. Auch die qualitative Aufwertung bestehender Grünräume, z.B. durch Anlegen von Kleingehölzgruppen oder Niederhecken, wurde beschlossen. Ausserdem wurde eine Aufwertung des Friedhofs durch eine Ergänzung des Baum- und Buschbestands geplant. Zwar zielt diese Massnahme auf die gestalterische Aufwertung ab, aber sie kommt auch der Biodiversität zugute.

All diese Massnahmen können auch in dieser Arbeit oder bei anderen Projekten in Erwägung gezogen werden. Der im Rahmen des GFLEK entstandene Massnahmenplan (Abbildung 1) ist ein gutes Beispiel dafür, wie eine solche Massnahmenkarte aussehen kann, und kann für andere Gemeinden in ähnlicher Weise umgesetzt werden. Besonderen Vorbildcharakter hat ausserdem die Rolle, die die Gemeinde hier einnimmt, denn sie macht vor, was sie von den Bauherren verlangt: ein Viertel der gemeindeeigenen Flächen sind naturnah gestaltet und gepflegt (Di Giulio, 2016).

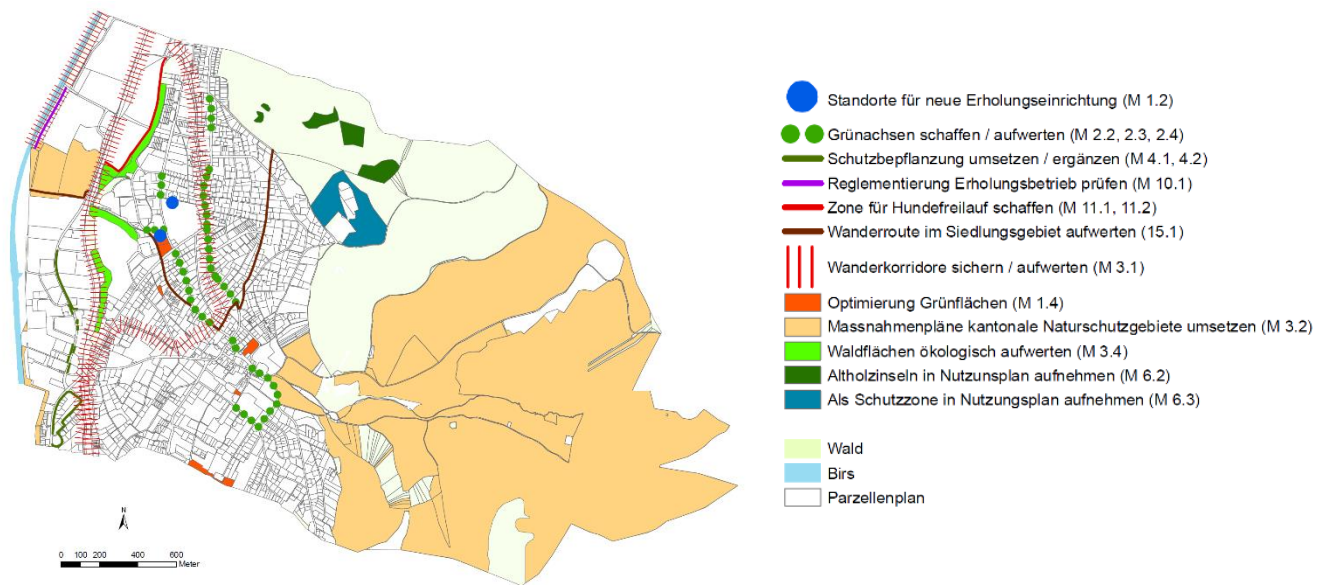


Abbildung 1: Massnahmen gemäss dem Grün-, Freiraum- und Landschaftsentwicklungskonzept (GFLEK) der Gemeinde Arlesheim (Hintermann & Weber AG, 2009b).

2.3.4 ÖKOLOGISCHE AUFWERTUNG IM HÖNGGER SIEDLUNGSRAUM

Dieses Projekt in der Siedlung Heizenholz zeigt auf, wie der Siedlungsraum relativ einfach und unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Anwohnerschaft aufgewertet werden kann. Der Anstoss zum Projekt kam von den Bewohnerinnen und Bewohnern selbst und ist in Zusammenarbeit mit der Verwaltung und dem Natur- und Vogelschutzverein Höngg entstanden. Die Bedürfnisse aller Parteien wurden an zwei Sitzungen ermittelt und konnten so direkt in das Projekt einfließen. Der Vorbildcharakter des Projekts besteht aber nicht nur in der partizipativen Vorgehensweise, sondern auch in den getroffenen Massnahmen. Diese können Inspiration für andere Projekte sein. Insbesondere wurden hier Massnahmen ergriffen, die direkten Nutzen für die Menschen stiften, aber dennoch ökologisch sehr wertvoll sind. So wurde z.B. eine Kräuterspirale mit Trockenmauer gebaut und bei der Heckenaufwertung wurden einheimische Sträucher mit essbaren Früchten gepflanzt (Natur- und Vogelschutzverein Höngg, 2020).

3. SOLL-ZUSTAND DES SIEDLUNGSRAUMS

Um zu entscheiden, wie der Siedlungsraum einer Gemeinde ökologisch aufgewertet werden kann, muss zuerst definiert werden, wie der Siedlungsraum aus ökologischer Sicht idealerweise aussehen soll. Für diesen Soll-Zustand wurde basierend auf einer Literaturrecherche eine Liste von Kriterien zusammengestellt. Generell gilt dabei, dass lokale Lebensraumfaktoren die Biodiversität im Siedlungsraum stärker beeinflussen als Landschaftsfaktoren (Bonthoux *et al.*, 2014; Beninde, Veith und Hochkirch, 2015). Dementsprechend sind nur zwei Landschaftsfaktoren in der folgenden Kriterienliste vertreten, nämlich der Anteil an Grünflächen sowie die Vernetzung. In einem weiteren Punkt werden die sozio-kulturellen Kriterien zusammengefasst, da es gerade im Siedlungsraum wichtig ist, dass die Raumgestaltung auch den Bedürfnissen der Bevölkerung entspricht. Zum Schluss werden in einer Synthese die Konsequenzen für diese Arbeit gezogen.

3.1 Grünflächenanteil

Der Anteil der Grünflächen im Siedlungsraum hat einen grossen Effekt auf die Biodiversität (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015). Je mehr Grünflächen und grüne Strukturen wie Bäume vorhanden sind, desto höher ist die Artenvielfalt (Di Giulio, 2016). Umgekehrt hat der Anteil versiegelter Flächen einen negativen Einfluss auf die Artenvielfalt von Wirbellosen (Gloor *et al.*, 2010). Um Plätze oder Wege zu befestigen, ohne den Boden zu versiegeln, bieten sich Schotter, Kies, Natursteinpflaster oder Rasengittersteine an (Naturpark Thal, 2020). Besonders grosses Potential für die Erhöhung des Anteils von Grünflächen hat ausserdem die Dachbegrünung (Di Giulio, 2016). Diese ist auch finanziell lohnenswert, da durch die Dachbegrünung Energie gespart werden kann und die Dächer langlebiger sind (Naturpark Thal, 2020).

3.2 Flächengrösse

Grössere Flächen beherbergen eine grössere Artenvielfalt als kleinere Flächen. Dieser Effekt wurde über verschiedene Taxa hinweg und in mehreren Studien festgestellt (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015; Norton, Evans und Warren, 2016; Mata *et al.*, 2017; Matthies *et al.*, 2017). Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass grössere Flächen i.d.R. mehr Heterogenität aufweisen, d.h. mehr verschiedene Habitattypen, Vegetationsstrukturen und Pflanzengemeinschaften anbieten (Norton, Evans und Warren, 2016; Mata *et al.*, 2017). Ob es einen Schwellenwert gibt, bei dessen Unterschreitung die Artenzahl massiv abnimmt, ist nicht eindeutig (Di Giulio, 2016). Während für Generalisten ein Schwellenwert von 4.4 ha ermittelt wurde, liegt der geschätzte Schwellenwert für Spezialisten mit 53.3 ha viel höher (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015). Je nach Fokus scheint also ein anderer Schwellenwert angemessen zu sein.

3.3 Habitatheterogenität

Grundsätzlich gilt, je vielseitiger die Umweltbedingungen, desto höher die Zahl der Arten (Bergstedt, 2011c). Die Lebensraumvielfalt beeinflusst die Artenvielfalt im Siedlungsraum deshalb positiv (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015). Das bedeutet, dass auf Flächen, die mehr verschiedene Habitate aufweisen, eine höhere Artenzahl zu finden ist (Matthies *et al.*, 2017). Wie bereits erwähnt, korreliert die Heterogenität einer Fläche mit deren Grösse, sie ist jedoch als qualitative Eigenschaft auch unabhängig davon entscheidend für die Artenvielfalt (Matthies *et al.*, 2017). Untersucht wurde der Einfluss der Heterogenität beispielsweise in den Städten Lugano, Luzern und Zürich, wo ein positiver Effekt auf die Artenzahl von Wirbellosen gefunden wurde (Gloor *et al.*, 2010).

3.4 Vegetationsstruktur

Vegetationsfaktoren können die Biodiversität im Siedlungsraum stark beeinflussen. Dabei haben die Dichte der Krautschicht, die Struktur der Baumschicht, die Deckung der Baumschicht sowie die Vegetationsstruktur aller Schichten den stärksten Effekt (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015). Im Allgemeinen nimmt die Biodiversität mit steigender Komplexität der Vegetationsstruktur zu. Studien über Gärten haben gezeigt, dass die Diversität von Vertebraten und Invertebraten stark von der Komplexität der Vegetation abhängt (Goddard, Dougill und Benton, 2010). Dieser Zusammenhang wurde auch für Wanzen gefunden (Mata *et al.*, 2017). Die Krautschicht-Deckung ist für Insekten von grosser Bedeutung (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015), und somit indirekt auch für andere Taxa wie Vögel, deren Jungtiere sich oft von Arthropoden ernähren (Di Giulio, 2016). Auf Flächen mit niedrigem Anteil an Unterholz wurden ausserdem unverhältnismässig wenige Fledermäuse, Bienen, Käfer, Wanzen und Vögel gefunden. Für eine Erhöhung des Unterholz-Volumens um 10-30% stieg die Anzahl Individuen dieser Taxa um 30-120% (Threlfall *et al.*, 2017). Eine komplexe Unterholz-Vegetation beinhaltet nämlich viele verschiedene Habitate, welche Ressourcen wie Nahrung oder Gräser und Zweige für den Nestbau zur Verfügung stellen (Threlfall *et al.*, 2017). Für Vögel ist der Anteil und die Vielfalt von Bäumen und Sträuchern besonders wichtig (Gloor *et al.*, 2010). Nicht nur grosse, sondern auch mittelgrosse und kleine Bäume sind vorteilhaft und können die Vielfalt einheimischer Vögel fördern (James Barth, Ian FitzGibbon und Stuart Wilson, 2015).

3.5 Einheimische Vegetation

Eine vorwiegend einheimische Vegetation beeinflusst viele Taxa positiv. Für eine Erhöhung des Anteils einheimischer Pflanzen von 10 auf 30% wurde beispielsweise bei Fledermäusen, einheimischen Vögeln, Käfern und Wanzen eine Zunahme von 10-140% festgestellt (Threlfall *et al.*, 2017). Auch in einer Studie in vorstädtischen Gärten in Pennsylvania, USA, wurde festgestellt, dass die Vielfalt der Vögel und Schmetterlinge in Gärten mit einheimischen Pflanzen signifikant grösser ist als in Gärten mit exotischen Pflanzen (Goddard, Dougill und Benton, 2010). Bei den Schmetterlingen kommt dieser Zusammenhang v.a. durch die Wirtspflanzen der Larven zustande (Burghardt, Tallamy und Gregory Shriver, 2009; Öckinger, Dannestam und Smith, 2009). Bei den Vögeln liegt es daran, dass einheimische Pflanzen Nahrungsressourcen wie Arthropoden, Beeren und Samen zur Verfügung stellen (Di Giulio, 2016). Ausserdem werden nicht-einheimische Pflanzen kaum von einheimischen bestäubenden Insekten genutzt (Goddard, Dougill und Benton, 2010).

3.6 Management

Mit dem richtigen Management lässt sich viel erreichen, denn die Bewirtschaftung hat einen signifikanten Effekt auf die Artenvielfalt. Managementfaktoren sind sogar wichtiger als Designfaktoren (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015). Generell ist ein weniger starkes Management vorteilhaft für die Biodiversität (Bergstedt, 2011b). Dies erlaubt nämlich mehr strukturelle Komplexität (Threlfall und Kendal, 2018). Das Zulassen von natürlichen Prozessen und Dynamik ist besonders für Pionierarten wichtig und kann ebenfalls durch weniger intensives Management ermöglicht werden (Bergstedt, 2011c; Norton, Evans und Warren, 2016). Gerade beim Mähen sind viele Anpassungen möglich. Grundsätzlich ist es besser, abschnittsweise zu mähen, um den Tieren einen Zufluchtsort zu erhalten (Bergstedt, 2011a). Auch wie oft gemäht wird, spielt eine grosse Rolle. Häufige Pflegeschnitte wirken sich beispielsweise negativ auf die Artenvielfalt und Artenzusammensetzung von Wirbellosen aus (Gloor *et al.*, 2010). Die Häufigkeit der Mahd sollte sich nach der Funktion der jeweiligen Wiese richten. Während Rasen, der viel genutzt wird, regelmässig gemäht

werden muss, um der Trittbelastung standzuhalten, sollten Krautstreifen rund um Gehölze sowie Wildwuchsflächen nur alle 3 bis 4 Jahre gemäht werden. Wenig genutzte Wiesen wie Blumenwiesen sollten nur einmal oder wenige Male im Jahr gemäht werden (Bergstedt, 2011b). Ausserdem sollte die Mahd wenn möglich erst im Sommer oder Herbst stattfinden (Bergstedt, 2011a).

3.7 Vernetzung

Viele Tiere sind darauf angewiesen, sich zwischen verschiedenen Habitaten bewegen zu können. Gewisse Arten wandern im Tagesverlauf, da sie z.B. unterschiedliche Habitate als Ruhe- und Nahrungsplätze nutzen. Einige wandern im Jahreslauf, um beispielsweise ihre Sommer- und Winterquartiere aufzusuchen. Andere Arten wiederum wechseln ihr Habitat im Verlauf ihrer Entwicklung (Di Giulio und Nobis, 2007; Bergstedt, 2011c). Ausserdem ist es wichtig, dass einzelne Individuen zwischen verschiedenen Populationen wechseln können. Dadurch wird nämlich u.a. der genetische Austausch, der Ersatz ausgestorbener Populationen durch Zuwanderung und die Neubesiedlung von Lebensräumen ermöglicht (Bergstedt, 2011c).

Damit solche Bewegungen möglich sind, sollten die einzelnen Habitatflächen in einem Lebensraumverbund vernetzt sein. Die Vernetzung von Habitaten im Siedlungsraum kann auf zwei Arten erreicht werden: mit Korridoren oder mit Trittsteinbiotopen. Korridore sind Habitate, die auch alleine funktional sind, aber zusätzlich zwei andere Habitatflächen verbinden (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015). Dies sind z.B. lineare Elemente wie Hecken und Krautstreifen (Bergstedt, 2011c), Alleen mit durchgehender Wildkrautzone (Bergstedt, 2011b), Fließgewässer mit ihrem Uferbereich und Verkehrswege mit Böschungen (Di Giulio, 2016). Da sie ihrerseits funktionale Habitate sind, ist es schwierig, den Effekt der Funktion als Habitat vom Effekt der Vernetzungsfunktion zu unterscheiden (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015). Es wurde aber nachgewiesen, dass Korridore die Verbreitung von Pflanzen und Tieren sowie deren Austausch zwischen Populationen fördern können, sogar bei wenig mobilen Tierarten (Tewksbury *et al.*, 2002; Di Giulio und Nobis, 2007; Gilbert-Norton *et al.*, 2010). Allerdings könnte dies auch negative Auswirkungen haben, da Korridore zur Verbreitung von invasiven Neophyten sowie Pathogenen beitragen könnten (Säumel und Kowarik, 2010; Haddad *et al.*, 2014; Resasco *et al.*, 2014). Die positiven Effekte von Korridoren scheinen die negativen aber zu überwiegen (Haddad *et al.*, 2014). Trittsteinbiotope sind kleine Lebensräume, die zwischen zwei Habitatflächen liegen und diese so ebenfalls verbinden (Bergstedt, 2011c). Dies können verschiedenste Kleinstrukturen wie z.B. Tümpel, Feldgehölze, kleine Röhrichte oder Böschungen sein (Bergstedt, 2011c). Auch Trittsteinbiotope haben ungeachtet ihrer Funktion als Verbindungselement positive Auswirkungen auf die Biodiversität, da sie ebenfalls eigenständige Habitate sind und die Vegetationsdeckung erhöhen (Beninde, Veith und Hochkirch, 2015).

Die Vernetzung sollte darauf abzielen, Lebensräume mit ähnlichen Bedingungen und Strukturen durch Korridore oder Trittsteinbiotope, die diesen Lebensräumen ebenfalls ähnlich sind, zu verbinden (Eigenmann *et al.*, 2003; Bergstedt, 2011c). Der Lebensraumverbund kann entweder innerhalb des Siedlungsraums angestrebt werden oder er kann die Umgebung der Siedlung einbeziehen (Eigenmann *et al.*, 2003). Bei Flächen wie z.B. Ruderalstandorten, die hauptsächlich im Siedlungsraum vorkommen, beschränkt sich der Lebensraumverbund sinnvollerweise auf die Siedlung, da im Umland keine Lebensräume mit ähnlichen Bedingungen vorkommen. Andere Lebensraumtypen wie Feldgehölze hingegen kommen auch im Umland vor. Hier macht also ein siedlungsübergreifender Lebensraumverbund Sinn (Eigenmann *et al.*, 2003).

Für die Vernetzung ist es nicht nur wichtig, Elemente zu verbinden, sondern auch, vorhandene Barrieren und Hindernisse abzubauen. Solche Barrieren hindern nämlich die Vernetzung und bewirken, dass Grünflächen geteilt werden, sodass die einzelnen Flächen zu klein sind, um Tieren als Lebensraum zu dienen (Bergstedt, 2011b). Beispiele für Fallen und Barrieren im Siedlungsraum sind Treppenabgänge, Schächte und engmaschige Zäune (Bergstedt, 2011c; Pro Natura, 2020).

3.8 Sozio-kulturelle Kriterien

Natürlich sollte der Siedlungsraum auch den Bedürfnissen und Ansprüchen der Bevölkerung entsprechen. Dies lässt sich aber gut mit einer ökologischen Aufwertung vereinbaren. Grosse, strukturreiche Grünflächen werden weniger komplexen nämlich oft vorgezogen (Gloor *et al.*, 2010), die Einstellung gegenüber wilden Grünflächen scheint positiver geworden zu sein (Threlfall und Kendal, 2018). Trotzdem ist es wichtig, dass die Grünflächen zugänglich und nutzbar sind (Di Giulio, 2016). Massnahmen, die eine Fläche für den Menschen nutzbar machen, können die Akzeptanz der ökologischen Aufwertung demnach erhöhen. Die Akzeptanz von Brachflächen beispielsweise, die auf den ersten Blick vielen nicht besonders wertvoll erscheinen mögen, kann durch kleine Massnahmen wie das Aufstellen von Sitzbänken erhöht werden (Bonthoux *et al.*, 2014). Ausserdem kann die Akzeptanz für naturnahe Grünräume durch Informationen über deren ökologische Bedeutung erhöht werden (Gloor *et al.*, 2010).

3.9 Synthese

Aus den oben aufgelisteten Kriterien wurden fünf Handlungsfelder für die Biodiversitätsförderung im Siedlungsraum einer ländlichen Gemeinde abgeleitet. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf dem 2. Handlungsfeld, aber auch das 4. und 5. Handlungsfeld werden berücksichtigt. Für gewisse Grünflächen werden auch Hinweise zur Pflege gegeben, so dass das 3. Handlungsfeld ebenfalls am Rande behandelt wird.

1. Vergrösserung der ökologisch wertvollen Fläche

Dies beinhaltet einerseits die Erhöhung des Anteils von Grünflächen am gesamten Siedlungsraum und andererseits die Vergrösserung bestehender Flächen. Dies kann in Konflikt stehen mit dem Ziel, verdichtet zu bauen, und dürfte deshalb relativ schwer umzusetzen sein. Das Begrünen von Gebäuden, insbesondere deren Dächer, hat grosses Potenzial, dem Verlust von Grünflächen trotz verdichtetem Bauen entgegenzuwirken (Di Giulio, 2016).

2. Qualitative Aufwertung vorhandener Flächen

Vorhandene Grünflächen sollten in einen qualitativ wertvollen Zustand gebracht werden. Entsprechend den Kriterien sind eine hohe Habitatheterogenität, eine komplexe Vegetationsstruktur und ein hoher Anteil einheimischer Pflanzen von Vorteil. Hier liegt der Fokus dieser Arbeit. Oft mangelt es nämlich eher an der Qualität als an der Quantität der Grünstrukturen und der Siedlungsraum kann mit relativ einfach umsetzbaren Massnahmen aufgewertet werden (Eigenmann *et al.*, 2003). Bei diesem Punkt können auch die sozio-kulturellen Ansprüche an eine Grünfläche einfließen.

3. Anpassung von Pflege und Management

Für alle vorhandenen, neu geschaffenen und aufgewerteten Flächen soll eine möglichst biodiversitätsfreundliche Pflege gewählt werden. Gemäht werden sollte nur so oft wie nötig und wo möglich abschnittsweise, um die negativen Auswirkungen auf Flora und Fauna zu minimieren.

4. Vernetzung von Habitaten innerhalb des Siedlungsraums

Die Grünflächen eines Siedlungsraums sollten durch Trittsteinbiotope oder Korridore miteinander verbunden werden.

5. Vernetzung von Habitaten mit wertvollen Flächen ausserhalb des Siedlungsraums

Wanderkorridore durch die Siedlung hindurch sollten sichergestellt werden, ebenso wie Verbindungen zu wertvollen Flächen des Umlands. Dies sind z.B. Wälder oder die landwirtschaftlichen Biodiversitätsförderflächen.

4. MATERIAL UND METHODEN

Das entwickelte Konzept ist für die Arbeit mit einem geographischen Informationssystem (GIS) ausgelegt. Alle Schritte der Vorbereitung und Auswertung wurden mit ArcGIS Pro 2.4.0 durchgeführt. Dafür wurde mit einem Orthobild mit einer Bodenauflösung von 25 cm gearbeitet (©2004-2019 swisstopo (5704 000 000)). Für die Feldarbeit wurde die Collector App for ArcGIS verwendet.

4.1 Erfassung der Grünflächen im Siedlungsraum

4.1.1 PROJEKTPERIMETER

Zuerst wurde der Projektpерimeter in der Gemeinde Entlebuch gesetzt. Im Westen wurde die Gemeindegrenze (©2020 Eva Frei) als Perimetergrenze genommen. Als Nächstes wurde um alle Gebäude ein Puffer von 25m erstellt. Dafür wurde der Gebäude-Layer von swissTLM3D verwendet (©2004-2019 swisstopo (5704 000 000)). Die Perimetergrenze wurde dort gesetzt, wo sich die Puffer nicht überschneiden, d.h. wo der Abstand zwischen benachbarten Gebäuden grösser als 50 Meter ist (Abbildung 2). Der genaue Grenzverlauf orientiert sich dabei am Zonenplan (©2019 rawi Kanton Luzern) und den Parzellengrenzen (©2020 rawi Kanton Luzern). Eine Ausnahme wurde im Nordosten des Perimeters gemacht, wo eine Fläche eingeschlossen wurde, die eine relativ grosse unbebaute Teilfläche in der Bauzone beinhaltet und somit aus planerischer Sicht interessant ist.

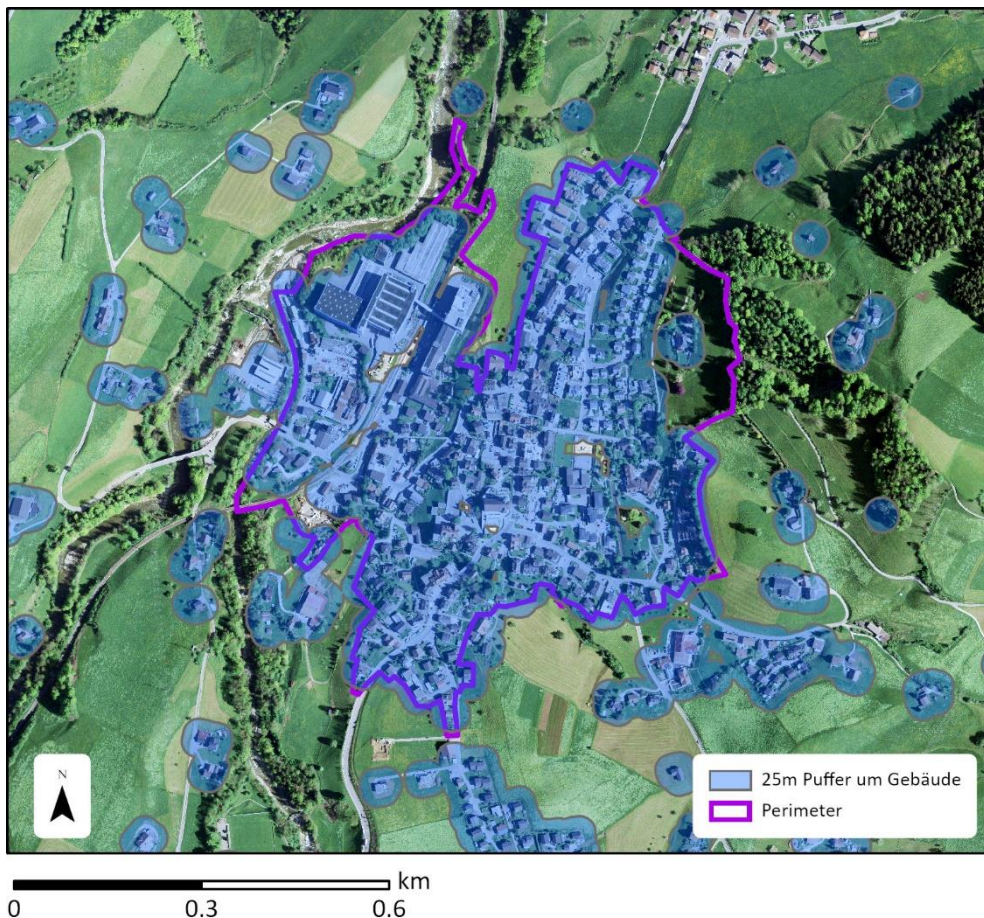


Abbildung 2: Setzen der Perimetergrenze. Luftbild ©2004-2019 swisstopo (5704 000 000).

4.1.2 ERFASSUNG VON GRÜNFLÄCHEN

Theoretische Überlegungen

Um den Zustand und das Potenzial verschiedener Grünflächen im Siedlungsraum beurteilen zu können, müssen diese Flächen zuerst erfasst werden. Dafür wurden zwei Möglichkeiten in Erwägung gezogen: die Erfassung aller einzelnen Grünflächen oder die Einteilung des Siedlungsraums in Elemente mit ähnlicher Grünraumgestaltung und -nutzung. Letzteres ist in der Siedlungsökologie eher üblich. I.d.R. wird der Siedlungsraum in verschiedene Elemente eingeteilt, die sich in ihrer Hauptnutzung und ihrer Baustruktur unterscheiden und der Flora und Fauna deshalb verschiedene Lebensgrundlagen bieten. Beispiele für solche Gliederungselemente sind Kerngebiete, Einzelhausbebauungen sowie Industrie- und Gewerbeareale (Eigenmann *et al.*, 2003).

Im definierten Perimeter existieren hunderte einzelner Grünflächen. Damit die Erfassung und die spätere Bewertung im Rahmen dieser Arbeit möglich ist, wurde ein Mittelweg zwischen den zwei Alternativen gewählt. Geographisch nahe beieinanderliegende oder direkt angrenzende Grünflächen wurden zusammengefasst, wenn sie eine ähnliche Gestaltung und Nutzung aufweisen. Grünflächen, die sich in ihrer Gestaltung und Nutzung klar von ihren Nachbarsflächen unterscheiden, wurden hingegen einzeln erfasst. Dies hat zur Folge, dass insbesondere private Flächen wie z.B. Gärten in Wohnquartieren zu grossflächigeren Elementen zusammengefasst wurden. Diese Flächen sind sich in ihrer Gestaltung und Nutzung nämlich oft sehr ähnlich. Öffentliche Areale hingegen wurden in vielen Fällen einzeln erfasst. Hier handelt es sich eher um Flächen, die einander nicht so stark ähneln wie ein Garten dem anderen. Da die erfassten Grünflächen teilweise aus mehreren Teilflächen zusammengesetzt sind, werden sie im Folgenden «Objekte» genannt.

Die Abgrenzung der verschiedenen Objekte ist nicht immer eindeutig, insbesondere da aus ökologischer Sicht andere Faktoren eine Rolle spielen als aus raumplanerischer Sicht. Beispielsweise ist eine zusammenhängende Fläche, die sich über mehrere Parzellen erstreckt, aus ökologischer Sicht ein einzelnes Objekt. Aus planerischer Sicht hingegen ist zu berücksichtigen, dass die Parzellen allenfalls verschiedene Eigentümer haben und somit verschiedene Personen Einfluss auf die Fläche haben, sodass eine Unterteilung in mehrere Objekte passender wäre. Als Hilfsmittel wurden deshalb der Grundbuchplan (©2020 rawi Kanton Luzern) und der Kommunale Zonenplan (©2019 rawi Kanton Luzern) eingesetzt. Durch das Zusammenfassen gewisser Grünflächen wie oben beschrieben wurde der ökologische Aspekt hier allerdings etwas höher gewichtet. Nur wo physische Abgrenzungen vorhanden sind oder sich die Gestaltung und Pflege auf einer Parzelle stark von der auf einer anderen unterscheidet, wurden zusammenhängende Grünflächen entlang von Grundstücksgrenzen getrennt.

Umsetzung im GIS

Die Objekte wurden in ArcGIS Pro als Polygon-Features aufgenommen. Jedem Objekt wurden zwei Attribute zugewiesen: der Flächentyp sowie der Eigentümer (Tabelle 1). Diese Informationen können später bei der Wahl passender Massnahmen helfen. Der Eigentümer wurde wo nötig mit der Eigentümerabfrage auf geo.lu.ch bestimmt. Das Feld «Typ» wurde als Subtyp gewählt, da dies die spätere Bewertung des Zustands und Potenzials vereinfacht. Eine genaue Aufstellung der Subtypen und der ihnen zugeordneten Standardwerte ist im Anhang 10.1 zu finden. Um die Datenaufnahme möglichst effizient zu gestalten, wurde für das Feld «Eigentümer» ausserdem eine Domäne mit codierten Werten definiert.

Tabelle 1: Erfassung der Objekte in ArcGIS Pro.

Feld	Datentyp	Codierte Werte
Flächentyp	Short	<ul style="list-style-type: none"> - Garten - Parkanlage - Abstandgrün - Freifläche - Ruderalstandort - Friedhof - Sportplatz - Spielplatz - Platz - Parkplatz - Gleisanlage - Dach - Anderes
Eigentümer	Short	<ul style="list-style-type: none"> - Öffentlich - Privat
Zustand	Short	Siehe Kapitel 4.2.1
Potenzial	Short	Siehe Kapitel 4.2.2
Fläche [m²]	Float	Siehe Kapitel 4.2.3

4.1.3 ERFASSUNG VON LINEAREN VERNETZUNGSELEMENTEN

Theoretische Überlegungen

Neben den eigentlichen Grünflächen wurde anhand des Luftbilds auch festgehalten, welche vernetzenden Elemente es bereits gibt. Die bereits bestehenden linearen Vernetzungselemente können beim Erstellen des Massnahmenplans gebraucht werden, um einen gut vernetzten Lebensraumverbund zu gewährleisten. Ausserdem kann durch das Erfassen dieser Elemente sichergestellt werden, dass die im Kanton Luzern geschützten Hecken, Feldgehölze und Uferbestockungen nicht durch Massnahmen tangiert werden. Als Vernetzungselemente wurden neben diesen geschützten Strukturen auch andere Strukturen mit linearer Ausprägung gezählt, z.B. Wiesenstreifen. Dies steht im Einklang mit der Definition von Korridoren (siehe 3.7 Vernetzung).

Umsetzung im GIS

Die Vernetzungselemente wurden in ArcGIS Pro als Linien-Features erfasst. Als Unterstützung wurden die Geodaten von swissTLM3D über die vorhandenen Baum- und Gebüschreihen beigezogen (©2004-2019 swisstopo (5704 000 000)). Dabei wurden die zwei in Tabelle 2 ersichtlichen Felder hinzugefügt. Durch die grobe Einstufung des ökologischen Zustands können später auch allfällige Aufwertungsmassnahmen für bestimmte Vernetzungselemente beschlossen werden. Für beide Felder wurde wieder eine Domäne mit codierten Werten erstellt, um die Datenaufnahme effizient zu gestalten und Eingabefehler zu vermeiden.

Tabelle 2: Erfassung der Vernetzungselemente in ArcGIS Pro.

Feld	Datentyp	Codierte Werte in der Domäne
Typ	Short	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hecke / Allee ○ Feldgehölze ○ Wiesenstreifen ○ Uferbestockung
Zustand	Short	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gut ○ Mittel ○ Schlecht

4.2 Bewertung des ökologischen Zustands und Potenzials

Auf Basis der Literaturrecherche wurden sieben verschiedene Kriterien für einen ökologisch wertvollen Siedlungsraum aufgestellt (siehe 3. Soll-Zustand des Siedlungsraums). Diese Kriterien wurden für die Bewertung des ökologischen Zustands und Potenzials der Objekte verwendet. Eine Ausnahme stellt die Vernetzung dar, die erst zu einem späteren Zeitpunkt berücksichtigt wird. Ausserdem spielen die sozio-kulturellen Kriterien in dieser Arbeit eine untergeordnete Rolle und fliessen deshalb nicht direkt in die Bewertung ein. Die jetzige Nutzung der Objekte durch die Bevölkerung wird aber als gegeben betrachtet und wird durch vorgeschlagene Massnahmen nicht eingeschränkt. Der Grünflächenanteil wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da sich dieses Kriterium auf den Siedlungsraum als Ganzes und nicht auf die einzelnen Flächen bezieht. Ein quantitatives Mass ist ausserdem durch die Flächengrösse bereits gegeben.

4.2.1 QUALITATIVE BEWERTUNG DES ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDS

Für die Qualität eines Objekts spielen dessen Lebensraumheterogenität, Vegetationsstruktur und der Anteil einheimischer, standortgerechter Pflanzen eine grosse Rolle. Jedoch lässt sich nicht immer sagen «je mehr, desto besser». Eine Ruderalstelle mit standorttypischer Ruderalflora kann beispielsweise ein ebenso wertvoller Lebensraum sein wie eine Wiese mit vielen Einzelbäumen. Würde man die Komplexität der Vegetationsstruktur als Kriterium nehmen, würde letztere aber sicher besser abschneiden. Dies macht eine Bewertung des Zustands mit Indikatoren problematisch.

Statt eines Indikatorensystems wurde deshalb ein Schlüssel erstellt, der die Bewertung des Zustands von sehr unterschiedlichen Objekten ermöglichen soll. Der Schlüssel (Anhang 10.2.1) teilt die Objekte in eine von sechs qualitativen Zustandsklassen ein, von 0 - «wertlos» bis 5 - «sehr wertvoll» (Tabelle 3). Der Schlüssel ist so aufgebaut, dass zuerst die wertlosen Teile eines Objekts ausgeschieden werden. Als wertlos gelten neben versiegelten Flächen auch Flächen mit sterilem Rasen. Je höher der Deckungsgrad der wertlosen Flächen, desto niedriger ist der maximal mögliche Zustandswert. Als nächstes wird im Schlüssel der Deckungsgrad der besonders wertvollen Strukturen beurteilt. Zu den besonders wertvollen Strukturen gehören:

- Einzelbäume und Baumgruppen
- Sträucher, Gebüsche, Feldgehölze
- Hecken
- Hochstaudenfluren, Wildwuchszonen
- Artenreiche und extensiv gepflegte Wiesen
- Ruderalflora
- Lebensraumstrukturen wie Asthaufen, Steinhaufen, Trockensteinmauern, Totholz

Auf diese Weise können auch Flächen als positiv gewertet werden, die trotz kleiner Heterogenität und Komplexität wertvoll sind. Es ist zu beachten, dass es Flächen gibt, die weder wertlos noch besonders wertvoll sind. Dazu gehören z.B. artenarme, intensiv gepflegte Wiesen wie Fettwiesen. Diese Flächen fließen indirekt in den Schlüssel ein, da sie die Teilfläche bedecken, die weder wertlos noch besonders wertvoll ist. Sie werden dementsprechend weder negativ noch positiv bewertet. Zum Schluss wird der Anteil einheimischer Pflanzen bewertet, wobei ein hoher Deckungsgrad von exotischen Pflanzen zu einer niedrigeren Zustandsbewertung führt.

Tabelle 3: Bewertung des ökologischen Zustands.

Skalenwert	Zustand	Beispiel
0	Wertlos	Ein vollständig betonierter Parkplatz.
1	Sehr geringer Wert	Ein Garten, der etwa zur Hälfte von sterilem Rasen und einer betonierten Sitzplatzfläche bedeckt ist. Von der verbleibenden Fläche ist zwar etwas mehr als die Hälfte von wertvollen Vegetationsstrukturen wie Sträuchern und Blumenbeeten bedeckt, doch ein Grossteil dieser Pflanzen ist nicht einheimisch.
2	Geringer Wert	Eine Freifläche, die zwar weder versiegelt noch von sterilem Rasen bedeckt ist, aber auch keine besonders wertvollen Strukturen aufweist. Die Fläche ist vollständig von artenarmer Wiese bedeckt.
3	Mittlerer Wert	Eine Parkanlage, die weder versiegelt noch von sterilem Rasen bedeckt ist. Der Grossteil ist von eher artenarmer Fettwiese bedeckt, doch etwa ein Viertel ist bedeckt von besonders wertvollen Strukturen wie Einzelbäumen und Gehölzgruppen. Von diesen Pflanzen sind mehr als die Hälfte einheimisch.
4	Wertvoll	Eine Freifläche, die zwar zu etwa einem Fünftel aus sterilem Rasen besteht, deren Restfläche aber vollständig mit besonders wertvollen Strukturen wie Bäumen und Sträuchern bedeckt ist. Von diesen Pflanzen sind die meisten einheimisch.
5	Sehr wertvoll	Ein Dach, das vollständig von einer ausschliesslich einheimischen Ruderalflora bedeckt ist.

Ein solcher Schlüssel hat den Vorteil, dass er relativ intuitiv ist und die Einstufung reproduzierbar macht. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Kriterien möglichst eindeutig und unmissverständlich gesetzt sind. Anstelle rein qualitativer Entscheidungskriterien wurde deshalb der Deckungsgrad als quantitatives Kriterium verwendet. Die Werte zur Abgrenzung wurden zunächst provisorisch gesetzt und dann im Laufe der Bewertung mehrfach angepasst. Bei der Anpassung wurde darauf geachtet, dass der Zustand nicht überschätzt wird, um das Aufwertungspotenzial einer Fläche nicht zu unterschätzen. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, dass nur die Flächen in die höchste Kategorie eingestuft werden, die in ökologisch einwandfreiem Zustand sind. Ausserdem war das Ziel der Anpassung, eine eindeutige und genaue Bewertung zu ermöglichen, ohne dass der Schlüssel zu lang und unübersichtlich wird. Der dabei entstandene Schlüssel mit Kommentaren zu den Grenzwerten ist im Anhang 10.2.1 zu finden.

4.2.2 QUALITATIVE BEWERTUNG DES ÖKOLOGISCHEN POTENZIALS

Das Potenzial eines Objekts hängt davon ab, wie viel Spielraum für eine naturnahe Gestaltung besteht. Dies wiederum wird von der Nutzung durch den Menschen bestimmt. Ist der Grossteil einer Fläche als Sportrasen vorgesehen, so ist auf dieser Fläche kaum Raum für Strukturen, die die Biodiversität fördern würden.

Ist hingegen nur ein kleiner Teil der Fläche für die Naherholung auf einigen Parkbänken gedacht, so lässt dies viel Raum für eine naturnahe Gestaltung.

Wie für die Zustandsbewertung wurde auch für das Potenzial ein Schlüssel erstellt (Anhang 10.2.2). So kann mit derselben Art von Entscheidungsinstrument gearbeitet werden. Auch hier wurde eine Skala von 0 - «kein Potenzial» bis 5 - «sehr hohes Potenzial» gewählt (Tabelle 4). Zwei Aspekte der Nutzung fließen in den Schlüssel ein: der Anteil der genutzten Fläche an der Gesamtfläche und die Art der Nutzung. Zuerst werden Flächen ohne Potenzial, d.h. mit Potenzialwert 0, ausgeschieden. Kein Potenzial haben nur Flächen, die ganzflächig versiegelt oder mit sterilem Rasen bedeckt sein müssen. Bei den verbleibenden Flächen wird untersucht, welcher Anteil deren Gesamtfläche aktiv genutzt wird². Falls die Fläche nicht aktiv genutzt wird, wird entschieden, ob sie passiv genutzt wird und welchen Anteil die dafür nötige Infrastruktur einnimmt. Wie schon beim Zustand werden dafür quantitative Grenzwerte gesetzt, um die Bewertung reproduzierbar zu machen.

Tabelle 4: Bewertung des ökologischen Potenzials.

Skalenwert	Potenzial	Beispiel
0	Kein	Ein Sportplatz, der mit sterilem Rasen bedeckt sein muss, damit darauf gespielt werden kann, und der keine nennenswerte ungenutzte Randzone hat.
1	Sehr gering	Ein Parkplatz, von dessen Fläche etwa vier Fünftel durch Befahren aktiv genutzt werden.
2	Gering	Ein 100 m ² grosser Garten eines Einfamilienhauses, der Kindern zum Spielen und allen zur Erholung dient und deshalb etwa zur Hälfte für aktive Nutzung zur Verfügung stehen sollte. Die andere Hälfte, insbesondere die Randzone, kann zur naturnahen Gestaltung verwendet werden.
3	Mittel	Ein 300 m ² grosser Garten eines Einfamilienhauses, von dessen Fläche auch weniger als die Hälfte für die aktive Nutzung für Spiele bzw. Erholung ausreicht. Etwas mehr als die Hälfte kann entsprechend naturnah gestaltet werden.
4	Hoch	Abstandsgrün um einen Häuserblock herum, das auf weniger als einem Viertel der Fläche aktiv durch Betreten genutzt wird, z.B. an einer der Quartierbevölkerung zugänglichen Grillstelle.
5	Sehr hoch	Eine Parkanlage, die der Naherholung der Bevölkerung dient. Die dafür nötigen Wege und Parkbänke bedecken weniger als einen Viertel der Fläche.

Bei der Potenzialbewertung ist es aus ökologischer Sicht besonders wichtig, dass das Potenzial nicht unterschätzt wird. Dies wurde bei der Anpassung der Grenzwerte im Verlauf der Bewertung berücksichtigt. Wie bei der Zustandsbewertung ist aber auch bei der Potenzialbewertung das Ziel, mit einem übersichtlichen, einfachen Schlüssel eine möglichst genaue Bewertung zu erhalten. Die Validität der Potenzial-Skala wurde zudem kontrolliert, indem stichprobenartig überprüft wurde, ob eine Fläche, die noch aufgewertet werden könnte, einen höheren Potenzialwert als Zustandswert erreicht. Der nach diesem Vorgehen erstellte Schlüssel mit Kommentaren zu den Grenzwerten ist im Anhang 10.2.2 zu finden.

² Siehe «Nutzung, aktive» im Glossar

4.2.3 BERÜCKSICHTIGUNG DER FLÄCHENGRÖSSE

Neben dem qualitativen Zustand und Potenzial eines Objekts spielt auch dessen Flächengrösse eine wichtige Rolle. Die Fläche der Objekte wird bei der Erfassung automatisch von ArcGIS Pro berechnet und als Attribut gespeichert. Wo ein Objekt aber Strassen oder Gebäude beinhaltet, wurde die Fläche manuell mit dem «Fläche messen» Tool gemessen, wobei die von Strassen und Gebäuden bedeckten Teilflächen ausgeschlossen wurden, da diese nicht zur ökologischen Funktion eines Objekts beitragen.

Zur Berücksichtigung der Flächengrösse wurde eine Potenzfunktion eingesetzt, die in der Literatur oft zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der Flächengrösse und der Artenvielfalt verwendet wird.

$$S = c \cdot A^z \quad \text{mit } S = \text{species richness, } A = \text{Fläche}$$

In dieser Arbeit wird zwar nicht explizit die Artenzahl berechnet, aber wie die Artenzahl ist auch der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial ein Ausdruck der Biodiversität. Statt der Artenzahl wird hier also der flächengewichtete Zustand bzw. das flächengewichtete Potenzial berechnet, statt der Konstanten c wird der qualitative Zustand bzw. das qualitative Potenzial verwendet. Um einen geeigneten z -Wert zu finden, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dabei stellte sich eine zusätzliche Herausforderung: Eine Fläche mit wenig wertvollem Zustand ist auch dann nicht wertvoll, wenn sie sehr gross ist. Umgekehrt ist eine qualitativ hochwertige Fläche wertvoller, wenn sie grösser ist. Dasselbe gilt für das Potenzial. Um dies zu berücksichtigen, wurde der z -Wert von der qualitativen Bewertung abhängig gemacht, so dass die Fläche umso stärker gewichtet wird, je besser die qualitative Bewertung ist. Details zur Sensitivitätsanalyse sind im Anhang 10.3 zu finden. Die flächengewichteten Werte wurden dann entsprechend den Formeln in Tabelle 5 berechnet.

Tabelle 5: Berechnung der flächengewichteten Zustands- und Potenzialwerte.

Qualitative Bewertung	Flächengewichtete Bewertung
0	0
1	$A^{0.2}$
2	$2 \cdot A^{0.21}$
3	$3 \cdot A^{0.22}$
4	$4 \cdot A^{0.23}$
5	$5 \cdot A^{0.24}$

Anschliessend wurden die flächengewichteten Werte wieder in Kategorien eingeteilt. Nun wurde aber eine Skala von 0 bis 6 verwendet, wobei 0 die schlechteste und 6 die beste Kategorie ist. Details zur Kategorisierung sind ebenfalls im Anhang 10.3 zu finden.

4.2.4 WIRKUNGSGRAD

Der Wirkungsgrad wurde als Differenz zwischen dem flächengewichteten Potenzial und dem flächengewichteten Zustand berechnet. Er zeigt auf, wie stark eine Fläche noch aufgewertet werden kann. Je grösser der Wirkungsgrad, desto weniger ist das Potenzial des Objekts ausgeschöpft und desto mehr lässt sich mit Aufwertungsmassnahmen erreichen. Um die Objekte besser vergleichen zu können, wurde der Wirkungsgrad nach dem gleichen Schema wie der flächengewichtete Zustand und das flächengewichtete Potenzial kategorisiert (siehe Anhang 10.3).

4.3 Überprüfung im Feld

Die Objekte sowie deren Zustands- und Potenzialbewertung wurden an einem Feldtag in Entlebuch überprüft. Zu diesem Zweck wurde der erstellte Feature Service auf ArcGIS online in einer Karte gespeichert. Diese Karte wurde dann für die Collector App for ArcGIS freigegeben.

Die anhand des Satellitenbilds gemachten Einschätzungen wurden im Feld gezielt dort überprüft, wo Unklarheiten herrschten. Unklarheiten betrafen insbesondere Stellen, die auf dem Satellitenbild wegen Schattwurf oder zu geringer Auflösung kaum erkennbar waren. Bereits während der Erfassung und Bewertung der Objekte anhand des Satellitenbilds wurden deshalb alle Unklarheiten notiert und auf einer Karte eingezeichnet. Änderungen wurden direkt im Feld mit der Collector App vorgenommen.

Zusätzlich wurde auch stichprobenartig überprüft, ob das Satellitenbild richtig interpretiert wurde. Dafür wurden 40 Objekte im Feld nochmals bewertet. Die Bewertungen wurden als separate Attribute aufgenommen, um die Bewertungen im Feld mit denen anhand des Satellitenbilds vergleichen zu können.

4.4 Erstellen der Massnahmenkarte

Zunächst wurden auf einer Karte die ökologisch wertvollen Flächen im näheren Umland des Perimeters erfasst. Dafür wurden alle Obstgärten, Kulturlächen und Waldbestände mithilfe von Geodaten des Kantons Luzern (©2019 lawa Kanton Luzern) eingezeichnet, die sich im Umkreis von 50 Metern des Perimeters befinden. Danach wurden die Objekte der höchsten zwei Zustandskategorien 5 und 6 als Basisflächen hinzugefügt, deren Grösse und Qualität wenn möglich beibehalten werden sollte. Als Drittes wurden die Objekte hinzugefügt, die für eine Aufwertung am geeignetsten sind, d.h. einen Wirkungsgrad von 5 oder 6 haben. Eine Ausnahme stellen Wanderkorridore dar, die hier als Objekte definiert werden, die sich von einer Seite der Perimetergrenze zu einer anderen erstrecken. Diese werden ungeachtet ihres Zustands und Wirkungsgrades wegen ihrer besonderen Vernetzungsfunktion als aufzuwertende Objekte in den Massnahmenplan aufgenommen.

Die Vernetzung wurde erst berücksichtigt, als diese Objekte ausgewählt und der Karte hinzugefügt worden waren. Dann wurde abgeklärt, ob gewisse von ihnen noch durch Trittsteinbiotope oder lineare Vernetzungselemente wie beispielsweise Hecken vernetzt werden sollten. Dafür wurde mit einem Puffer von 25 m um alle in der Karte vorhandenen Flächen und Objekte gearbeitet³. Bilden die Puffer ein Netzwerk, d.h. überlappt jede gepufferte Fläche mit mindestens zwei anderen gepufferten Flächen oder ist durch ein Vernetzungselement mit diesen verbunden, so wurde der Lebensraumverbund als ausreichend angenommen. Ansonsten wurden weitere Objekte, bevorzugt solche mit Wirkungsgrad 4, für eine Aufwertung ausgewählt oder die Aufwertung vorhandener bzw. die Schaffung neuer Vernetzungselemente wurde geplant. Eine Übersicht über alle Schritte, die für das Erstellen der Massnahmenkarten durchlaufen wurden, befindet sich im Anhang 10.4.

4.5 Erarbeiten der Hinweise zur Umsetzung

Nachdem die zu erhaltenden und aufzuwertenden Objekte und Vernetzungselemente in der Massnahmenkarte festgehalten wurden, wurde eruiert, welche Aufwertungsmassnahmen sich für die einzelnen Objekte

³ Diesem Wert liegt die Überlegung zugrunde, dass auch kleinere, weniger mobile Tiere einen Bewegungsradius von ca. 50 Metern haben können (Chevillat, Graf und Hagist, 2019). Überschneiden sich die Puffer zweier Flächen, sind sie weniger als 50 Meter voneinander entfernt.

anbieten. Dafür wurde unterschieden zwischen privaten und öffentlichen Flächen. Während die Gemeinde bei privaten Objekten nur indirekt über die Sensibilisierung der Bevölkerung und das Schaffen von Anreizen auf die Gestaltung und Pflege Einfluss nehmen kann, kann sie auf öffentlichen Flächen konkrete Massnahmen beschliessen und umsetzen. In den Resultaten ist je ein Massnahmenkatalog für öffentliche und private Objekte zu finden (5.6 Umsetzung des Massnahmenplans). Beide Massnahmenkataloge basieren auf der Literaturrecherche.

Der Massnahmenkatalog für die öffentlichen Objekte wurde nach Flächentyp aufgeteilt. Für jeden Typ wurden die Massnahmen aufgelistet, die theoretisch in Frage kommen. Die Eignung der Massnahmen wurde für jedes öffentliche Objekt anhand von vier Kriterien beurteilt, die von Eigenmann et al. (2003) abgeleitet sind:

1. Wie sind die nutzungs- und strukturbedingten Voraussetzungen, die bestimmen, ob die Massnahme potenziell realisiert werden könnte?
 - a. 1 – ungünstig
 - b. 2 – mittel
 - c. 3 – gut
2. Wie gross ist der Aufwand, um die Massnahme zu realisieren (inkl. der nötigen Pflege)?
 - a. 1 – gross
 - b. 2 – mittel
 - c. 3 – klein
3. Wie hoch ist der ökologische Wert der Massnahme?
 - a. 1 – gering
 - b. 2 – mittel
 - c. 3 – gross
4. Sind solche Strukturen auch auf umliegenden Flächen im Siedlungsraum zu finden, d.h. trägt die Massnahme zum Lebensraumverbund bei?
 - a. 0 – nein
 - b. 1 – ja

Für jede Massnahme wurden die Punkte zusammengezählt. Die Massnahmen mit der höchsten Punktzahl wurden in den Objektblättern (Anhang 10.5) vorgeschlagen. Teilweise wurden auch die Massnahmen mit der zweithöchsten Punktzahl in die Objektblätter aufgenommen, ebenso wie Massnahmen, die die anderen gut ergänzen. Mit Hilfe der Website floreteria.ch wurden zudem Vorschläge für geeignete Arten oder Samenmischungen gemacht. Basierend auf Kapitel 3.6 sowie auf den Objektblättern des Projekts Fröschmatt (Schellenberger et al., 2014) wurden in den Objektblättern ausserdem Empfehlungen zur Pflege der öffentlichen Objekte abgegeben.

5. RESULTATE

5.1 Objekte

Insgesamt wurden im Siedlungsraum der Gemeinde Entlebuch 189 Objekte erfasst. Alle Typen von Grünflächen sind vertreten. Die meisten Objekte sind jedoch Gärten, gefolgt von Parkplätzen (Abbildung 3, links). Plätze, Spiel- und Sportplätze sind dagegen nur vereinzelt zu finden. Friedhof und Gleisanlage sind je einmal vorhanden. Auch flächenmässig machen die Gärten den grössten Teil aus (Abbildung 3, rechts). Parkplätze nehmen trotz ihrer grossen Anzahl einen relativ kleinen Teil der Fläche ein. Die sieben Parkanlagen hingegen fallen viel stärker ins Gewicht, wenn die Fläche betrachtet wird.

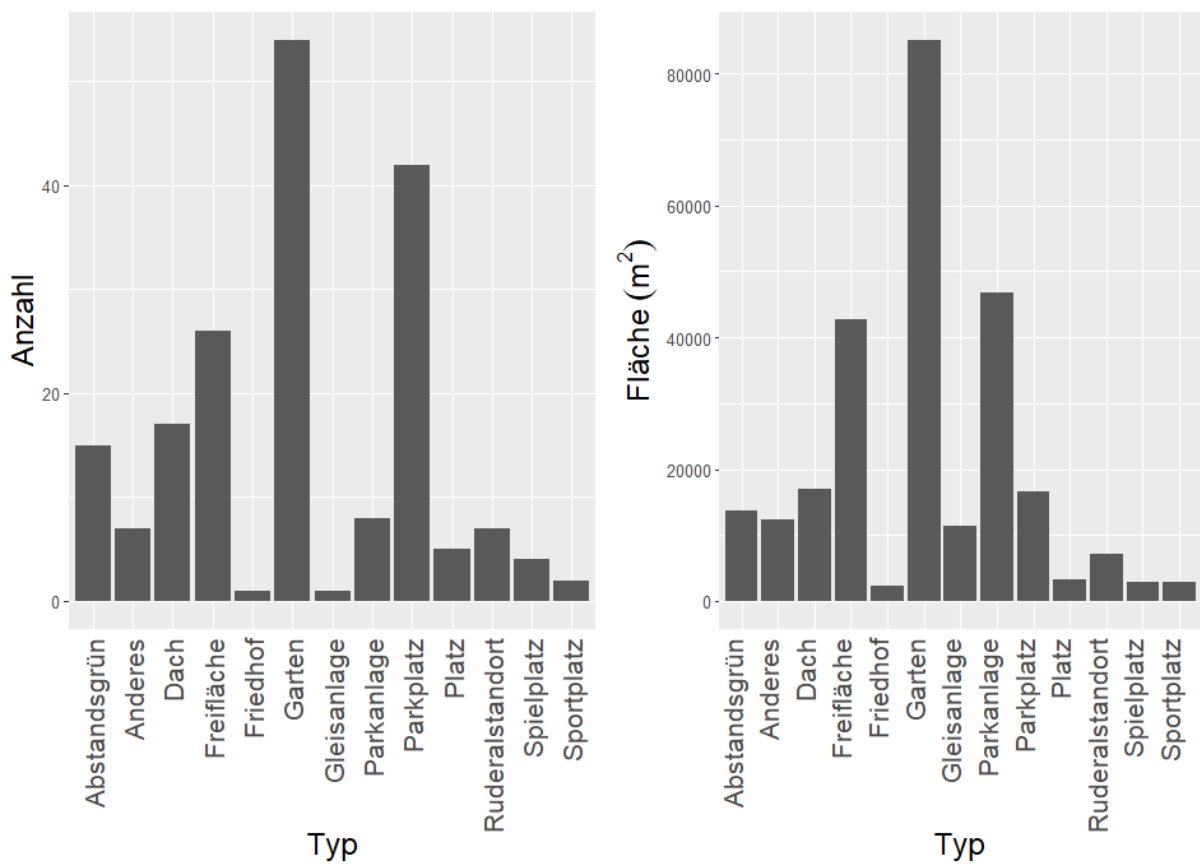


Abbildung 3: Verteilung der Anzahl sowie der Gesamtfläche der verschiedenen Flächentypen.

Die Gärten konzentrieren sich am östlichen und südlichen Siedlungsrand, wo sich viele grossflächige Objekte des Typs Garten aneinanderreihen (Abbildung 4). Parkanlagen befinden sich eher im Osten des Perimeters, grosse Freiflächen hingegen v.a. im Westen. Die Parkplätze sind als kleine Objekte im Siedlungsraum verstreut, insbesondere im Zentrum, wo alle Typen durchmischt vorhanden sind.

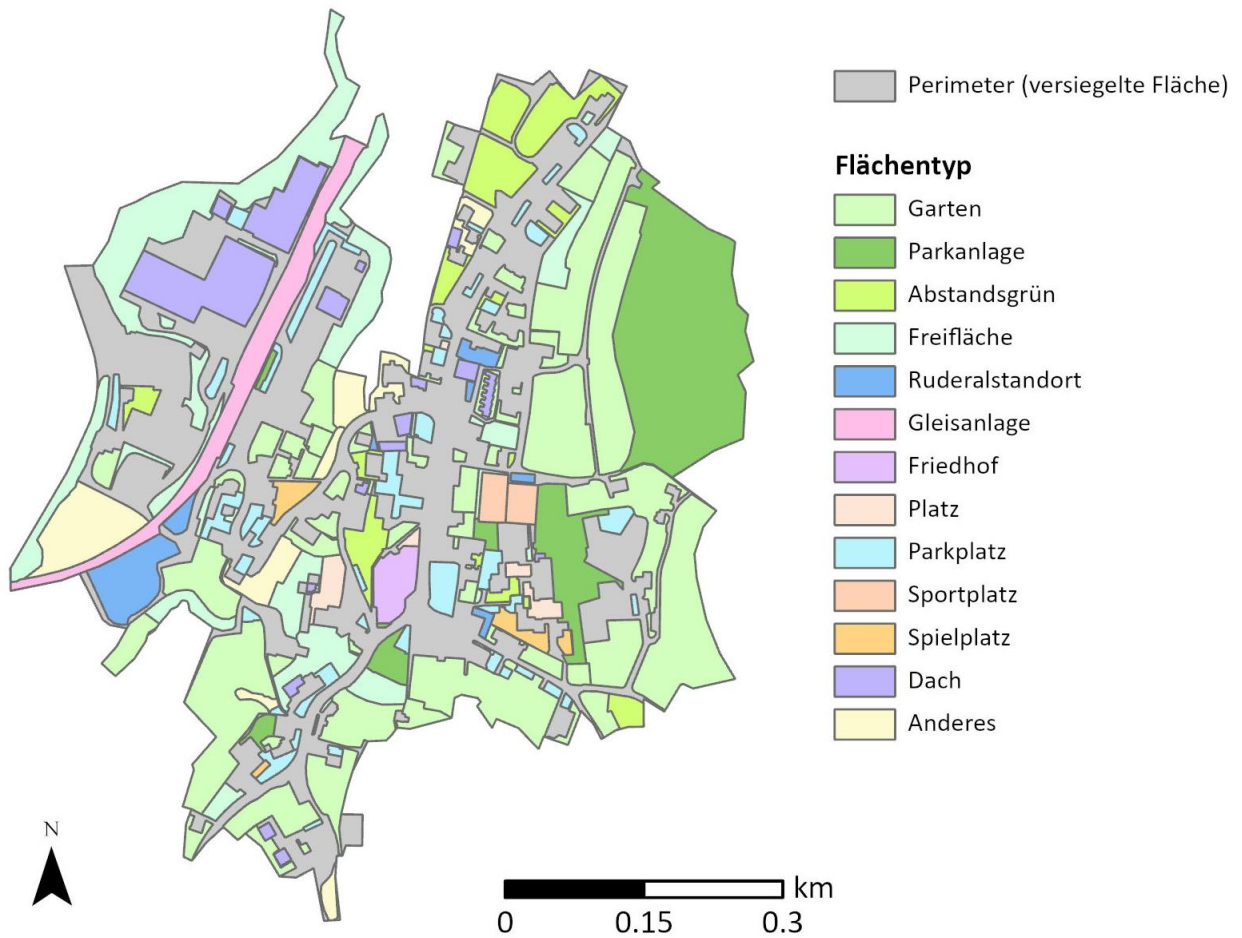


Abbildung 4: Flächentypen der erfassten Objekte.

5.2 Ökologischer Zustand

Über die Hälfte der Flächen sind in ihrem jetzigen Zustand ökologisch wertlos. Diese Anzahl ist so hoch, da vollständig versiegelte Parkplätze ebenfalls als Grünfläche aufgenommen wurden. Es sind in Entlebuch aber auch wertvolle Flächen zu finden. Diese befinden sich eher am Rande des Siedlungsraums, während die zentraleren Flächen meist weniger wertvoll sind (Abbildung 6). Wie ein Vergleich der qualitativen mit der flächengewichteten Zustandsbewertung zeigt, liegt dies sowohl daran, dass die Objekte im Zentrum des Siedlungsraums qualitativ weniger wertvoll sind, als auch daran, dass sie tendenziell kleiner sind (Vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6).

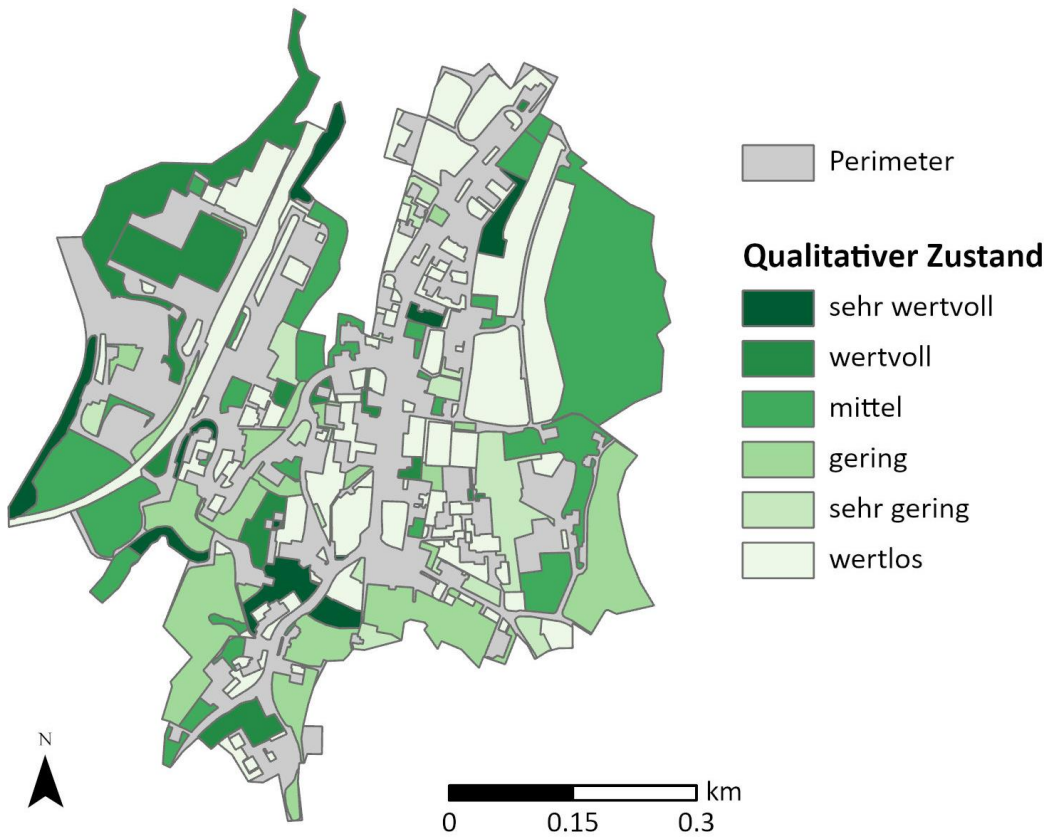


Abbildung 5: Qualitativer Zustand der Objekte im Entlebucher Siedlungsraum.

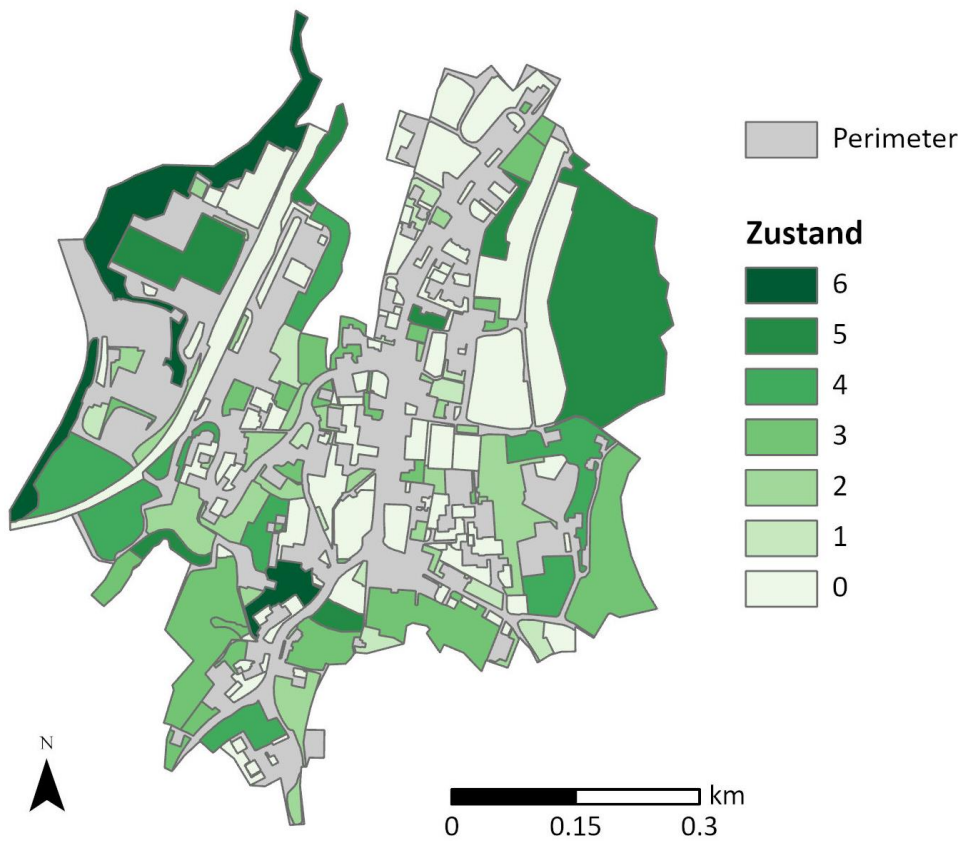


Abbildung 6: Flächengewichteter Zustand der Objekte im Entlebucher Siedlungsraum.

Die qualitative und die flächengewichtete Zustandsbewertung resultieren also in einem ähnlichen Muster. Auch die Verteilung ist für beide Bewertungen ähnlich. Die Flächengewichtung führt aber zu einer leichten Abnahme der Anzahl wertvoller Flächen (Kategorie 5 und 6) und einer leichten Zunahme der wenig wertvollen Flächen (Kategorie 2) (Abbildung 7).

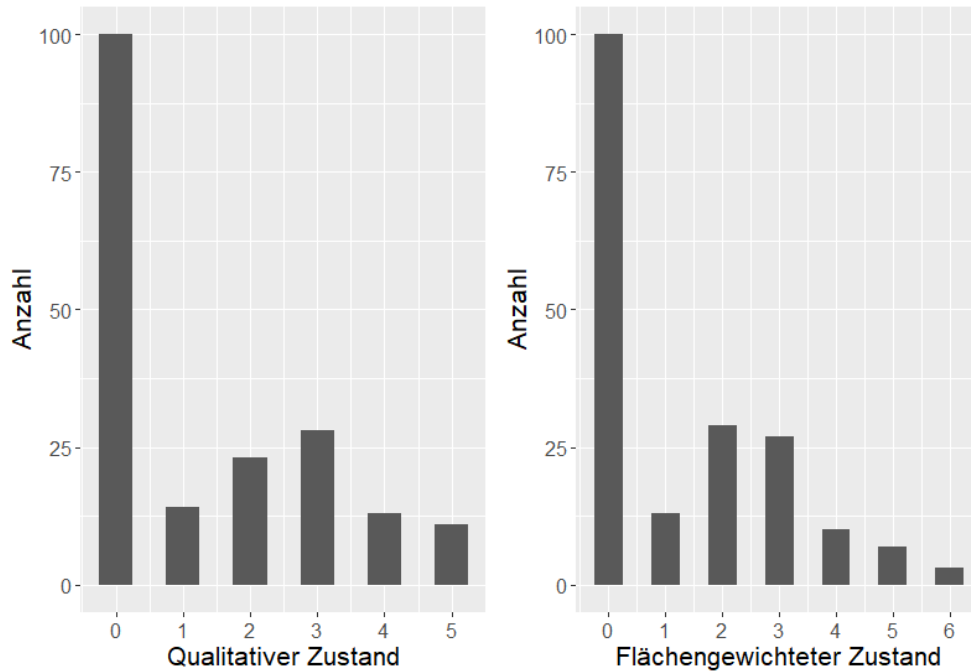


Abbildung 7: Vergleich der qualitativen und flächengewichteten Zustandsbewertung.

Betrachtet man die Flächentypen, so haben Freiflächen insgesamt den besten Zustand (Abbildung 8). Alle Objekte der Zustandskategorie 6 sind Freiflächen, ebenso wie der Grossteil der Objekte aus Kategorie 5. Auch die Objekte der Typen «Ruderalstandort», «Parkanlage» und «Anderes» haben durchschnittlich einen mittleren bis guten Zustand. Gärten sind tendenziell in einem etwas weniger guten Zustand, ein relativ grosser Anteil ist sogar in Zustandskategorie 0. Dasselbe gilt für die Dächer, von denen viele noch gar nicht begrünt und deshalb ökologisch wertlos sind. Die restlichen Flächentypen sind fast vollständig in schlechtem Zustand.

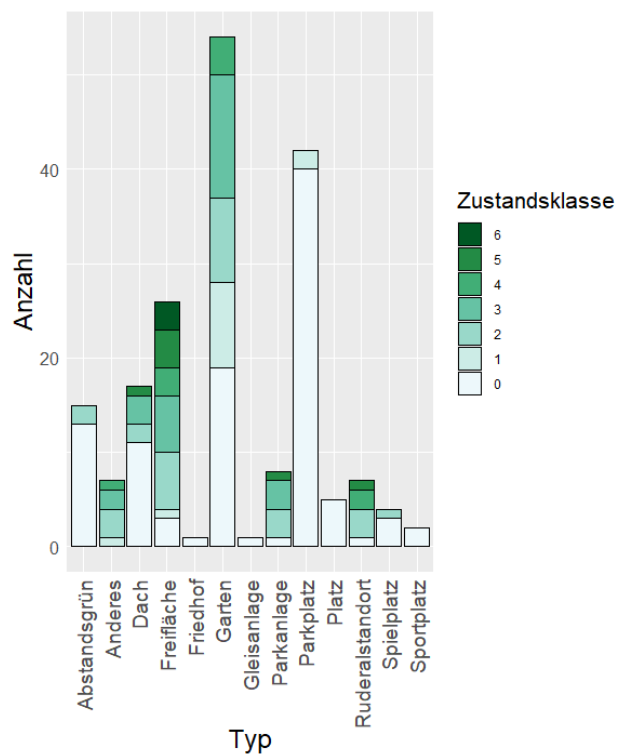


Abbildung 8: Flächentypen nach Zustandsklasse aufgeteilt.

5.3 Ökologisches Potenzial

Anders als beim ökologischen Zustand liegt hier nur ein Objekt in der Kategorie 0. Alle anderen Objekte lassen zumindest einen gewissen Grad an naturnaher Gestaltung zu. Die Mehrheit hat sogar ein qualitatives Potenzial von 5 und liesse sich somit fast vollständig naturnah gestalten (Abbildung 9, links). Die Flächengewichtung führt aber zu einer Verschiebung der Anzahl Objekte hin zu den tieferen Kategorien (Abbildung 9, rechts). So nimmt die Anzahl der Objekte mit sehr hohem Potenzial (Kategorie 5 und 6) stark ab, während die Anzahl in den mittleren Kategorien 2, 3 und 4 zunimmt.

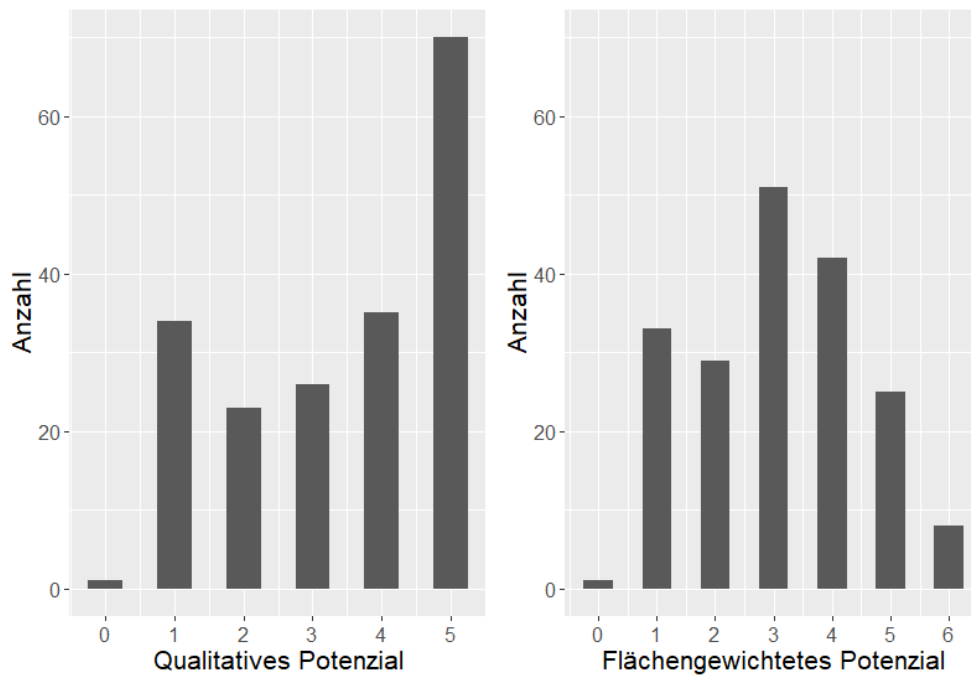


Abbildung 9: Vergleich der qualitativen und flächengewichteten Potenzialbewertung.

Die Flächen mit dem höchsten qualitativen Potenzial sind über den ganzen Projektperimeter verteilt (Abbildung 10). Selbst mitten im Zentrum sind Flächen zu finden, die kaum aktiv genutzt sind und sich somit ohne grosse Einschränkungen naturnah gestalten liessen. Durch die Flächengewichtung ändert sich dies aber und es entsteht ein ähnliches Muster wie beim ökologischen Zustand: die Objekte mit dem grössten Potenzial liegen eher am Rand des Perimeters, wohingegen die Objekte im Zentrum ein eher niedriges Potenzial haben (Abbildung 11). Dies lässt sich durch die kleinere Flächengrösse der zentralen Objekte erklären.

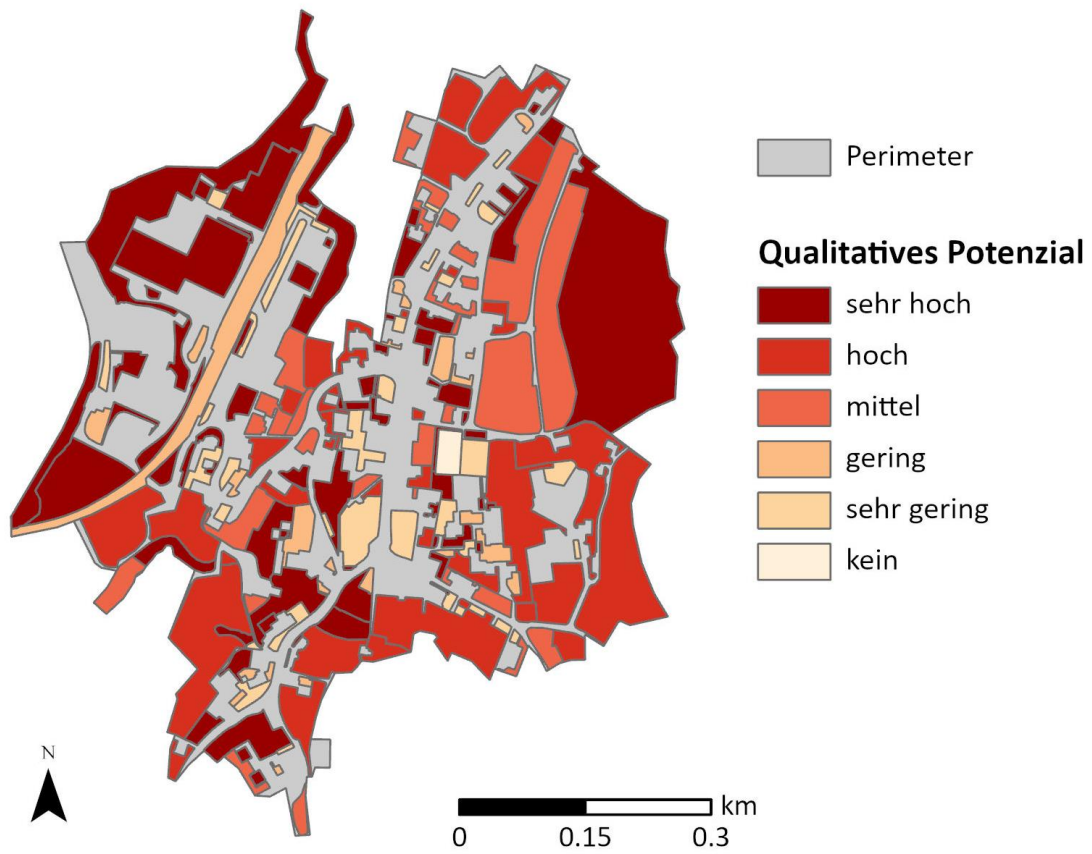


Abbildung 10: Qualitatives Potenzial der Objekte im Entlebucher Siedlungsraum.

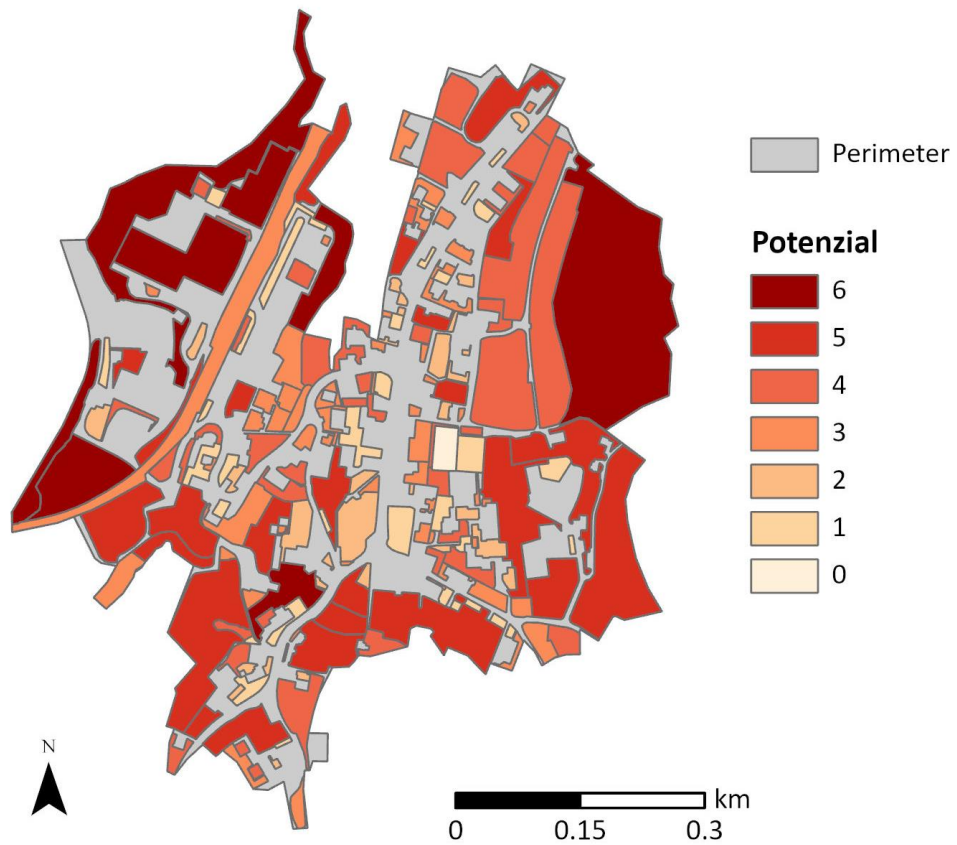


Abbildung 11: Flächengewichtetes Potenzial der Objekte im Entlebucher Siedlungsraum.

Freiflächen haben nicht nur den besten Zustand, sondern auch das höchste Potenzial aller Flächentypen (Abbildung 12). Auch Parkanlagen, Abstandsgrün, Dächer und Ruderalstandorte haben ein grosses Potenzial. Kaum Potenzial haben die Sportplätze und Parkplätze sowie der Friedhof.

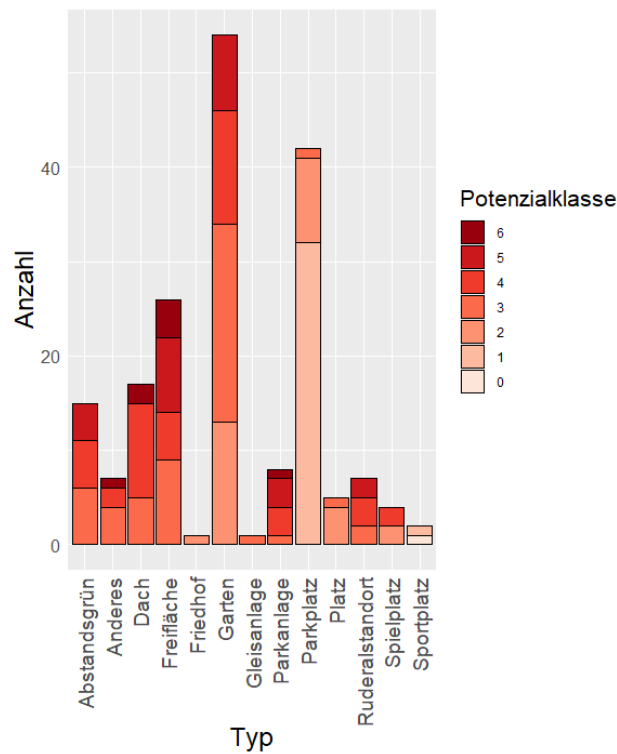


Abbildung 12: Flächentypen nach Potenzialklasse aufgeteilt.

5.4 Wirkungsgrad

Alle Kategorien des Wirkungsgrads sind in der Gemeinde Entlebuch vorhanden (Abbildung 13). Der grösste Teil der Objekte ist in der Kategorie 2. Auch die Kategorien 3 und 4 machen einen relativ hohen Anteil aus. Hingegen haben nur sehr wenige Objekte einen sehr hohen Wirkungsgrad der Kategorie 5 oder 6.

Objekte mit hohem Wirkungsgrad sind im ganzen Siedlungsraum vorhanden (Abbildung 14). Allerdings ist auch beim Wirkungsgrad der Trend zu erkennen, dass hohe Werte eher am Siedlungsrand vorkommen. Die Flächengewichtung führt also auch beim Wirkungsgrad zu tieferen Werten bei zentral gelegenen Objekten und zu höheren Werten bei Objekten am Rand des Perimeters.

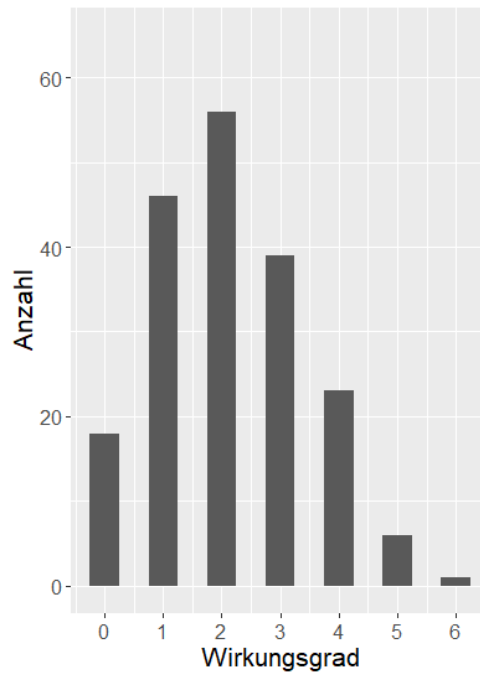


Abbildung 13: Verteilung des Wirkungsgrads.

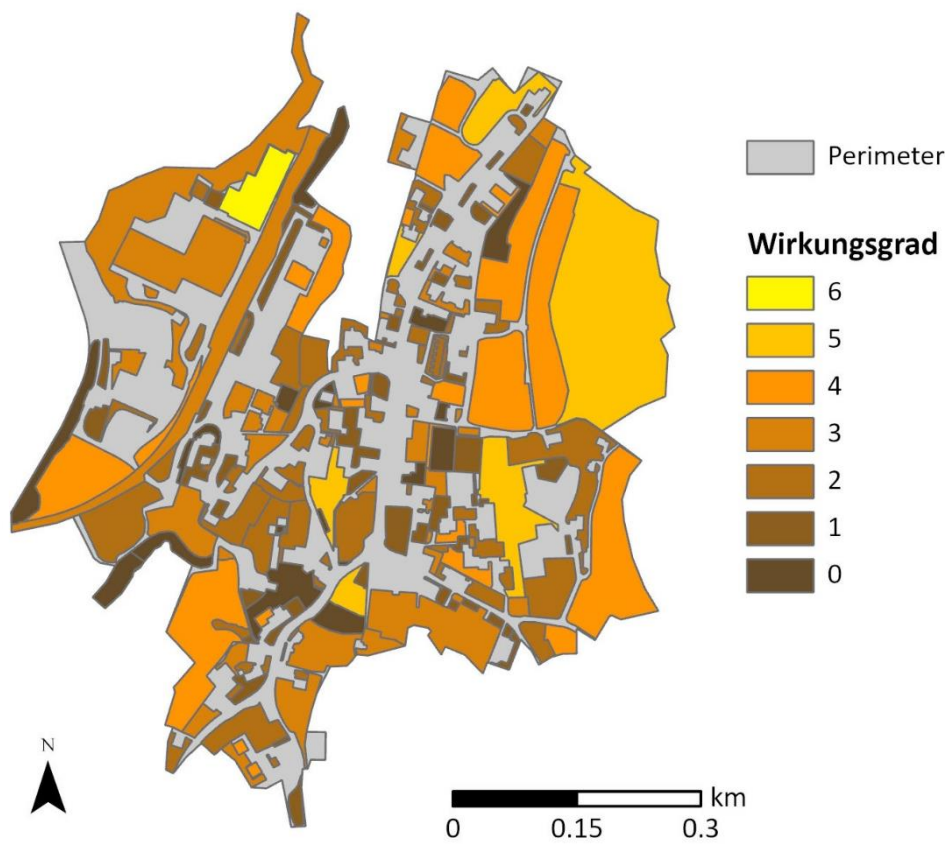


Abbildung 14: Wirkungsgrad der Objekte im Entlebucher Siedlungsraum.

Den höchsten Wirkungsgrad hat der Flächentyp «Abstandsgrün», gefolgt von Dächern und Parkanlagen (Abbildung 15). Dächer und Abstandsgrün sind meist ökologisch wenig wertvoll, haben aber ein hohes Potenzial. Die Parkanlagen haben zwar bereits einen mittleren ökologischen Wert, wegen ihrer grossen Fläche haben sie aber trotzdem auch einen hohen Wirkungsgrad. Den kleinsten Wirkungsgrad haben die Sportplätze, Parkplätze und der Friedhof.

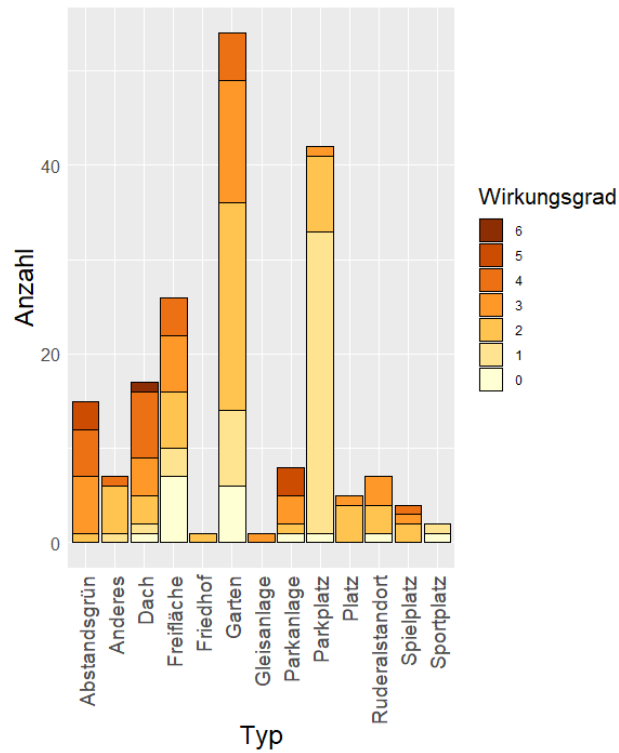


Abbildung 15: Flächentypen nach Wirkungsgrad aufgeteilt.

5.5 Massnahmenplan

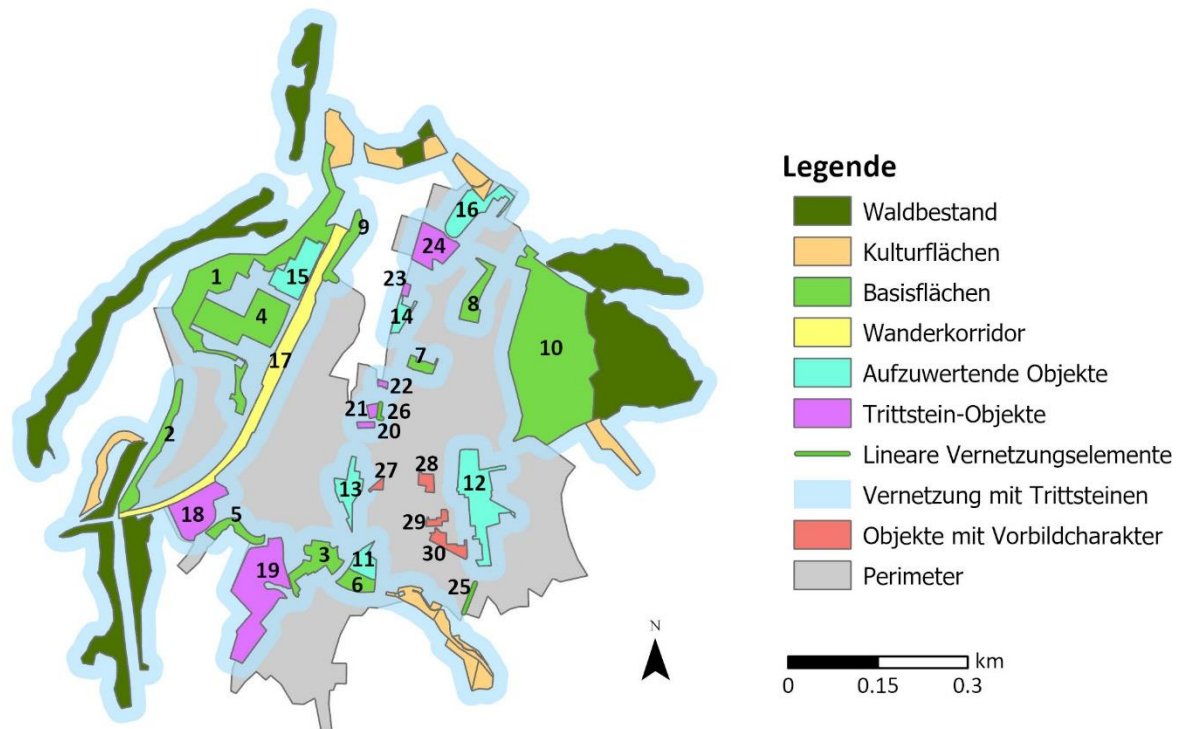


Abbildung 16: Massnahmenkarte des Entlebucher Siedlungsraums.

Basisflächen

Die Basisflächen sind diejenigen Objekte, die bereits einen guten ökologischen Zustand haben (Zustandskategorie 5 und 6). Durch den Erhalt dieser Flächen ist eine Grundlage für einen Lebensraumverbund im Siedlungsraum gelegt, ohne dass viel geändert werden muss. Einige Basisflächen können aber noch aufgewertet werden, da sie qualitativ nicht die beste Zustandswertung haben.

Tabelle 6: Basisflächen

Nummer	Flächentyp	Eigentümer	Zustand	Qualitativer Zustand	Aufwertungspotenzial vorhanden?
1	Freifläche	Privat	6	4	Ja
2	Freifläche	Privat	6	5	Nein
3	Freifläche	Privat	6	5	Nein
4	Dach	Privat	5	4	Ja
5	Freifläche	Privat	5	5	Nein
6	Freifläche	Privat	5	5	Nein
7	Ruderalstandort	Privat	5	5	Nein
8	Freifläche	Privat	5	5	Nein
9	Freifläche	Privat	5	5	Nein
10	Parkanlage	Privat	5	3	Ja

Aufzuwertende Objekte

Die aufzuwertenden Objekte sind diejenigen Objekte, mit deren Aufwertung man besonders viel erreichen kann. Dies sind die Objekte mit Wirkungsgrad 5 und 6, die dementsprechend noch ein grosses ungenutztes Potenzial haben.

Tabelle 7: Aufzuwertende Objekte

Nummer	Flächentyp	Eigentümer	Wirkungsgrad
11	Parkanlage	Privat	5
12	Parkanlage	Öffentlich	5
13	Abstandsgrün	Privat	5
14	Abstandsgrün	Privat	5
15	Dach	Privat	6
16	Abstandsgrün	Privat	5

Wanderkorridore

Wanderkorridore sind Objekte, die sich von der einen Seite des Perimeters zur anderen erstrecken und so eine aussergewöhnliche Vernetzungsfunktion haben. Auch wenn sie weder einen besonders guten Zustand noch einen hohen Wirkungsgrad haben, sind Wanderkorridore nicht zu unterschätzen. In der Gemeinde Entlebuch ist nur ein Wanderkorridor vorhanden, die Gleisanlage.

Tabelle 8: Wanderkorridor

Nummer	Flächentyp	Eigentümer	Wirkungsgrad
17	Gleisanlage	Privat	3

Trittsteine und lineare Vernetzungselemente

Trittsteine sind weitere Objekte, deren Aufwertung und Erhalt empfohlen werden. Dies, um die Vernetzung der Grünflächen im Siedlungsraum zu verbessern. Wo möglich werden Objekte mit hohem Wirkungsgrad (3 oder 4) genommen, in erster Linie geht es aber um die geographische Lage der Objekte. Auch lineare Vernetzungselemente, sowohl bereits vorhandene als auch neu zu schaffende, können anstelle von Trittsteinen verwendet werden, insbesondere wo keine Objekte mit hohem Wirkungsgrad vorhanden sind.

Für die Gemeinde Entlebuch wurden sieben Trittstein-Objekte und ein lineares Vernetzungselement benötigt, um das Vernetzungskriterium zu erfüllen (siehe 4.4 Erstellen der Massnahmenkarte). Ein weiteres lineares Vernetzungselement (Nr. 26), das direkt neben einem Trittstein-Objekt liegt, wurde in den Massnahmenplan aufgenommen, da viele Trittsteine Dächer sind. Das lineare Vernetzungselement soll dafür sorgen, dass auch flugunfähige Tiere von der Vernetzung profitieren.

Tabelle 9: Trittstein-Objekte

Nummer	Flächentyp	Eigentümer	Wirkungsgrad
18	Ruderalstandort	Privat	2
19	Garten	Privat	4
20	Dach	Privat	4
21	Dach	Privat	4
22	Dach	Privat	3
23	Dach	Privat	4
24	Abstandsgrün	Privat	4

Tabelle 10: Lineare Vernetzungselemente

Nummer	Typ	Zustand
25	Hecke / Allee	mittel
26	Hecke / Allee	mittel

Objekte mit Vorbildcharakter

Idealerweise geht die Gemeinde mit gutem Beispiel voran und treibt auf ihren eigenen Flächen ökologische Aufwertungen voran (siehe 2.3 Beispiele durchgeführter Projekte). Diese Flächen können privaten Eigentümern als Vorbild dienen und tragen so indirekt zur Sensibilisierung der Bevölkerung bei. Die vier ausgewählten öffentlichen Objekte liegen in der näheren Umgebung des Schulhauses Bodenmatt. In der Umgebung des Schulhauses sind die meisten Objekte wenig wertvoll. Aufwertungsmassnahmen auf diesen Flächen sind deshalb wichtig, gerade da die Schulkinder dadurch ein Verständnis für ökologisch wertvolle Strukturen aufbauen können.

Tabelle 11: Objekte mit Vorbildcharakter

Nummer	Typ	Zustand	Wirkungsgrad
27	Platz	0	3
28	Parkanlage	2	3
29	Abstandsgrün	0	4
30	Spielplatz	0	4

5.6 Hinweise zur Umsetzung des Massnahmenplans

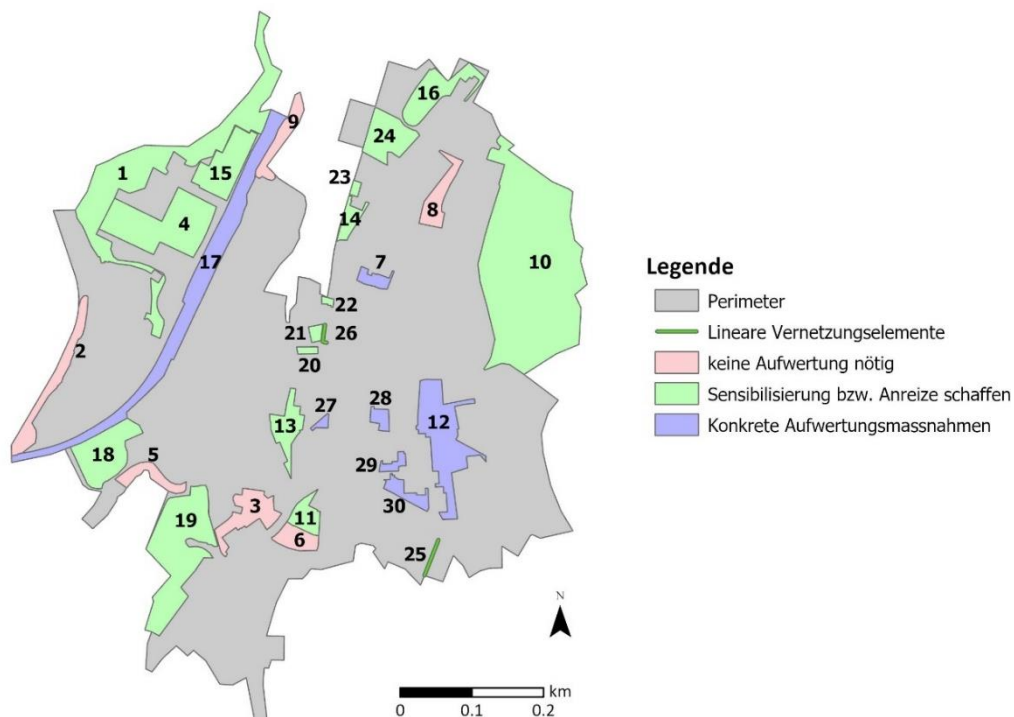


Abbildung 17: Karte zur Umsetzung des Massnahmenplans.

Bis auf sechs Basisflächen, die ökologisch bereits sehr wertvoll sind, sollten alle Objekte des Massnahmenplans aufgewertet werden. Die meisten Objekte sind privat. Um diese aufzuwerten kann die Gemeinde Sensibilisierungsmassnahmen ergreifen oder ein Anreizsystem schaffen. Eine Übersicht über unterschiedliche Sensibilisierungsmassnahmen und Anreizsysteme ist in Tabelle 12 zu finden. Auf gemeindeeigenen Flächen kann die Gemeinde die Gestaltung selbst bestimmen und das Objekt somit direkt aufwerten. Auch bei diesen gestalterischen Massnahmen gibt es eine Reihe von Optionen, die in Tabelle 13 aufgelistet sind.

Nebst den gemeindeeigenen Flächen werden auch für zwei weitere Flächen konkrete Massnahmen vorgeschlagen. Erstens für das Objekt 7, welches zwar aufgrund seines guten Zustands eine Basisfläche ist, aber in Zukunft nicht mehr in dieser Form existieren kann. Zweitens für das Objekt 17, die Gleisanlage. Als Eigentum der SBB kann die Anlage möglicherweise von der öffentlichen Hand beeinflusst werden. Im Anhang 10.5 sind für alle Objekte, für die konkrete Massnahmen vorgeschlagen werden, Objektblätter mit genaueren Ausführungen sowie Hinweisen zur Pflege zu finden.

Die in der Massnahmenkarte eingetragenen Objekte, insbesondere die Basisflächen, sollten auch in Zukunft erhalten bleiben. Von einer Überbauung der Flächen sollte abgesehen werden. Falls dies aus guten Gründen nicht möglich ist, sollte die Gemeinde dafür sorgen, dass ein gleichwertiger Ersatz geschaffen wird. Als Instrument hierfür steht ihr das Bau- und Zonenreglement zur Verfügung.

Tabelle 12: Massnahmen für private Objekte. Quellen: (Eigenmann et al., 2003; Schellenberger et al., 2014; Natur- und Vogelschutzverein Höngg, 2020; Naturpark Thal, 2020)

Sensibilisierungsmassnahmen
<ul style="list-style-type: none"> - Informationsbroschüre zu naturnaher Pflege - Informationsbroschüre zu naturnaher Gestaltung bzw. Dachbegrünung - Aktionstage zu siedlungsökologischen Themen - Quartier-Spaziergänge - Informationstafeln bei vorbildlich gestalteten Objekten - Informationstage und Weiterbildungskurse zum Thema naturgerechter Unterhalt und ökologische Aufwertungsmöglichkeiten - Initiierung und gemeinschaftliche Ausführung von beispielhaften Aufwertungsmassnahmen im Quartier - Thematisierung siedlungsökologischer Aspekte in der Tagespresse, in Mitteilungsblättern der Gemeinde und im Internet
Anreizsysteme
<ul style="list-style-type: none"> - Zertifikat für umgesetzte Massnahmen - Wettbewerb um den ökologisch wertvollsten Garten - Steuervergünstigungen für biodiversitätsfreundliche Flächen und begrünte Dachflächen

Tabelle 13: Gestalterische Massnahmen für Öffentliche Objekte. Hell eingefärbt sind Massnahmen, die für die Böschungen von Gleisanlagen geeignet sind. Quellen: (Eigenmann *et al.*, 2003; Bergstedt, 2011b; Iseli, Fluri und Strebel, 2019; Naturmodule.ch, 2019; Naturpark Thal, 2019; Natur- und Vogelschutzverein Höngg, 2020; Naturama/Kanton Aargau, 2020).

Flächentyp Massnahme	Garten	Parkanlage	Abstandsgrün	Freifläche	Sportplatz	Spielplatz	Friedhof	Platz	Ruderalstandort	Gleisanlage	Parkplatz	Dach	Anderes
Spontanvegetation zu-lassen													
Ersetzen standort-fremder durch stand-ortgerechte Arten													
Blumenwiese													
Ausmagern einer Wiese													
Hochstaudenflur													
Krautbereiche um Bäume und Sträucher													
Standorttypische Sträucher													
Standorttypische Einzelbäume													
Baumreihen / Alleen													
Ruderalansaat													
Kräutergarten, Wild-blumenbeet													
Kräuter- / Wildblumen-kistchen, Pflanzenkübel													
Weidenhäuschen													
Laubstreu / -haufen, Totholz, Asthaufen													
Flächen entsiegeln													
Fassaden / Mauern / Zäune begrünen													
Unverfugte Mauer bzw. Steinhaufen													
Weiher anlegen / ver-nässte Tümpel zulassen													
Zugangsluken für Fle-dermäuse, Vögel, In-sekten etc. zulassen													
Nisthilfen für Vögel													
Fledermauskästen													
Nisthilfen für Haut-flügler / Wildbienen-haus													

6. DISKUSSION

6.1 Diskussion der Resultate

Die Bewertung des Entlebucher Siedlungsraums hat gezeigt, dass nur sehr wenige Flächen ökologisch wertvoll sind, während eine grosse Mehrheit wertlos ist. Dies steht im Kontrast zu vielen Studien, die festhalten, dass städtische Siedlungsräume eine hohe Artenvielfalt beherbergen (Werner und Zahner, 2009; Gloor *et al.*, 2010). Allerdings wurde bereits festgestellt, dass die Artenzahl der Pflanzen in einer Stadt positiv mit deren Flächengrösse und Einwohnerzahl korreliert, u.a. da in grösseren Städten mehr Pflanzen eingeschleppt werden und mehr verschiedene Habitate vorhanden sind (Werner und Zahner, 2009). Für kleine, ländliche Siedlungen wie Entlebuch ist deshalb auch eine kleinere Biodiversität zu erwarten als für Städte. Die Tendenz, dass ökologisch wertvolle Flächen nicht im Zentrum, sondern eher am Siedlungsrand vorkommen, findet in der Literatur ebenfalls Bestätigung (Kupfer, 2012 in: Norton, Evans und Warren, 2016; Nielsen *et al.*, 2014). Allerdings wurde in Gossau SG das Gegenteil festgestellt: Hier sind v.a. zentrale Gebiete, die sich durch heterogene, ältere Baustrukturen auszeichnen, in einem guten ökologischen Zustand (Eigenmann *et al.*, 2003). Es lässt sich deshalb nicht schliessen, dass andere Siedlungsräume der Schweiz eine ähnliche Verteilung der ökologisch wertvollen Flächen aufweisen wie die Gemeinde Entlebuch.

Die hohe Anzahl wertloser Flächen kommt durch die Berücksichtigung von Parkplätzen zustande. Ein Grossteil von diesen ist versiegelt, obwohl gemäss Bau- und Zonenreglement sickerfähige Beläge wie z.B. Rasengitter verwendet werden sollte (Gemeinde Entlebuch, 2014). Indem die Gemeinde sicherstellt, dass die gesetzliche Grundlage zur Entwässerung und Versickerung vermehrt umgesetzt wird, trägt sie auch zur Biodiversitätsförderung bei. Auch wenn die Entsiegelung von Flächen aufgrund des relativ grossen Aufwands nicht als geeignetste Massnahme eingestuft wird, sollte sie deshalb längerfristig in Erwägung gezogen werden.

Im Entlebucher Siedlungsraum liegt viel ungenutztes Potenzial in den privaten Flächen. Der Grossteil der Basisflächen, aufzuwertenden Flächen und Trittstein-Objekte sind in Privatbesitz und können von der Gemeinde deshalb nicht direkt beeinflusst werden. Dies zeigt, dass Sensibilisierungsmassnahmen sehr wichtig sind. Eine für viele Objekte geeignete Sensibilisierungsmassnahme sind Informationstage und Weiterbildungskurse zum Thema naturgerechter Unterhalt und ökologische Aufwertungsmöglichkeiten. Diese richten sich nicht nur an die Grundeigentümer, sondern auch an diejenigen, die für den Unterhalt der Flächen zuständig sind, z.B. Hausabwarte und Gärtner (Eigenmann *et al.*, 2003). Aktionstage und Quartier-Spaziergänge sind ebenfalls Massnahmen, die aufgrund ihrer aktiven Herangehensweise eine grosse Wirkung haben dürften. Neben Sensibilisierungsmassnahmen sollte auch ein Anreizsystem in Erwägung gezogen werden. Besonders wirkungsvoll wäre ein finanzielles Anreizsystem in Form von Steuervergünstigungen für Grundeigentümer, die ökologisch wertvolle Flächen wie Gründächer oder Naturgärten anlegen. Gerade für Unternehmen würden ökologische Aufwertungen durch solche Steuervergünstigungen viel attraktiver.

Auch wenn es in Entlebuch nur wenige gemeindeeigene Flächen gibt, kommt deren Aufwertung eine grosse Bedeutung zu. Erstens sollte die Gemeinde mit gutem Beispiel vorangehen und das, was sie von der Bevölkerung verlangt, auch selbst umsetzen. Zweitens können naturnahe gemeindeeigene Flächen für Sensibilisierungsmassnahmen nützlich sein. So kann z.B. an Informationsanlässen oder Aktionstagen bei einem Spaziergang durchs Dorf aufgezeigt werden, wie sich eine Grünfläche naturnah gestalten lässt. Auch Informationstafeln können aufgestellt werden, damit Passanten über den Sinn der verschiedenen Elemente auf der

Grünfläche informiert werden. Drittens ist auf öffentlichen Flächen eine koordinierte Aufwertungsstrategie einfacher zu erreichen als auf privaten Flächen (Threlfall *et al.*, 2017), d.h. Massnahmen wie das Pflanzen einheimischer Gehölzarten können auf mehreren Flächen umgesetzt werden, was dem Lebensraumverbund zuträglich ist. Eine besondere Chance für die Aufwertung von drei der vier gemeindeeigenen Objekte mit Vorbildcharakter bietet die Neugestaltung des «Marktplatzes». Die Objekte 28, 29 und 30 liegen in unmittelbarer Nähe und teilweise sogar innerhalb des Projektperimeters des Marktplatzes. Dies bietet die Gelegenheit, die Flächen während der Neuüberbauung, mit der im Frühjahr 2020 begonnen wurde, ebenfalls gleich aufzuwerten. Zwar wird das Objekt 29 durch die neue Gestaltung leicht verkleinert, beim Objekt 30 wird sogar ein relativ grosser Teil neu von einem Parkplatz überdeckt sein (Burkhalter Derungs AG, 2018). Die verbleibende Fläche kann aber trotzdem aufgewertet werden.

6.2 Methodenkritik

Bei der Entwicklung der Methodik musste häufig ein Mittelweg zwischen Genauigkeit und Effizienz gefunden werden. Um den Aufwand in einem vertretbaren Rahmen zu halten, wurden Vereinfachungen in Kauf genommen. Auch fehlendes Grundlagenwissen hat die Methodik teilweise limitiert. In den folgenden Abschnitten werden deshalb die verschiedenen Schritte des Konzepts kritisch hinterfragt. Zudem wird die Datenaufnahme im Feld mit der Datenaufnahme anhand des Satellitenbilds verglichen.

Erfassung der Grünflächen

Die entwickelte Methode hält den Aufwand der Erfassung vorhandener Grünflächen durch die Zusammenfassung gewisser Flächen relativ gering, ergibt aber trotzdem eine genaue Einteilung, v.a. im öffentlichen Raum. Dies ist sinnvoll, da die Gemeinde konkrete Aufwertungsmaßnahmen wie z.B. das Pflanzen standortgerechter Bäume nur auf öffentlichen Flächen umsetzen kann. Das Vorgehen hat sich für den kleinen Projektperimeter einer ländlichen Gemeinde bewährt. In urbanen Gebieten könnte es aber zu zeitaufwendig werden. Eine Einteilung in Gliederungselemente wie z.B. bei Eigenmann *et al.* (2003) ist deshalb für grössere Projektperimeter besser geeignet.

Die Feldbegehung hat gezeigt, dass ein neueres Satellitenbild als hier verwendet nötig ist: Viele Flächen wurden in den fünf Jahren, die zwischen Luftbildaufnahme und Feldbegehung liegen, neu überbaut, andere sind momentan eine Baustelle, Wiesenstreifen wurden zugepflastert. Dementsprechend mussten die erfassten Grünflächen nach der Feldbegehung vielerorts überarbeitet werden. Wo das Satellitenbild noch aktuell war, war die Einteilung des Siedlungsraums aber meist zutreffend und konnte durch den Feldbesuch bestätigt werden. Die Erfassung der Grünflächen eines Siedlungsraums anhand eines Orthobilds ist also relativ akkurat, sofern ein aktuelles Bild verwendet werden kann.

Bewertung des Zustands und Potenzials

Für die Zustandsbewertung hingegen scheint ein Feldbesuch nötig zu sein. Die Bewertung anhand des Satellitenbilds traf nämlich nicht immer zu und musste im Feld korrigiert werden. Besonders verschiedene Wiesentypen sind auf dem Satellitenbild schwer zu unterscheiden. Tendenziell wurde der ökologische Zustand der Objekte auf dem Satellitenbild unterschätzt (Abbildung 18, links). Im Schnitt kam die Feldbewertung zu einer um 1.15 höheren Bewertung.

Auch die Potenzialbewertung fiel im Feld tendenziell höher aus als anhand des Satellitenbilds (Abbildung 18, rechts). Im Schnitt kam die Feldbewertung zu einer um 0.675 höheren Bewertung. Der Unterschied ist

also geringer als bei der Zustandsbewertung, aber ein Feldbesuch ist sicher auch für die Einschätzung des Potenzials von Vorteil.

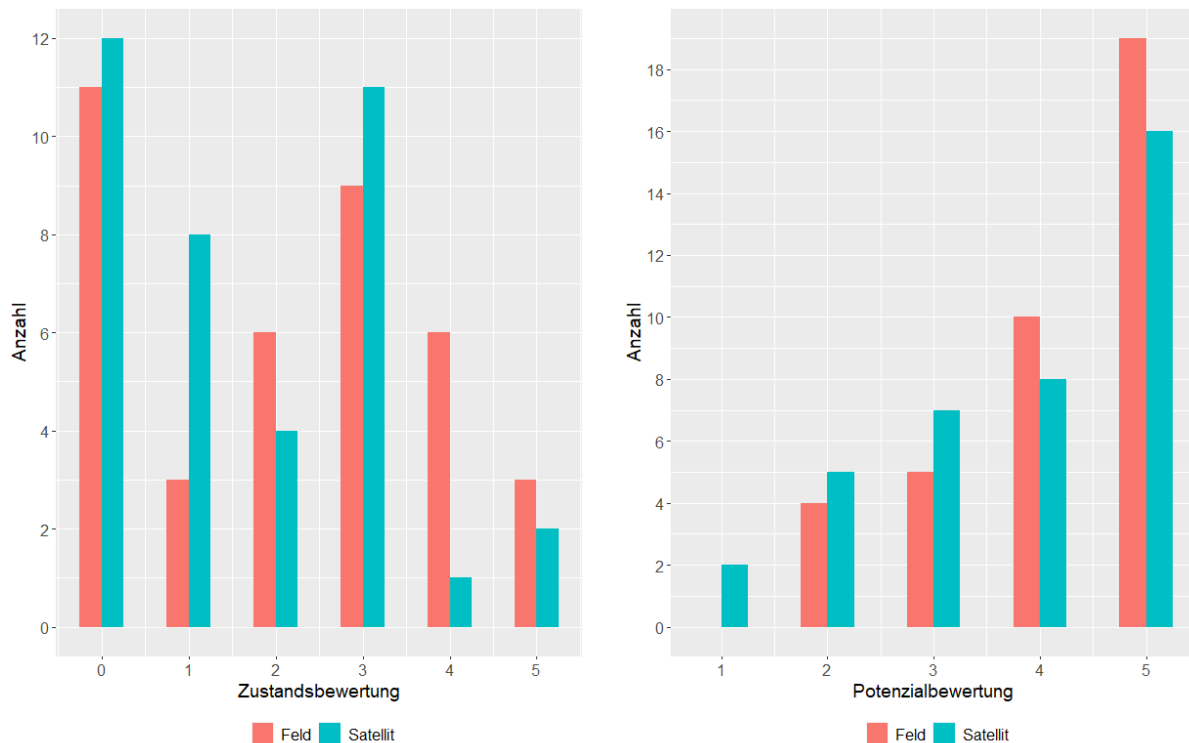


Abbildung 18: Vergleich der Zustands- und Potenzialbewertung im Feld mit derjenigen anhand des Satellitenbilds.

Die Schlüssel zur Bestimmung des qualitativen Zustands und Potenzials eignen sich als Hilfsmittel sowohl bei der Beurteilung anhand des Satellitenbilds als auch beim Feldbesuch. Der Zustandsschlüssel ermöglicht relativ einfach den Ausschluss von Flächen, die ökologisch wertlos sind. Auch besonders wertvolle Strukturen wie Einzelbäume, Hecken, Asthaufen etc. können einfach berücksichtigt werden. Schwierig wird es bei Wiesen, da schwer zu sagen ist, ab wann eine Wiese besonders wertvoll ist. Der Schlüssel erlaubt hier noch keine völlig objektive und gut replizierbare Bewertung. Ein Weg, dies zu verbessern, wäre, die Biodiversität der Pflanzen in den Schlüssel einzubeziehen (z.B. die Artenzahl oder das Vorkommen seltener oder national prioritärer Arten). Der Schlüssel wäre dann zwar komplizierter und die Datenaufnahme würde mehr Expertise erfordern, doch das Ergebnis wäre objektiver und besser replizierbar.

Auch der Potenzialschlüssel ermöglicht einen raschen Ausschluss von Flächen mit sehr geringem Potenzial. Flächen mit sehr hohem Potenzial sind ebenfalls einfach zu bestimmen. Flächen, die weder ein besonders hohes noch ein besonders niedriges Potenzial haben, sind aber relativ schwer zu bewerten. Insbesondere können landwirtschaftliche Nutzungen nicht richtig beurteilt werden. Es handelt sich zwar um eine aktive Nutzung, die aber mehr Biodiversität zulässt als andere aktive Nutzungen und im Gegensatz zu diesen keinen regelmässig gemähten, sterilen Rasen braucht. In dieser Arbeit wurde das Potenzial landwirtschaftlicher Flächen kategorisch als mittel eingestuft. Für die Verwendung in weiteren Projekten wäre es aber empfehlenswert, den Schlüssel nochmals anzupassen, um solche Unklarheiten zu vermeiden.

Generell besteht bei den zwei Schlüsseln das Risiko, dass verschiedene Menschen den Deckungsgrad bzw. Flächenanteil unterschiedlich einschätzen. Eine gewisse Subjektivität ist kaum zu vermeiden (Eigenmann *et*

al., 2003). Der negative Einfluss auf das Ergebnis kann jedoch minimiert werden, indem die gleiche Person oder das gleiche Team alle Bewertungen vornimmt. Viel wichtiger als die absolute Einschätzung ist nämlich die relative Einschätzung, d.h. wie hoch der Zustand, das Potenzial und der Wirkungsgrad eines Objekts im Vergleich mit anderen Objekten ist. Ausserdem sorgt die Anwendung von Standardwerten bei den verschiedenen Flächentypen für bessere Reproduzierbarkeit (siehe Anhang 10.1).

Berücksichtigung der Vernetzung

Die Vernetzung wurde zwar in diesem Konzept ansatzweise berücksichtigt, doch ermöglicht die verwendete Methodik es noch nicht, die Vernetzung für verschiedene Lebensraumtypen separat zu betrachten. Dies wäre aber aus ökologischer Sicht sinnvoller (siehe 3.7 Vernetzung). Zudem ist der Einbezug der Vernetzung limitiert durch fehlendes Wissen. Beispielsweise ist der Aktionsradius von Tieren kaum bekannt und unterscheidet sich zwischen verschiedenen Tiergruppen z.T. stark (Eigenmann *et al.*, 2003; Chevillat, Graf und Hagist, 2019). Die Definition einer oder mehrerer Zielarten, wie dies z.B. beim Projekt Fröschmatt gemacht wurde, wäre deshalb vorteilhaft, um die Vernetzung besser einschätzen zu können.

Eine weitere Problematik bei der Vernetzung ist, dass diese im hier ausgearbeiteten Massnahmenplan ausschliesslich durch private Flächen zustande kommt. Angesichts der Überzahl von privaten Flächen ist es kaum möglich, einen gut vernetzten Lebensraumverbund nur durch Aufwertung gemeindeeigener Flächen zu erreichen. Gleichzeitig ist es aber unwahrscheinlich, dass durch Sensibilisierungsmassnahmen und Anreizsysteme alle ermittelten Trittstein-Objekte und Vernetzungselemente aufgewertet werden. Um trotzdem eine ausreichende Vernetzung der vorhandenen Lebensräume sicherzustellen, wäre es deshalb von Vorteil, die Gemeinde würde zusätzlich die Schaffung neuer Grünachsen wie Alleen entlang von Strassen planen, auch wenn das Vernetzungskriterium bereits ohne neue Vernetzungselemente erfüllt wäre.

Erarbeiten der Hinweise zur Umsetzung

Nicht nur die Planung der Vernetzung, sondern auch die Beurteilung der Massnahmen wäre eindeutiger, wenn Zielarten definiert würden. Wie beim Projekt Fröschmatt könnten die umzusetzenden Massnahmen den Bedürfnissen der Zielarten angepasst werden. Ohne die Definition von Zielarten ist die Beurteilung der Massnahmen etwas schwieriger. Gerade deren ökologischer Wirkungsgrad ist nicht einfach abzuschätzen. Für die Beurteilung des Aufwands, den die Umsetzung einer Massnahme verursacht, wäre ausserdem die Zusammenarbeit mit Fachleuten (z.B. dem Werkdienst) von Vorteil. Die Bewertung anhand der Kriterien ermöglicht aber bereits jetzt eine relativ objektive Auswahl von Massnahmen.

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN

7.1 Allgemeine Schlussfolgerungen

Mit dem in dieser Arbeit entwickelten Konzept können ländliche Gemeinden mit relativ kleinem Aufwand einen Massnahmenplan für die ökologische Aufwertung des Siedlungsraums zur Förderung der Biodiversität ausarbeiten. Verbesserungspotenzial gibt es in erster Linie bei den Schlüsseln zur Bewertung des ökologischen Zustands und Potenzials sowie bei der Berücksichtigung der Vernetzung. Trotzdem ist mit dem Massnahmenplan ein Instrument geschaffen, an dem sich die Gemeinde bei der weiteren Entwicklungsplanung des Siedlungsraums orientieren kann, so dass die Biodiversitätsförderung bei allen zukünftigen Bauvorhaben und Umgestaltungen berücksichtigt werden kann. Auch wenn das Konzept am Beispiel der Gemeinde Entlebuch ausgearbeitet wurde, ist es allgemein gehalten, sodass es auch auf andere kleine Gemeinden übertragbar ist.

7.2 Schlussfolgerungen für die Praxis

Der Entlebucher Siedlungsraum weist trotz einer grossen Anzahl an ökologisch wertlosen Flächen auch einige wertvolle Flächen auf, insbesondere am Siedlungsrand. Die Flächen am Siedlungsrand haben tendenziell auch das grösste ökologische Potenzial und einen guten Wirkungsgrad. Im Zentrum ist sowohl der Zustand als auch das Potenzial der meisten Flächen gering, was u.a. an der relativ kleinen Flächengrösse der zentralen Grünräume liegt. Mit ökologischen Aufwertungsmassnahmen in den Randbereichen der Siedlung kann die Gemeinde also mit verhältnismässig kleinem Aufwand viel zur Biodiversitätsförderung beitragen. Zudem sollten aber im zentralen Bereich des Siedlungsraums Trittstein-Biotop und Grünachsen geschaffen werden, um einen guten Lebensraumverbund sicherzustellen.

Von den Flächen mit dem höchsten Wirkungsgrad befinden sich die meisten in Privatbesitz. Sensibilisierungsmassnahmen und die Schaffung von Anreizsystemen haben deshalb eine hohe Priorität und können viel zur Biodiversitätsförderung in Entlebuch beitragen. Beispielsweise könnten Informationstage und Weiterbildungskurse zum Thema naturgerechter Unterhalt und ökologische Aufwertungsmöglichkeiten organisiert werden, die sich an Grundbesitzer, Hausabwarte, Gärtner und andere Unterhaltsverantwortliche richten. Auch finanzielle Anreize, z.B. in Form von Steuervergünstigungen für ökologisch wertvolle Flächen, sollten in Erwägung gezogen werden.

Auch wenn in Entlebuch nur wenige öffentliche Objekte einen sehr hohen Wirkungsgrad haben, ist es wichtig, dass die Gemeinde eine Vorbildrolle einnimmt und zumindest einige ihrer eigenen Flächen ökologisch aufwertet. Dafür bieten sich verschiedene Objekte in der Nähe des Schulhauses Bodenmatt an, die einerseits einen relativ hohen Wirkungsgrad haben und andererseits von der Bevölkerung gut besucht sind, insbesondere von Schulkindern. Die Neugestaltung des «Markplatzes» bietet eine Gelegenheit, drei dieser Objekte während den Bauarbeiten aufzuwerten. Konkrete Vorschläge zur Aufwertung verschiedener öffentlicher Flächen sind in den Objektblättern im Anhang 10.5 zu finden.

8. LITERATURVERZEICHNIS

- Beninde, J., Veith, M. und Hochkirch, A. (2015) «Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation», *Ecology Letters*. Blackwell Publishing Ltd, 18(6), S. 581–592. doi: 10.1111/ele.12427.
- Bergstedt, J. (2011a) «Handeln - aber wo, wann und wie?», in *Biotopschutz in der Praxis*. Weinheim, Deutschland: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, S. 35–66. doi: 10.1002/9783527639281.ch2.
- Bergstedt, J. (2011b) «Lebensräume und ihr Schutz», in *Biotopschutz in der Praxis*. Weinheim, Deutschland: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, S. 95–343. doi: 10.1002/9783527639281.ch4.
- Bergstedt, J. (2011c) «Tiere, Pflanzen, Lebensräume», in *Biotopschutz in der Praxis*. Weinheim, Deutschland: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, S. 1–34. doi: 10.1002/9783527639281.ch1.
- Bibliographisches Institut (2020) *Duden | Grünfläche | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft*. Verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Gruenflaeche> (Zugegriffen: 25. Juni 2020).
- Bonthoux, S. et al. (2014) «How can wastelands promote biodiversity in cities? A review», *Landscape and Urban Planning*, 132, S. 79–88.
- Burghardt, K. T., Tallamy, D. W. und Gregory Shriver, W. (2009) «Impact of native plants on bird and butterfly biodiversity in suburban landscapes», *Conservation Biology*, 23(1), S. 219–224. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01076.x.
- Burkhalter Derungs AG (2018) *Marktplatz Entlebuch - Planungsbericht nach Art. 47 RPV*. Verfügbar unter: https://www.entlebuch.ch/public/upload/assets/4061/103_Planungsbericht_181113.pdf (Zugegriffen: 30. Juni 2020).
- Chevillat, V., Graf, R. und Hagist, D. (2019) *Biodiversität auf dem Landwirtschaftsbetrieb*. Verfügbar unter: https://www.agri-biodiv.ch/fileadmin/biodiversitaet/documents/de/Folien-Biodiv-5-Biodiversitaetsfoerderung-in-den-Kulturen_20190410.pdf (Zugegriffen: 11. Juni 2020).
- Clark, N. E. et al. (2014) «Biodiversity, cultural pathways, and human health: A framework», *Trends in Ecology and Evolution*. Elsevier Ltd, 29(4), S. 198–204. doi: 10.1016/j.tree.2014.01.009.
- Connor, E. F. und McCoy, E. D. (2001) «Species-Area Relationships», in Levin, S. A. (Hrsg.) *Encyclopedia of Biodiversity*. New York: Elsevier, S. 397–411. doi: <https://doi.org/10.1016/B0-12-226865-2/00252-2>.
- Dengler, J. (2009) «Which function describes the species-area relationship best? A review and empirical evaluation», *Journal of Biogeography*. Blackwell Publishing Ltd, 36(4), S. 728–744. doi: 10.1111/j.1365-2699.2008.02038.x.
- Deutschland Natur (2020) *Ruderalflächen / Kulturbrachen*. Verfügbar unter: <https://www.deutschlands-natur.de/lebensraeume/anthropogen/ruderalflaechen-kulturbrachen/> (Zugegriffen: 1. Mai 2020).
- Dunn, C. P. und Loehle, C. (1988) «Species-Area Parameter Estimation: Testing the Null Model of Lack of Relationship», *Journal of Biogeography*. JSTOR, 15(5/6), S. 721. doi: 10.2307/2845335.
- Eigenmann, T. et al. (2003) *Handbuch Siedlungsökologie*. St. Gallen: Eigenmann Rey Rietmann, Ökobüro Hugentobler AG, Dr. Bertold Suhner-Stiftung.
- Frei, T. und Bertiller, A. (2012) *Regionaler Entwicklungsplan UNESCO Biosphäre Entlebuch*. Bern. Verfügbar unter: <https://www.biosphaere.ch/de/unesco-biosphaere-a-z/biosphaere-entlebuch-was-ist-das/regionaler-entwicklungsplan/>.
- Fuller, R. A. et al. (2007) «Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity», *Biology Letters*. Royal Society, 3(4), S. 390–394. doi: 10.1098/rsbl.2007.0149.
- Gemeinde Entlebuch (2014) *Bau- und Zonenreglement der Einwohnergemeinde Entlebuch*.
- Gilbert-Norton, L. et al. (2010) «A Meta-Analytic Review of Corridor Effectiveness», *Conservation Biology*, 24(3), S. 660–668. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01450.x.

- Di Giulio, M. (2016) *Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet: Gute Beispiele und Erfolgsfaktoren*. Bern: Haupt Verlag.
- Di Giulio, M. und Nobis, M. (2007) «Landschaftszerschneidung und Biodiversität: Barrieren oder Ausbreitungswege?», in *Ballungsräume für Mensch und Natur. Forum für Wissen 2008*. Birmensdorf, S. 23–30.
- Gloor, S. et al. (2010) *BiodiverCity: Biodiversität im Siedlungsraum. Zusammenfassung. Unpublizierter Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU*. Bern.
- Goddard, M. A., Dougill, A. J. und Benton, T. G. (2010) «Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments», *Trends in Ecology and Evolution*, 25(2), S. 90–98. doi: 10.1016/j.tree.2009.07.016.
- Gould, S. J. (1979) «An allometric interpretation of species - area curves: the meaning of the coefficient.», *American Naturalist*, 114(3), S. 335–343. doi: 10.1086/283482.
- Haddad, N. M. et al. (2014) «Potential Negative Ecological Effects of Corridors», *Conservation Biology*. Blackwell Publishing Inc., 28(5), S. 1178–1187. doi: 10.1111/cobi.12323.
- Helden, A. J. und Leather, S. R. (2004) «Biodiversity on urban roundabouts-Hemiptera, management and the species-area relationship», *Basic and Applied Ecology*. Elsevier GmbH, 5(4), S. 367–377. doi: 10.1016/j.baae.2004.06.004.
- Hintermann & Weber AG (2009a) *Grün-, Freiraum- und Landschaftsentwicklungskonzept Arlesheim – Bericht & Pläne*. Reinach. Verfügbar unter: <https://www.arlesheim.ch>.
- Hintermann & Weber AG (2009b) *Massnahmen gemäss GFLEK*. Verfügbar unter: <https://www.arlesheim.ch>.
- Holderegger, R. und Di Giulio, M. (2010) «The genetic effects of roads: A review of empirical evidence», *Basic and Applied Ecology*, 11(6), S. 522–531. doi: 10.1016/j.baae.2010.06.006.
- Humphreys, W. F. und Kitchener, D. J. (1982) «The Effect of Habitat Utilization on Species-Area Curves: Implications for Optimal Reserve Area», *Journal of Biogeography*. JSTOR, 9(5), S. 391. doi: 10.2307/2844571.
- Iseli, C., Fluri, L. und Strebel, S. (2019) *Ökologischer Zustand und Konzept*. Stadt Nidau. Verfügbar unter: <https://www.nidau.ch/verwaltung/publikationen/sonstige-publikationen/oeffentliche-auflage-teilbaurechtliche-grundordnung-agglolac>.
- James Barth, B., Ian FitzGibbon, S. und Stuart Wilson, R. (2015) «New urban developments that retain more remnant trees have greater bird diversity», *Landscape and Urban Planning*. Elsevier, 136, S. 122–129. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.11.003.
- Landwirtschaft und Wald (lawa) (2019) *Richtlinie Heckenschutz und Heckenpflege*. Sursee. Verfügbar unter: <https://www.lawa.lu.ch>.
- Mata, L. et al. (2017) «Conserving herbivorous and predatory insects in urban green spaces», *Scientific Reports*. Nature Publishing Group, 7. doi: 10.1038/srep40970.
- Matthies, S. A. et al. (2017) «Determinants of species richness within and across taxonomic groups in urban green spaces», *Urban Ecosystems*. Springer New York LLC, 20(4), S. 897–909. doi: 10.1007/s11252-017-0642-9.
- Moeri & Partner AG (2020) *Wohnen & Arbeiten*. Verfügbar unter: <http://www.moeripartner.ch/themen-2/wohnen-und-arbeiten/> (Zugegriffen: 25. Juni 2020).
- Natur- und Vogelschutzverein Höngg (2020) *Ökologische Aufwertung im Höngger Siedlungsraum*. Verfügbar unter: <https://www.nvvhöngg.ch/hoengger-natur/projekte/292-oekologische-aufwertung-im-hoengger-siedlungsraum.html> (Zugegriffen: 30. April 2020).
- Naturama/Kanton Aargau (2020) *Massnahmenkatalog*. Verfügbar unter: <https://www.naturfindetstadt.ch/de/massnahmenkatalog> (Zugegriffen: 2. Juli 2020).
- Naturmodule.ch (2019) *Das Natur-Baukastensystem*. Verfügbar unter: <https://www.naturmodule.ch/naturmodule/> (Zugegriffen: 2. Juli 2020).
- Naturpark Thal (2019) *Beratung und Zertifizierung Natur im Siedlungsraum*. Verfügbar unter: <https://www.naturparkthal.ch/der-park/die-projekte/raumentwicklung> (Zugegriffen: 25. Juni 2020).

- Naturpark Thal (2020) *Natur im Siedlungsraum - Leitfaden für Gemeinden, Privatpersonen und Unternehmen*. Naturpark Thal. Verfügbar unter: <https://www.naturparkthal.ch/der-park/die-projekte/raumentwicklung> (Zugegriffen: 30. April 2020).
- Nielsen, A. B. et al. (2014) «Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence», *Urban Ecosystems*. Springer, 17(1), S. 305–327. doi: 10.1007/s11252-013-0316-1.
- Norton, B. A., Evans, K. L. und Warren, P. H. (2016) «Urban Biodiversity and Landscape Ecology: Patterns, Processes and Planning», *Current Landscape Ecology Reports*. Springer Science and Business Media LLC, 1(4), S. 178–192. doi: 10.1007/s40823-016-0018-5.
- Öckinger, E., Dannestam, Å. und Smith, H. G. (2009) «The importance of fragmentation and habitat quality of urban grasslands for butterfly diversity», *Landscape and Urban Planning*, 93(1), S. 31–37. doi: 10.1016/j.landurbplan.2009.05.021.
- Pro Natura (2020) *Barrieren und Fallen im Siedlungsraum*. Verfügbar unter: <https://www.pronatura.ch/de/barrieren-und-fallen-im-siedlungsraum> (Zugegriffen: 3. Mai 2020).
- Resasco, J. et al. (2014) «Landscape corridors can increase invasion by an exotic species and reduce diversity of native species», *Ecology*. Ecological Society of America, 95(8), S. 2033–2039. doi: 10.1890/14-0169.1.
- Rook, G. A. (2013) «Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: An ecosystem service essential to health», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(46), S. 18360–18367. doi: 10.1073/pnas.1313731110.
- Säumel, I. und Kowarik, I. (2010) «Urban rivers as dispersal corridors for primarily wind-dispersed invasive tree species», *Landscape and Urban Planning*, 94(3–4), S. 244–249. doi: 10.1016/j.landurbplan.2009.10.009.
- Schellenberger, S. et al. (2014) *Biodiversität im urbanen Siedlungsraum - Pilotprojekt Fröschi*. Bern.
- Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH (2020) *Lexikon der Geowissenschaften - Generalisten*. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/generalisten/5546> (Zugegriffen: 5. August 2020).
- Tewksbury, J. J. et al. (2002) «Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(20), S. 12923–12926. doi: 10.1073/pnas.202242699.
- Threlfall, C. G. et al. (2017) «Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions», *Journal of Applied Ecology*. Blackwell Publishing Ltd, 54(6), S. 1874–1883. doi: 10.1111/1365-2664.12876.
- Threlfall, C. G. und Kendal, D. (2018) «The distinct ecological and social roles that wild spaces play in urban ecosystems», *Urban Forestry and Urban Greening*. Elsevier GmbH, 29, S. 348–356. doi: 10.1016/j.ufug.2017.05.012.
- Umwelt- und Naturschutzkommission (2007) *Natur Im Siedlungsraum - Konzept für die Förderung einer naturnahen Umgebung in der Stadt Illnau-Effretikon*. Illnau-Effretikon.
- UNESCO Biosphäre Entlebuch (2020a) *Aktuelle Projekte*. Verfügbar unter: <https://www.biosphaere.ch/de/unesco-biosphaere-a-z/natur-landschaft/unser-engagement/aktuelle-projekte/> (Zugegriffen: 6. Mai 2020).
- UNESCO Biosphäre Entlebuch (2020b) *IG Naturgärten in der UNESCO Biosphäre Entlebuch*. Verfügbar unter: <https://www.biosphaere.ch/de/unesco-biosphaere-a-z/organisation/ig-naturgaerten/> (Zugegriffen: 6. Mai 2020).
- Werner, P. und Zahner, R. (2009) «Biologische Vielfalt und Städte. Eine Übersicht und Bibliographie», in *Naturschutz, B.f. (Ed.), BfN-Skripten*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Witschi, F. (2014) *Pilotprojekt Fröschi - Konzeption Biodiversität: Analyse, Zieldefinition, Rahmenbedingungen*. Bern.

9. GIS QUELLENVERZEICHNIS

©2004-2019 swisstopo (5704 000 000)

- Topographic Raster Maps:
 - National Maps with Relief 1:10'000, 2017
 - National Maps without Relief 1:25'000, 2019
- Orthofoto: Swissimage 25 cm, Latest
- Topographic Vector Maps (swissTLM3D)
 - Tree and Shrubbery Rows, 2019
 - Building footprints (swissBUILDINGS3D), 2019
 - Road network, 2019

© Kanton Luzern

- Amtliche Vermessung Bodenbedeckung Kanton LU (ID 257), 2019
- Amtliche Vermessung Liegenschaften (ID 271), 2019

© Dienststelle Raum und Wirtschaft (rawi), Kanton Luzern

- Siedlungsgebiet (Bauzone und Reservezone), generalisiert (ID 168), 2015
- Siedlungsgebiet (Bauzone und Reservezone), parzellenscharf (ID 167), 2015
- Unüberbaute Bauzonen 2018 (ID 11240), 2018
- Kommunale Zonenpläne: Grundnutzung (ID 1110), 2019
- Kommunale Zonenpläne: Überlagerungen (Flächen) (ID 1113), 2019
- Grundbuchplan (Amtliche Vermessung), 2020, <https://www.geo.lu.ch/map/grundbuchplan/>

© Dienststelle Landwirtschaft und Wald (lawa), Kanton Luzern

- Inventar der Naturobjekte regionaler Bedeutung (INR) (Flächen) (ID 107), 2002
- Vernetzungsprojekte Ist: Hochstammobstgärten (ID 1384), 2019
- Vernetzungsprojekte Ist: Landwirtschaftliche Kulturflächen (ID 1383), 2019
- Waldbestand (Flächen) (ID 780), 2019

© Dr. Eva Frei, UNESCO Biosphäre Entlebuch

- Grenze Entlebuch

10. ANHANG

10.1 Typisierung der Objekte

Die Datenaufnahme kann etwas effizienter gestaltet werden, indem die Objekte einem Flächentyp zugeordnet werden, denn gewisse Arten von Flächen haben fast immer einen bestimmten Eigentümer, Zustands- oder Potenzialwert. Gärten sind beispielsweise meist in Privatbesitz, Parkplätze haben i.d.R. einen qualitativen Zustand von 0, da sie versiegelt sind. In solchen Fällen wurde dem Flächentyp ein Standardwert zugeordnet (Tabelle 14). Abweichungen von diesen Standardwerten sind zwar möglich, kommen aber nur selten vor. Es ist deshalb effizienter, einen Standardwert zu definieren und diesen im Falle einer Abweichung abzuändern. Wo in Tabelle 14 ein leeres Feld ist, gibt es keinen Wert, der dem Flächentyp in den meisten Fällen zugeordnet werden kann, so dass die Verwendung eines Standardwerts die Datenaufnahme nicht vereinfachen würde. Im Anschluss an Tabelle 14 sind Erläuterungen zu den einzelnen Flächentypen und deren Standardwerte zu finden.

Tabelle 14: Übersicht über die verschiedenen Flächentypen und die ihnen zugeordneten Standardwerte.

Flächentyp	Garten	Parkanlage	Abstandsgrün	Freifläche	Sportplatz	Spielplatz
Eigentum	privat	öffentlich			öffentlich	
Qualitativer Zustand					0	
Qualitatives Potenzial	3		5	5		

Flächentyp	Friedhof	Platz	Ruderalstandort	Gleisanlage	Parkplatz	Dach	Anderes
Eigentum	privat	öffentlich		privat			
Qualitativer Zustand		0			0		
Qualitatives Potenzial			5		1	5	

Garten

Die Nutzung von Gärten ist sehr individuell und lässt sich weder anhand eines Satellitenbilds noch anhand eines Feldbesuchs gut einschätzen. Zur Vereinfachung wird hier deshalb ein Potenzial von 3 angenommen. Dieser Wert kann erhöht oder erniedrigt werden, z.B. wenn ein Garten wegen seiner besonders grossen Fläche einen eher kleineren aktiv genutzten Anteil hat.

Parkanlage

Parkanlagen sind ausgezeichnet durch Wege und/oder andere Infrastrukturen wie Sitzbänke. Sie stehen der Öffentlichkeit für die Nutzung für Freizeitaktivitäten zur Verfügung. Im Gegensatz zum Platz ist eine Parkanlage grösstenteils mit Vegetation bedeckt, d.h. nicht versiegelt.

Abstandsgrün

Abstandsgrün hat keine gezielte Freizeitnutzung. Die Funktion solcher Flächen ist, Abstand zwischen Gebäuden bzw. zwischen Gebäuden und Strassen zu schaffen. Somit hat Abstandsgrün i.d.R. ein hohes qualitatives Potenzial von 5.

Freifläche

Freiflächen sind Flächen ohne Nutzung oder Funktion. Sie haben deshalb sehr grosses ökologisches Potenzial und ihnen kann standardmässig ein Potenzialwert von 5 zugeschrieben werden.

Sportplatz

Sportplätze sind i.d.R. öffentlich. Sie sind meist ökologisch wertlos, da sie entweder versiegelt sind (z.B. Basketballfeld) oder fast ausschliesslich aus sterilem Rasen bestehen (z.B. Fussballfeld).

Spielplatz

Spielplätze sind durch ihre spezifische Infrastruktur (z.B. Schaukeln) gekennzeichnet.

Friedhof

Da Friedhöfe der Kirchgemeinde gehören, werden sie hier als private Flächen eingestuft, auch wenn die Gemeinde z.T. auf deren Gestaltung Einfluss nehmen kann (siehe 2.3.3 Arlesheim).

Platz

Plätze sind i.d.R. öffentliche Orte und stehen der Öffentlichkeit für die Nutzung für Freizeitaktivitäten zur Verfügung. Im Gegensatz zu Parkanlagen sind sie kaum mit Vegetation bedeckt, d.h. grösstenteils versiegelt. Deshalb wird ihnen standardmässig ein qualitativer Zustand von 0 zugeordnet.

Ruderalstandort

Ruderalstandorte, auch Brachen genannt, sind ehemals genutzte, nun sich selbst überlassene Fläche, die allenfalls Spontanvegetation aufweisen. Sie können wegen fehlendem Management z.T. mehr Arten beherbergen als beispielsweise Parks (Bonthoux *et al.*, 2014). Da sie ausserdem nicht aktiv genutzt werden, wird ihnen standardmässig ein Potenzialwert von 5 zugeordnet.

Gleisanlage

Gleisanlagen gehören der SBB und sind somit nicht Gemeindeeigentum. Deshalb werden Gleisanlagen als private Flächen eingestuft.

Parkplatz

Parkplätze sind meist versiegelt und haben demnach den Zustandswert 0. Da sie befahren werden, ist ihr Potenzial oft sehr limitiert und wird standardmässig auf 1 gesetzt.

Dach

Dächer werden meist nicht genutzt, so dass ihre gesamte Fläche begrünt werden kann. Ihnen wird deshalb standardmässig ein Potenzial von 5 zugeordnet.

Anderes

Flächen, die sich nicht einem der anderen Typen zuordnen lassen, werden in der Kategorie «Anderes» gesammelt. Beispiele sind Familiengärten sowie landwirtschaftlich genutzte Flächen.

10.2 Bestimmungsschlüssel

10.2.1 BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL ÖKOLOGISCHER ZUSTAND

Der ökologische Zustand wird über den Deckungsgrad der ökologisch wertlosen Teilflächen, den Deckungsgrad der besonders wertvollen Strukturen und den Deckungsgrad der nicht-einheimischen Vegetation bestimmt. In einem ersten Schritt werden die wertlosen Teilflächen ausgeschieden, in einem zweiten wird der Deckungsgrad der besonders wertvollen Strukturen an der verbleibenden Fläche bestimmt und zuletzt wird der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen an den besonders wertvollen Strukturen beurteilt. Die verwendeten Abstufungen der Deckungsgrade werden im Folgenden genauer erläutert.

Für die Ausscheidung der wertlosen Flächen wurde nach mehreren Anpassungen die Abstufung von $> \frac{2}{3}$, $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$, $< \frac{1}{3}$ und ca. 0% Deckungsgrad der wertlosen Teilfläche als am geeignetsten befunden. Objekte mit einem sehr hohen Deckungsgrad von wertlosen Teilflächen werden so direkt in die Kategorie 0 eingeteilt. Für die weiteren Objekte wird die Zustandsbewertung auch vom Anteil der besonders wertvollen Flächen und der exotischen Pflanzen abhängig gemacht. Flächen mit einem Deckungsgrad der wertlosen Flächen von $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$ können aber maximal einen Wert von 3 erreichen, solche mit einem Deckungsgrad von $< \frac{1}{3}$ können maximal eine 4 erreichen.

Dasselbe Prinzip wurde auch im zweiten Schritt angewendet: Je grösser der Deckungsgrad der besonders wertvollen Strukturen, desto grösser ist der maximal erreichbare Wert. Die Grenzwerte ca. 100%, $\geq 50\%$, $< 50\%$ und ca. 0% wurden so gesetzt, dass Flächen mit besonders gutem und besonders schlechtem ökologischem Zustand gut abgegrenzt werden können. Im intermediären Bereich ist die Unterteilung sehr grob, um den Schlüssel übersichtlich zu halten.

Damit nur Flächen mit einwandfreiem Zustand in die Kategorie 5 eingeteilt werden, wurde für Objekte mit einem Deckungsgrad der wertlosen Teilflächen von ca. 0% und einem Deckungsgrad der wertvollen Strukturen von ca. 100% eine zusätzliche Abstufung beim Deckungsgrad der exotischen Pflanzen eingefügt. So kann ein Objekte nur in die Kategorie 5 eingeteilt werden, wenn fast keine exotischen Pflanzen vorhanden sind. Für alle anderen Objekte wurde nur unterschieden, ob der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen grösser oder kleiner als 50% ist. Dies sorgt für einen übersichtlicheren Schlüssel und ist aus ökologischer Sicht vertretbar, da auch von exotischen Pflanzen dominierte Flächen eine hohe Biodiversität – beispielsweise von verschiedenen Invertebraten – aufweisen können (Goddard et al. 2010). Als alternatives Kriterium wurden invasive Neophyten gewählt, da diese auch bei kleinerem Deckungsgrad unerwünscht sind.

BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL ÖKOLOGISCHER ZUSTAND

1. Wie gross ist der Deckungsgrad der versiegelten Fläche & des sterilen Rasens zusammen?
 - a. Ca. 0% → weiter bei 2.
 - b. $< 1/3$ → weiter bei 6.
 - c. $1/3 - 2/3$ → weiter bei 10.
 - d. $> 2/3$ Zustand = 0

2. Wie gross ist der Deckungsgrad der besonders wertvollen Strukturen?
 - a. Ca. 100% → weiter bei 3.
 - b. $\geq 50\%$ → weiter bei 4.
 - c. $< 50\%$ → weiter bei 5.
 - d. Ca. 0% Zustand = 2

3. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen?
 - a. Ca. 0% Zustand = 5
 - b. $< 50\%$ Zustand = 4
 - c. $> 50\%$ ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 3

4. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen bei den besonders wertvollen Strukturen?
 - a. $< 50\%$ Zustand = 4
 - b. $> 50\%$ ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 3

5. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen bei den besonders wertvollen Strukturen?
 - a. $< 50\%$ Zustand = 3
 - b. $> 50\%$ ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 2

6. Wie gross ist der Deckungsgrad der besonders wertvollen Strukturen auf der nicht versiegelten, nicht mit sterilem Rasen bedeckten Teilfläche?
 - a. Ca. 100% → weiter bei 7.
 - b. $\geq 50\%$ → weiter bei 8.
 - c. $< 50\%$ → weiter bei 9.
 - d. Ca. 0 % Zustand = 1

7. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen auf der nicht versiegelten, nicht mit sterilem Rasen bedeckten Teilfläche?
 - a. $< 50\%$ Zustand = 4
 - b. $> 50\%$ ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 3

8. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen auf der nicht versiegelten, nicht mit sterilem Rasen bedeckten Teilfläche?

- a. < 50% Zustand = 3
- b. > 50% ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 2

9. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen auf der nicht versiegelten, nicht mit sterilem Rasen bedeckten Teilfläche?

- a. < 50% Zustand = 2
- b. > 50% ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 1

10. Wie gross ist der Deckungsgrad der besonders wertvollen Strukturen auf der nicht versiegelten, nicht mit sterilem Rasen bedeckten Teilfläche?

- a. Ca. 100% → weiter bei 11.
- b. $\geq 50\%$ → weiter bei 12.
- c. < 50% → weiter bei 13.
- d. Ca. 0% Zustand = 0

11. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen auf der nicht versiegelten, nicht mit sterilem Rasen bedeckten Teilfläche?

- a. < 50% Zustand = 3
- b. > 50% ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 2

12. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen auf der nicht versiegelten, nicht mit sterilem Rasen bedeckten Teilfläche?

- a. < 50% Zustand = 2
- b. > 50% ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 1

13. Wie hoch ist der Deckungsgrad der exotischen Pflanzen auf der nicht versiegelten, nicht mit sterilem Rasen bedeckten Teilfläche?

- a. < 50% Zustand = 1
- b. > 50% ODER invasive Neophyten vorhanden Zustand = 0

10.2.2 BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL ÖKOLOGISCHES POTENZIAL

Grundsätzlich hat eine Fläche nur dann kein Potenzial, wenn ihre Nutzung eine ganzflächige Versiegelung oder sterilen Rasen benötigt. Solche Flächen werden direkt ausgeschieden. Für Objekte, welche aktiv genutzt werden, wird das Potenzial vom Anteil der genutzten an der Gesamtfläche abhängig gemacht. Die genauen Anteile wurden so gewählt, dass am Schluss die sechs benötigten Kategorien entstehen. Dabei wurde kontrolliert, dass Objekte nicht einen kleineren Potenzial- als Zustandswert erhalten können. Die Anteile wurden also eher niedrig gesetzt. Für Objekte, welche nur passiv genutzt werden, wird das Potenzial vom Deckungsgrad der nötigen Infrastruktur abhängig gemacht. Wenn die Infrastruktur weniger als einen Viertel der Fläche ausmacht, wird das Objekt in die höchste Kategorie eingeteilt, da immer noch sehr viel Spielraum für eine naturnahe Gestaltung bleibt.

BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL ÖKOLOGISCHES POTENZIAL

1. Muss die Fläche für ihre Nutzung oder zur Erfüllung ihrer Funktion vollständig versiegelt oder mit sterilem Rasen bedeckt sein?

- a. Ja
- b. Nein

Potenzial = 0
→ weiter bei 2.

2. Wird die Fläche (ganz oder teilweise) aktiv genutzt?

- a. Ja
- b. Nein

→ weiter bei 3.
→ weiter bei 4.

3. Welcher Anteil der Fläche wird aktiv genutzt?

- a. $> \frac{3}{4}$ (75-100%)
- b. $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ (50-74%)
- c. $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ (25-49%)
- d. $< \frac{1}{4}$ (0-24%)

Potenzial = 1
Potenzial = 2
Potenzial = 3
Potenzial = 4

4. Wird die Fläche (ganz oder teilweise) passiv genutzt?

- a. Ja
- b. Nein, die Fläche ist vollständig ungenutzt

→ weiter bei 5.
Potenzial = 5

5. Welchen Deckungsgrad hat die Infrastruktur, die für die passive Nutzung vorhanden ist?

- a. $> \frac{1}{4}$
- b. $< \frac{1}{4}$

Potenzial = 4
Potenzial = 5

10.3 Sensitivitätsanalyse

Die «species-area relationship», also der Zusammenhang der Flächengrösse mit der Artenvielfalt, wird oft als Potenzfunktion beschrieben. Die species richness hängt also nicht linear, sondern exponentiell von der Fläche ab. Die Gleichung dafür ist:

$$S = c \cdot A^z \quad \text{mit } S = \text{species richness, } A = \text{Fläche}$$

Um die qualitative Zustandswertung und Potenzialwertung mit der Fläche zu gewichten, wurde diese Formel gewählt, anstatt die Fläche linear einzubeziehen. Dabei stellt sich aber die Frage, welcher z-Wert verwendet werden soll. Die beobachteten und berechneten z-Werte in der Literatur variieren relativ stark und hängen von der Grössenordnung der betrachteten Flächen ab (Dengler, 2009). Um zu bestimmen, welche Grössenordnung von z am besten geeignet ist, wurde hier deshalb eine Sensitivitätsanalyse mit verschiedenen z-Werten durchgeführt. Als Minimalwert wurde $z = 0.1$ gewählt. Dies entspricht etwa dem vorgeschlagenen Wert für nicht-isolierte Flächen auf dem Festland (Connor und McCoy, 2001). Auch empirisch wurden bereits z-Werte in dieser Grössenordnung gefunden, z.B. für Sperlingsvögel ($z = 0.11$) und Echsen ($z = 0.15$) in gestörten Gebieten wie urbanen Flächen und Strassenrändern (Humphreys und Kitchener, 1982). Als Mittelwert wurde $z = 0.25$ genommen, was im Bereich mehrerer empirisch festgestellter Werte liegt. So wurde beispielsweise für Grasland-Pflanzen auf Kreiseln ein z-Wert von 0.27 gefunden (Helden und Leather, 2004), für Säugetiere in gestörten Gebieten ein Wert von 0.23 (Humphreys und Kitchener, 1982). Ausserdem wurde ein Wert von 0.25 bereits als «typisch» eingestuft, da in der Literatur oft z-Werte in diesem Bereich vorkommen (Gould, 1979), und wurde deshalb für Berechnungen verwendet (Dunn und Loehle, 1988). Als Maximalwert wurde $z = 0.4$ verwendet. Dies ist der höchste gefundene Wert, der in der Literatur vorgeschlagen wird, nämlich für isolierte Inseln bzw. inselartige Habitate (Connor und McCoy, 2001).

Für jedes Objekt wurde der flächengewichtete Zustand und das flächengewichtete Potenzial für alle drei z-Werte gemäss den folgenden Formeln berechnet:

$$\text{Flächengewichteter Zustand} = \text{Zustand} \cdot A^z$$

$$\text{Flächengewichtetes Potenzial} = \text{Potenzial} \cdot A^z$$

Aus diesen zwei Werten wurde dann auch der Wirkungsgrad jedes Objekts berechnet:

$$\text{Wirkungsgrad} = \text{Flächengewichtetes Potenzial} - \text{Flächengewichteter Zustand}$$

Die Berechnung wurde direkt in ArcGIS Pro durchgeführt. Mit der Software R 3.6.3 wurden die Ergebnisse für jeden z-Wert visualisiert, um zu entscheiden, welche Grössenordnung am geeignetsten ist. Zu diesem Zweck wurde für jeden z-Wert der flächengewichtete Zustand, das flächengewichtete Potenzial und der Wirkungsgrad gegen die Fläche aufgetragen, um den relativen Einfluss der Fläche auf das Endergebnis zu untersuchen (Abbildung 19).

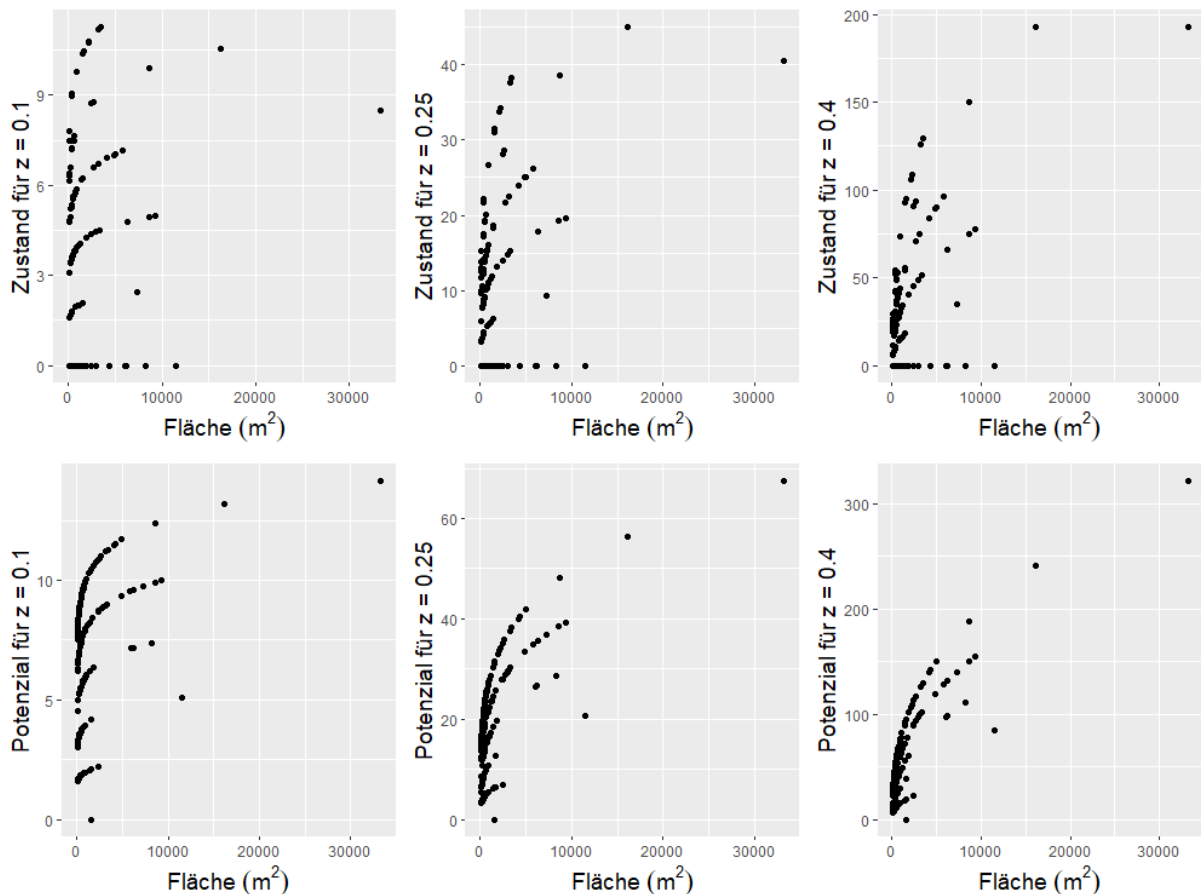


Abbildung 19: Vergleich des flächengewichteten Zustands und Potenzials für einen kleinen (0.1), mittleren (0.25) und grossen (0.4) z-Wert.

Wie Abbildung 19 zeigt, nimmt der Einfluss der Flächengrösse auf die Zustands- und Potenzialwertung mit zunehmendem Exponenten stark zu. Während also für $z = 0.1$ in erster Linie die qualitative Wertung bestimmt, wie gut das Objekt in der flächengewichteten Wertung abschneidet, ist es für $z = 0.4$ v.a. die Flächengrösse. Dies erkennt man daran, dass die Datenpunkte bei kleinen Flächengrössen für $z = 0.4$ viel näher beieinander liegen als für $z = 0.1$. Um beide Faktoren zu berücksichtigen, ohne dass der eine den anderen völlig überwiegt, ist deshalb ein mittlerer z-Wert am geeignetsten.

Dies wurde auch stichprobenartig überprüft, indem für zehn zufällig gewählte Objekte der flächengewichtete Zustand mit den Quartilen verglichen wurde. Die Quartile wurden für die Verteilungen des flächengewichteten Zustands unter Ausschluss der 0-Werte berechnet. Aus der Überprüfung wurde ersichtlich, dass grosse Objekte mit schlechter Qualität für grosse z-Werte überschätzt werden. Umgekehrt werden kleine Objekte mit sehr guter Qualität für kleine z-Werte überschätzt. In den meisten Fällen werden die Objekte aber für alle z-Werte ähnlich eingestuft. Auch aus dieser Überprüfung ergab sich also, dass sich ein mittlerer z-Wert am besten eignet, wobei für die meisten Objekte alle Werte zu einer ähnlichen Einordnung führen.

Nun stellt sich aber eine weitere Herausforderung: eine Fläche mit wenig wertvollem Zustand ist auch nicht wertvoll, wenn sie sehr gross ist. Umgekehrt ist eine qualitativ hochwertige Fläche wertvoller, wenn sie grösser ist. Dasselbe gilt für das Potenzial. Das Ziel ist deshalb, die Formel für den flächengewichteten Zustand und das flächengewichtete Potenzial von der qualitativen Bewertung abhängig zu machen. Ein Weg, dies zu tun, ist, für unterschiedliche qualitative Werte unterschiedliche z-Werte zu verwenden.

Es wurden verschiedene Kombinationen von z-Werten ausprobiert. Die Werte wurden entsprechend der obigen Erkenntnisse auf einen Bereich von 0.2 bis 0.3 beschränkt (Tabelle 15). Wieder wurden die flächengewichteten Zustands- und Potenzialbewertungen gegen die Fläche geplottet (Abbildung 20, Abbildung 21). Zusätzlich wurden die Datenpunkte entsprechend ihrer qualitativen Bewertung eingefärbt.

Tabelle 15: Übersicht über die sechs getesteten Kombinationen von z-Werten.

Kombination	z-Werte	Maximum	Standardabweichung
1	0.2, 0.21, 0.22, 0.23, 0.24	37.16	8.66
2	0.23, 0.24, 0.25, 0.26, 0.27	49.70	10.9
3	0.26, 0.27, 0.28, 0.29, 0.3	66.47	13.91
4	0.2, 0.22, 0.24, 0.26, 0.28	49.70	11.0.9
5	0.21, 0.23, 0.25, 0.27, 0.29	54.76	11.99
6	0.22, 0.24, 0.26, 0.28, 0.3	60.33	12.98

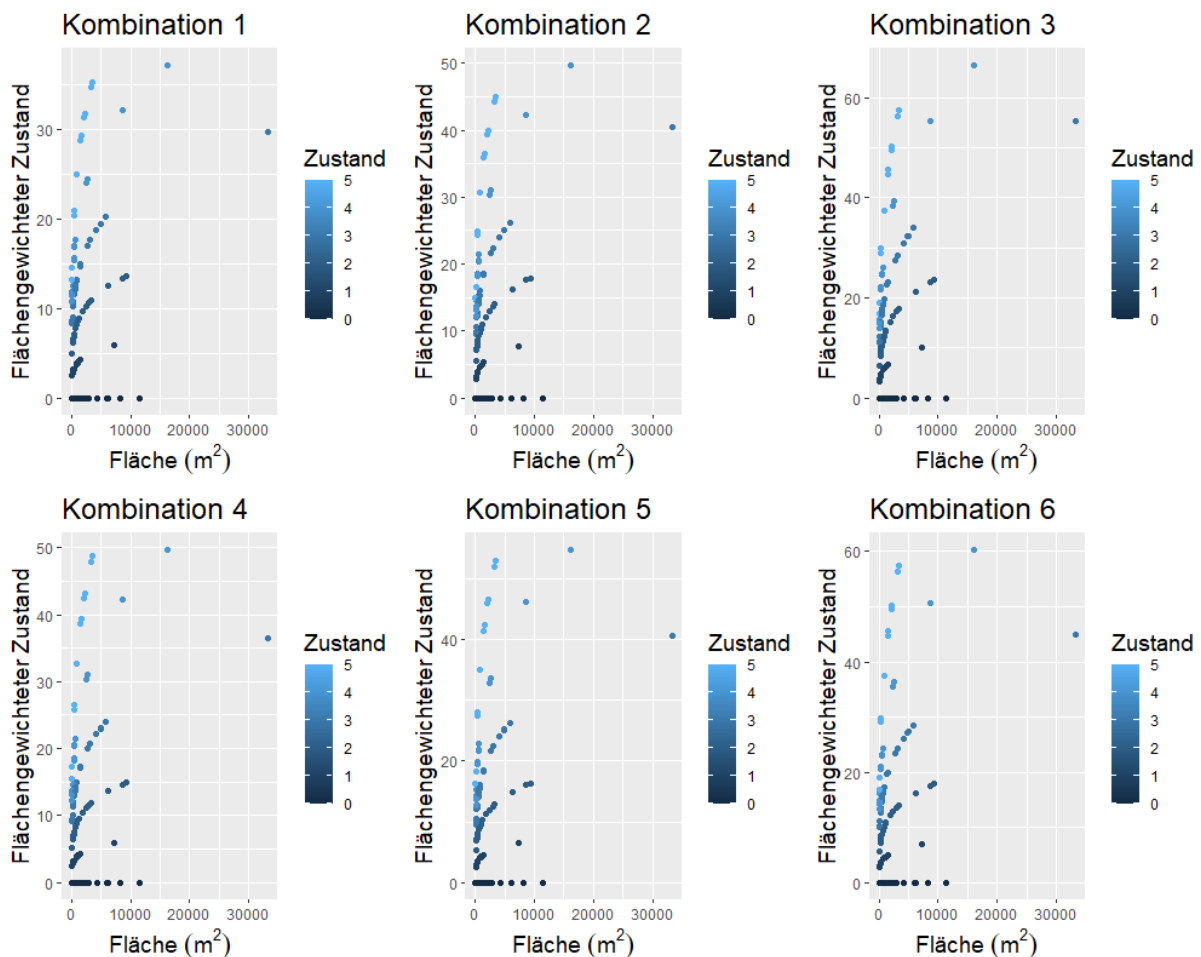


Abbildung 20: Vergleich des flächengewichteten Zustands für alle sechs Kombinationen von z-Werten.

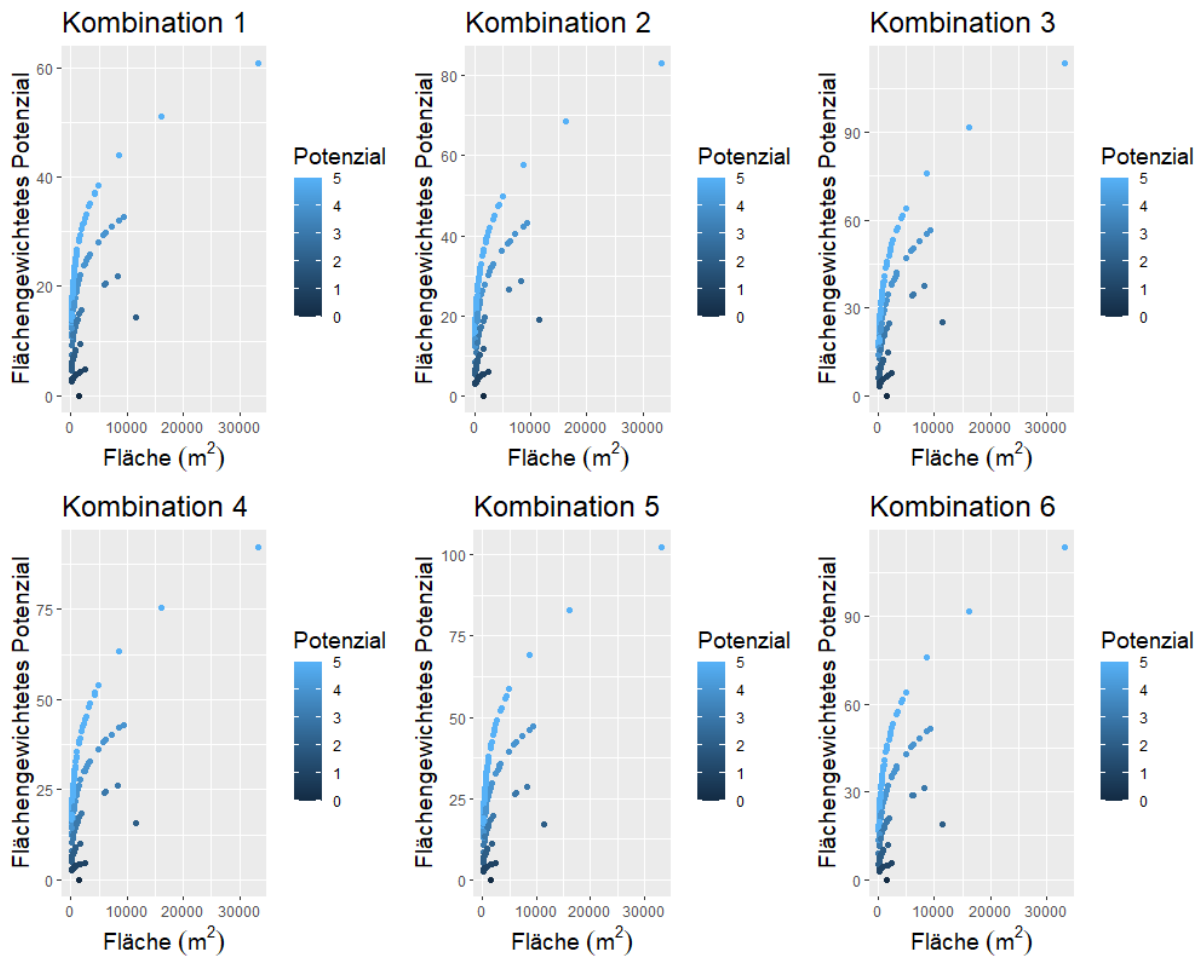


Abbildung 21: Vergleich des flächengewichteten Potenzials für alle sechs Kombinationen von z-Werten.

Wie die Abbildungen 20 und 21 zeigen, haben alle Kombinationen sehr ähnliche Ergebnisse. Sie unterscheiden sich v.a. in ihrem Wertebereich, das Muster bleibt jedoch dasselbe. Hier wurde die Kombination mit der kleinsten Standardabweichung (Kombination 1) gewählt. Für die Berechnung des flächengewichteten Zustands und Potenzials wurden also die in Tabelle 16 ersichtlichen Formeln verwendet.

Tabelle 16: Formeln zur Berechnung des flächengewichteten Zustands und Potenzials.

Qualitative Bewertung	Flächengewichtete Bewertung
0	0
1	$A^{0.2}$
2	$2 \cdot A^{0.21}$
3	$3 \cdot A^{0.22}$
4	$4 \cdot A^{0.23}$
5	$5 \cdot A^{0.24}$

So erhält aber jedes Objekt einen individuellen numerischen Wert. Die flächengewichteten Werte wurden deshalb wieder kategorisiert. Wie bei der qualitativen Bewertung sind 0-Werte eine eigene Klasse. Bei der Kategorisierung der übrigen flächengewichteten Werte sind einige Punkte zu berücksichtigen. Flächen, die qualitativ noch aufgewertet werden können, sollten nach der Kategorisierung nicht den gleichen Zustands- wie Potenzialwert haben. Umgekehrt dürfen Flächen, die nicht mehr aufgewertet werden können, keinesfalls einen kleineren Zustands- als Potenzialwert haben. Letzteres kann verhindert werden, indem die

gleichen Klassengrenzen für Zustand und Potenzial verwendet werden. Wird der Zustand eines Objekts von 5 auf einen kleineren Wert abgestuft, so wird auch das Potenzial abgestuft und der Wirkungsgrad bleibt 0. Sobald der Wirkungsgrad aus den kategorisierten flächengewichteten Werten berechnet wird, ist aber der erste Fall kaum zu vermeiden, da die Kategorisierung immer ein Verlust von Genauigkeit bedeutet. Eine Lösung dafür ist, den Wirkungsgrad aus den nicht-kategorisierten Werten zu berechnen und erst dann zu kategorisieren. So ist sichergestellt, dass nur Flächen, die sich nicht mehr aufwerten lassen, einen Wirkungsgrad von 0 erreichen.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Re-Kategorisierung der flächengewichteten Zustands- und Potenzialwerte ist, dass die Streuung der flächengewichteten Werte umso grösser ist, je grösser der qualitative Wert und somit auch der verwendete z-Wert ist. Um zu vermeiden, dass Objekte mit höheren qualitativen Werten viel differenzierter klassifiziert werden als Objekte mit tiefen qualitativen Werten, wurden die Wertebereiche der Kategorien entsprechend der Streuung angepasst. Zu diesem Zweck wurde für jedes Objekt berechnet, wie gross der flächengewichtete Wert für jeden qualitativen Wert wäre. Dem Datensatz wurden also fünf Spalten hinzugefügt:

$$\text{Spalte 1} = \text{Fläche}^{0.2}$$

$$\text{Spalte 2} = 2 \cdot \text{Fläche}^{0.21}$$

$$\text{Spalte 3} = 3 \cdot \text{Fläche}^{0.22}$$

$$\text{Spalte 4} = 4 \cdot \text{Fläche}^{0.23}$$

$$\text{Spalte 5} = 5 \cdot \text{Fläche}^{0.24}$$

Für diese Spalten wurde jeweils die Standardabweichung berechnet als Mass für die Streuung jedes qualitativen Werts⁴. Die Klassengrenzen wurden dann wie folgt definiert:

$$\text{Grenze 1} = \text{Mittelwert}(\text{Flächengewichteter Zustand aller Objekte mit qualitativem Zustand 1}) \\ + \text{Standardabweichung}(\text{Spalte 1})$$

$$\text{Grenze 2} = \text{Mittelwert}(\text{Flächengewichteter Zustand aller Objekte mit qualitativem Zustand 2}) \\ + \text{Standardabweichung}(\text{Spalte 2})$$

$$\text{Grenze 3} = \text{Mittelwert}(\text{Flächengewichteter Zustand aller Objekte mit qualitativem Zustand 3}) \\ + \text{Standardabweichung}(\text{Spalte 3})$$

$$\text{Grenze 4} = \text{Mittelwert}(\text{Flächengewichteter Zustand aller Objekte mit qualitativem Zustand 4}) \\ + \text{Standardabweichung}(\text{Spalte 4})$$

$$\text{Grenze 5} = \text{Mittelwert}(\text{Flächengewichteter Zustand aller Objekte mit qualitativem Zustand 5}) \\ + \text{Standardabweichung}(\text{Spalte 5})$$

Anstatt wie bei der qualitativen Bewertung fünf Kategorien zu erstellen, wurden sechs Kategorien geschaffen. Dies hat den Vorteil, dass grosse Flächen mit hohem Potenzial besser abschneiden können als kleinere Flächen mit hohem Potenzial. Alle Werte zwischen 0 und der Grenze 1 wurden der Kategorie 1 zugeordnet,

⁴ Der Ansatz verfolgt dabei nicht den Anspruch, mathematisch sinnvoll zu sein, hat sich aber im Vergleich mit Alternativen als geeigneter herausgestellt.

alle Werte ab der Grenze 1 bis zur Grenze 2 der Kategorie 2 usw. Eine Übersicht über die entstandenen Kategorien gibt Tabelle 17.

Tabelle 17: Kategorisierung des flächengewichteten Zustands und Potenzials.

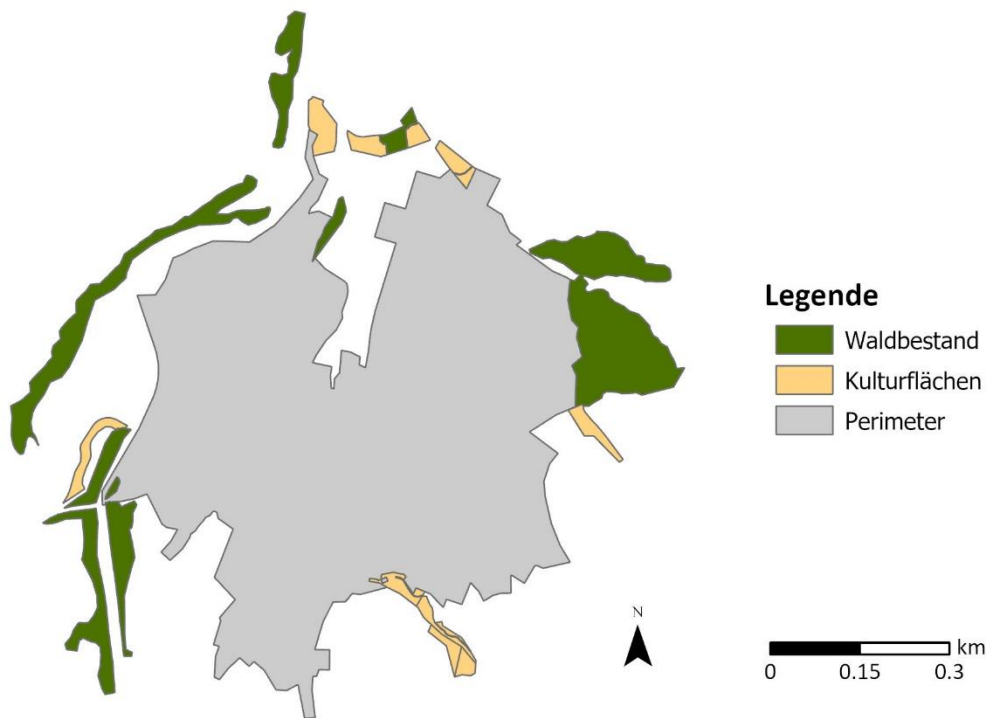
Kategorie des Zustands bzw. Potenzials	Wertebereich
0	0
1	$0 < x \leq \text{Grenze 1}$
2	$\text{Grenze 1} < x \leq \text{Grenze 2}$
3	$\text{Grenze 2} < x \leq \text{Grenze 3}$
4	$\text{Grenze 3} < x \leq \text{Grenze 4}$
5	$\text{Grenze 4} < x \leq \text{Grenze 5}$
6	$\text{Grenze 5} < x$

Der Wirkungsgrad wurde nun wie bereits erwähnt aus den noch nicht kategorisierten flächengewichteten Werten berechnet. Erst danach wurde der Wirkungsgrad kategorisiert. Dafür wurden die gleichen Grenzen genommen wie für die Kategorien des flächengewichteten Zustands und Potenzials.

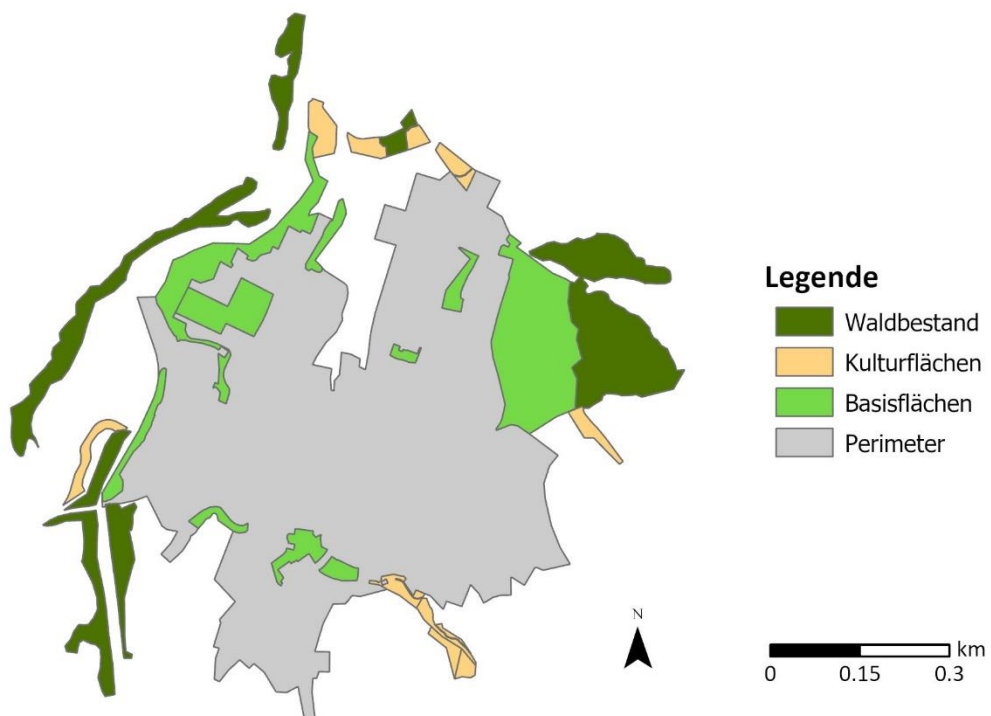
Die hier gewählte Kategorisierungsmethode wurde mit mehreren Alternativen verglichen. Als Alternative in Erwägung gezogen wurde die Unterteilung des Bereichs von 0 bis zum maximalen flächengewichteten Zustand in fünf oder sechs gleich grosse Kategorien. Auch die Unterteilung des Bereichs vom minimalen zum maximalen flächengewichteten Zustand in fünf oder sechs gleich grosse Klassen wurde geprüft. Bei allen Alternativen war die Unterteilung in sechs Kategorien zusätzlich zur Kategorie 0 geeigneter als die Unterteilung in fünf Kategorien. Beide Alternativen wurden aber als weniger geeignet als die Kategorisierung mittels Standardabweichung eingestuft, da mehr Objekte in die Zustandskategorie 6 als in die Kategorie 5 eingeteilt würden. Auch die Unterteilung nach Quantilen wurde verworfen, da dies dazu führen würde, dass auch qualitativ sehr schlechte Flächen in eine hohe Kategorie rutschen können, wenn ein Siedlungsraum kaum wertvolle Flächen aufweist.

10.4 Erstellen der Massnahmenkarte

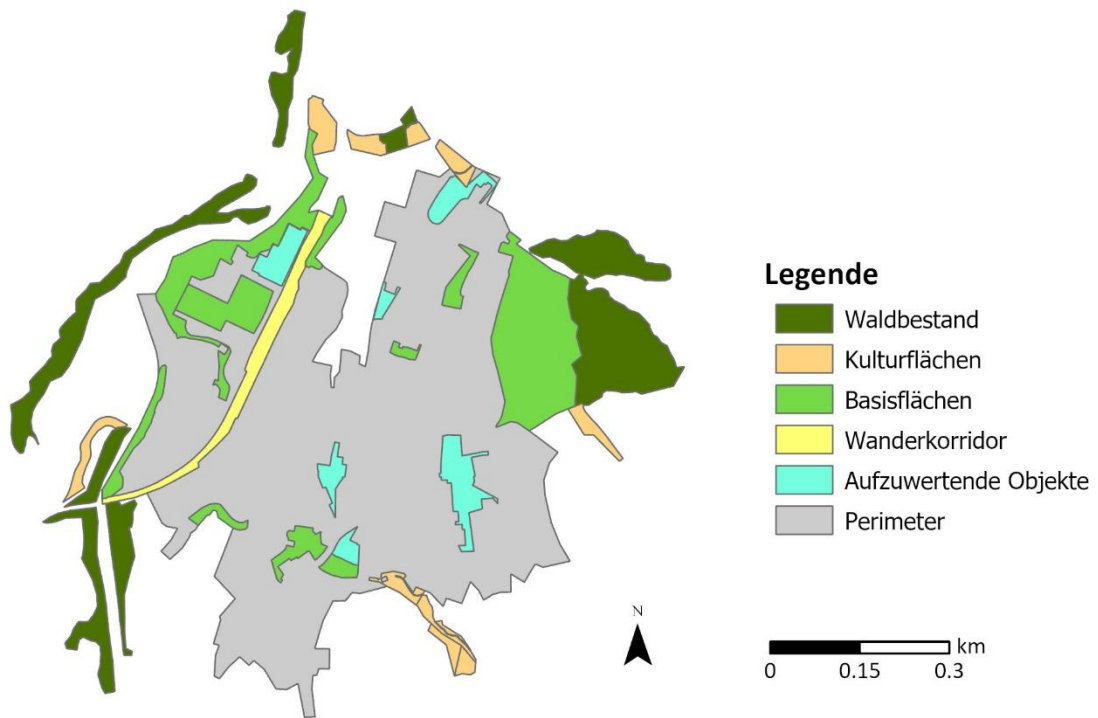
Schritt 1: Auswahl der ökologisch wertvollen Flächen im Umkreis von 50 Metern des Projektperimeters.



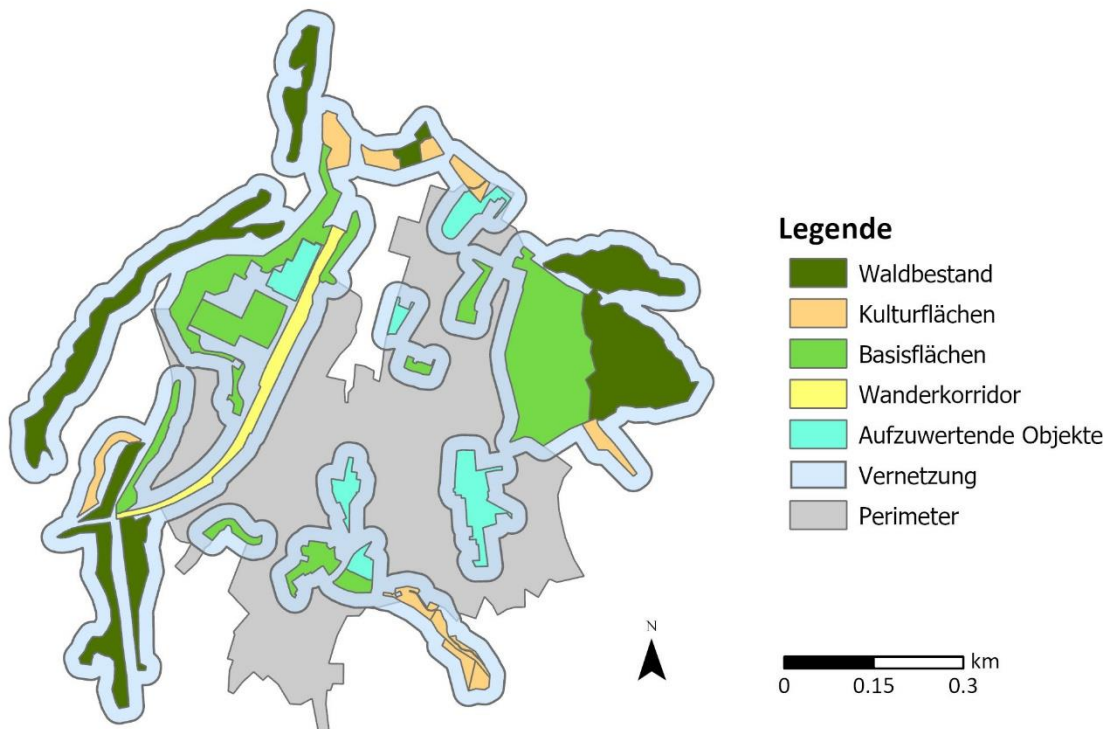
Schritt 2: Auswahl der Basisflächen mit flächengewichtetem Zustand 5 und 6.



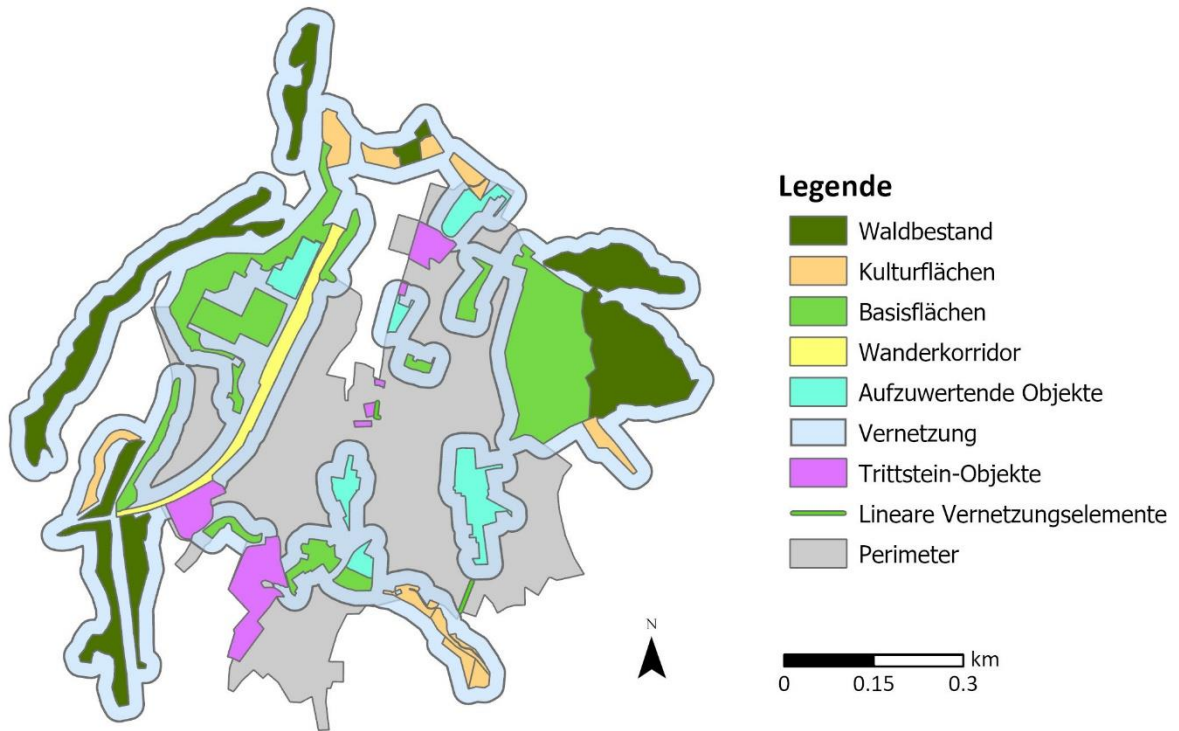
Schritt 3: Auswahl der aufzuwertenden Objekte mit Wirkungsgrad 5 und 6 sowie der Wanderkorridore.



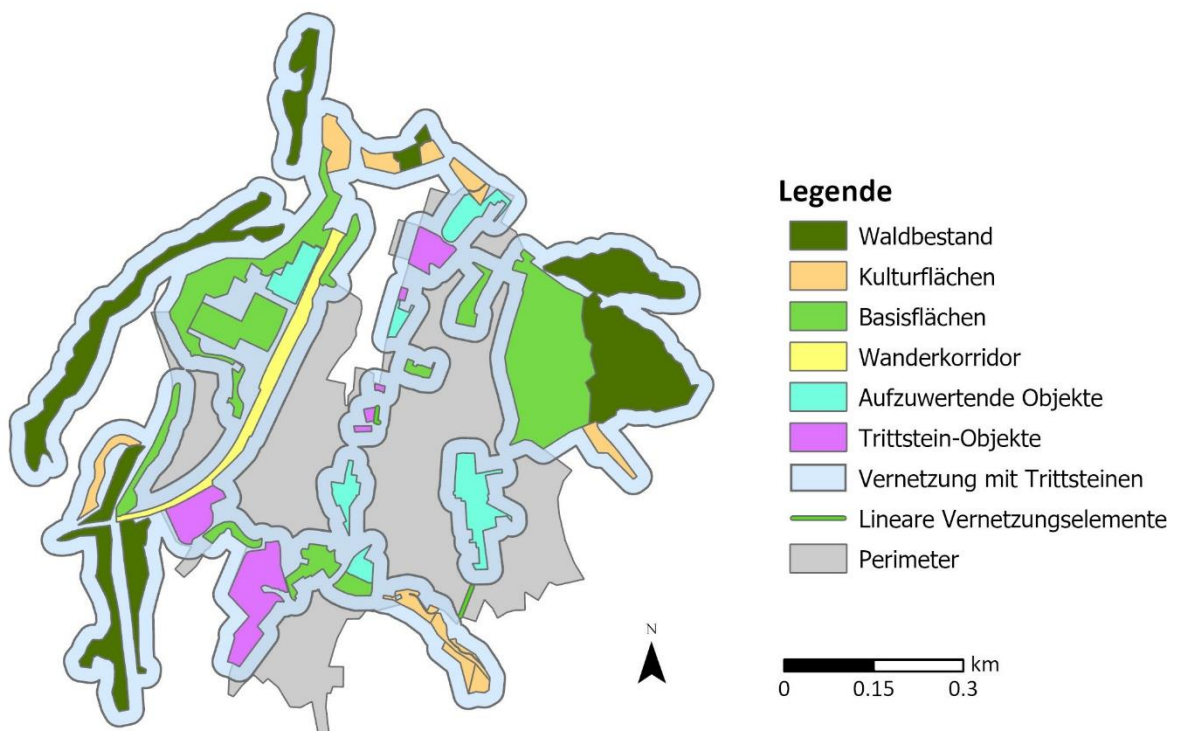
Schritt 4: Überprüfen der Vernetzung.



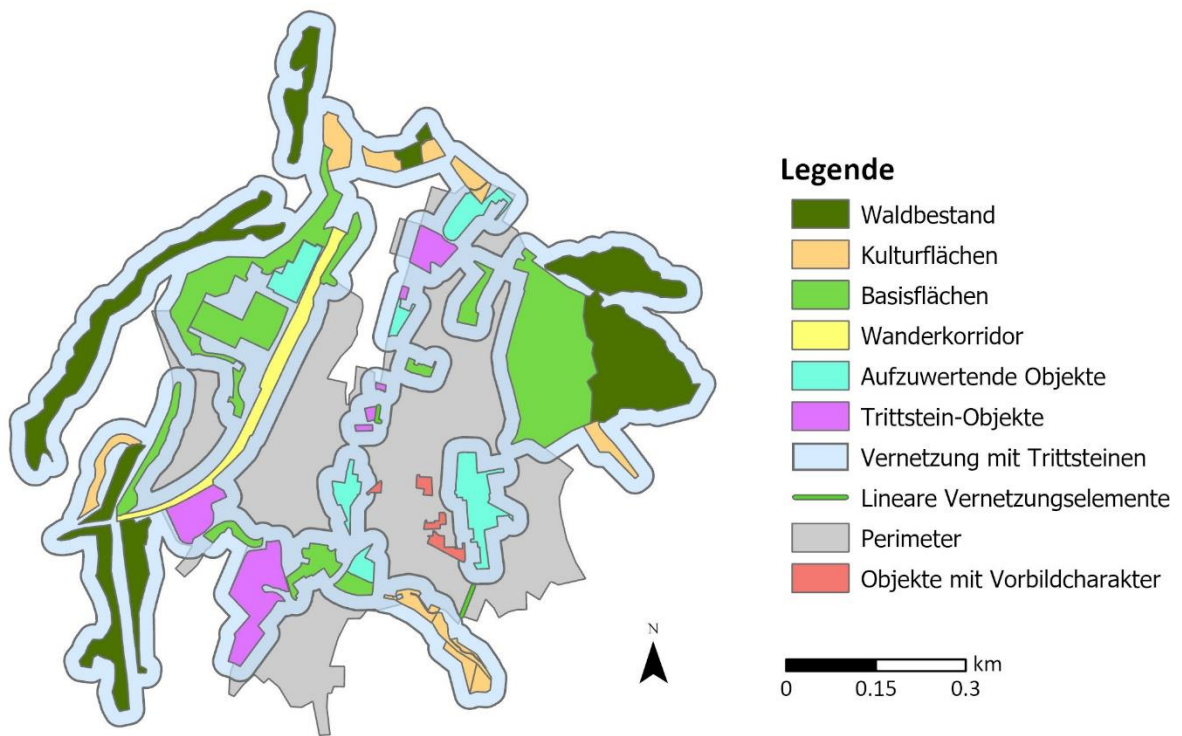
Schritt 5: Auswahl weiterer Trittstein-Objekte und linearer Vernetzungselemente zur Verbesserung der Vernetzung.



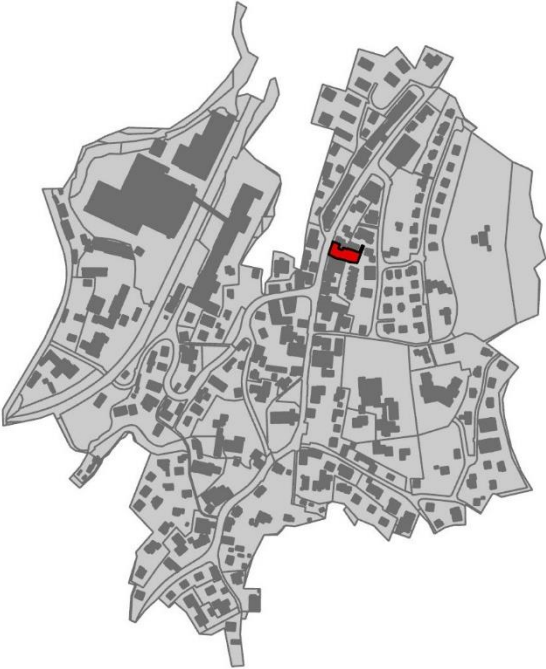
Schritt 6: Überprüfen der Vernetzung.



Schritt 7: Auswahl von Objekten mit Vorbildcharakter, d.h. von öffentlichen Objekten, die relativ gut aufgewertet werden können und von der Bevölkerung gut besucht sind.



10.5 Objektblätter

7. Ruderalstandort	
<p>Fläche: 821 m²</p> <p>Zustand: 5 Potenzial: 5 Wirkungsgrad: 0</p>	
Funktion	Basisfläche
Eigentümer	Privat
Beschreibung	Bei diesem Objekt handelt es sich um eine ökologisch sehr wertvolle Ruderalfläche. Das Haus auf dem Grundstück wird restauriert, so dass der Garten zwischenzeitlich sich selbst überlassen wurde. Sobald die Restauration fertig ist, wird dieser Standort vermutlich verloren gehen.
Massnahmen	Hier ist es wichtig, die Hausbesitzer zu sensibilisieren, damit anstelle des Ruderalstandorts nicht eine wertlose Rasenfläche, sondern ein wertvoller Garten entsteht. Ausserdem wäre es ideal, laufend dafür zu sorgen, dass im Siedlungsraum immer wieder temporäre Ruderalflächen entstehen, z.B. auf Baustellen oder auf zwischenzeitlich ungenutzten Flächen.
Pflege	Der Standort kann sich selbst überlassen werden. Falls sich invasive Neophyten ausbreiten, sollten diese entfernt werden. Um die Entstehung neuer Ruderalstandorte zu fördern, könnten an geeigneten Stellen typische Ruderalpflanzen gesät werden.

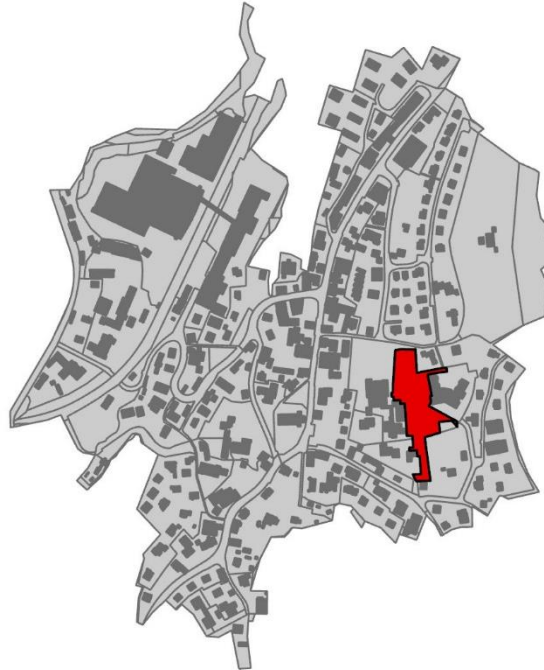
12. Parkanlage

Fläche: 7254 m²

Zustand: 2

Potenzial: 5

Wirkungsgrad: 5



Funktion	Aufzuwertendes Objekt
----------	-----------------------

Eigentümer	Gemeinde Entlebuch
------------	--------------------

Beschreibung	Die Parkanlage weist bereits Teilflächen auf, die in einem relativ guten Zustand sind. So sind verschiedene Einzelbäume, Baum- und Gebüschgruppen zu finden. Auch gewisse Teile der Wiese sind in einem eher guten Zustand. Allerdings sind auch weite Teile von wenig wertvoller Wiese bedeckt.
--------------	--

Massnahmen	<p>Eine besonders geeignete Massnahme für diese Parkanlage ist das Ansäen einer Blumenwiese. Dafür bieten sich insbesondere die Wiesenflächen im südlichen Teil der Anlage an, die weniger von Kindern zum Spielen genutzt werden. Eine geeignete Samenmischung wäre z.B. <i>HoloSem® Alpennordflanke</i>.</p> <p>Weitere geeignete Massnahmen sind das Pflanzen standortgerechter Einzelbäume, Sträucher und Gebüsch, das Anlegen von Krautbereichen um die Gehölzpflanzen herum, das Anlegen von Wildwuchszonen und das Anlegen von Ast- und Laubhaufen bzw. Totholz. Geeignete Gehölzarten sind u.a. die Winterlinde (<i>Tilia cordata</i>), die Hängebirke (<i>Betula pendula</i>), der Schwarzdorn (<i>Prunus spinosa</i>) und die Gemeine Hundsrose (<i>Rosa canina</i>).</p>
------------	---

Pflege	Die Blumenwiesen sollten nur ein- bis zweimal im Jahr abschnittsweise gemäht werden, wobei der erste Schnitt frühestens im Juni gemacht werden sollte. Der Rasen im Bereich der Spielgeräte kann häufiger gemäht werden. Krautbereiche um die Gehölzpflanzen müssen nur alle drei bis vier Jahre gemäht werden, ebenso allfällige Wildwuchszonen.
--------	---

17. Gleisanlage

Fläche: 11461 m²

Zustand: 0

Potenzial: 3

Wirkungsgrad: 3



Funktion

Wanderkorridor

Eigentümer

Schweizerische Bundesbahnen (SBB)

Beschreibung

Der zentrale Teil der Gleisanlage ist grösstenteils versiegelt. Wo Pflanzen wachsen können, ist die Vegetation bis jetzt spärlich und wenig artenreich. Die Böschungen im Norden sind von mässig wertvoller Wiese bedeckt.

Massnahmen

Für die Aufwertung der Fläche um das Abstellgleis, die momentan eher spärlich mit Gräsern bewachsen ist, bietet sich eine Ruderalansaat an, sofern dies den Betrieb der Bahnanlage nicht behindert. Im nördlichen Bereich der Gleisanlage können zudem die Böschungen aufgewertet werden. Dafür eignet sich das Anlegen von Asthaufen, Steinhaufen, Totholz und Ähnlichem.

Pflege

Ruderalflächen sollten immer wieder gestört werden, beispielsweise durch das Ausreissen von Pflanzen. Neophyten, die sich gerne auf Ruderalflächen ausbreiten, sollten gezielt bekämpft werden. Die Böschungen sind nur so oft zu mähen, wie für die Sicherheit des Bahnverkehrs nötig ist. Der erste Schnitt sollte wenn möglich erst im Sommer nach dem Absamen stattfinden. Ein Abschnitt sollte immer stehen bleiben. Die neu angelegten Strukturen sind wenn nötig von darüberwuchernden Pflanzen zu befreien.

27. Platz

Fläche: 268 m²

Zustand: 0

Potenzial: 3

Wirkungsgrad: 3



Funktion

Objekt mit Vorbildcharakter

Eigentümer

Gemeinde Entlebuch

Beschreibung

Der ökologische Wert dieses Platzes ist sehr gering, da er vollständig versiegelt ist. Die Vegetation beschränkt sich auf eine Baumreihe bestehend aus vier Bäumen sowie auf Blumenkistchen.

Massnahmen

Für die meisten Massnahmen müsste der Platz zumindest teilweise entsiegelt werden. Dieser Aufwand ist relativ gross, weshalb Kräuter- und Blumenkisten, Pflanzenkübel und Hochbeete die am besten abschneidenden Massnahmen sind. Je nach Tiefe der Kisten oder Töpfe kann der Platz so sowohl mit Blumen wie z.B. Kornblumen (*Centaurea cyanus*) als auch mit Sträuchern wie der Gewöhnlichen Hundsrose (*Rosa canina*) begrünt werden. Der Platz eignet sich ausserdem sehr für Sensibilisierungsmassnahmen. Eine Möglichkeit wäre, mit Schildchen in den Blumenkisten über die darin zu findenden Arten zu informieren und aufzuzeigen, welche Tiere damit gefördert werden können.

Pflege

Auf den Einsatz von Pestiziden und Dünger ist zu verzichten.

28. Parkanlage

Fläche: 665 m²

Zustand: 2

Potenzial: 4

Wirkungsgrad: 3



Funktion

Objekt mit Vorbildcharakter

Eigentümer

Gemeinde Entlebuch

Beschreibung

Diese Parkanlage hat bereits einen gewissen ökologischen Wert. So gibt es bereits mehrere Bäume und Gebüsch. Ein grosser Teil ist aber von wenig wertvoller, artenarmer Wiese bedeckt.

Massnahmen

Eine geeignete Aufwertungsmassnahme wäre, im Randbereich der Wiese Ast- und Laubhaufen anzulegen. Auch eine Totholz-Steile könnte aufgestellt werden. Eine Infotafel könnte über den ökologischen Wert solcher Strukturen informieren. So trägt die Parkanlage zur Sensibilisierung bei und zeigt auf, dass auch solche Strukturen ökologisch wertvoll sind und nicht immer sofort aus einem Garten geräumt werden sollten.

Eine andere geeignete Massnahme ist das Pflanzen von weiteren standortgerechten Sträuchern wie z.B. eingriffeligem Weissdorn (*Crataegus monogyna*), zweigriffeligem Weissdorn (*Crataegus laevigata*) oder Eberesche (*Sorbus aucuparia*). Um die Sträucher und Bäume sowie im Randbereich könnten ausserdem mit Hochstauden bewachsene Wildwuchszonen geschaffen werden. Bei diesen zwei Massnahmen sollte aber darauf geachtet werden, dass noch genug Platz bleibt, damit Kinder spielen können.

Pflege

Die neu angelegten Lebensraumstrukturen sind wenn nötig von darauf wachsenden Pflanzen zu befreien. Krautbereiche und Wildwuchszonen um die Gehölzpflanzen und im Randbereich sollten nur alle drei bis vier Jahre gemäht werden. Der restliche Teil der Wiese kann öfter gemäht werden, um eine klare Abgrenzung zwischen

dem naturnahen Teil und dem Teil für die Nutzung durch den Menschen zu schaffen.

29. Abstandsgrün

Fläche: 524 m²

Zustand: 0

Potenzial: 4

Wirkungsgrad: 4



Funktion	Objekt mit Vorbildcharakter
Eigentümer	Gemeinde Entlebuch
Beschreibung	Dieses Objekt besteht bis auf vier relativ neu gepflanzte Einzelbäume aus sterilem Rasen.
Massnahmen	Durch die Ansaat einer Blumenwiese könnte diese Rasenfläche effektiv aufgewertet werden. Als Samenmischung ist beispielsweise <i>HoloSem® Alpennordflanke</i> geeignet. Statt der Ansaat einer Blumenwiese käme auch das Pflanzen weiterer standortgerechter Einzelbäume und/oder Sträucher in Frage. Geeignete Arten wären beispielsweise die Wildbirne (<i>Pyrus pyras-ter</i>), die Hängebirke (<i>Betula pendula</i>) oder die Mehlbeere (<i>Sorbus aria</i>). Um die Sträucher und Einzelbäume herum könnten dann Wildwuchsbereiche angelegt werden.
Pflege	Die Blumenwiesen sollten nur ein- bis zweimal im Jahr abschnittsweise gemäht werden, wobei der erste Schnitt frühestens im Juni gemacht werden sollte. Krautbereiche um die Gehölzpflanzen müssen nur alle drei bis vier Jahre gemäht werden.

30. Spielplatz

Fläche: 1185 m²

Zustand: 0

Potenzial: 4

Wirkungsgrad: 4



Funktion

Objekt mit Vorbildcharakter

Eigentümer

Gemeinde Entlebuch

Beschreibung

Das Objekt ist momentan ökologisch wertlos, da es fast vollständig von sterilem Rasen bedeckt ist. Eine Ausnahme bilden wenige Einzelbäume. Die Aufwertung dieses Objekts wäre pädagogisch sehr wertvoll, da es in unmittelbarer Nähe des Schulhauses Bodenmatt sowie des Kindergartens liegt.

Massnahmen

Die Rasenfläche könnte durch die Ansaat einer Blumenwiese aufgewertet werden. Es eignet sich die Samenmischung *HoloSem® Alpen-nordflanke*. Zusammen mit dem Objekt 29 und dem Objekt 12, für die dies ebenfalls die geeignetste Massnahme ist, würde so ein gut vernetztes System von Blumenwiesen entstehen.

Auch Wildwuchsbereiche mit Hochstauden um die bestehenden Einzelbäume und Büsche wären eine gute Aufwertungsmaßnahme. Zudem könnten auch weitere standortgerechte Bäume und Sträucher gepflanzt und ebenfalls von Wildwuchsbereichen umsäumt werden.

Als zusätzliche Massnahme kommt ein Wildbienenhaus in Frage. Zwar fällt die Bewertung dieser Massnahme nicht besonders hoch aus, doch sie ist für pädagogische Zwecke geeignet und ist besonders für Kinder sehr anschaulich. Ausserdem ist es eine gute Ergänzung der Blumenwiese, weil das Blütenangebot für die Bienen vorhanden ist. Da der Aufwand für ein Wildbienenhaus sehr niedrig ist, könnte dieses deshalb ohne Weiteres auf der Fläche aufgestellt werden.

Pflege

Die Blumenwiesen sollten nur ein- bis zweimal im Jahr abschnittsweise gemäht werden, wobei der erste Schnitt frühestens im Juni gemacht werden sollte. Der Rasen um die Spielgeräte herum kann häufiger gemäht werden. Krautbereiche um die Gehölzpflanzen müssen nur alle drei bis vier Jahre gemäht werden, ebenso allfällige Wildwuchszonen. Das Wildbienenhaus sollte jedes Jahr mit neuen Stängeln ergänzt werden, wobei die alten Stängel mehr als ein Jahr im Haus gelassen werden können.



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):

Verfasst von (in Druckschrift):

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.

Name(n):

Vorname(n):

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

Unterschrift(en)

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