

Heck.in

Anwendungshandbuch

Langfassung

Hecken und ihre Ökosystemleistungen – eine Bewertung anhand von Indikatoren



IMPRESSUM

Autor:innen

Alexandra Dürr^{1,2}, Johanna Loicht¹, Peter Strauss¹, Rosemarie Hösl², Thomas Weninger¹

¹ Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, <https://www.baw.at/wasser-boden.html>

² Verein Land schafft Wasser, <https://www.landschaftwasser.at>

Kontakt: thomas.weninger@baw.at

In Zusammenarbeit mit der Niederösterreichischen Agrarbezirksbehörde, gefördert durch den Niederösterreichischen Landschaftsfonds.

Herausgeber

Bundesamt für Wasserwirtschaft
Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt
Pollnbergstraße 1
3252 Petzenkirchen

Zitiervorschlag

Dürr, A., Loicht, J., Strauss, P., Hösl, R., Weninger, T. (2023): Heck.in. Hecken und ihre Ökosystemleistungen – eine Bewertung anhand von Indikatoren. Anwendungshandbuch Langfassung. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Petzenkirchen, AT, Eigenverlag. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8013698>

English Version: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8048413>

Petzenkirchen, Juni 2023



INHALT

1. Einführung	4
1.1 Grundlagen und Anreize	5
1.2 Hecken	6
1.3 Ökosystemleistungen	6
2. Literaturüberblick	9
3. Die Theorie hinter Heck.in	14
3.1 Die Auswahl der Indikatoren	16
3.2 Die Auswahl der ÖSL	17
3.3 Die Verknüpfung von Indikatoren und ÖSL	18
3.4 Das Berechnungsverfahren der ÖSL	19
3.5 Anwendungsmöglichkeiten	20
4. Aufnahme der Indikatoren	21
4.1 Aufnahme am Computer	23
4.2 Aufnahme vor Ort	27
5. Bewertung der Ökosystemleistung	38
Rohstoffe aus der Hecke	40
Ertragssteigerung auf Nachbarflächen	42
Klimaschutz	44
Wasserschutz	47
Bodenschutz	49
Nähr- und Schadstoffkreisläufe	51
Bestäubung	53
Schädlings- und Krankheitskontrolle	56
Nahrungsquelle	59
Korridor	61
Fortpflanzungs- und Ruhestätte	63
Erholung und Tourismus	67
Kulturerbe	70
6. Fallstudien	72
6.1 Bewertungskontext	73
6.2 Ergebnisse	74
7. Zusammenfassung	80
Literatur	82
Abbildungen	95
Tabellen	95
Anhang	96
Anhang 1: Aufnahmebogen	97
Anhang 2: klimatische Wasserbilanz	98
Anhang 3: traditionelle Heckenregionen	99

1. EINFÜHRUNG



1.1 GRUNDLAGEN UND ANREIZE

Hecken gelten als äußerst wichtigste Bestandteile ländlicher Landschaften weltweit (BAUDRY et al. 2000). Seit Beginn der Landwirtschaft etwa 5000 bis 4000 v. Chr. sind Hecken in Europa Teil der Agrarlandschaft. Während dieser Zeit wurden vorherrschenden dichten Wälder von den Menschen gerodet, um Platz für Landwirtschaft und Viehzucht zu schaffen. Als die Landwirtschaft in der Bronzezeit immer intensiver wurde, wurden die Wälder weiter gerodet und die daraus gewonnenen Flächen für Felder und Weiden genutzt. Um diese Felder und Weiden zu schützen, wurden Hecken angelegt. Im ausgehenden Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit hatten Hecken in der Agrarlandschaft ihre größte Ausdehnung (MACHMERTH et al. 2020).

Mit der landwirtschaftlichen Revolution um 1700 und noch stärker mit dem Ende des Zweiten Weltkrieges schritten großflächige Änderungen der Landnutzung und Intensivierung der agrarischen Flächennutzung voran. Besonders nach 1945 wurden durch einen noch nie zuvor stattgefundenen Industrialisierungsschub landwirtschaftliche Aktivitäten intensiviert und einförmige Landschaften mit sinkender Strukturausstattung entstanden (MASSAD et al. 2019). Große Teile der vorhandenen Feldgehölz-Flächen wurden gerodet, vor allem, um die Bearbeitung der intensiv genutzten Flächen mit größeren Maschinen zu erleichtern.

Als Folge dieser Entwicklungen nehmen heute Probleme wie Erosion, gestörte Nährstoffkreisläufe und Boden-degradation Ausmaße an, die die Sicherheit der zukünftigen Ernährungsversorgung infrage stellen (STOATE et al. 2001; AMUNDSON et al. 2015). Doch auch abseits der Problematik der Bodendegeneration führt die Vereinheitlichung der Landschaftsstruktur zu weitreichenden Problemen: Lebensraummangel treibt das weltweite Artensterben voran (BROOKS et al. 2002) und für die Landwirtschaft, besonders auch in Niederösterreich, erwachsen Herausforderungen durch Veränderungen des Klimas, die Änderungen des Wasserangebots und der Bodenfruchtbarkeit nach sich ziehen (HASLMAYR et al. 2019).

Eine gut strukturierte Agrarlandschaft vermag solchen negativen Entwicklungen entgegenzuwirken. In diesem Bewusstsein wird die Neuanlage und Revitalisierung eines effektiven Netzwerks von Feldgehölzen, Windschutzgürteln und Hecken in vielen Ländern von diversen Stakeholdern ideell und materiell gefördert. In Niederösterreich ist hier vor allem die NÖ Agrarbezirksbehörde zu nennen, die seit Jahrzehnten die Realisierung von Windschutzgürteln unterstützt und massiv fördert. Den bäuerlichen Betrieben, die diese Flächen bewirtschaften, stellt sich allerdings die Aufgabe, die langfristigen Vor- und Nachteile für ihren Betrieb abzuwägen und zu entscheiden, ob sie Hecken oder ähnliche Landschaftselemente (LSE) etablieren wollen. Die Möglichkeiten, neue LSE zu fördern, werden regelmäßig diskutiert und von politischer Seite überarbeitet.

Im Zuge einer möglichst effektiven Ausgestaltung der betreffenden Instrumente wird sich die Frage stellen, welche Wirkungen abseits der Windschutzwirkung LSE aufweisen und wie solche Effekte ökologisch und ökonomisch bewertet werden können. Um eine solche Bewertung objektiv und datenbasiert zu schaffen, fehlt einerseits eine umfassende Zusammenschau, die belastbare wissenschaftliche Erkenntnisse aus den vielen involvierten Prozessen und Funktionen gebündelt zur Verfügung stellt (HADDAWAY et al. 2018). Andererseits fehlt aber auch ein Bewertungsschema, das die verschiedenen ökologischen Teilfunktionen zusammenbringt und einen Überblick darüber schafft, welche ökologischen Funktionen LSE erfüllen und ob und wie sie bewertet werden können.

In diesem Leitfaden wird ein solches Bewertungssystem beschrieben, in dem umfassende Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Studien zu den Prozessen und Funktionen im Umfeld von Hecken zusammengefasst wurden. Die Bewertung erfolgt anhand des Konzepts der Ökosystemleistungen in einfacher und ohne Vorkenntnisse umsetzbarer Art und Weise. Erste Zielgruppe sind Beratende, Planende und Verantwortliche für die Vergabe von Fördermitteln aus dem Verwaltungsbereich, das System kann aber von einer breiten Masse an Naturinteressierten verwendet werden, vor allem auch für Lehr- und Anschauungszwecke.

1.2 HECKEN

Hecken sind lineare Elemente in der Kulturlandschaft, die hauptsächlich aus Sträuchern und Bäumen bestehen (GLÜCK & KREISEL 1986; DEFRA 2007; SCHWEIGER 2016; AMA 2020). Die genauere Definition einer Hecke stellt eine Herausforderung dar, da Hecken regionalen Unterschieden in Form und Funktion unterliegen (WRIGHT 2016). Ihre Entstehung beruht zumeist entweder auf einer passiven Duldung auf nicht mehr bewirtschafteten Flächen (natürliche Sukzession), auf ihrer Förderung auf Ackerrainen, Lesesteinhaufen und Ödflächen oder auf einer aktiven Anpflanzung für die Erfüllung bestimmter Funktionen, wie beispielsweise Windschutz, Grenzmarkierung oder Vogelschutz (ROTTER & KNEITZ 1977). Hecken sind also LSE anthropogenen Ursprungs (ROTTER & KNEITZ 1977; GLÜCK & KREISEL 1986). Traditionell wurden sie als Grenzmarkierungen, Schutz vor Wind, Wild und Weidevieh, zur Gewinnung von Brenn-, Werkzeug- und Bauholz sowie als Quelle von Flechtmaterial, Viehfutter und Wildobst verwendet (BAUDRY et al. 2000; OIKOS & STIPA 2008).

Die Mindestbreite für eine Hecke wird von der NÖ AGRARBEZIRKSBEHÖRDE (2021) mit 4 m angegeben, andere Quellen geben 2 m als Mindestbreite einer Hecke an (LFL 2005; SCHWEIGER 2016). Auch die Agrarmarkt Austria gibt eine Mindestbreite von 2 m vor, zusammen mit einer Mindestlänge von 20 m und einer Mindestfläche von 50 m² (AMA 2020).

Auch Maximalwerte werden in verschiedenen Quellen angegeben: Laut dem österreichischen Forstgesetz (ForstG 1975 § 1a. Abs. 1) gilt eine mit forstlichem Bewuchs bestockte Fläche von mindestens 1.000 m² und einer durchschnittlichen Breite von mindestens 10 m als Wald. Doch auch unter dieser Mindestfläche gibt es Maximalbreiten für Hecken, die häufig mit 10 m (LFL 2005; SCHWEIGER 2016; AMA 2020), in einigen Fällen auch mit 12 m (NÖ LANDSCHAFTSFONDS; ROTTER & KNEITZ 1977) bis hin zu 15 m (POHLE 1978, nach BLAB 1993) angegeben sind. Auch die Definition einer maximalen Kronenbreite von bis zu maximal zwei Baumlängen ist gebräuchlich (FEDERSPIELER 2012). Nach ZWÖLFER et al. (1984) sind Hecken ein „unreifes“ Ökosystem, das nur durch Pflegemaßnahmen in einem mittleren Sukzessionsstadium gehalten werden kann. Wird eine Pflege für längere Zeit unterlassen, geht die Heckenvegetation in ein stabiles Klimaxstadium, etwa einen Hainbuchen-Eichenwald, über.

Die Einteilung von verschiedenen Heckentypen kann in vielfältiger Weise geschehen: Eine weitläufige Klassifizierung von Hecken ist die Einteilung nach Strukturtyp. Verbreitete Typen hierfür sind Niederhecke, Hochhecke, Mischhecke und Baumhecke (BLAB 1993; SEMRAD 2002) bzw. Strauchhecke, gemischte Hecke und Baumhecke (SCHWEIGER 2016). Auch nach der Art ihrer Pflege können Hecken eingeteilt werden – hier gibt es zum Beispiel Schnitthecken, Kopfhecken und Stockhecken (KURZ & MACHATSCHEK 2001). Eine weitere Möglichkeit ist die Einteilung nach kulturhistorischer Entstehung, in Deutschland sind das beispielsweise Gäulandhecken und maritime Grünlandhecken (TROLL 1951). Außerdem kann eine Einteilung auch nach Vegetationsgesellschaft, z.B. Pruno-Ligustretum, Carpino-Prunetum, Prunus spinosa-(Prunetalia)-Gesellschaft, Corylus avellana-Gesellschaft u.v.m. (SCHULZE et al. 1984) sowie nach Biotoptyp, z.B. mesophile Baumhecken, bodensaure Baumhecken, Strauchhecken mit Obststräuchern und Weinreben u.v.m. (ESSL et al. 2004; FEDERSPIELER 2012) erfolgen.

1.3 ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

Das Konzept der Ökosystemleistungen (ÖSL) fand ab den 1990er Jahren Einzug in die internationale Umweltdebatte (GRUNEWALD & BASTIAN 2012). Diesem Prinzip liegt die Bemühung zugrunde, den für den Menschen nutzbringenden Output der Umwelt durch Identifizierung sowie Bewertung greifbar zu machen und dementsprechend die Einbindung in Entscheidungsprozesse zu gewährleisten. Dadurch soll eine nachhaltige Landnutzungsplanung ermöglicht werden, die zum Erhalt der Multifunktionalität der Landschaft beiträgt und der Überbeanspruchung sowie dem Verlust natürlicher Lebensgrundlagen entgegenwirkt (GRUNEWALD & BASTIAN 2012). Die Anwendung des ÖSL-Konzeptes trägt daher zur Sichtbarmachung des Handlungsdrucks in Bezug

auf den Schutz von Lebensräumen und ihrer Biodiversität bei (GLÖTZL 2011). Auch in der EU Biodiversitätsstrategie 2020 liegt ein Fokus auf Ökosystemleistungen, sie beinhaltet Ziele in Bezug auf den Erhalt von Ökosystemen und ihren Leistungen (EUROPÄISCHE UNION 2011).

Allgemein lassen sich Ökosysteme als komplexe, miteinander verbundene Strukturen beschreiben, in denen wechselwirkende Prozesse nicht nur auf einer Vielfalt von räumlichen und zeitlichen Ebenen stattfinden (TANLEY 1935), sondern auch auf Basis stofflicher Kreisläufe. Die innerhalb von Ökosystemen wirkenden Beziehungen reichen von klimatischen und geomorphologischen Prozessen (HOLLING & GUNDERSON 2002), über Wirkungen des Störungsregimes, bis hin zu Konkurrenzaspekten zwischen einzelnen Individuen (BÖHMER 2011). Innerhalb und zwischen verschiedenen Ebenen dieser Systeme bestehen vielfache funktionale Verflechtungen und wechselwirkende Einflüsse. Ausschlaggebend für die Definition von ÖSL ist daher ein anthropozentrischer Standpunkt (PODSCHUN et al. 2018b). Anhand von Ökosystemleistungen werden jene direkten und indirekten Beiträge zum menschlichen Wohlergehen beschrieben, die als systemimmanente Qualitäten von der biotischen und abiotischen Umwelt erbracht werden (GLÖTZL 2011). Sie stellen daher einen Knotenpunkt zwischen Ökosystemen und dem Wohlergehen menschlichen Lebens dar.

Die Kapazität von Ökosystemen, dem Menschen Dienste und Güter zur Verfügung zu stellen, wird als *Funktion* bezeichnet. Unter *Ökosystemleistungen* versteht man jene dieser Dienste und Güter, die vom Menschen nachgefragt und in Anspruch genommen werden (SCHEIKL et al. 2021). Daraus wurden Kaskadenmodelle entwickelt, anhand derer die Zusammenhänge zwischen Ökosystemen und ihrem gesellschaftlichen Nutzen auf verschiedenen Ebenen beschrieben werden können (Abbildung 1).

Aktuell gibt es keinen einheitlichen Ansatz zur Klassifizierung von Ökosystemleistungen, sondern verschieden ausgestaltete Systeme und Richtlinien zur Bewertung. Am verbreitetsten sind die Klassifizierungssysteme der TEEB-Studie (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*; TEEB 2010), des CICES-Projektes (*Common International Classification of Ecosystem Services*; HAINES-YOUNG & POTSCHIN 2018) und des MEA-Reports (*Millennium Ecosystem Assessment*; REID et al. 2005). Diese Initiativen bemühen sich um eine Standardisierung des ÖSL-Konzeptes, um die Vergleichbarkeit von einzelnen Studien zu erhöhen. Allerdings ist die Möglichkeit zur fallspezifischen Adaptierung eines Systems Voraussetzung für dessen Anwendbarkeit vor unterschiedlichen Hintergründen. Die kontextbasierte Abstimmung des Bewertungssystems auf räumliche, kulturelle, politische sowie rechtliche Bedingungen ermöglicht die Ermittlung der relevanten ÖSL sowie geeigneter Methoden zu ihrer Erfassung und Bewertung (PODSCHUN et al. 2018b).

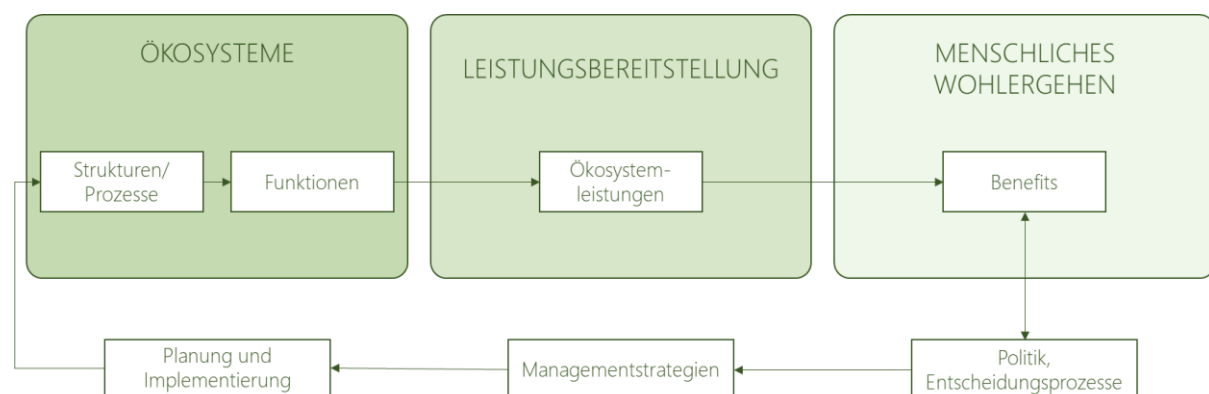


Abbildung 1: Kaskadenmodell, das den Zusammenhang zwischen Ökosystemen und menschlichem Wohlergehen zeigt (nach SCHEIKL et al. 2021, basierend auf DE GROOT et al. 2010)

Nach dem MEA werden ÖSL in vier Kategorien eingeteilt: unterstützende, bereitstellende, regulierende und kulturelle Leistungen. Unterstützende ÖSL stellen dabei die Grundvoraussetzung für alle anderen Dienstleistungen dar. Im Rahmen des CICES-Projektes wurde auf EU-Ebene eine Klassifikation erarbeitet, die nur drei Kategorien vorsieht: regulierend-aufrechterhaltende, bereitstellende und kulturelle Leistungen. Heck.in orientiert sich an der in TEEB vorgenommenen Einteilung. Darin wird die Habitatleistung als eigenständige Kategorie identifiziert, zusätzlich zu bereitstellenden, regulierenden und kulturellen ÖSL. Die Kategorie Habitatleistung hebt die Bedeutung von Ökosystemen als Lebensraum für wandernde Arten und für die Sicherung von genetischer Vielfalt hervor. Qualität und Verfügbarkeit von Diensten in diesem Bereich hängen direkt vom Zustand jener Biotope ab, die sie bereitstellen (TEEB 2010). Intakte Rückzugs- und Reproduktionshabitate unterstützen

das ökologische Gleichgewicht und evolutionsbiologische Prozesse (HERMANN et al. 2011), sie dienen aber auch der Sicherung genetischer Ressourcen von kommerziell genutzten Arten (TEEB 2010). Für wirtschaftlich relevante Arten können der Reproduktions- oder Aufwuchsleistung sowie dem Erhalt des Genpools monetäre Werte zugeordnet werden.

Die Anwendung des Ökosystemleistungskonzeptes auf Hecken als eigenständige Ökosysteme, unter Berücksichtigung ihrer Einbindung ins Umfeld, ist ein besonderer Fall ohne Präzedenz. Daher wurden bestehende Bewertungssysteme, die für ähnliche Ökosysteme entwickelt wurden, während der Entwicklung von Heck.in auf ihre Eignung überprüft. Die vielversprechendsten Ansätze wurden als Basis für ein neu entwickeltes Bewertungssystem kombiniert und ausgebaut.

2. LITERATURÜBERBLICK



Bei der ausführlichen Auseinandersetzung mit der Bestandsliteratur wurde der Frage nachgegangen, welche Ansätze zur Klassifizierung und Bewertung von Hecken bereits bestehen und Anwendung finden. Die jeweiligen Einsatzbereiche, Einschränkungen bei der Anwendbarkeit und die Aussagekraft der Ergebnisse hinsichtlich verschiedener Fragestellungen wurden verglichen. Die Methodenentwicklung für Heck.in wurde kontinuierlich von der Literaturrecherche begleitet und ihre Ergebnisse fanden laufend Eingang in den Entstehungsprozess.

Beim Literaturstudium wurde ersichtlich, dass die Bestrebung, Hecken in ihrer Bedeutung für Mensch, Landschaft und Ökologie zu erfassen, keine Neuheit ist. Dennoch zeigte sich deutlich, dass das Kenntnisdefizit in Bezug auf diese Gehölzstrukturen erst seit einigen Jahren strukturiert aufgearbeitet wird. Aufgrund der hohen Komplexität, mangelnder Datengrundlagen und vielfältiger Interessenskonflikte war die Debatte um Feldhecken lange von Gegner:innen und Befürworter:innen geprägt (RINGLER et al. 1997). Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Entstehung, Eigenschaften, Funktionen und Leistungen von Hecken verfolgt erst seit Kurzem einen möglichst ganzheitlichen Ansatz.

Unter der Multifunktionalität einer Landschaft versteht man ihre Kapazität, der menschlichen Gesellschaft verschiedene ökologische und sozio-ökonomische Vorteile (Benefits) zur Verfügung zu stellen (HÖLTING et al. 2019). Landschaft kann und soll parallel mehrere Funktionen erfüllen, wobei möglichst geschlossene Kreisläufe für die langfristige Erfüllung dieser Funktionen als Voraussetzung wirken. Nachhaltige Planung erfordert dementsprechend das Verständnis vielfältiger Landschaftsfunktionen, wobei die Funktionen eine Betrachtung unter differenzierten räumlichen Aspekten erfordern. Die gewonnen Erkenntnisse können in Landnutzungsplanungen einbezogen werden und zur besseren Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen beitragen (MEYER & GRABAUM 2008). Bei der Auseinandersetzung mit der Multifunktionalität von Landschaften werden verschiedene Herangehensweisen vertreten, darunter fallen rein ökologische Ansätze (biophysikalische Bewertungen), anthropozentrische Ansätze (Verknüpfung von biophysikalischen und sozialen Aspekten), politisch-rechtliche Ansätze (fokussiert auf Landnutzungskonflikte), kulturelle Perspektiven (konzentriert auf Ästhetik und kulturelle Werte) und ganzheitliche Ansätze, die möglichst alle diese Sichtweisen implementieren (BRANDT & VEJRE 2004).

Erste strukturierte, vorwiegend quantitative Erhebungen zu Heckenbeständen fanden um die landwirtschaftlichen Umbrüche der 1950er Jahre statt (BUREL & BAUDRY 1990). Dazu zählen vor allem Bestandserhebungen im Zuge von nationalen Waldinventuren und Landnutzungskartierungen. Besonders in Frankreich und England lässt sich die quantitative Bestandsveränderung einigermaßen gut verfolgen. Ein frühes Bild über den Bestand von Hecken und Feldgehölzen in der französischen Agrarlandschaft vermittelt die Allgemeine Landwirtschaftsinventur von 1929, die 260 Millionen Bäume auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche verzeichnet. Weiteren Aufschluss gibt die ab 1962 alle 12 Jahre durchgeführte Waldinventur für Hecken (*IFN – l'enquête Inventaire Forestier National pour les haies*) und die Landnutzungserhebung für Hecken, Solitärgehölze und Streuobstwiesen (*TERUTI – l'enquête Utilisation du Territoire pour les haies, les arbres épars et les prés-vergers*, POINTEREAU & COULON 2006). In Österreich wurde die Waldinventur (ÖWI) 1961 auf Basis eines statistischen Stichprobenverfahrens eingeführt, der Heckenbestand erfuhr dabei keine spezifische Aufschlüsselung.

Ab den 1970er Jahren intensivierte sich die gesellschaftliche und wissenschaftliche Auseinandersetzung mit großräumigen Veränderungen in Bezug auf Landnutzung und Landbedeckung. Vielerorts gingen die Heckenbestände aufgrund der landwirtschaftlichen Industrialisierung stark zurück und schrumpften im Vergleich zu den Jahren vor 1950 auf einen Bruchteil ihrer Ausdehnung. In Frankreich wurde zwischen 1960 und 1980 ein jährlicher Verlust von ca. 45.000 km Heckenzügen verzeichnet (BARR & PETIT 2001). Diese landschaftlichen Veränderungen wurden vielfältig dokumentiert, allerdings dominierte die isolierte Betrachtung einzelner Aspekte.

Erste detaillierte Konzepte, die möglichst alle Aspekte des Wissensstandes zusammenführten, sind *Die pflanzenökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken* (SCHULZE et al. 1984) und *Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken* (ZWÖLFER et al. 1984). In diesen Projekten wurden „praktikable Methoden zur Schnellbewertung von Hecken“ entwickelt und „Schwellenwerte ökologischer Funktionen unterschiedlicher Hecken in verschiedenen Naturräumen“ festgelegt (ZWÖLFER et al. 1984, S.7). In Kombination sollten die beiden Bonitierungssysteme zu einer aufschlussreichen Gesamtbewertung beitragen, die verschiedenen Schwerpunkten, vor allem aus ökologischer Sicht, Rechnung trägt. Auf die anthropozentrische Perspektive, die dem Konzept der ÖSL zugrunde liegt, wird in diesen Leitfäden noch kaum eingegangen.

Mit *HEGS – Hedgerow Evaluation & Grading Systems: A methodology for the ecological survey, evaluation, and grading of hedgerows* (CLEMENTS & TOFT 1992) wurde 1992 in Großbritannien ein standardisiertes System zur

ökologischen Bewertung von Hecken veröffentlicht. In HEGS werden ökologisch wichtige Aspekte für den Heckenzug erfasst und nach einem hierarchischen Schema bewertet, um einen repräsentativen Gesamtzahlenswert zu erhalten. Dem Environment Act 1995 untergeordnet, traten zwei Jahre später in England und Wales die in den UK Statutory Instruments festgelegten *Hedgerow Regulations* in Kraft (UK STATUTORY INSTRUMENTS 1997). In diesem kurzen, bis heute rechtlich bindenden Leitfaden wird anhand einer Kombination weniger Kriterien ermittelt, ob es sich um eine vor der ungenehmigten Entfernung schützenswerte Hecke handelt (UK STATUTORY INSTRUMENTS 1997). Betrachtet werden dabei Faktoren zu Länge, Standort und vor allem historische Aspekte: das Alter der Anlage; archäologische Besonderheiten oder Fundstätten; die Lage an Grundstücksgrenzen, die zumindest seit 1600 bestehen; die Lage in Landwirtschaften, die zumindest seit 1845 bestehen; die Lage an Gemeindegrenzen, die zumindest seit 1850 bestehen sowie das Vorhandensein von Gräben oder Mauern (UK STATUTORY INSTRUMENTS 1997). In beiden Leitfäden werden die Daten zumindest teilweise entlang der gesamten Heckenlänge erhoben, wobei in den Hedgerow Regulations auch mit 30 m-Abschnitten gearbeitet wird. Die Leitfäden können sowohl für die Bewertung von Einzelhecken als auch für Heckensysteme genutzt werden (RICH et al. 2000).

Ebenfalls 1997 wurde in Deutschland *Hecken und Feldgehölze – Landschaftspflegekonzept Bayern* (RINGLER et al. 1997) veröffentlicht. Es befasst sich mit der Multifunktionalität von Feldhecken und -gehölzen und stellt sich dem Bedarf einer „eingehenden Grundlagendarstellung, und zwar in landschaftlich- geographischer, nutzungsgeschichtlicher, agrarstruktureller, geoökologisch-landschaftshaushaltlicher und biologisch-ökosystemarer Hinsicht, so etwa zur tatsächlichen Veränderungsbilanz der Hecken in bayerischen Agrarlandschaften und ihrer Stellung im biotisch-abiotischen Beziehungsgeflecht mit den Nutzflächen.“ (RINGLER et al. 1997, S.21). Auch darin wird der defizitäre Wissensstand in Bezug auf die agrargeschichtliche Bedingtheit, die Entstehungsgeschichte und das Entwicklungsalter von Heckenzügen sowie hinsichtlich der damit verbundenen sozio-kulturellen und ökologischen Faktoren bemängelt.

Für rezente Studien in Großbritannien wird überwiegend das *HSH – Hedgerow Survey Handbook* (DEFRA 2007) eingesetzt. Der Leitfaden wurde zur universellen Anwendung an möglichst vielen Standorten und Heckentypen entwickelt. Das *HSH* bietet eine standardisierte Methode zur Erfassung verschiedener Parameter und enthält eine Praxisanleitung zur Organisation von Hecken-Studien. Das Handbuch stellt eine Grundlage für die Dokumentation von Verteilung und Ausdehnung, Zustand, Charakter und ökologischem Wert durch die Betrachtung von 30 m-Abschnitten zur Verfügung. Die gewonnenen Ergebnisse sollen in späteren Vergleichsstudien herangezogen werden können, um Veränderungen und Auswirkungen von Managementmaßnahmen ersichtlich zu machen. Empfohlen wird die Aufnahme von 9 Hecken/km² (RICH et al. 2000). Die kultur- und naturhistorische Bedeutung sowie die Rolle für das Landschaftsbild werden zwar angesprochen, eine nähere Auseinandersetzung mit diesen Aspekten findet allerdings nicht statt (DEFRA 2007). Seit 2007 wurden mit diesem Handbuch über 40 Studien durchgeführt.

Das irische Pendant dazu bildet das *HAS – Hedgerow Appraisal System* (FOULKES et al. 2013). Bis zu seiner Veröffentlichung 2013 gab es in Irland keine standardisierte Methode zur kombinierten Erfassung und Bewertung von Hecken und keine zentrale Datenbank zu den gewonnenen Ergebnissen. Mit dem *HAS* wurde ein aus zwei zentralen Komponenten bestehendes Erfassungssystem entwickelt: Es beinhaltet eine standardisierte Aufnahmemethode und eine Methode zur Datenbewertung, wobei die Erhebungsdaten schon während der Studien in eine nationale, öffentlich zugängliche Datenbank eingetragen werden. Das *HAS* soll ein kontinuierliches, landesweites Bild über Quantität, Qualität, Struktur und (Management-) Zustand der Heckenbestände liefern und Vergleichsdaten zur Verfügung stellen. Zudem ermöglicht die Einbindung der Datenbank in die Aufzeichnungen des National Biodiversity Data Center (NBDC) die Untersuchung von Heckendaten in Verbindung mit anderen Datensätzen, wie etwa Habitat- und Artenkartierungen. Das *HAS* stellt sich der Notwendigkeit einer systematischen Erhebung von Heckenbeständen und der entsprechenden Interpretation der Ergebnisse als Voraussetzung für sinnvolles, hochwertiges Management. Es empfiehlt die Dokumentation von mindestens 1 % der untersuchten Gesamtfläche, wobei nicht mehr als zehn Hecken pro Rasterzelle erhoben werden sollten (bei 10 km² Gesamtfläche, 1x1 km Raster). Mit der Betrachtung verschiedener Aspekte hinsichtlich Ökologie, Geschichte, Landschafts- und Landwirtschaftsentwicklung wird versucht, die Multifunktionalität von Hecken adäquat zu erfassen. Obwohl der Leitfaden so konzipiert ist, dass er mit grundlegender Artenkenntnis ohne weitere Voraussetzungen von der Allgemeinheit anwendbar ist, wird beispielsweise für besonders alte Hecken die Einbindung von Expert:innen empfohlen (FOULKES et al. 2013).

Ähnlich wie bei den bereits erwähnten Arbeiten, geht auch mit der Entwicklung von Erfassungs- und Bewertungssystemen von Ökosystemleistungen die Aufgabenstellung einher, einfache und universell anwendbare Schemata zu erstellen, die der Vielschichtigkeit des ÖSL-Konzeptes gerecht werden (BURKHARD et al. 2014). Ein ökosystemleistungs-basiertes Bewertungssystem ist zum Beispiel *GoÖko – Gehölznutzung Optimiert ÖKOsystemleistungen*. Die kostenfreie, webbasierte Entscheidungshilfe kann für die nachhaltige Bewirtschaftungsplanung von Feldhecken herangezogen werden. Das Projekt wurde zwischen 2019 und 2021 vom Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung an der BTU Cottbus-Senftenberg und der Agrarproduktion GmbH Neu-holland-Freienhagen in Zusammenarbeit mit dem Barnim Naturpark durchgeführt. Um Heckenanlagen und die durch sie bereitgestellten Ökosystemleistungen zu erhalten und zu verbessern, brauchte es entsprechende Management- und Entwicklungsmaßnahmen. Im Rahmen des Projektes zum Modell- und Demonstrationsvorhaben *GoÖko* wurde eine generalisierte Methode entwickelt und erprobt, um Hecken deutschlandweit zu kartieren und zu bewerten. Mit dem *GoÖko*-Heckenmanager können Landwirtschaftsbetriebe auf einen systematischen Ansatz zur nachhaltigen Entwicklung von Hecken zugreifen, wobei auch spezifische Pflegemaßnahmen je Hecke festgelegt werden können. Er ermöglicht die einfache Anwendung des *GoÖko*-Nutzungskonzeptes in der Praxis, wobei damit verbundene Kosten und etwaige Erlöse leicht erfassbar dargestellt werden (TSONKOVA et al. 2022). Anhand von zehn Hecken und in Summe 58 20 m-Abschnitten wurde die Kartierungsmethode entwickelt und die Bedeutung von entsprechendem Management für die Bereitstellung von ÖSL modelliert. Die Feldhecken werden über die Parameter Heckenstruktur, Bedeckungsgrad und dem Natürlichkeitsgrad des Standortes erhoben, in weiterer Folge können die Ökosystemleistungen Biomasse Produktion, Windschutz, Wasserschutz, Lebensraum und Landschaftsbild bewertet werden. Im nächsten Schritt wird ein Plan für Bewirtschaftung und Weiterentwicklung erstellt, wobei Informationen zu verschiedenen Planungsaspekten, wie „Zielheckenstruktur“, „Holzerntekosten“ oder „Holzerlöse“ eingetragen werden. Als Output kann ein alle wichtige Informationen zusammenfassendes PDF-Dokument erstellt werden, das auch als Basis für Anträge bei der deutschen Naturschutzbehörde genutzt werden kann. Die weitere, spezifische Einbindung in Verwaltungsabläufe war nicht Bestandteil der Aufgabenstellung (TSONKOVA et al. 2022).

Großflächige und regelmäßige Dokumentationen zu nationalen Heckenbeständen findet man hauptsächlich aus Großbritannien und Irland. Angewendet werden dementsprechend vor allem die oben bereits genannten Systeme *HSH* und *HAS*, wobei noch einige weitere, weniger umfangreiche Leitfäden bestehen. Die Erhebungen finden sowohl im Rahmen wissenschaftlicher Studien, als auch von Citizen Science Projekten statt, die möglichst universelle Anwendbarkeit ist für die Methodenentwicklung daher ein wesentlicher Aspekt. Gemeinsames Ziel der Bewertungssysteme ist es, eine Entscheidungshilfe bei Hecken betreffenden Eingriffen und Managementfragen zu bieten. Des Weiteren wird eine Datengrundlage zu Bestand und Zustand geschaffen, die Vergleichswerte für zukünftige Erhebungen zur Verfügung stellt. Auch der Erfolg von Managementmaßnahmen kann abgebildet werden. Die Einrichtung von zentralen, zugänglichen Datenbanken ist daher essenziell (RICH et al. 2000). Ähnlich der mit dem *HAS* assoziierten Datenbank ist auch ein entsprechender Speicher für mit dem *HSH* gewonnene Daten geplant. In Großbritannien und Irland werden Heckenstudien vielfach von Gemeinden oder Bezirken in Auftrag gegeben (z.B. *Monaghan County Studie*, FOULKES et al. 2013), aber auch lokal von Landwirt:innen, interessierten Einzelpersonen oder Hecken-(Anlage)-Vereinen (Hedge Groups, Hedge-Laying-Associations) durchgeführt. Die Ergebnisse werden nach Möglichkeit auf politischer Ebene und in Planungsprozesse eingebunden. Erstrebenswert ist die Verwendung der gewonnenen Daten zur Wissensverknüpfung und als Grundlage für Entscheidungen in assoziierten Bereichen wie Landwirtschaft, Landschafts- und Naturschutz, Förderungswesen und Gesetzgebung. Auch in Bezug auf die Öffentlichkeit und andere Stakeholder sind die Verbreitung von Informationen und die Förderung von Interesse und Bewusstsein rund um das Thema Feldhecken ein wichtiger Aspekt. Großbritannien und Irland haben mit etwa zweieinhalb bzw. 1,5 % Heckenanteil an der Gesamtlandesfläche besondere Voraussetzungen, dementsprechend besteht für Hecken ein wesentlich höheres Maß an Aufmerksamkeit als beispielsweise in Österreich. Für die erfolgreiche Durchführung von Citizen Science Projekten ist vorhandenes Interesse eine gute Voraussetzung, solche Projekte können aber auch einen wichtigen Beitrag zur Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung leisten. In Großbritannien und Irland werden vergleichsweise viele Heckenstudien als Citizen Science Projekte angelegt, z.B. *Great British Hedgerow Survey* (PEOPLE'S TRUST FOR ENDANGERED SPECIES), *Healthy Hedgerows* (PEOPLE'S TRUST FOR ENDANGERED SPECIES), *Surveying Hedgerows* (NORFOLK WILDLIFE TRUST). Die Anzahl der dokumentierten Studien ist in Summe so hoch, dass hier nicht alle angeführt werden können.

Erwähnenswert sind allerdings zwei weitere heckenbezogene Leitfäden, die sich vor allem an interessierte Privatpersonen und Heckenbesitzer:innen richten und sich spezifisch auf Management und Pflege beziehen: *Hedgerows for Pollinators* (FOULKES 2016) und *Feldhecken und Gräben – Bedeutung, Schutz, Pflege, Pflanzung* (SEITZ 2015). Diese kurzen Praxisanleitungen geben Auskunft und Hilfestellungen zu möglichen Maßnahmen und dienen der Wissensvermittlung. Leichte Lesbarkeit, anschauliche Abbildungen, kostenlose Verfügbarkeit und ein geringer Umfang sorgen für eine niederschwellige Zugänglichkeit. Da der Wert und die Bedeutung eines Heckenzuges überwiegend nicht durch ihre bloße Existenz gegeben sind, sondern in vielerlei Hinsicht von Pflege und Bewirtschaftung abhängen, sind Empfehlungen für Managementmaßnahmen ein wichtiger Aspekt ihrer Funktionserhaltung (GRAHAM et al. 2018).

Das Literaturstudium zeigt, dass sich die ursprünglich rein quantitativen Erhebungen zu Heckenbeständen schon lang auch mit qualitativen Aspekten befassen, das heißt, dass neben dem reinen Vorkommen (z.B. Heckenlänge oder -fläche) auch deren Zustand und deren Funktionalität aus verschiedenen Gesichtspunkten erhoben und beurteilt wird. Feststellen lässt sich allerdings auch, dass der Wissensstand in Bezug auf Heckenanlagen noch kein Endstadium erreicht hat. Die komplexen Zusammenhänge von ökologischen, stofflichen, landschaftlichen, geschichtlichen und soziokulturellen Aspekten machen diese Ausnahmebiotope zu interessanten Forschungsgegenständen (RINGLER et al. 1997). Die meisten der aktuellen Erhebungs- und Bewertungssysteme befassen sich mit möglichst aussagekräftigen, dokumentierbaren Parametern, wobei die Umsetzbarkeit dennoch im Vordergrund steht. Weniger ausführlich sind einige der im Rahmen von Citizen Science Projekten zur Verfügung gestellten Erhebungsbögen. Um die Niederschwelligkeit zu gewährleisten, beschränken sie sich mitunter auf wenige, leicht erfassbare Kriterien. Die erhobenen Daten und ihre Aussagekraft bezüglich verschiedener Fragestellungen variieren demnach naturgemäß in Abhängigkeit der verwendeten Methode. Der benötigte Zeitaufwand schwankt zwischen wenigen Minuten (z.B. *Healthy Hedgerows*) und gegebenenfalls mehreren Stunden (z.B. *HAS*). Alle betrachteten Erhebungsmethoden erfordern Aufnahmen im Feld und die digitale Dateneingabe, um eine weitere Datenverarbeitung zu gewährleisten. Bei einigen Erfassungssystemen sind zusätzlich zur Begehung weitere GIS-basierte Erhebungen durchzuführen oder Recherchen zu historischen Auskünften anzustellen (z.B. *HSH*).

Die Entwicklung von möglichst universell anwendbaren Aufnahme- und Bewertungsmethoden, die ökologische, soziale und wirtschaftliche Aspekte als Dimensionen menschlicher Bedürfnisse erfassen und beurteilen, ist eine fordernde Aufgabenstellung (MEYER & GRABAUM 2008). Dennoch spielt die Entwicklung entsprechender Methoden eine wichtige Rolle in der integrativen Landschaftsökologie und in der Landschaftsforschung allgemein (MEYER & GRABAUM 2008).

Die vorgestellten Methoden zur qualitativen Bewertung von Hecken unterscheiden sich nicht nur in ihrer Ausführlichkeit der Datenerhebung, sondern auch in der Herangehensweise und Schwerpunktsetzung. Die *Hedgerow Regulations* (UK STATUTORY INSTRUMENTS 1997) entstanden politisch-rechtlich motiviert und behandeln vor allem ökologische und kulturelle Aspekte. Das *HSH* (DEFRA 2007) und das *HAS* (FOULKES et al. 2013) vertreten eine ökologische Perspektive, erwähnen aber auch kulturelle Werte. *GoÖko* (TSONKOVA et al. 2022) konzentriert sich auf eine ökosystemleistungsbasierte und somit anthropozentrische Herangehensweise. Dementsprechend werden verschiedene Aspekte der Multifunktionalität in den vorhandenen Bewertungssystemen unterschiedlich erfasst und aufgeschlüsselt, wobei die umfangreicheren Erhebungsmethoden ein genaueres Bild erzeugen als die kurzgehaltenen. Aufgrund der hohen Komplexität von Heckensystemen ist die Entwicklung von möglichst ganzheitlichen Bewertungsansätzen von zentraler Bedeutung für eine integrative Landschaftsplanung. Gemeinsames Ziel der verschiedenen Bewertungssysteme ist es, als Entscheidungshilfen durch die Schaffung von Datengrundlagen in Wissenschaft, Politik und Praxis eingebunden zu werden.

In Heck.in werden heckenspezifische ÖSL anhand von Indikatoren aufgeschlüsselt und bewertet. Die Entstehung von Heck.in wurde von *RESI – Anwendungshandbuch. Ökosystemleistungen von Flüssen und Auen erfassen und bewerten* (PODSCHUN et al. 2018a) inspiriert. Die indikatorenbasierte Aufschlüsselung der Ökosystemleistungen von Flusslandschaften des *RESI* wurde bei der Methodenentwicklung für eine ähnliche Anwendung bei Hecken zur Orientierung herangezogen. Vergleichbare Bewertungssysteme gibt es allerdings in verschiedensten Themenbereichen. Sie orientieren sich überwiegend an den Klassifizierungen von *TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB 2010) oder *CICES – Common International Classification of Ecosystem Services* (HAINES-YOUNG & POTSCHIN 2018). Ziel ist es, die Ökosystemleistungs- und -funktionsbewertungen als integrative Planungswerkzeuge heranziehen zu können.

3. DIE THEORIE HINTER HECK.IN



Das Bewertungssystem Heck.in soll es ermöglichen, das Potenzial einzelner Hecken zur Bereitstellung verschiedener ÖSL quantitativ zu bewerten. Das System wird auf drei Säulen aufgebaut, den Indikatoren, Umrechnungsfunktionen und den ÖSL, deren einzelne Elemente bestimmte Eigenschaften und Voraussetzungen mit sich bringen (Abbildung 2). Herzstück der Entwicklung ist dabei das Formulieren der Umrechnungsfunktionen auf der Basis von gesichertem Wissen um die Zusammenhänge und Prozesse im Zusammenspiel von Hecken mit ihrer Umgebung.

Die Auswahl der Indikatoren für das Bewertungssystem Heck.in wird im folgenden Kapitel 3.1 erläutert. Wie und welche ÖSL für die Bewertung in Heck.in ausgewählt wurden, wird in Kapitel 3.2 beschrieben. Die Bewertung einer jeden ÖSL erfolgt über individuell zusammengesetzte Bündel aus Indikatoren. Die Auswahl führt dazu, dass nur die für die Erbringung der jeweiligen ÖSL relevanten Indikatoren in deren Bewertung mit einbezogen werden. Der Zusammenhang zwischen ÖSL und Indikatoren wird in Kapitel 3.3 näher beschrieben. Wie das Endergebnis aussieht und interpretiert werden kann, wird in Kapitel 3.4 erläutert. Kapitel Bewertung der Ökosystemleistung beschreibt schließlich einige der Anwendungsmöglichkeiten von Heck.in.

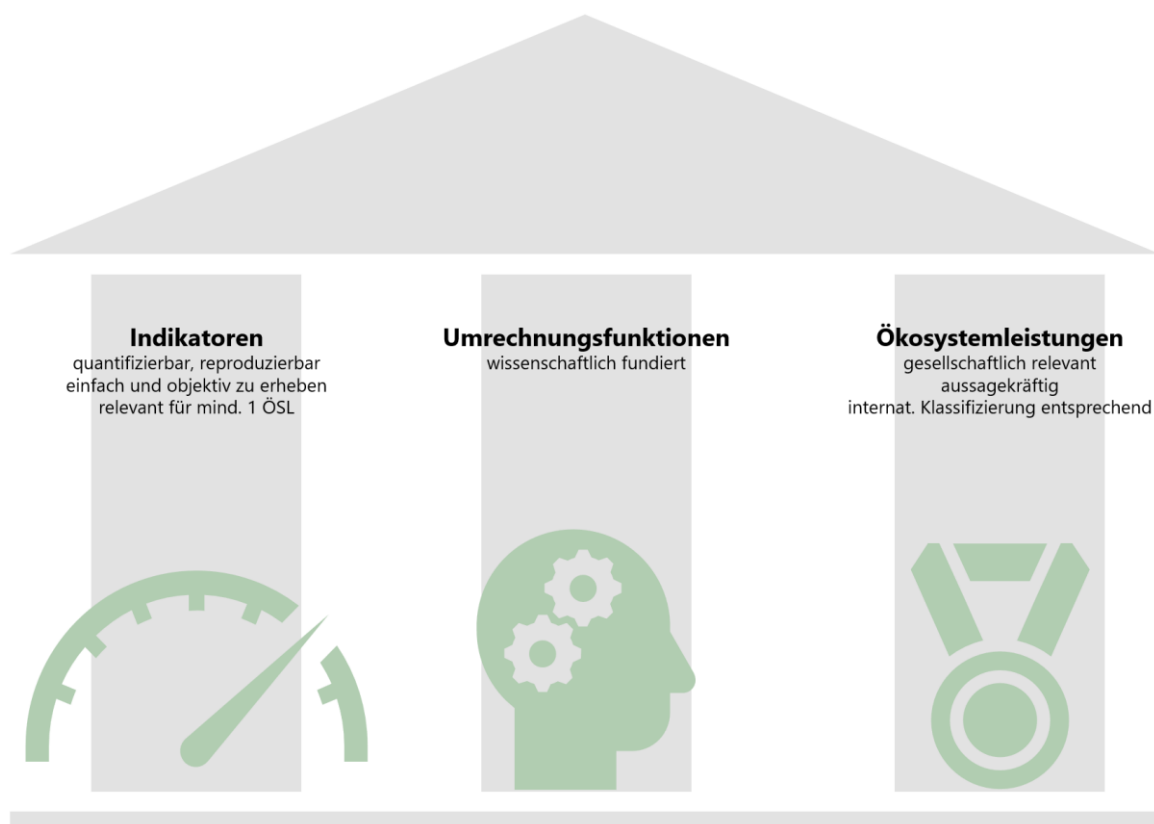


Abbildung 2: Die drei Säulen von Heck.in.

3.1 DIE AUSWAHL DER INDIKATOREN

Der Begriff Indikator stammt von dem lateinischen Wort *indicare* und bedeutet ‚auf etwas hinweisen‘ oder ‚etwas anzeigen‘ (DUDEN o.J.). Genau wie die Anzeige des Benzinstandes im Tank oder die Geschwindigkeitsanzeige gibt ein Indikator Informationen über den momentanen Zustand oder ablaufende Veränderungen eines Systems. Der Indikator kann in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden, um Informationen zu sammeln und Trends aufzuzeigen. In Heck.in zeigt ein Indikator das Potenzial bzw. die Wahrscheinlichkeit einer ÖSL-Erbringung auf (vgl. CROSSLAND et al. 2015). Beispielsweise deutet eine Hecke mit vielfältigen Gehölzarten (*Indikator Anzahl Gehölzarten*) darauf hin, dass sich hier auch viele Herbivore aufhalten, da sie reichhaltige Nahrung vorfinden (*ÖSL Nahrungsquelle*). Er liefert jedoch keine direkten Nachweise über die tatsächliche Artenvielfalt in der Hecke.

Die passende Auswahl der Indikatoren ist von zentraler Bedeutung, da diese entscheidend für die Bewertungsergebnisse sind (SCHEIKL et al. 2021). Daher wurden die Indikatoren mithilfe vielfältiger wissenschaftlicher Literatur, vor allem Studien zu einzelnen ÖSL von Hecken (z.B. BARKOW 2001; GARRATT et al. 2017), aber auch bereits existierender Bewertungsschemata zu Hecken (z.B. ZWÖLFER 1982a; FOULKES et al. 2013) sowie Expert:neneinschätzungen ausgewählt.

Anspruch an die Indikatoren war die Möglichkeit zur weitestgehend objektiven Erfassung, bei der eine einmalige Begehung im Feld und GIS-Anwendungen genügen. Außerdem sollten keine besonderen Artenkenntnisse für die Aufnahme notwendig sein, um die Anwendung einer breiteren Anzahl an Nutzer:innen zugänglich zu machen.

Die ausgewählten Indikatoren sind in Tabelle 1 zu finden. Die Aufnahmemethodik wird in Kapitel 4 genau erläutert. Genaue Artenkenntnisse sind für die Aufnahme nicht notwendig, lediglich die Verschiedenheit von Gehölzpflanzen sowie einige wenige neophytische Gehölze müssen erkannt werden können.

Tabelle 1: Verwendete Indikatoren in Heck.in, sortiert nach Erfassungsart.

Erfassung im Gelände		Erfassung im GIS	
Lage	Position zum Hang	Lage	Ausrichtung zur Himmelsrichtung
	Neigung des Hangs		Schutzgebiet
	Nachbarflächen		Naturdenkmal
	Netzwerk		Heckendichte
	Erschließung		klimatische Wasserbilanz
Nutzung	(agroforstliche) Nutzungsspuren		Bevölkerungsdichte
	Zusatzstrukturen		in Wildtierkorridor
	Management		traditionelle Heckenregion
Struktur	horizontale Schichtung	Boden	Franziseischer Kataster
	vertikale Schichtung		nutzbare Feldkapazität
	Strukturvielfalt		Humusbilanz
	Sonderform		
	Lücken		
	Totholz		
	Alterszusammensetzung		
	Saum		
	Höhe		
Pflanzen	Breite		
	Baumanteil		
	Anzahl Gehölzarten		
	Dominanzen		
	Neophyten		

Der Indikatoransatz ist hierbei ein Kompromiss zwischen genügender Breite und Tiefe der Aussagen auf der einen, sowie der notwendigen Praktikabilität und Objektivität auf der anderen Seite (BASTIAN 1999a). Die Einführung von Indikatoren als Stützen eines Bewertungssystems birgt die Gefahr, dass es durch Vereinfachungen zu Verfälschungen von komplexen Umweltsachverhalten kommen kann. In einer Pilotstudie mit über 50 Heckenbewertungen wurde daher neben der Praktikabilität der Anwendung auch die Plausibilität der Ergebnisse geprüft (Vgl. Kapitel 6).

3.2 DIE AUSWAHL DER ÖSL

Heck.in bewertet verschiedene Ökosystemleistungen (ÖSL) von Hecken. Die für diese Bewertung ausgewählten Ökosystemleistungen spiegeln nicht alle Leistungen einer Hecke wider, sondern lediglich diejenigen, die anhand von leicht erfassbaren Indikatoren bei einmaliger Begehung und mit Computer-Grundkenntnissen zu erfassen sind. Der Fokus liegt auf der (semi-)quantitativen, räumlich expliziten, reproduzierbaren und transparenten Erfassung und Bewertung von ÖSL, die auch in Planungsprozesse eingebunden werden können. ÖSL, deren Aufnahme und/oder Bewertung diesen Ansprüchen nicht gerecht werden können, wurden ausgeschlossen. Beispiele hierfür sind etwa die ÖSL Genetische Ressourcen sowie Lärm-, Sicht- und Geruchs-Abschirmung.

Im Groben stützt sich *Heck.in* auf das Gerüst des TEEB (2010), das vier Kategorien an ÖSL definiert:

- Bereitstellende Leistungen,
- Regulierende Leistungen,
- Habitatleistungen und
- Kulturelle Leistungen.

Eine weitere Datengrundlage für die Feinauswahl der ÖSL ist die Arbeit von MONTGOMERY et al. (2020), die die ÖSL von Hecken im Speziellen betrachten. Hieraus wird etwa die ÖSL „Ertragssteigerung auf Nachbarflächen“ entnommen, eine für Hecken spezielle ÖSL, die in den allgemeinen Schemata etwa von TEEB nicht beinhaltet ist. Die in *Heck.in* betrachteten ÖSL sind in Abbildung 3 abgebildet.



Abbildung 3: Die verschiedenen ÖSL einer Hecke.

3.3 DIE VERKNÜPFUNG VON INDIKATOREN UND ÖSL

Der Großteil der Indikatoren hat Auswirkungen auf mehr als eine ÖSL. Gleichzeitig wird die Bewertung einer ÖSL von mehr als einem Indikator gespeist. In Abbildung 4 werden die betrachteten ÖSL (links) und ihre Indikatorenbündel (rechts) dargestellt. Aus dem Zusammenspiel der ausgewählten Indikatoren lässt sich das Potenzial einer ÖSL ableiten.

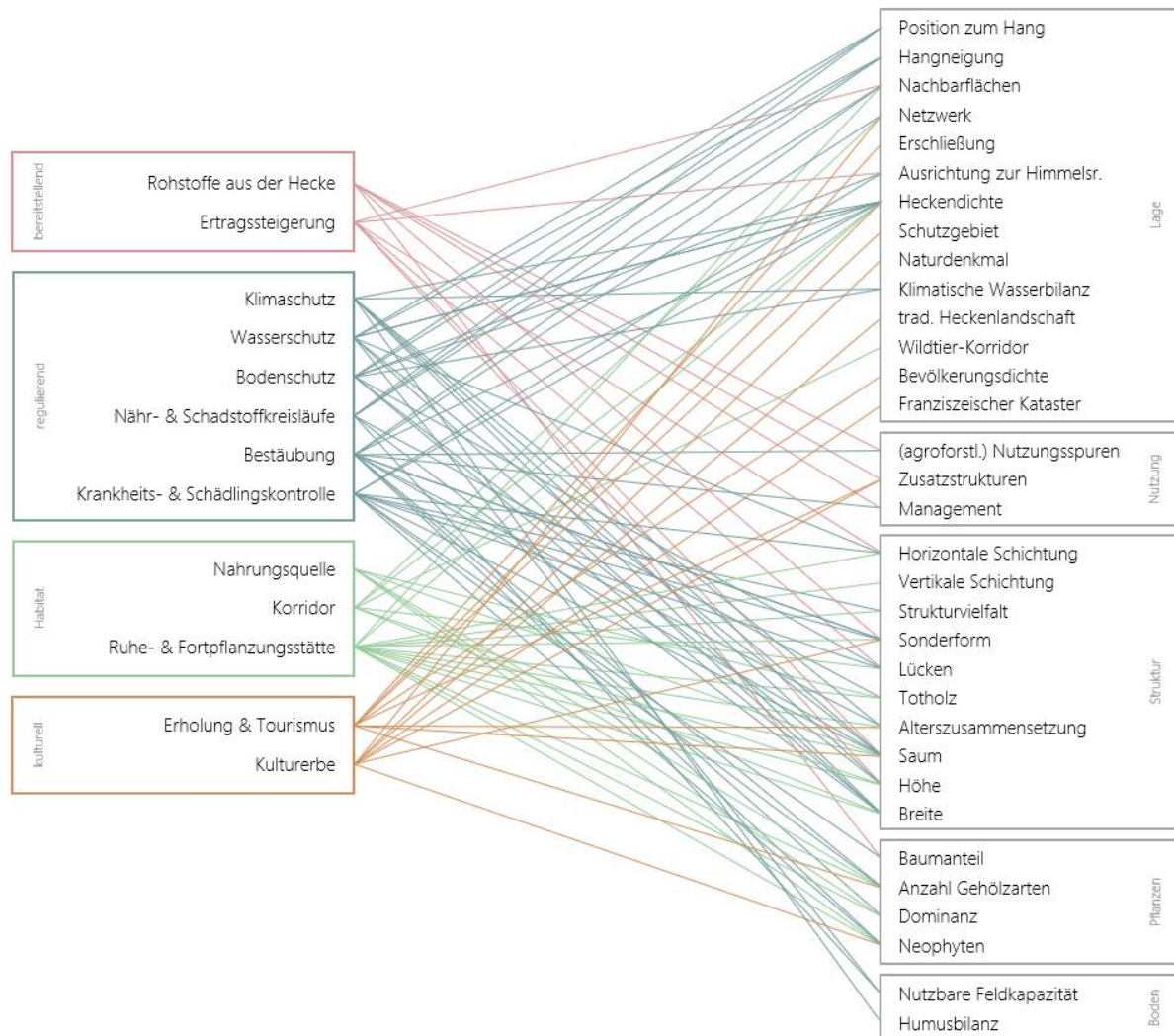


Abbildung 4: Linienchema mit Ökosystemleistungen (ÖSL) links und den dazugehörigen Indikatoren (rechts).

Hierfür werden zunächst den Indikatoren Wertstufen zugewiesen: Die aufgenommenen Indikatoren werden mithilfe von Umrechnungsfunktionen in eine Bewertung der Kapazität zur Erbringung der ÖSL überführt. Die Formulierung dieser Funktionen beruht auf Erkenntnissen aus der Vielzahl von gesichteten wissenschaftlichen Studien und war eine der Kernaufgaben bei der Entwicklung von Heck.in. Die Wertstufen von 1 (sehr gering) bis 5 (sehr hoch) werden bei jeder ÖSL für jeden Indikator einzeln vergeben, da derselbe Indikator für unterschiedliche ÖSL unterschiedlich bewertet werden kann. Die Anzahl fünf, die für den Großteil des Bewertungsschemas gewählt wurde, stützt sich auf Empfehlungen aus der Literatur, die, je nach Fragestellung, drei bis fünf Wertstufen empfiehlt, da mehr Wertstufen eher verwirren würden, als die fachliche Position klarzumachen. Auch sollte die Anzahl der Wertstufen ungerade sein, damit ein Mittelwert gebildet werden kann (AUHAGEN 1997, nach BASTIAN 1999b).

Zusätzlich zu den fünf Wertstufen gibt es auch Indikatoren, die generell oder in manchen Fällen als Plus- und/oder Minuspunkte fungieren. Beispiele hierfür sind Präsenz-/ Absenz-Abfragen, etwa ob sich die Hecke in einem Wildtierkorridor befindet. Wird die Frage mit „ja“ beantwortet, gibt es +1 Punkt, bei „nein“ gibt es keinen Zusatzpunkt.

Da die Möglichkeit besteht, dass bei der Erfassung mancher Indikatoren mehrere Antwortmöglichkeiten zutreffen können, wird zur Berechnung einer aggregierten Zahl für diese Indikatoren, je nachdem, was sinnvoll ist, entweder die Antworten aufsummiert oder ihr Mittelwert wird gebildet. Diese Methoden zur jeweiligen Berechnung sind in Kapitel 5 bei den Umrechnungsfunktionen näher erläutert.

3.4 DAS BERECHNUNGSVERFAHREN DER ÖSL

In einem nächsten Schritt werden die nun bereits bewerteten Indikatoren in eine finale Bewertung der einzelnen ÖSL zusammengefügt. Auch diese Verknüpfung der Indikatoren mit den ÖSL steht auf einer wissenschaftlichen Basis. Hauptsächlich wurde auf bereits vorhandene Bewertungsschemata (z.B. ZWÖLFER et al. 1984; DE-FRA 2007; FOULKES et al. 2013) oder auf Studien zu einzelnen ÖSL (z.B. BARKOW 2001; DONDINA et al. 2016; GARRATT et al. 2017) zurückgegriffen. Wo nichts an Literatur gefunden wurde, erfolgte die Überführung nach Einschätzung von Expert:innen. Je nach Anzahl und Verteilung der relevanten Indikatoren hat sich als zielführend erwiesen, die relevanten Indikatoren zunächst in eine ‚Zwischenbewertung‘ (Lage, Nutzung Struktur, Pflanzen, Boden) zusammenzufassen, indem ihr arithmetisches Mittel für diese Zwischenkategorien bestimmt wird. Indikatoren, die nicht auf der 5-skalierten Bewertung beruhen, sondern Plus- und Minuspunkte geben, werden nicht mit in den Mittelwert einbezogen, sondern lediglich dazugezählt bzw. abgezogen.

Sowohl in der Abstufung der Indikatoren, als auch der Zuweisung von Rangstufen sowie dem Zusammenfügen der Indikatorenbündel zu ÖSL, wird, wann immer sinnvoll, die Linearität unterbrochen und versucht, dadurch der Komplexität des Systems etwas näherzukommen. BASTIAN (1999b, S. 38) schreibt dazu: „Lineare Vorschriften sind zwar einfach zu handhaben, sie entsprechen aber in vielen Fällen nicht den Verhältnissen in der Natur. Die Nicht-Linearität von Ursache und Wirkung ist geradezu ein Charakteristikum natürlicher Systeme. Verschiedene Ausprägungsklassen eines wertbestimmenden Kriteriums sind fast nie gleichmäßig besetzt“.

ÖSL existieren nicht gänzlich unabhängig voneinander, wie auch die Auswahl der Indikatoren zeigt. Die Korrelationen können sowohl negativ als auch positiv sein. Negative Korrelationen werden auch Trade-offs genannt. In der TEEB-Studie (TEEB 2010) wird zwischen den folgenden Trade-offs unterschieden:

1. Nutznießer:innen Trade-offs: Einige gewinnen, andere verlieren;
2. Service Trade offs: Eine ÖSL wird gefördert, andere leiden darunter;
3. Zeitliche Trade-offs: Nutzen jetzt, Kosten später;
4. Räumliche Trade-offs: Nutzen hier, Kosten dort.

Für das Heck.in Schema sind vor allem Nutznießer:innen Trade-offs und Service Trade-offs relevant: Nutznießer:innen Trade-offs kommen innerhalb der Indikatorenbewertung vor und sind somit für die Zuweisung der Wertstufen relevant (Beispiel: eine hohe Hecke ist gut für die Fortpflanzungs- und Ruhestätte der Fledermäuse, jedoch schlecht für die der Neuntöter). Service-Trade-offs hingegen kommen zwischen den ÖSL vor und sind somit im Berechnungsverfahren zu berücksichtigen. Ein Beispiel eines Service-Trade-offs ist, dass eine intensivere wirtschaftliche Nutzung der Hecke zu schlechterer Bestäubung, Schädlingskontrolle und kulturelle Dienstleistungen führen kann. Auch die positiv korrelierenden ÖSL, wie beispielsweise eine gut erfüllte Bestäubungs- und Bodenschutzleistung, können zu einer höheren Ertragsleistung auf den benachbarten Flächen der Hecke führen. Diese Korrelationen werden laut GRUNEWALD & BASTIAN (2012) bei einer Bewertung vor allem dann zum Problem, wenn die verschiedenen ÖSL zu einem Gesamtwert aufsummiert werden sollen. Daher endet die Berechnung von Heck.in auch hier bei der Bewertung der einzelnen ÖSL von 1 bis 5, bzw. von einer sehr geringen bis sehr hohen Bedeutung der Hecke für die jeweilige ÖSL (Vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Qualitative Beurteilung der Ergebniswerte.

Ergebnis Berechnung	< 1,5	1,5 bis 2,5	2,5 bis 3,5	3,5 bis 4,5	≥ 4,5
Ergebnis Heck.in	1	2	3	4	5
Qualitative Beurteilung	Sehr geringe Bedeutung für ÖSL	Geringe Bedeutung für ÖSL	Mittlere Bedeutung für ÖSL	Hohe Bedeutung für ÖSL	Sehr hohe Bedeutung für ÖSL

In Kapitel 5 werden alle diese Berechnungen dargelegt. Plus- und Minuspunkte werden dort für eine bessere Übersicht *kursiv* geschrieben. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt als Ergebnisrose (vgl. DE GROOT 2006; QUEIROZ et al. 2015; VAN VOOREN et al. 2017; PODSCHUN et al. 2018a). Diese Rose zeigt an, welche ÖSL wie gut von der bewerteten Hecke erfüllt wird. Abbildung 5 zeigt eine Ergebnisrose einer Beispielhecke.

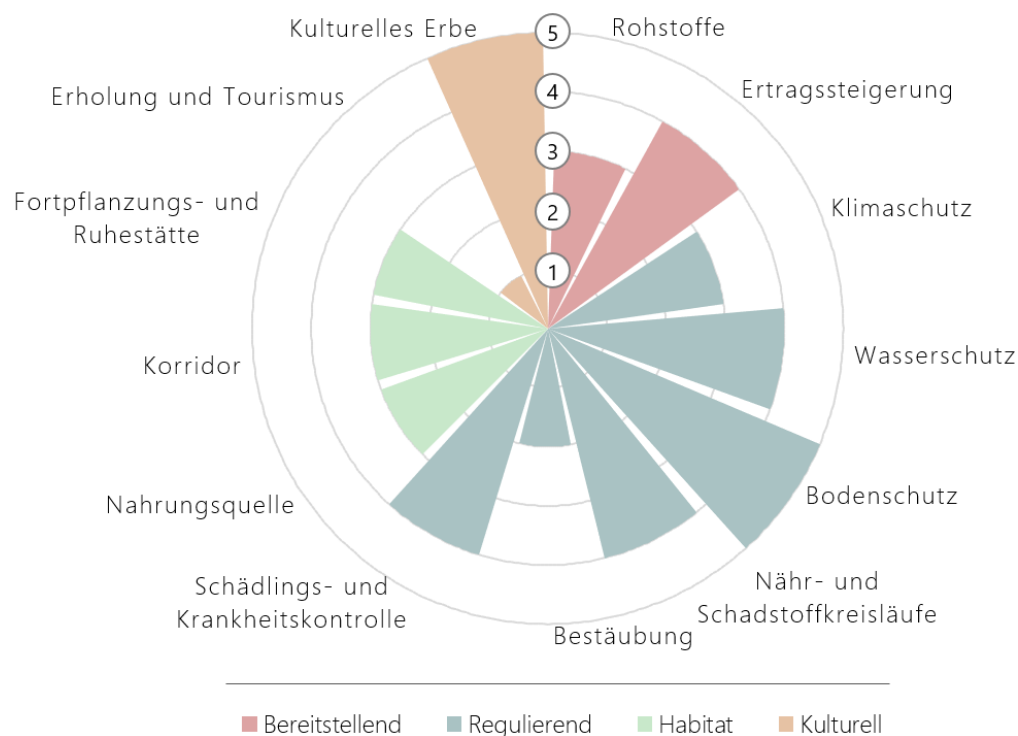


Abbildung 5: Ergebnisrose einer Beispielhecke mit allen 13 bewerteten ÖSL.

3.5 ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

Bewertungen der Ökosystemleistungen von Hecken anhand von Heck.in können in vielerlei Gestalt vorgenommen werden und Eingang in den öffentlichen Diskurs finden. Beispielhaft sollen hier einige Möglichkeiten angeführt werden, ohne jedoch Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Der Phantasie der Anwender:in sind keine Grenzen gesetzt, das Projektteam ruft ausdrücklich zur vielseitigen und kreativen Verwendung, zur offenen Diskussion und zum Einbringen von Rückmeldungen auf.

1. Gestaltung und Optimierung der agrarökologischen Infrastruktur
Bei Maßnahmen zur effizienten Gestaltung der agrarökologischen Infrastruktur (Flurplanung, Förderwesen, etc.) werden bedeutende finanzielle personelle Ressourcen eingesetzt. Ein Einsatz von Bewertungssystemen wie Heck.in ermöglicht es, quantitative Informationen über die Wirksamkeit zu generieren und so ein belastbares Variantenstudium der Umsetzung voran zu stellen.
2. Wissenschaft und Forschung
Das Bewertungssystem liefert ein Instrument für vergleichbare und wissenschaftlich verwertbare Studienarbeit in der Landschaftsökologie und verwandten Disziplinen. Durch seine einfache Anwendbarkeit ist es ebenso für Citizen Science-Projekte geeignet.
3. Natur- und Landschaftsvermittlung
Im Zuge von Exkursionen im Schulbetrieb oder Veranstaltungen zur Naturvermittlung mit jeglichen Altersklassen kann das Bewertungssystem in Gesamtheit oder in Auszügen eingebaut werden, um die Vielschichtigkeit und Variabilität von Heckenlebensräumen aufzuzeigen.

4. AUFNAHME DER IN- DIKATOREN



Die Erfassung der Indikatoren umfasst zwei Schritte: die Datenerfassung am Computer mittels Geoinformationssystemen (GIS) und die Geländeaufnahme. Letztere sollte zwischen April und Oktober durchgeführt werden, um Struktur- und Gehölzdaten optimal zu erfassen.

Für die Erfassung der Indikatoren wird der Erhebungsbogen in Anhang 1 verwendet, der verschiedene Auswahlmöglichkeiten bereitstellt, üblicherweise von a bis e. In einigen wenigen Fällen kann es vorkommen, dass mehr als eine Option zutrifft, beispielsweise beim Indikator Nachbarflächen, wo eine Hecke gleichzeitig an einen Weg, einen Acker und eine Wiese angrenzen kann. In solchen Fällen werden alle relevanten Optionen aufgenommen.

Um Trugschlüsse mit der anschließenden Bewertung zu vermeiden, wurden die Auswahlmöglichkeiten mit Buchstaben bezeichnet. Denn die Erhebung der Indikatoren erfolgt wertfrei. Dennoch liegt der Einteilung der Stufen oft eine gewisse Abfolge der zu beurteilenden Eigenschaften zugrunde. Es obliegt somit der Einschätzung der Beurteilenden, bei Grenzfällen oder eventuell Zwischenklassen die richtige Zuweisung zu treffen.

Einige Indikatoren haben das Potenzial, über die Länge der Hecke hinweg stark zu variieren (z.B. Breite, Höhe) oder den Aufwand stark zu erhöhen (z.B. die Anzahl der Gehölzarten aufnehmen über eine 1 km lange Hecke). Daher werden diese Indikatoren in einem 30 m langen Abschnitt aufgenommen. Die Auswahl dieses Abschnitts erfolgt möglichst objektiv, indem die zweiten 30 m einer Hecke für die Aufnahmen verwendet werden, wie in Abbildung 6 visualisiert wird. Wenn die Hecke kürzer als 60 m ist, muss die Entfernung vom Heckenanfang zum Untersuchungsabschnitt reduziert werden. Auch, wenn der Untersuchungsabschnitt stark lückig ist, sollte auf einen alternativen, weniger lückigen Abschnitt ausgewichen werden (DEFRA 2007).

Ergebnisse aus einer Pilotstudie im Zuge der Entwicklung von Heck.in zeigten, dass in den allermeisten Fällen, auch bei außergewöhnlich langen Hecken, ein Bewertungsabschnitt genügt, um eine aussagekräftige Bewertung zu erhalten. Es sei der kartierenden Person jedoch vorbehalten, im Falle von augenscheinlichen Heterogenitäten die Hecke in mehrere Abschnitte aufzuteilen, die dann eine eigenständige Bewertung erhalten. Von einer Mittelung der Ergebnisse wird abgeraten.



Abbildung 6: Methode zur Auswahl des 30m-Abschnitts.

4.1 AUFNAHME AM COMPUTER

(Länge)

Die Länge der Hecke ist kein eigenständiger Indikator, sondern dient lediglich der Berechnung des Bauman- teils. Diese Information kann beispielsweise über den Niederösterreich Atlas ermittelt werden, der unter dem Link <https://atlas.noegov.at/webgisatlas> zu finden ist. Dort kann die Länge in Metern einfach mit dem Werkzeug „Strecke messen“ ermittelt und in das entsprechende Feld eingetragen werden.

Lage – Ausrichtung zur Himmelsrichtung

Trifft der Wind im rechten Winkel auf die Hecke, ist ihre bremsende Wirkung am höchsten. Die Hauptwind- richtung in weiten Teilen Österreichs liegt im Sektor W – NW, und auch die höchsten Geschwindigkeiten wer- den aus diesen Richtungen gemessen. Sogenannte Vb („fünf B“) Wetterlagen oder Mittelmeertiefs sind eine weitere bedeutende Erscheinung, die starke Windentwicklung aus S – SO mit sich bringen. Diese Muster gelten vor allem für den Raum am nordöstlichen Ende des Alpenbogens, also Niederösterreich – für andere Regionen kann es notwendig sein, die Einschätzung leicht abzuändern. Die Ausrichtung der Hecke zur Himmelsrichtung wird in einem beliebigen Kartenprogramm auf dem Satellitenbild abgelesen.

a	b	c	d
S - N	SO - NW	W - O	SW - NO

Lage – Heckendichte

Der Heckendichte in einem bestimmten Landschaftsausschnitt wird über die Website des Niederösterreich Atlas (<https://atlas.noegov.at/webgisatlas>) ermittelt. Hierfür wird um die zu bewertende Hecke mit dem Zei- chenwerkzeug (Werkzeuge - zeichnen) ein Kreis gezogen, der den Radius 280 m besitzt (für einen Flächenin- halt von etwa 25 ha). Innerhalb dieses Kreises wird nun die Gesamtlänge aller Hecken ermittelt. Dies ist mit dem Tool „Bemaßung“ oder „Strecke messen“ möglich.

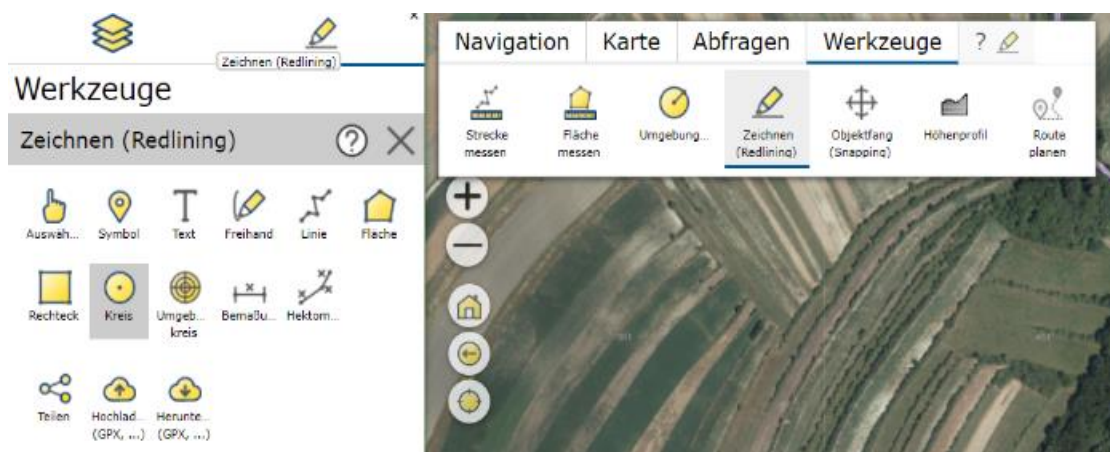


Abbildung 7: Ausschnitt aus NÖ Atlas: grau markierte Kästchen zeigen die zu verwendenden Werkzeuge (NÖ Atlas, bearbeitet)

a	b	c	d	e
<250 m/25ha	250-800 m/25ha	800-1500 m/25ha	1500-2200 m/25ha	>2200 m/25ha

Lage – Schutzgebiet

Die Erfassung der Schutzgebiete erfolgt über den Niederösterreich Atlas (<https://atlas.noegv.at/webgisatlas>). Rechts oben neben der Suchleiste auf die drei parallelen Linien drücken und bei Weitere Karten – *Naturraum* – *Naturschutz* auswählen. Hier lässt sich „Natura 2000 FFH Außengrenze“, „Natura 2000 Vogelschutzgebiete“, „Nationalparks“, „Naturschutzgebiete“, „Landschaftsschutzgebiete“, „Naturparke“, „Biosphärenpark Wienerwald“ und „Ramsargebiete“ ankreuzen.

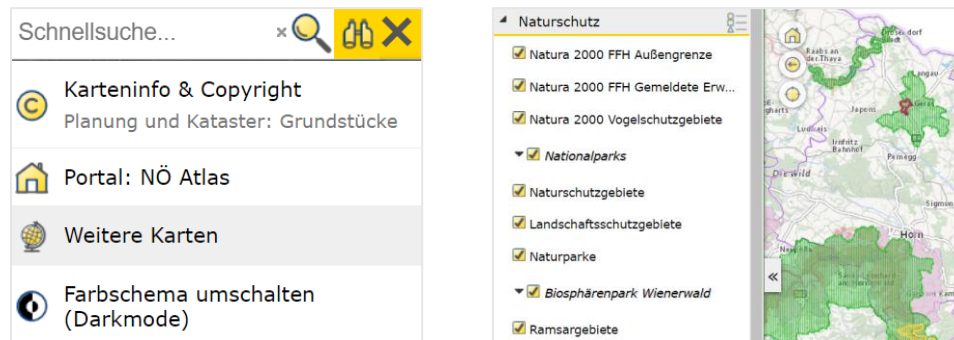


Abbildung 8: Niederösterreich Atlas: Schutzgebiete (NÖ Atlas)

a	b
in Schutzgebiet	nicht in Schutzgebiet

Lage – Naturdenkmal

„Naturgebilde, die sich durch ihre Eigenart, Seltenheit oder besondere Ausstattung auszeichnen, der Landschaft ein besonderes Gepräge verleihen oder die besondere wissenschaftliche oder kulturhistorische Bedeutung haben, können mit Bescheid von der Naturschutzbehörde zum Naturdenkmal erklärt werden. Zum Naturdenkmal können daher insbesondere Klammern, Schluchten, Quellen, Bäume, Hecken, Alleen, Baum- oder Gehölzgruppen, [...] erklärt werden“ (NÖ Naturschutzgesetz, §12 (1)).

Die Erfassung der Schutzgebiete erfolgt über den Niederösterreich Atlas (<https://atlas.noegv.at/webgisatlas>). Rechts oben neben der Suchleiste auf das Symbol mit drei parallelen Linien klicken und *Weitere Karten* auswählen. Unter *Naturraum* findet sich die Karte *Naturschutz*. Hier lässt sich *Naturdenkmäler* ankreuzen. Es wird „A“ gewählt, wenn entweder Hecke selbst Naturdenkmal ist, in der Hecke ein Einzelgehölz steht, das ein Naturdenkmal ist oder sich in unmittelbarer Nähe (sichtbar!) ein Naturdenkmal befindet.

a	b
Naturdenkmal	kein Naturdenkmal

Lage - klimatische Wasserbilanz

Der wesentliche Unterschied in den klimatischen Gegebenheiten innerhalb Österreichs liegt im Wasserhaushalt, der stark je nach Gebiet variiert und von vielen Faktoren, wie z.B. Niederschlagsmenge, Verdunstung, Bodenbeschaffenheit und Topografie abhängt. Die klimatische Wasserbilanz ist hierfür der aussagekräftigste Indikator, sie gibt die Differenz zwischen Jahresniederschlag und potenzieller Verdunstung wieder. Die Karte der klimatischen Wasserbilanz für Niederösterreich befindet sich in Anhang 2.

a	b	c	d	e
unter -400 mm	-400 bis -200 mm	-200 bis +100 mm	+100 bis +300 mm	> +300 mm
dunkelorange	orange bis hellorange	hellgelb bis weißblau	hellblau bis blau	blau bis dunkelblau

Lage – Bevölkerungsdichte

Die Erfassung der Bevölkerungsdichte (Einwohner:innen/km²) erfolgt über <https://ecosystem-accounts.jrc.ec.europa.eu/map>. Zunächst wird mittels des quadratischen Kartensymbols am linken Rand als Basis Layer *colorful (bright)* ausgewählt und die Opazität mithilfe des Reglers ganz hoch stellen. Im nächsten Schritt in der Zeile oberhalb des Kartenbildes die Sparte *Cultural* (links) auswählen. Darunter erscheint die Auswahlmöglichkeit *Nature-based recreation*. Anklicken und im aufgehenden Fenster die Option *Demand* wählen. Links über der Legende kann mithilfe des blauen Reglers die Opazität verändert werden. Die Orientierung erfolgt über die Kartenbeschriftung, Orts-/ Koordinatensuche ist nicht möglich. Erfassung der Nachfrage anhand der eingeblendeten Farbe am Standort der Hecke und Einordnung entsprechend der Legende. Sofern sich die Hecke genau an der Grenze zwischen zwei Gebieten mit unterschiedlich hoher Bevölkerungsdichte befindet, ist der höhere Wert zu wählen.

a	b	c	d	e
0-15 Einw./km ²	16-30 Einw./km ²	31-75 Einw./km ²	76-200 Einw./km ²	>200 Einw./km ²

Lage – in Wildtierkorridor

Die Umsetzung der Grünraumvernetzung ist in Österreich auf Länderebene unterschiedlich weit entwickelt. Während in manchen Bundesländern wie der Steiermark Grünkorridore per Verordnung abgesichert sind, gibt es solcherlei rechtliche Absicherung in anderen Bundesländern nicht (BMK 2020). Seit 2018 gibt es jedoch einen österreichweiten Vorschlag für überregionale Lebensraumvernetzung, der über die Web-Applikation der *Lebensraumvernetzung Österreich*, einem Informationsportal des BMK (mit Unterstützung von Bund (BML) und Europäischer Union. Darin liegen die Korridore in Linienform vor. Für die Bewertung der Korridorabschnitte wurde jedoch mit einem Pufferbereich gerechnet, die für die Indikatoraufnahme herangezogen wird. Liegt die Hecke innerhalb des Puffers, wird davon ausgegangen, dass sich die Hecke in einem Wildtierkorridor befindet. Aufzurufen sind die Daten unter <https://geonode.lebensraumvernetzung.at/maps/63/view#/>. Links unter *Ebenen* ist die *Bewertung LRVA* durch das Auge zu aktivieren.

a	b
in Wildtierkorridor	nicht in Wildtierkorridor

Lage – traditionelle Heckenregion

Niederösterreich verzeichnet einige Regionen, die eine lange Heckentradition haben. In anderen Regionen ist dies nicht der Fall. Anhand der Kulturlandschaftsgliederung Österreichs (WRBKA et al. 2002) wurden traditionelle Heckenregionen herausgearbeitet. In Bewertung der Ökosystemleistung findet sich eine Karte der Heckenregionen in Niederösterreich. Für andere Bundesländer/Länder sind hier Anpassungen notwendig.

a	b
Hecke liegt in traditioneller Heckenregion	Hecke liegt nicht in traditioneller Heckenregion

Lage – Franziszeischer Kataster

Der Franziszeische Kataster ist ein historisches Kartenwerk, das zwischen 1810 und 1870 als Grundlage für die Berechnung der Grundsteuer erstellt wurde und bis heute die Basis für die Grundbücher Österreichs bildet. Die Kartenblätter für den Raum Wien und Niederösterreich entstanden in der Zeit von 1817-1824. Beim Vergleich der Altkarten mit aktuellen Aufnahmen wird deutlich, dass die Gliederung der Landschaft und ihrer Strukturelemente in vielen Fällen auch nach 200 Jahren noch starke Parallelen aufweist.

Die Erfassung erfolgt durch das Überlagern der Satellitenkarte (Basiskarte) mit dem Franziszeischen Kataster auf <https://maps.arcnum.com/>. Durch Regeln der Opazität des Katasters kann die aktuelle Luftbilddaufnahme gut verglichen werden.

a	b
Hecke im Kataster als Element erkennbar	Hecke im Kataster nicht als Element erkennbar

Boden – nutzbare Feldkapazität

Die nutzbare Feldkapazität beinhaltet Information über die Textur des Bodens, die Gründigkeit und den Humusgehalt, steht für die Wasserspeicherefähigkeit und korreliert eng mit der potenziellen Nitratrückhaltekapazität. In Österreich sind diese Bodeneigenschaften der landwirtschaftlich genutzten Fläche kartiert.

Die Themenkarte ist erreichbar auf <https://bodenkarte.at/> über die Schaltflächen *Kartensteuerung – Kartenapplikationen – Bundesamt für Wasserwirtschaft – Nitrat und Feldkapazität*. Liegt die Hecke auf zwei verschiedenen Flächen, ist grundsätzlich die größere Fläche zu wählen. Bei 50/50 wird das Ergebnis gemittelt (a und c wird zu b) – bei a und b wird der höhere Wert gewählt – in diesem Fall b.

a	b	c	d
Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch
<60 mm	60-140 mm	140-220 mm	220-300 mm

Boden – Humusbilanz

Für die Bodenformen der österreichischen Bodenkarte wurde das Potenzial für Humusauf- und -abbau mittels der standortangepassten Humusbilanzierung nach Kolbe berechnet. Als Ergebnis wird dabei eine Standortgruppe zugewiesen:

- Standortgruppe 1: Schwarzerden, Tonböden >700 mm Niederschlag/Jahr, Sandböden mit C/N-Verhältnissen >12;
- Standortgruppe 2: Sand, anlehmiger Sand und lehmiger Sand unter 8,5 °C Temp., toniger Lehm, Tonböden;
- Standortgruppe 3: Sand, anlehmiger Sand und lehmiger Sand über 8,5 °C Temp.;
- Standortgruppe 4: stark sandiger Lehm und sandiger Lehm unter 8,5 °C Temp.;
- Standortgruppe 5: stark sandiger Lehm und sandiger Lehm, über 8,5 °C Temp.;
- Standortgruppe 6: Lehmböden (KOLBE 2007).

Die Themenkarte ist erreichbar auf <https://bodenkarte.at/> über die Schaltflächen *Kartensteuerung – Kartenapplikationen – Bioforschung Austria*. Liegt die Hecke auf zwei verschiedenen Flächen, ist grundsätzlich die größere Fläche zu wählen. Bei 50/50 wird das Ergebnis gemittelt (a und c wird zu b) – bei a und b wird der höhere Wert gewählt – in diesem Fall b.

a	b	c
Standortgruppen 1 und 2	Standortgruppen 3 und 4	Standortgruppen 5 und 6

4.2 AUFNAHME VOR ORT

Lage – Position zum Hang

Mit der Neigung des Geländes ändern sich viele Prozesse und Charakteristiken des Naturraums und auch der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung. Hecken sind diesem Wirkungsgefüge ebenfalls unterworfen, was Auswirkungen auf ihr eigenes Gedeihen und die Flächen um sie herum hat. Neben der Neigung des Hangs (eigenständiger Indikator) spielt die Position der Hecke im Hang eine Rolle.

a	b	c	d	e	f
in Hangrichtung	Oberhang/Kuppe	Diagonal zur Falllinie	Unterhang/Hangfuß	Im Hang, quer zur Falllinie	keine Hangneigung

Lage – Neigung des Hangs

In Kombination mit dem Indikator Position zum Hang verstärkt oder vermindert die Neigung des Hangs dieselben Wirkungen. Erfasst wird sie durch Schätzen oder Messen vor Ort. Die Kartendarstellung am Computer kann als Anhalt herangezogen werden, die Klasseneinteilung ist jedoch nicht dieselbe.

a	b	c	d	e
0 – 3 %	3 – 6 %	6 – 10 %	10 – 15 %	Mehr als 15 %
annähernd eben	Neigung merkbar (beim Spazieren z.B.)	deutlich steigend (Anstrengung beim Gehen)	durchschnittliche Bergstraße	Steilste Abschnitte von Bergstraße

Lage – Nachbarflächen

Hecken können als Teil einer Landschaft oder eines Ökosystems verschiedene Nachbarflächen haben, die ihre Funktion und Wirkung beeinflussen können. Die Nachbarflächen der Hecke werden im Feld angegeben. Als extensiver Wein- und Obstbau werden Streuobstsysteme oder Weingärten mit diversem Bodenbewuchs angesprochen, alle restlichen Wein- und Obstbauflächen werden in derselben Kategorie wie Ackerflächen eingestuft.

Es werden alle an die Hecke angrenzenden Flächen aufgenommen. Mehrfachnennungen sind möglich.

a	b	c	d	e	f
versiegelte Fläche	Grünland extensiv	Grünland intensiv	Acker	unversiegelter Weg	Brache
Straße, Siedlung, Industrie, ...	Wiese/Weide, inkl. extensiver Wein-/ Obstbau	Wiese/Weide	inkl. Gemüsebau, intensiver Wein-/ Obstbau	Schotterweg, gemulchter Weg, ...	nicht-bewirtschaftete, brachliegende Fläche

Lage – Netzwerk

Hecken erfüllen ihre Ökosystemleistungen besser, wenn sie nicht isoliert stehen, sondern Teil eines Verbundsystems sind. Es wird die Anzahl der Verbindungen zu anderen Hecken oder Wald gezählt (0/1/>1). Dies ist sowohl am Computer als auch vor Ort im Feld möglich. Ist die Hecke Teil eines Rainnetzwerks, ist dies ebenfalls anzugeben. Mehrfachnennungen sind möglich.

a	b	c	d
keine Verbindung zu anderer Hecke/Wald	1 Verbindung	>1 Verbindung	Teil eines Rainnetzwerks

Lage – Erschließungsmöglichkeit

Voraussetzung für die Nutzung von Hecken zur Naherholung stellen Erschließungsstrukturen dar (PARACCHINI et al. 2014). Abgesehen von der allgemeinen Erreichbarkeit sind dafür begeh-/ befahrbare Weganlagen in oder entlang der Hecke notwendig. Dabei kann es sich sowohl um landwirtschaftliche Strukturen wie Wirtschafts-, Feld- oder Hohlwege handeln, als auch um Wander-, Rad- oder Pilgerwege. Inoffizielle Erschließungsmöglichkeiten wie Trampelpfade werden ebenfalls berücksichtigt. Wege, für die ein Betretungsverbot besteht (Kennzeichnung vor Ort), werden gleichgesetzt mit fehlendem Weg. Eine Sichtbeziehung besteht dann, wenn vom Weg aus die Hecke gesehen werden kann. Straße und Hecke sind dann visuell miteinander verbunden.

a	b	c
Weg in oder entlang der Hecke	kein Weg aber Sichtbeziehung zur Hecke	Kein Weg, keine Sichtbeziehung

Nutzung – (agroforstliche) Nutzungsspuren

Agroforstwirtschaft bezieht sich auf die Integration von Bäumen oder Sträuchern in landwirtschaftliche Flächen oder Systeme, um ökologische und ökonomische Vorteile zu erzielen. Bienenstöcke, Obstbäume und Holzstapel sind alles mögliche Bestandteile einer agroforstwirtschaftlichen Gestaltung von Hecken. Mehrfachnennungen sind möglich.

a	b	c	d	e
keine ersichtlich	Bienenstöcke	Obstbäume	gelagerte Holzstapel	andere Nutzung

Nutzung – Zusatzstrukturen

Erfasst werden Zusatzstrukturen neben oder in der Hecke, die von Menschen genutzt werden (können). Dies wird im Feld erhoben. Mehrfachnennungen sind möglich. Weitere Strukturen die der Bildung oder Erholung dienen, wie beispielsweise Themenwege, werden hier ebenso aufgenommen.

a	b	c	d	e
Jagd	Erholung	Bildung	Kulturdenkmal	Nichts davon
z.B. Hochstand, Salzstein, Fallen	z.B. Sitzbank, Mistkübel	z.B. Lehrtafel	z.B. Gedenksteine, Bildstöcke, Marterl, Gedenktafeln, Flurkreuze	

Nutzung – Management

Spuren von Management sind nicht immer gut erkennbar. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es Management gibt, das nicht unmittelbar sichtbar ist. Hier geht es also um sichtbares Management, das vermutlich in den letzten Jahren stattgefunden hat. Beispiele sind sichtbare Schnitte an Gehölzen, Verbißschutz um junge Gehölze oder ähnliches. Mehrfachnennungen sind möglich.

a	b	c	d	e	f
kein Management sichtbar	Baum/Strauch nachgepflanzt	Seitenschnitt sichtbar	auf Stock gesetzt	Einzelbaum/-strauch Rückschnitte	Einzelstamm Entnahme

Struktur – Horizontale Schichtung

Die horizontale Schichtung fragt ab, wie sich die Schichtung in der Waagrechten darstellt, gibt es nur eine Baumschicht, sind Sträucher nicht vorhanden oder nur lückig, sodass man von keiner eigenen Schicht reden kann (Abbildung 9 und 10).



Abbildung 9: Hecke nur mit Baumschicht.



Abbildung 10: Hecke nur mit Strauchschicht.

a	b	c
nur Baumschicht	nur Strauchschicht	Baum- und Strauchschicht

Struktur – Vertikale Schichtung

Die vertikale Schichtung beschreibt den Aufbau einer Hecke im Querschnitt. Die Mantelzone ist der Bereich der Heckenseiten: er bekommt Licht und, vor allem südseitig, Wärme (RINGLER et al. 1997). Daher besteht er aus eher lichtbedürftigen Gebüsch, die oft bis unten belaubt sind. Eine Hecke, die keinen Mantel aufweist, schließt zur Seite hin nicht ab. Die Kernzone besteht vor allem bei älteren, breiteren Hecken und ist in ihrem Inneren dunkel und weitestgehend blattlos (SCHULZE et al. 1984). Eine Hecke ohne Kernzone ist meist schmal und/oder noch jung, sodass alle Pflanzen genügend Licht bekommen.

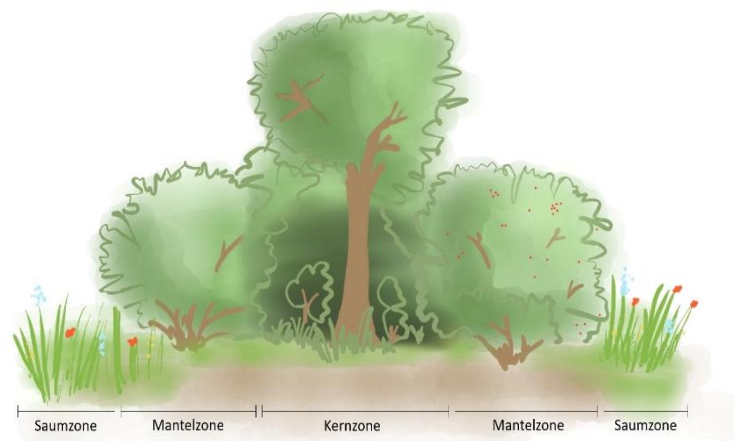


Abbildung 11: Typischer Hecken Aufbau mit Kernzone, zwei Mantelzonen und zwei Saumzonen.

a	b	c
nur Mantelzone	nur Kernzone	Kernzone und Mantelzone

Struktur – Strukturvielfalt

Mit der Strukturvielfalt sind hier Breiten- und Höhenunterschiede in der Hecke gemeint. Sie werden über die Länge der Hecke hinweg geschätzt. Eine leichte Zu-/ Abnahme der Höhe oder Breite ist hier weniger entscheidend als größere Schwankungen in Höhe und/oder Breite.

a	b	c
keine: Hecke +/- gleich breit, gleich hoch	1 Dimension variabel	2 Dimensionen variabel

Struktur – Sonderform

Als Sonderform werden Hecken bezeichnet, die auf nicht ebenem Boden stocken, wie einem Hochrain. In Einzelfällen ist hier auch eine Mehrfachnennung möglich.

Begriffserklärungen: Lesesteinhaufen sind Ansammlungen von Steinen, Hochraine sind schmale Anhäufungen von Erde und Böschungen sind geneigte Flächen oder Hänge.

a	b	c	d	e
keine Sonderform	Lesesteinhecke	auf Hochrain	Böschunghecke	Grabenhecke

Struktur – Lücken

Als Lücke zählt ein Loch im Kronendach. Abbildung 12 erläutert genauer, was als Lücke zählt und was nicht. Auch Lücken <1 m zählen. Für die Lücken werden zweierlei Dinge betrachtet: die Anwesenheit von Hecken größer 5 m sowie der Prozentsatz an Lücken bezogen auf die Heckenlänge. Ersteres ist lediglich mit ja oder nein zu beantworten: gibt es in der Hecke eine Einzellücke von >5 m, wird „A“ angegeben. Bei Zweiterem wird die Gesamtlänge aller vorhandenen Lücken <5 m als Prozentsatz der gesamten Heckenlänge angegeben. Hierfür wird die Länge aller Lücken zusammengezählt, anschließend durch die Gesamtlänge der Hecke geteilt und dann mit 100 % multipliziert.

Beispiel: eine 253 m lange Hecke hat sechs Lücken mit den Breiten 2 m, 4 m, 7 m, 1 m, 1 m und 3 m. Die Gesamtlänge der Lücken beträgt also 18 m. $18 \text{ m} \div 253 \text{ m} \cdot 100 \% = 7 \%$. Dies würde der Kategorie „C“ entsprechen, allerdings ist eine der Lücken über 5 m breit, somit fällt die Hecke in Kategorie „A“.

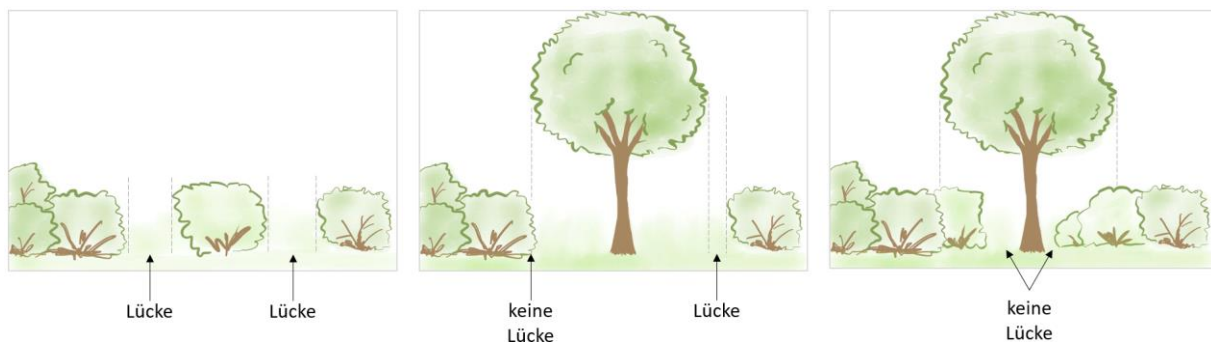


Abbildung 12: Was gilt als Lücke? (nach DEFRA 2007)

a	b	c	d	e
min. 1 Lücke >5m	>10% Lücken <5m	5-10% Lücken <5m	<5% Lücken <5m	keine Lücken

Struktur – Totholz

Der Totholzanteil wird über die gesamte Hecke hinweg geschätzt. Es fließen sowohl Menge als auch Wertigkeit des Totholzes (stehendes ist besser als liegendes, dickes besser als dünnes) mit ein. Je nachdem, wie oft hier mit ‚Ja‘ geantwortet wird, wird der Indikator bewertet. Die Leitfragen sind:

- Gibt es viel (>10 %) Totholz (TH)?
- Zumindest auch stehendes TH?
- Zumindest auch starkes (>20 cm Durchmesser am dickeren Ende) TH?

Anmerkung: es geht um Totholz, das längerfristig in der Hecke verbleibt, NICHT um Holzstapel, die abgeführt werden. Für diese, siehe Indikator „(agroforstliche) Nutzungsspuren“.

a	b	c	d	e
kein Totholz	kein Merkmal erfüllt: wenig und liegendes und schwaches TH	1 Merkmal: viel oder stehendes oder starkes TH	2 Merkmale	3 Merkmale: viel und stehendes und starkes TH

Struktur – Alterszusammensetzung

Die Einschätzung des Alters der Pflanzen in der Hecke erfordert etwas Übung. Zur leichteren Einschätzung wurde aus ZWÖLFER (1982a) typische Kriterien für die Alters(klassen)zuordnung entnommen (siehe Tabelle 3). Es ist möglich, dass mehrere Altersklassen in einer Hecke vorkommen.

Tabelle 3: Kriterien für die Altersklassenzuordnung (nach ZWÖLFER 1982a)

Altersklasse	Wachstum	Verzweigung	Blühfähigkeit	Vitalität
0 1 Jahr nach Anpflanzung/Einschlag	Pflanzenschnitt noch sichtbar; prakt. nur Langtrieb; Stockausschlag	nur einfache Verzweigung	fehlt meist	Rutenformen (biegsam)
I 2-5 Jahre	Längen- bzw. Höhenwachstum Höhe bis max. 1,5 m	rel. gering u. einfach, bis zum Boden	gering, Einzelblüten überwiegen	Beblätterung im ganzen Busch
II 6-10 Jahre	Längenwachstum noch überwiegend	dichte Verzweigung im ganzen Busch	Blühkomplexe vorhanden an Langtrieben	Konkurrenzkräftigstes Stadium
III 11-20 Jahre	Auswachsen in Breite und Höhe	Ausbildung v. Kern- u. Mantelbereich	Blühkomplexe an Kurz- u. Langtrieben	Hauptfruchtperiode
IV 21-50 Jahre	Baumarten noch strau- chig, noch nicht deutlich dicker als Straucharten	dichte Verzweigung im Mantelbereich; Kernbereich verkahlt	Volle Blühfähigkeit an Kurztrieben (Blühkomplexe)	Beblätterung u. Blüte nur im Mantel
V >50 Jahre	Baumarten deutl. über Hecke (doppelte Höhe); Stammbildung	Neutriebe nur vereinzelt; Austrieb schlafender Augen in Lücken	reduziert, aus Komplexen blühen nur Einzelblüten auf	viel totes Holz Sträucher lückig, Zweige brüchig

a	b	c	d	e
alle < 6 Jahre	alle 6 bis 20 Jahre	alle 20 bis 50 Jahre	alle > 50 Jahre	gemischtes Alter jung bis alt
0, I	II, III	IV	V	3+ versch. Altersklassen

Struktur – Saum

Der Heckensaum schließt an die Hecke an und ist mit mehrjährigen Gräsern und Stauden bestückt. Er beginnt an der Außenkante der Hecke. Beim Fehlen der Strauchschicht ist der krautige Bereich unter der Hecke nicht mitzuzählen. Er wird im 30 m-Abschnitt aufgenommen, indem die durchschnittliche Breite des Krautsaums zwischen Gehölzrand und Weg oder Feldrand zu beiden Seiten in Metern geschätzt wird.

Ebenfalls aufzunehmen ist die Saumart. Was den Saum im engeren Sinne vom Mähstreifen unterscheidet, ist die Extensivität (seltener Mahd, weniger Nährstoffe) und die dadurch entstehende Artengemeinschaft, die „durch ein- oder mehrjährige Hochstauden, die zumeist dichte Bestände bilden und sich aufgrund ihres Blütenreichtums deutlich von den meist monotonen landwirtschaftlichen Nutzflächen abheben“ (BIANCHIN 2011, S.93) geprägt sind. Abbildung 13 und 14 visualisieren den Unterschied.

Da Grünland (Wiesen und Weiden) ebenfalls nicht gepflügt werden und dies für die Erfüllung einiger ÖSL der relevante Faktor ist, werden auch diese hier mit aufgenommen.



Abbildung 13: Hecke mit Saum links der Hecke..



Abbildung 14: Hecke mit frisch gemähtem Mähstreifen.

Saumbreite:

a	b	c	d	e
kein Saum	< 2m	2-3 m	3-4 m	> 4 m

Saumart:

S	M	G	N
Saum	Mähstreifen	Grünland	Nichts davon

Struktur – Höhe

Die Höhe wird als Durchschnittswert im 30 m-Abschnitt ermittelt. Wächst die Hecke auf einer Bank, wird diese nicht mit einbezogen. Bei einer asymmetrischen Bank, bei der die Höhe der Hecke auf einer Seite geringer ist, wird die Höhe auf der niedrigeren Seite ermittelt. Ebenfalls nicht mit einbezogen in die Schätzung werden Lücken in der Hecke sowie Einzelbäume. Bilden hingegen die Bäume das Kronendach (Baumhecke) werden diese schon mit einbezogen.

Je höher eine Hecke, desto schwieriger ist es, die Höhe genau zu messen. Gutachter:innen sollten ihre best mögliche Schätzung abgeben; unter realen Bedingungen kann die Höhe typischerweise auf 1-2 m Genauigkeit abgeschätzt werden.

a	b	c	d	e
< 2 m	2-5 m	5-10 m	10-15 m	> 15 m

Struktur – Breite

Es soll der Mittelwert im 30 m-Abschnitt ermittelt werden. Dieser wird entweder mit einem Maßband gemessen, oder, wenn Ersteres nicht möglich ist, geschätzt. Ist die Heckenbreite entlang der Länge gleichmäßig, kann die Breite mit einem Maßband gemessen werden, am einfachsten ist dies an einer Lücke.

Vereinzelte Heckenbäume und Lücken fließen nicht in die Breite mit ein. Überhängende Pflanzenteile werden erst ab einer Höhe von 0,5 m zur Heckenbreite gezählt (DEFRA 2007).

a	b	c	d	e
< 2 m	2-4 m	4-6 m	6-8 m	8-12 m

Pflanzen – Baumanteil

Als Baum zählt jedes lebende Gehölz mit einer dominierenden Sprossachse (Stamm) und einem Brusthöhendurchmesser (= Stammdurchmesser in 1,30 m Höhe) von über 7 cm. Keine Bäume sind demnach Sträucher, Lianen, Gräser, Kräuter, Totholz und Streu (KLINGENFUß et al. 2019).

Zielgröße für den Baumanteil ist die Anzahl der Bäume in der Hecke pro 100 m Heckenlänge. Hierfür wird die Heckenlänge benötigt (siehe oben), sowie die Gesamtanzahl der Bäume in der Hecke. Die Formel hierfür lautet:

$$\text{Baumanteil} = \frac{\text{Anzahl Bäume}}{\text{Heckenlänge [m]}} * 100 \text{ m}$$

a	b	c	d	e
keine Bäume	1-2/100 m	3-9/100 m	10-20/100 m	>20/100 m

Pflanzen – Anzahl Gehölzarten

Um die Anzahl der Gehölzarten in der Hecke festzustellen, werden die verschiedenen Gehölzarten im 30 m-Abschnitt gezählt (FOULKES et al. 2013). Es sei hier festzuhalten, dass, gerade in heterogenen Hecken die Anzahl der Gehölzarten mitunter deutlich höher sein kann, als im 30 m-Abschnitt aufgenommen.

Hilfe für die Unterscheidung der Gehölzarten bieten vor allem Blätter, Blüten/Früchte, sowie Wuchsformen. Auch Pflanzenbestimmungs-Apps wie z.B. *Flora Incognita* oder *PlantNet* können gute Dienste leisten.

a	b	c	d	e
1-3 Arten/30 m	4-5 Arten/30 m	6-7 Arten/30 m	8-9 Arten/30 m	10+ Arten/30 m

Pflanzen – Dominanz einzelner Art(en)

Die Dominanz von Gehölzarten in einem Ökosystem bezieht sich auf die relative Häufigkeit und Verteilung von Baum- und Straucharten in einem bestimmten Gebiet. Die Dominanz hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie zum Beispiel dem Klima, der Bodenzusammensetzung, der topographischen Lage oder dem Einfluss von menschlichen Aktivitäten.

Die eventuellen Dominanzen einzelner Arten werden im 30 m-Abschnitt geschätzt. Abbildung 15 zeigt den Unterschied anhand eines Beispiels.

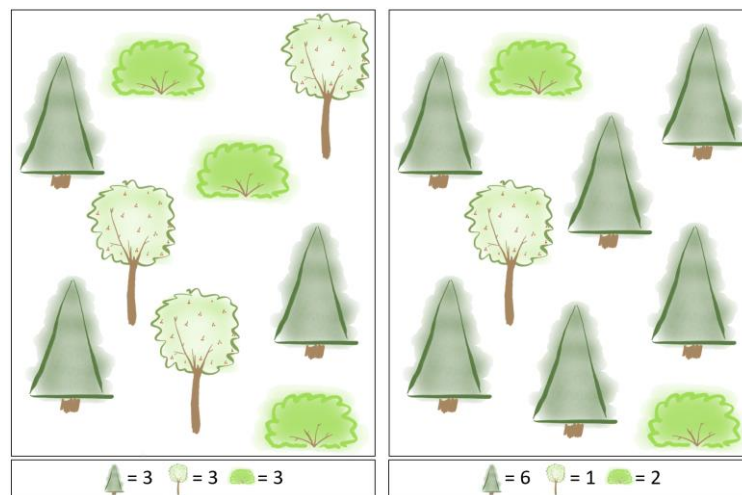


Abbildung 15: Vergleich verschiedener Dominanzen bei gleichbleibender Artenzahl – links: keinerlei Dominanzen einzelner Arten, alle Arten kommen gleich oft vor; rechts: starke Dominanz des Nadelbaums (nach LANDSCHAFTSÖKOLOGISCH 2020)

a	b	c
keine Dominanzen	leichte Dominanzen einzelner Arten	starke Dominanzen einzelner Arten

Pflanzen – Neophyten





Als Neophyten werden Pflanzen verstanden, die nicht heimisch sind und seit dem 16. Jahrhundert vom Menschen eingeschleppt wurden (SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT 1999). Invasiv ist ein Neophyt dann, wenn er wesentliche unerwünschte Auswirkungen auf andere Arten und Lebensgemeinschaften hat, wie beispielsweise Verdrängung heimischer Pflanzen durch Platz- und Ressourcenkonkurrenz (NATURSCHUTZBUND ÖSTERREICH). Die Neophytenbedeckung wird im 30 m-Abschnitt geschätzt. Bei der Aufnahme von Neophyten kann sich an der nachstehenden Liste orientiert werden. Werden Neophyten erkannt, die nicht in der Liste stehen, sind diese ebenfalls zu berücksichtigen. Der prozentuelle Anteil von Neophyten wird geschätzt. Es geht hierbei nicht um den Anteil bezogen auf die Arten, sondern um die Gesamtbdeckung.





Empfehlung bei Unsicherheiten: Pflanzenbestimmungs-Apps wie beispielsweise *Flora Incognita* oder *PlantNet*.

a	b	c	d	e
> 50 %	25-50 %	10-25 %	5-10 %	0-5 %
hohe Neophytenbedeckung	mittlere Neophytenbedeckung	mäßige Neophytenbedeckung	sporadische Neophytenbedeckung	keine oder vereinzelt Neophytenbedeckung

Tabelle 4: Beschreibung häufiger (invasiver) Neophyten in Hecken.

(1)	Art		Merkmale
 <p>groß: CC-O; klein: Jean-Paul Jean Paul</p>	Eschenahorn	Zweige:	junge Zweige mit bläulicher Bereifung
		Blätter:	unpaarig gefiedert, 3-zählig (z.T. bis 7-zählig)
		Blüten:	weiß, hängende Blütenstände
		Früchte:	geflügelt wie bei heimischen Ahorn
		Verwechslung:	Gemeine Esche: schwarze Endknospen, keine bläuliche Bereifung auf Jungtrieben, immer mehr als 3 Teilblättchen, Früchte nicht geflügelt
 <p>groß: Maja Dumas, klein: NobbiP</p>	Götterbaum	Blätter:	bis 90 cm lang, gefiedert, Teilblätter bis 10 cm lang, gegen Ende zugespitzt, große Drüsen auf Unterseite, glatter Rand
		Blüten:	gelb, rispenförmig, am Ende der Zweige
		Früchte:	breit geflügelte Nüsschen
		Verwechslung:	Essigbaum (siehe unten) Gemeine Esche: Blättchen haben gesägten Rand und sind oben zugespitzt; schwarze Knospen
 <p>groß: Karin Schneider, klein: Susan Mene</p>	Essigbaum	Zweige:	rot-braun, filzig behaart
		Blätter:	30 – 50 cm lange gefiederte Blätter, gezählter Rand, im Herbst knallrot
		Blüten:	hellgelbe, stehende Kolben
		Früchte:	rote, stehende Kolben
		Verwechslung:	Götterbaum (siehe oben) Gemeine Esche: schwarze Knospen, grüne Zweige, Fruchtstände geflügelte Nüsschen
 <p>groß: Norbert Nagel, klein: Katrin Schneider</p>	Robinie	Rinde:	graubraun mit tiefen Längsrissen, paarige Dornen
		Blätter:	Fliederblätter, Teilblätter sind ganzrandig, vorne abgerundet
		Blüten:	weiß, wohlriechend, in lockeren hängenden Trauben
		Früchte:	trockene Hülsen
		Verwechslung:	Goldregen (siehe unten)

(2)	Art		Merkmale
 <p>groß: Gianpaolo Bragagnini, klein: Irmgard Groß</p>	Goldregen	Rinde:	keine Dornen
		Blätter:	langgestielt, 3 elliptische Blättchen, unterseits hellgrau und behaart, ähnlich zu Kleeblatt
		Blüten:	gelb, zu 10-20igst in traubigen, bogig überhängenden Blütenständen Blütezeit: April bis Juni
		Früchte:	seidig behaarte Hülsen mit flachen dunkelbraunen Samen
		Verwechslung:	Robinie (siehe oben)
 <p>groß: Maja Dumat, klein: Sylvian Piry</p>	Schmalblättrige Ölweide	Zweige:	Zweige bedornt
		Blätter:	lancezförmig, Oberseite grünlichgrau, unterseits dicht silbrig haarig, 3 - 9 cm, feste Blattstruktur
		Blüten:	innen gelb, außen silbrig, zu 2 bis 3 in den Blattachseln junger Kurztriebe, Einzelblüte ca. 1 cm lang
		Früchte:	weißlich-gelblich, olivenförmig
		Verwechslung:	Silberweide: Blätter nicht so hart, Blüten typische Weidenkätzchen, Früchte kleine, harte Kapseln
 <p>groß: Elke Lohr, klein: Willem Defieuv</p>	Tatarischer Hartriegel	Rinde:	Junge Triebe blutrot und weißlich behaart, weißes Mark
		Blätter:	4-8 cm lang, elliptisch bis eiförmig, kurz zugespitzt, mit 5-6 Nervenpaaren, Oberseite lebhaft grün, Unterseite bläulichgrün
		Blüten:	gelblich-weiß, 3-5 cm breite Trugdolden
		Früchte:	weiß bis hellblau, erbsengroß, rundlich
		Verwechslung:	Roter Hartriegel: Früchte schwarz-blau Gelber Hartriegel: keine roten Zweige, blüht sehr früh & gelb, Früchte einzeln, rot, elliptisch
 <p>groß: Kai Best, klein: Loumac</p>	Sommerflieder	Blätter:	lang zugespitzt, gezähnt, auf Unterseite dicht graufilzig behaart
		Blüten:	lila, dichte, zylindrische Rispen
		Früchte:	kleine Kapseln
		Verwechslung:	Gewöhnlicher Flieder (siehe unten)

(3)	Art		Merkmale
 <p>groß: Markus Manske, klein: Stefano Buzz</p>	Gewöhnlicher Flieder	Blätter:	herzförmig, gegenständig, vorne lang zugespitzt
		Blüten:	lila, in dichter Rispe
		Früchte:	zweiklappige, bräunliche, holzige Kapseln
		Verwechslung:	Sommerflieder (siehe oben)
 <p>groß: Annemarie Ahrens-Stehle, klein: Camelia6</p>	Gewöhnliche Schneebeere	Wuchsform:	Strauch
		Blätter:	gegenständig (sich gegenüber), eiförmig bis rund, Ende leicht zugespitzt
		Blüten:	rosa, klein
		Früchte:	weiß, fast kugelförmig, saftig
		Verwechslung:	-
 <p>groß: Irmgard Groß, klein: Martin Goodman</p>	Gemeiner Bocksdorn	Rinde:	meist bedornete, dünne herabgebogene Äste, Strauch
		Blätter:	länglich, lanzettförmig, graugrün, 3-10 cm lang
		Blüten:	lila, glockenförmig
		Früchte:	rote Beeren (Gojibeeren)
		Verwechslung:	-
 <p>groß: Matt Lavin</p>	Hybridpappel	kein Neophyt im eigentlichen Sinne, sondern ein Hybrid Unterscheidung oft nur schwierig möglich Hybride haben heimische Schwarz-Pappel allerdings fast komplett verdrängt	
		Rinde:	gleichmäßige längsgefurchte Borke ohne horizontale Korkwülste; auch Jungtriebe mit Korkrippen
		Blätter:	frisch austreibende Laubblätter rötlich, Blattstielansatz der Blattspreite immer mit Drüsen
		Verwechslung:	mit der Schwarzpappel (Jungtriebe ohne Korkrippen, Borke mit horizontalen Korkwülsten, Blattnerven nur wenig verzweigt)

5. BEWERTUNG DER ÖKOSYSTEMLEISTUNG



Die Verwendung des Excel-Formulars kann die Bewertung der ÖSL schnell und einfach machen, da es eine händische Berechnung erspart und die Möglichkeit bietet, die Ergebnisse sofort sehen und auswerten zu können. Zudem kann sie dazu beitragen, dass eventuelle Fehler bei der Berechnung minimiert werden. Allerdings ist es wichtig, sicherzustellen, dass die in das Excel-Formular eingegebenen Daten korrekt und vollständig sind, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

Alternativ kann die Berechnung auch händisch erfolgen, indem die entsprechenden Formeln, die in diesem Kapitel genau erläutert sind, zur Berechnung verwendet werden.

Im Folgenden werden alle mit Heck.in bewerteten ÖSL einzeln nacheinander behandelt. Es wird erläutert, was die ÖSL ausmacht und welche Rolle Hecken bei der Bereitstellung der ÖSL spielen. Gegebenenfalls werden Besonderheiten der Bewertung erklärt. Eine tabellarische Aufschlüsselung aller Indikatoren, die für die Bewertung der ÖSL relevant sind, wird bereitgestellt. Dazu gehören Beschreibungen der Indikatoren sowie Umrechnungsfunktionen, die verwendet werden, um die Indikatoren in Wertstufen für die Bewertung der Kapazität zur Erbringung von ÖSL umzuwandeln. Indikatoren, die in der ÖSL-Berechnung als Zusatzpunkte fungieren, sind in den Bewertungsverfahren für die einzelnen ÖSL *kursiv* geschrieben.



BEREITSTELLENDEN LEISTUNGEN

ROHSTOFFE AUS DER HECKE

"Hedgerows are a source of products."

– BAUDRY et al. 2000

HINTERGRUND

Typischerweise werden diese ÖSL aus erneuerbaren biotischen Ressourcen (das heißt Produkten aus lebenden Pflanzen und Tieren) gewonnen (GRUNEWALD & BASTIAN 2012). Allgemein wird unterschieden zwischen direkt aus der Natur gewonnenen Produkten (Wildtiere, Wildfrüchte) und Produkten aus kultivierten Pflanzen und Tieren (DE GROOT et al. 2002). Letzteres erfordert mehr Arbeitskraft und Energieeinsatz (GRUNEWALD & BASTIAN 2012).

In der Vergangenheit wurden Hecken unter anderem als Brenn- und Wertholzquelle genutzt, sowie das Wildobst geerntet und verwertet. Auch heute noch werden beispielsweise Haselhecken regelmäßig auf Stock gesetzt und das dadurch gewonnene Holz als Brennstoff verwendet und einzelne Bäume als Bauholz herausgeschnitten. Die Nutzungen sind jedoch insgesamt stark zurückgegangen. Durch das Konzept der „Mehrnutzungshecke“ wird versucht, dieses Potenzial der Heckennutzung wieder mehr in den Vordergrund zu rücken. Mehrnutzungshecken enthalten vermehrt schnellwachsende Gehölze oder Gräser, die zur Energieerzeugung genutzt werden können. Aber auch Edelhölzer, (Wild-)Obst oder Nussbäume und -sträucher werden gezielt in die Hecke gepflanzt, genutzt und vermarktet. Weitere verwandte Ideen der Nutzung sind Agroforstsysteme wie Alley-Cropping (das allerdings der Heckendefinition meist nicht mehr entspricht) sowie die Hecke als Kultivierungsort von Kräutern oder Pilzen (BAUDRY et al. 2000; ABLEIDINGER et al. 2020). Einige typischen Heckenbäume, wie beispielsweise Vertreter der Kirsche (Gattung *Prunus*) besitzen einen höheren Heizwert als die klassische Brennholzart Rotbuche (*Fagus sylvatica*) (SELL & SCHNELL 1988, nach SCHMELZ 2001). Sowohl Sträucher als auch Bäume können gute Erträge liefern, aufgrund der Stammbildung sind Bäume mit einem höheren Ertragspotenzial zu bewerten.

Auch in diese ÖSL integriert wird die Jagd und Honigbienenhaltung. Vor allem in strukturarmen Agrarlandschaften bieten Hecken wertvolle Ruhe- und Reproduktionsräume für jagdbare Tierarten wie Fasan oder Feldhase und können damit zu einem Anstieg der Wildtierpopulationen beitragen (BIOLAND et al. 2011). Auch werden in Hecken häufig Futterstellen und/oder Hochstände gebaut und die Hecke somit als Ort der Jagd etabliert. Bienenstöcke werden oft in Hecken platziert, um Honig zu produzieren.

Gerade die primären Versorgungsleistungen korrelieren potenziell negativ mit einigen anderen Ökosystemleistungen. Die einseitige Erhöhung dieser Leistungen kann andere ÖSL reduzieren (GRUNEWALD & BASTIAN 2012). Beispielsweise kann die Intensivierung der Holznutzung durch den Verlust der Artenvielfalt auf Kosten der Bestäubungs- und Habitatleistungen gehen. Dies gilt es bei der Nutzung der Hecke stets zu beachten.

Da diese Bewertung hauptsächlich aus der Aufsummierung von Zusatzpunkten besteht, wurde der Indikator ‚Baumanteil‘ als Basisbewertung mit einer Skala von lediglich 1 bis 3 herangenommen und die restlichen Indikatoren als Plus- oder Minuspunkte dieser Grundbewertung hinzugefügt. Auf eine Mittelwertbildung kann hier verzichtet werden, die Maximalpunktzahl bleibt, wie bei allen folgenden ÖSL-Bewertungen, bei 5 Punkten, die Minimalwertung bei 1 Punkt. Erreicht eine Hecke mehr oder weniger als diese Zahl, wird der Maximal- bzw. Minimalwert herangezogen.

INDIKATORENBEWERTUNG

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Nutzung agroforstliche Nutzungsspuren	NAN	Wird die Hecke sichtbar genutzt, in Form von Kulturobst, Bienenstöcken oder Biomasseentnahme (sichtbar etwa durch abgelagerte Holzstapel (ABFALTER 2015), bekommt jede bekannte oder ersichtliche Nutzung einen Punkt.	a	keine ersichtlich	0
			b	Bienenstöcke	+1
			c	Obst	+1
			d	gelagerte Holzstapel	+1
			e	andere Nutzung	+1
Nutzung Zusatzstrukturen	NZ	Hier wird die Entnahme von tierischen Produkten aus der Hecke in Form von Wildbret aus dem Hochstand in oder an der Hecke abgefragt.	a	Jagd	+1
			b	Erholung	0
			c	Bildung	0
			d	Kulturdenkmal	0
			e	Nichts davon	0
Nutzung Management	NM	Werden einzelne Bäume aus der Hecke entnommen, kann von Wertholznutzung ausgegangen werden. Bei Auf-Stock-Setzung kann von Niederwaldnutzung ausgegangen werden (MÜLLER-WILLE 1980). Wenn mehr als eine Auswahlmöglichkeit zutrifft, wird die Summe gebildet.	a	kein Management sichtbar	0
			b	Nachpflanzung(en)	0
			c	Seitenschnitt	-1
			d	auf Stock gesetzt	+2
			e	Einzelbaum/-strauch Rückschnitte	0
			f	Einzelstamm-entnahme	+1
Struktur Totholz	ST	Viel vorhandenes Totholz ist ein Indikator für die Nicht-Nutzung der Ressource Holz (ABFALTER 2015). Daher wird bei viel, dickem und stehenden Totholz (Erfüllung von zwei dieser drei Merkmalen) ein Punkt abgezogen.	a	kein Totholz	0
			b	kein Merkmal erfüllt	0
			c	1 Merkmal erfüllt	0
			d	2 Merkmale erfüllt	-1
			e	3 Merkmale erfüllt	-1
Pflanzen Baumanteil	PB	Sowohl Sträucher als auch Bäume können gute Erträge liefern, aufgrund der Stammbildung sind Bäume jedoch mit einem höheren Ertragspotenzial zu bewerten.	a	0	1
			b	1-2/100 m	1
			c	3-9/100 m	1
			d	10-20/100 m	2
			e	>20/100 m	3

BERECHNUNGSVERFAHREN

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Rohstoffe} = \text{NAN} + \text{NZ} + \text{NM} + \text{ST} + \text{PB}$$

 **BEREITSTELLENDE LEISTUNGEN**

ERTRAGSSTEIGERUNG AUF NACHBARFLÄCHEN

"The primary role of hedges around fields is to provide stock or crop protection leading to improved production."
– MONTGOMERY et al. 2020

HINTERGRUND

Die Ertragssteigerung auf Nachbarflächen ist ein Nettoeffekt. Das heißt, es gibt sowohl ertragssteigernde als auch ertragshemmende Wirkungen. Eine Hecke beeinflusst den Ertrag der anliegenden Flächen durch die veränderten Lebensbedingungen in der Umgebung der Hecke. Unmittelbar neben der Hecke führt dies meist zu verringerten Erträgen durch Konkurrenz um Wasser, Nährstoffe und Licht (GOVINDARAJAN et al. 1996, nach MONTGOMERY et al. 2020). Die Beschattung spielt vor allem in höheren Breiten und im Winter eine Rolle. Es kommt zu einer Senkung der Bodentemperatur im beschatteten Bereich und infolgedessen zu Wachstumsverlangsamung – je nach Ausrichtung bis zu einem Abstand der doppelten Heckenhöhe. Darüber hinaus überwiegen die positiven Wirkungen der Hecke. Durch ihre halb-windundurchlässige Wirkung (bis zu 40 % reduzierte Windgeschwindigkeit) wird die Verdunstung in Entfernungen bis zur zwölffachen Heckenhöhe verringert. Gleichzeitig steigen relative Luftfeuchtigkeit und Bodenfeuchte. Zudem können Hecken mechanische Schäden an Ernten reduzieren und durch die Erosionsverminderung einen vitaleren Boden für Pflanzen bieten (POLLARD et al. 1974, nach MONTGOMERY et al. 2020).

Modellen zufolge gehen rund 29 % der Pflanzenproduktion innerhalb einer Entfernung der doppelten Heckenhöhe verloren, dann aber ist sie bis zu einer Entfernung von 20-mal der Heckenhöhe um 6 % erhöht (MONTGOMERY et al. 2020). Eine Übersicht von Ertragsmessungen aus verschiedenen Ländern von KORT (1988, nach SCHMELZ 2001) zeigte, dass Hecken in 93 von 97 Fällen zu Ertragssteigerungen von durchschnittlich 27 % beitrugen, verglichen mit Flächen ohne angrenzende Hecke.

Die Ertragssteigerung auf Nachbarflächen wird von vielen Prozessen beeinflusst, die zum Großteil auch in anderen ÖSL-Bewertungen einfließen. Außerdem gibt es Strukturindikatoren, die eine nicht-lineare Auswirkung haben, wie zum Beispiel die Porosität der Hecke oder die Heckendichte in der Fläche. Das heißt, eine Erhöhung der Porosität der Hecke von 20 auf 40 % bringt deutliche Vorteile, während eine Erhöhung von 70 auf 90 % negative Auswirkungen auf das Umfeld hat. Ebenso soll aus Sicht der Flächenerträge die Heckendichte nur bis zu einem bestimmten, nicht definierbaren Optimum gesteigert werden, bei dichteren Netzwerken sinkt die Flächenproduktivität wieder deutlich ab (KNAUER 1991). Solche nicht-linearen Beziehungen können in dem vereinfachenden Bewertungssystem nicht abgebildet werden, daher werden die entsprechenden Indikatoren nicht berücksichtigt.

Hecken können ein wichtiger Bestandteil von Agroforstsystemen sein. Agroforstwirtschaft ist eine nachhaltige Landwirtschaftspraxis, die die Integration von Bäumen und Sträuchern in landwirtschaftliche Flächen beinhaltet. Durch die Kombination von verschiedenen Nutzpflanzen und Bäumen entsteht ein vielfältiges Ökosystem, das sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet. Auch Streuobstwiesen und ähnliche lockere Obstbausysteme mit Nutzung des einjährigen Unterwuchses, plantagenähnliche Reihenanlagen zur Holznutzung bis hin zu essbaren Wäldern oder Waldgärten gehören zu diesen Agroforstsystemen.

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Nachbarflächen	LNA	Die ÖSL der Ertragssteigerung kann nur auf Flächen, die im Ertrag stehen, angewandt werden. Treffen mehrere Auswahlmöglichkeiten zu, wird der Mittelwert herangezogen. Da auf versiegelten Flächen (Siedlung/ Straße) sowie auf Brachen kein Ertragszugewinn erfolgen kann, ist die gesamt ÖSL auf „1“ zu setzen, wenn die Hecke nur an nicht-bewirtschafteten Flächen angrenzt.	a	Siedlung/Straße	0
			b	Grünland extensiv	+1
			c	Grünland intensiv	+1
			d	Acker	+1
			e	unversiegelter Weg	0
			f	Brache	0
Lage Ausrichtung zur Himmelsrichtung	LA	Die windbremsende Wirkung der Hecken hat positiven Einfluss auf den Wasserhaushalt (weniger Verdunstung) und somit auf den Ertrag. Niederösterreich liegt in der warm-gemäßigten Klimazone, in der vor allem Westwinde dominieren (HARLFINGER 1999). Trifft der Wind im rechten Winkel auf die Hecke, ist die bremsende Wirkung am höchsten. Demnach bremsen eine Nord-Süd ausgerichtete Hecke den Wind am besten (BÖHM et al. 2014). Neben Westwinden sind auch Nord-West Winde sowie Süd-Ost Winde regelmäßig anzutreffen und daher Süd-west-Nordost ausgerichtete Hecken ebenfalls zu bevorzugen.	a	S – N	5
			b	SO – NW	3
			c	W – O	1
			d	SW – NO	3
Lage klimatische Wasserbilanz	LKW	Bei trockenen Bedingungen wurde ein positiver Einfluss auf den Pflanzenertrag aufgrund des Verdunstungsschutzes von Hecken nachgewiesen (BRUCKHAUS & BUCHNER 1995, nach SURBÖCK et al. 2005)	a	unter -400 mm	5
			b	-400 bis -200 mm	4
			c	-200 bis +100 mm	3
			d	+100 bis +300 mm	2
			e	über +300 mm	1
Struktur horizontale Schichtung	SHS	Neben einer Vermeidung von Lücken spielt auch eine ausgeprägte horizontale Schichtung eine wichtige Rolle in der Windbremsung: so ist eine Hecke mit hallenwaldähnlichem Aufbau ebenso winddurchlässig wie eine reine Strauchhecke, deren Baumschicht fehlt.	a	nur Baumschicht	0
			b	nur Strauchschicht	0
			c	Baum- und Strauchschicht	+1
Struktur Lücken	SL	Wie lückig eine Hecke ist, spielt ebenfalls eine wichtige Rolle in der Windgeschwindigkeitsreduzierung (Lv & DONG 2012). Eine Lücke konzentriert den Windstrom und schafft so einen Bereich, in dem die Windgeschwindigkeit die eines offenen Feldes sogar übersteigen kann (HEISLER & DEWALLE 1988). Daher kann eine Hecke mit möglichst wenigen und möglichst kleinen Lücken den Wind besser bremsen als eine lückige.	a	min. 1 Lücke >5m	1
			b	>10% Lücken	1
			c	5-10% Lücken	3
			d	<5% Lücken	4
			e	keine Lücken	5
Struktur Höhe	SHÖ	Die Höhe der Hecke ist ein entscheidender Parameter für die Intensität der Windgeschwindigkeitsreduzierung (Lv & DONG 2012). Während direkt neben der Hecke (ein- bis zweifache Heckenhöhe) eine deutliche Ertragsdepression festzustellen ist, die auf Wasser- und Nährstoffkonkurrenz sowie Schattenwurf zurückzuführen ist, folgt dann eine Ertragssteigerung von etwa 6 % bis zum 15-fachen (SCHMELZ 2001) bzw. 20-fachen (MONTGOMERY et al. 2020) der Heckenhöhe. Die Ertragssteigerung übersteigt somit die Ertragsdepression, daher gilt: je höher die Hecke, desto besser.	a	<2 m	1
			b	2-5 m	2
			c	5-10 m	3
			d	10-15 m	4
			e	>15 m	5

BERECHNUNGSVERFAHREN

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Ertragssteigerung} = \frac{LNA + LA + LKB + SHS + SL + SHÖ}{4}$$

Falls alle angrenzenden Flächen außer Ertrag stehen (zB Straße, Siedlung), ist die gesamte ÖSL auf 1 zu setzen.

REGULIERENDE LEISTUNGEN

KLIMASCHUTZ

*„Wir sind die erste Generation, die den Klimawandel spürt.
Und wir sind die letzte, die etwas dagegen tun kann.“*
– BARACK OBAMA 2015

HINTERGRUND

Kohlendioxid ist ein Treibhausgas und damit ein wichtiger Treiber des Klimawandels. Die Bindung und Speicherung von Kohlenstoff (C) führt zu seiner Immobilisierung und reguliert so das Klima (ALAM et al. 2014). Pflanzen nehmen Kohlendioxid aus der Luft auf und wandeln es mithilfe von Photosynthese in Glucose und Sauerstoff um. Die Glucose wird dann in die pflanzliche Biomasse eingebaut und der Kohlenstoff somit gebunden. Der Kohlenstoff wird sowohl oberirdisch in Stamm, Trieben und Blättern sowie unterirdisch in den Wurzeln und als Exsudate, die an Bodenpartikel gebunden werden, gespeichert (AXE et al. 2017). Zur Abgrenzung von ebenfalls im Boden enthaltenen C-Gehalten aus anorganischen Verbindungen wird dieser von Pflanzen unterirdisch gespeicherte Anteil als organischer Kohlenstoff (C_{org}) bezeichnet. Beim biologischen Abbau von organischer Substanz wird der Kohlenstoff wieder freigesetzt, das heißt, der Kohlenstoff befindet sich in einem stabilen Kreislauf.

Hecken sind, verglichen mit Ackerlandschaften, durch ihre Langlebigkeit, viel unterirdische Biomasse, geringe Bodenstörung, hohen Einträge von Pflanzenresten, sowie ausgeglichenerem und feuchterem Mikroklima gute Kohlenstoffspeicher und tragen daher nicht unwesentlich zum Klimaschutz bei (DREXLER 2021). Die Menge des gespeicherten Kohlenstoffs verteilt sich in Hecken zu etwa gleichen Teilen ober- und unterirdisch (DREXLER 2021). Durch Kompaktheit und Dichte des Geästs kann auf gleicher Fläche mehr überirdischer Kohlenstoff gespeichert werden als in anderen Gehölzstrukturen, wie beispielsweise einem 30-jährigen Buchenwald (GRANIER et al. 2000; AXE et al. 2017). Eine Literaturübersicht verschiedener Studien ergab, dass unter Hecken etwa 100 t C/ha mehr gespeichert werden, als unter Ackerland (DREXLER et al. 2021). Überschlagsmäßig heißt das, dass in einer 700 m langen Hecke so viel Kohlenstoff gespeichert wird, wie eine mitteleuropäische Durchschnittsperson in zehn Jahren durch ihren Lebenswandel an Ausstoß verursacht (THÜNEN-INSTITUT 2021). Auch das Feinwurzelsystem in Hecken ist durch die Konkurrenz zu den Ackerfrüchten tendenziell tiefer als in Wäldern. Durch das tiefe Wurzelsystem gelangt der gebundene Kohlenstoff auch in tiefere Bodenschichten (CARDINAELE et al. 2015). Die erosionsmindernde Wirkung von Hecken hält zudem Boden und somit auch C_{org} zurück (WALTER et al. 2003). Ein in der Literatur ebenfalls erwähnter Wirkfaktor für den Klimaschutz durch Hecken ist die Energiesubstitution. Eine von Drexler (2021) aufgestellte Rechnung legt dar, dass durch die energetische Nutzung des Heckenholzes pro Jahr 21.000 kWh/ha produziert werden können, was 1,6 t Gas oder 1,8 t Öl entspräche. Bei einer Heckenfläche von 10.800 ha wären nach 20 Jahren 0,9 Mio. t CO₂ (bei einer Substitution von Gas) bzw. 1,2 Mio. t CO₂ (bei einer Substitution von Öl) eingespart (DREXLER 2021).

Die Bewertung der Klimaschutzleistung von Hecken zielt vor allem auf eine hohe Fixierung und Speicherung von Kohlenstoff ab. Diese kann oberirdisch und unterirdisch über die Akkumulation von Biomasse erfolgen oder durch die Veränderung der Reaktionsbedingungen im Stickstoff- und Kohlenstoffkreislauf.

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Heckendichte	LH	Das Heckennetzwerk spielt eine Schlüsselrolle bei der Speicherung von C. In einer Untersuchung bretonischer Hecken mit geringer Heckendichte von 50m/ha (entspricht 1250m/25ha) lag der C _{org} bei 84tC/ha, bei einer hohen Heckendichte von 200m/ha (entspricht 5000m/25ha) lag der C _{org} bei 117t C/ha.	a	<250m/25 ha	1
			b	250-800m/25 ha	2
			c	800-1500m/25 ha	3
			d	1500-2200m/25 ha	4
			e	>2200m/25 ha	5
Lage klimatische Wasserbilanz	LKW	Je feuchter und kühler das Klima, desto mehr C kann die Hecke tendenziell speichern (WIESMEIER et al. 2019). Die Niederschlagsmenge bestimmt die Nettoprimärproduktivität und damit den C-Eintrag in den Boden. Feuchte Bedingungen verursachen zudem häufig einen sauren pH-Wert im Boden, was zu einer geringeren Abbaurate von C führt (MEIER & LEUSCHNER 2010). Die Temperatur beeinflusst den mikrobiellen Abbau organischer Bodensubstanz, dessen Eigenschaften eine hohe Temperaturempfindlichkeit aufweisen und bei niedrigen Temperaturen weniger abbauen als bei hohen (CONANT et al. 2011).	a	unter -400 mm	1
			b	-400 bis -200 mm	2
			c	-200 bis +100 mm	3
			d	+100 bis +300 mm	4
			e	über +300 mm	5
Struktur Alterszusammen- setzung	SA	Mit dem Alter einer Hecke nimmt der C _{org} -Vorrat im Boden darunter zu (DHILLON & VAN REES 2017). Grund hierfür sind Änderungen in Qualität und Quantität der C-Einträge aus Feinwurzel- und Hyphenumsatz, Ausscheidungen der Wurzel (Wurzel-exsudation) und Ansammlung von Laubstreu (BIFI et al. 2022). Bei unveränderten Umweltbedingungen und Management wird jedoch nach Jahrzehnten ein neuer stationärer Zustand im C _{org} erreicht (DHILLON & VAN REES 2017).	a	<6 Jahre	1
			b	6-20 Jahre	2
			c	20-50 Jahre	4
			d	>50 Jahre	5
			e	gemischtes Alter	4
Struktur Saum	SS	Je länger C im Boden verweilt, desto besser ist das für das Klima. Daher ist eine lange Verweildauer der C _{org} wichtig (MAYRINCK et al. 2019). Bodenbearbeitung direkt neben der Hecke fördert die C-Mineralisierung und stört das Wurzelwachstum der Heckenpflanzen in den oberen Bodenschichten. Hierdurch wird der Aufbau von C _{org} behindert und ein Abbau gefördert (VAN VOOREN et al. 2018). Ein Saum neben der Hecke wirkt als Puffer zwischen Hecke und Acker und sorgt dafür, dass die C-Anreicherung unter der Hecke nicht durch die Bodenbearbeitung gestört wird. Je breiter also der Saum, desto größer der Puffer zwischen der Hecke und dem gestörten Boden.	S	Saum	1
			M	Mähstreifen	0,8
			G	Grünland	0,6
			N	Nichts davon	1
			a	kein Saum	1
			b	< 2 m	2
			c	2-3 m	3
			d	3-4 m	4
			e	> 4 m	5
Struktur Höhe	SHÖ	ROBERTSON et al. (2012) beschreibt die Korrelation des Baumanteils einer Hecke mit ihrer Höhe. Baumdominierte Hecken sind höher und speichern mehr C als strauchdominierte Hecken. DREXLER et al. (2021) schlagen vor, die Heckenhöhe als Indikator zu verwenden, um die Biomasse von Hecken abzuschätzen. Eine Untersuchung von AXE et al. (2017) ergab dann signifikante Unterschiede in der oberirdisch gespeicherten C-Menge, wenn die Hecken eine unterschiedliche Höhe und Breite aufwiesen.	a	<2 m	1
			b	2-5 m	2
			c	5-10 m	3
			d	10-15 m	4
			e	>15 m	5
Struktur Breite	SB	Eine Untersuchung von AXE et al. (2017) ergab in der oberirdisch gespeicherten C-Menge dann signifikante Unterschiede, wenn die Hecken eine unterschiedliche Höhe und Breite aufwiesen. Beispielsweise speicherte eine um 1,6m breitere Hecke oberirdisch 9,7t mehr C pro km als die schmalere.	a	<2 m	1
			b	2-4 m	2
			c	4-6 m	3
			d	6-8 m	4
			e	8-12 m	5
Boden Humusbilanz	BH	Böden können in Abhängigkeit ihrer Eigenschaften nur bestimmte Mengen an C langfristig fixieren. Vor allem der Tongehalt ist für dieses Potenzial ausschlaggebend (ROSINGER et al. 2022). Die Humusbilanzierung bezieht den aktuellen Stand sowie Potenziale für einen ausgewogenen Humushaushalt ein. Die höchste Wirksamkeit wird auf Standorten erwartet, die stark mit Humus unterversorgt sind.	a	Standortgruppe 1, 2	1
			b	Standortgruppe 3, 4	3
			c	Standortgruppe 5, 6	5

BERECHNUNGSVERFAHRENÖSL-BEWERTUNG

$$\text{ÖSL Klima} = \frac{\text{LH} + \text{LKW} + \text{SA} + \text{SSA} + \text{SHÖ} + \text{SB} + \text{BH}}{7}$$

REGULIERENDE LEISTUNGEN

WASSERSCHUTZ

*„Wasser ist die treibende Kraft der gesamten Natur.“**– LEONARDO DA VINCI*

HINTERGRUND

Die Ressource Wasser ist ein hohes Schutzgut und bildet in ihrem stetigen Kreislauf eine wesentliche Grundlage für die Existenz von Leben auf der Erde. Die menschliche Zivilisation mit ihrer umfangreichen und hoch entwickelten Infrastruktur ist darauf angewiesen, dass der Wasserkreislauf möglichst regelmäßig und berechenbar abläuft – Extreme wie Hochwasser, Dürre oder zu hohe Schadstoffgehalte können die Bewohnbarkeit von Teilen der Erde infrage stellen. Auch im eigentlich wasserreichen Österreich bestehen aktuelle Belastungen und Risiken für den Zustand von Oberflächengewässern, des Grundwassers sowie das Wasserdargebot für Pflanzenwachstum in der Vegetationszeit (BMLRT 2021). Die Landoberfläche ist eine entscheidende Schnittstelle, deren Gestalt und Zustand etliche Prozesse im Wasserkreislauf maßgeblich beeinflussen: Versickerung und Grundwasserneubildung, Pflanzenwachstum und Verdunstung, Rückhalt von starken Niederschlägen oder die biologisch-chemische und physikalische Reinigung. Besonders bedeutend ist die Infiltrationskapazität, sie bestimmt, wie viel Wasser pro Zeiteinheit in den Boden aufgenommen wird und somit nicht als Oberflächenabfluss Schaden anrichten kann.

Die Vegetation beeinflusst den Landschaftswasserhaushalt maßgeblich, durch ihre Gestaltung können sämtliche oben beschriebenen Prozesse beeinflusst werden. Durch langfristigen Bewuchs mit Gehölzen ohne Störung der Bodenstruktur durch Bodenbearbeitung entsteht ein ausgedehntes Porensystem, das Wasser im Regelfall deutlich besser aufnehmen kann als ein Ackerboden (CHRISTEN & DALGAARD 2013; BASCHE & DELONGE 2019). Auf der Wind abgewandten Seite von Hecken wird vermehrt Schnee abgelagert, der beim Schmelzen langsam in den Boden einsickert und den Wasserspeicher für die kommende Vegetationsperiode füllt (KORT et al. 2012). Die verringerte unproduktive Verdunstung im Heckenumfeld erhöht ebenfalls die Verfügbarkeit von Bodenwasser (GERERSDORFER et al. 2009). Die Kombination solcher Effekte kann den Wasserrückhalt in der Landschaft bei Starkregenfällen über längere Zeiträume signifikant erhöhen (BENHAMOU et al. 2013).

Ein wesentliches Kriterium für die Wirksamkeit der Hecke auf den Wasserkreislauf ist deren Dimension, also vor allem die Breite, aber auch die Höhe, da davon ausgegangen werden kann, dass hohe Bäume auch ein größeres, tiefergehendes Wurzelsystem haben. Hecken können durch ihre langgestreckte Form Oberflächenabfluss effektiv aufhalten, wenn sie einigermaßen rechtwinkelig zum Abflussweg angeordnet sind. Für das Bremsen und Versickern des Oberflächenabflusses ist ein Saum effektiv, da er eine höhere Rauigkeit als zum Beispiel die Oberfläche einer dicht mit mehrjährigen Gehölzen bewachsenen Fläche hat, die oft zu wenig Licht für krautigen Bewuchs bietet. Die bewachsene Fläche ist generell ein maßgeblicher Faktor für den Wasserschutz, wobei hohe Wirksamkeit sowohl durch breite, einzelne Hecken, als auch durch hohe Heckendichte erreicht werden kann (vgl. „max“ in Zwischenbewertung Fläche unten).

Die Dichte der Hecke bestimmt deren Potenzial, Schadstoffe aus dem Wasser zu filtern und auch Gewitterstürme zu bremsen. Darüber hinaus spielt die Lage der Hecke in der Landschaft eine wesentliche Rolle für deren hydrologische Funktion, insbesondere deren Ausrichtung, die Lage im Hang und die Dichte des Heckennetzwerks (WOLTON et al. 2014; CROSSLAND et al. 2015). Bei der Bewertung werden Lageparameter teilweise zusammengefasst. So wird bei einer Hecke, die in einem steilen Hang (LNH = 5) in Hangrichtung angeordnet ist (LPH = 1) die Wirksamkeit gering sein und mit 1 angesetzt (vgl. „min“ in Zwischenbewertung Hang unten).

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Position zum Hang	LPH	Die Wahrscheinlichkeit, dass Niederschlag an der Bodenoberfläche in unerwünschter Weise abfließt, ist abhängig von der Position der Hecke zum Hang (WALTER et al. 2003). Hecken reduzieren die Bewegung von Oberflächen- und Untergrundwasser am effektivsten, wenn sie quer zum Abhang und in hoher Dichte, das heißt in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen aufeinanderfolgend, angeordnet sind (BENHAMOU et al. 2013; WOLTON et al. 2014). Die Ausrichtung zur Falllinie spielt dabei eine größere Rolle, als die Positionierung am Ober-, Mittel- oder Unterhang (BIANCHIN 2011).	a	in Hangrichtung	1
			b	Oberhang	1
			c	diagonal zur Falllinie	3
			d	Unterhang/Hangfuß	4
			e	im Hang, quer	5
			f	keine Hangneigung	1
Lage Neigung des Hangs	LNH	Je stärker ein Hang geneigt ist, umso mehr Wasser geht aufgrund höherer Fließgeschwindigkeiten und daraus resultierendem Oberflächenabfluss verloren. Daher ist es auf steilen Hängen umso wichtiger, Barrieren für den Abfluss zu schaffen, wo Wasser infiltrieren kann oder zumindest in seiner Geschwindigkeit gebremst wird (PUIGDEFÁBREGAS 2005; HOPP & McDONNELL 2009).	a	annähernd eben	1
			b	Neigung merkbar	2
			c	deutlich steigend	3
			d	durchschnittliche Bergstraße	4
			e	steilste Abschnitte von Bergstraße	5
Lage Heckendichte	LH	Die Heckendichte in der Fläche bestimmt die effektive Fläche, die mit Heckeneigenschaften im Gebiet wirksam wird. Das heißt, mehrere schmale Hecken entfalten bei geringer Hangneigung ähnliche Wirkung wie eine sehr breite (BIANCHIN 2011). Auf steileren Flächen spielt der Abstand zwischen den Strukturelementen eine immer größere Rolle (MOORE & BURCH 1986; PUIGDEFÁBREGAS 2005).	a	<250m/25 ha	1
			b	250-800m/25 ha	2
			c	800-1500m/25 ha	3
			d	1500-2200m/25 ha	4
			e	>2200m/25 ha	5
Struktur horizontale Schichtung	SHS	Bei einer Hecke mit ausgeprägter horizontaler Schichtung kann davon ausgegangen werden, dass vitale Einzelpflanzen in großer Zahl vorhanden sind, die das Porensystem des Bodens für eine hohe Wirksamkeit im Wasserkreislauf aufbereiten (BRANDLE et al. 2004; CAYLOR et al. 2006; SHI et al. 2021).	a	nur Baumschicht	0
			b	nur Strauchschicht	0
			c	Baum- und Strauchschicht	+1
Struktur Saum	SSA	Ein vitaler Heckensaum mit hoher Pflanzenzahl kann besonders hohe hydrologische Leistungen bringen, je breiter, desto besser (BRANDLE et al. 2004).	a	kein Saum	1
			b	< 2 m	2
			c	2-3 m	3
			d	3-4 m	4
			e	> 4 m	5
Struktur Breite	SB	Zunehmende Breite der Hecke erhöht die Fläche, auf der die positiven Wirkungen, vor allem die erhöhte Infiltration, schlagend werden. Die Heckenfläche ist also ausschlaggebend für das Wasserrückhaltevermögen (BIANCHIN 2011).	a	<2 m	1
			b	2-4 m	2
			c	4-6 m	3
			d	6-8 m	4
			e	8-12 m	5
Boden nutzbare Feldkapazität	BNF	Böden mit geringer nutzbarer Feldkapazität trocknen besonders schnell aus, es steht oft zu wenig Wasser für das Wachstum von Ackerkulturen zur Verfügung. Im Umfeld von Hecken ist die unproduktive Verdunstung geringer als im freien Feld, die Ressource Wasser kann also schonender genutzt werden (CAMPI et al. 2009; THEVS et al. 2017). Böden mit geringer nutzbarer Feldkapazität profitieren daher besonders von Hecken.	a	sehr gering	5
			b	gering	4
			c	mittel	2
			d	hoch	1

BERECHNUNGSVERFAHREN

ZWISCHENBEWERTUNG

Hang = min (LPH ; LNH)

Fläche = max (LH ; SB)

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Wasserschutz} = \frac{\text{Hang} + \text{Fläche} + \text{SHS} + \text{SSA} + \text{BNF}}{4}$$

REGULIERENDE LEISTUNGEN

BODENSCHUTZ

*„Es gibt in der ganzen Natur keinen wichtigeren,
keinen der Betrachtung würdigeren Gegenstand als den Boden.“*
– FRÉDÉRIC ALBERT FALLOU

HINTERGRUND

Unter „Boden“ wird die obere Schicht der Erdoberfläche verstanden. Er besteht aus Mineralien, organischen Materialien und lebenden Organismen. Festgestein, Wasser, Luft und Lebewesen stehen hier miteinander im Austausch. So werden komplexe Prozesse wie das Wachstum von höheren Pflanzen oder die Reinigung von verunreinigtem Wasser erst möglich, auf die die Existenz von menschlichen Gesellschaften angewiesen ist. Auch der Boden selbst stellt also viele ÖSL bereit (Vgl. Abbildung 16), seine Eigenschaften bestimmen die Kapazität für die Erfüllung der Leistungen (PAUL et al. 2021). Da auch im Ökosystem Hecke der Boden eine wesentliche Rolle spielt, überschneiden sich die zu bewertenden ÖSL. Die ÖSL Bodenschutz bezeichnet den Einfluss einer Hecke auf die nachhaltige Produktionskapazität des Bodens in ihrem Umfeld. Einer der wesentlichsten Prozesse, die die Fruchtbarkeit der Böden gefährden, ist die Bodenerosion, also der Abtrag von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche, die einen besonders hohen Anteil an organischem Kohlenstoff aufweist. Dort liegen vor allem die fruchtbarsten Schichten des Bodens mit hohem Humusanteil. Da andere Prozesse, die die Bodenfruchtbarkeit beeinflussen, schon weitgehend in vorherigen Kapiteln behandelt wurden, konzentrieren wir uns hier auf die Bodenerosion.

Hecken sind eine physikalische Barriere in der Landschaft und schwächen so die Kräfte von Wind und Wasser ab, die potenziell Boden abtragen würden. Die erodierten Bodenmengen steigen überproportional mit der freien Wirkungslänge, das heißt freier Ackerfläche ohne Hindernisse (MOORE & BURCH 1986; FUNK & REUTER 2006). Darüber hinaus werden auch klimatische Extreme abgeschwächt und Pflanzenteile bleiben auf angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen liegen. Beides fördert ein aktives Bodenleben und somit die Bodenfruchtbarkeit (VAN VOOREN et al. 2017; HOLDEN et al. 2019; MKENDA et al. 2019).

Für die Bewertung der Bodenschutzleistung einer Hecke ist einerseits ihre Geometrie ausschlaggebend, die physikalisch die abtragenden Kräfte vermindert (BRANDLE et al. 2004). Andererseits gibt es bestimmte Fälle, wo die Hecke unabhängig von ihrer Struktur so angeordnet ist, dass sie einem Erosionsprozess besonders wirksam entgegensteht. Diese können über eine vorrangige Bewertung von Lageindikatoren, die diese prozessabhängige Wirksamkeit ausdrücken einbezogen werden (vgl. „max“ in Zwischenbewertung Lage unten).

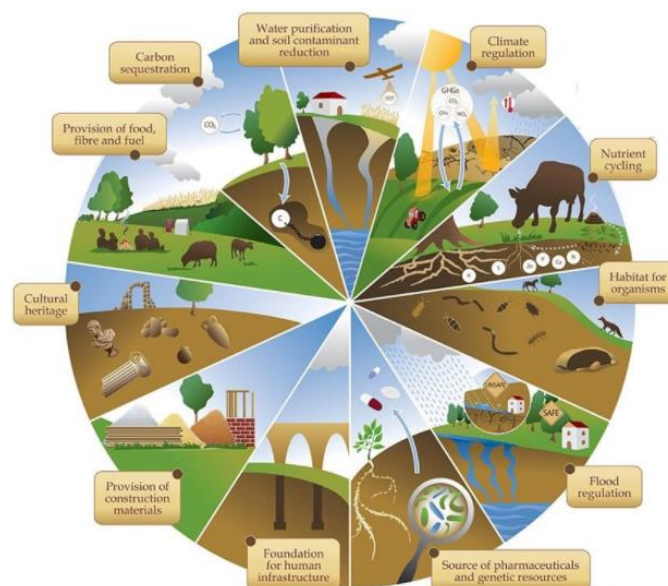


Abbildung 16: Illustration der Ökosystemleistungen, die Böden erbringen können (FAO 2015)

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Position zum Hang	LPH	Eine Hecke in Hanglage kann hauptsächlich gegen Wasserero- sion wirksam sein. Ist sie jedoch in Hangrichtung (Falllinie) an- geordnet, ist die Wirksamkeit kaum vorhanden. Die optimale Position ist quer zum Hang, da so die wirksame Fließlänge am effektivsten verringert wird (MOORE & BURCH 1986).	a	in Hangrichtung	1
			b	Oberhang	1
			c	diagonal zur Falllinie	3
			d	Unterhang/Hangfuß	4
			e	im Hang, quer	5
			f	keine Hangneigung	1
Lage Neigung des Hangs	LNH	Je steiler ein Hang ist, desto stärker ist die abtragende Kraft von Bodenwasser. Einerseits da schnell hohe Fließgeschwindigkei- ten entstehen, andererseits da ein höherer Anteil von Nieder- schlägen nicht einsickern kann und an der Oberfläche abfließt (MOORE & BURCH 1986). Unterbrechungen der Ackerfläche im Hang vermindern das Erosionsrisiko zuverlässig, Hecken wirken hier besonders gut.	a	annähernd eben	1
			b	Neigung merkbar	2
			c	deutlich steigend	3
			d	durchschnittliche Bergstraße	4
			e	steilste Abschnitte von Bergstraße	5
Lage Ausrichtung zur Himmelsrichtung	LA	Trifft der Wind im rechten Winkel auf die Hecke, ist die brem- sende Wirkung am höchsten. In Österreich dominieren vor al- lem Westwinde (HARLFINGER 1999). Demnach bremst in den meisten Fällen eine Nord-Süd ausgerichtete Hecke den Wind am besten (BÖHM et al. 2014). Für andere Regionen kann es notwendig sein, die Einschätzung abzuändern.	a	S – N	5
			b	SO – NW	3
			c	W – O	1
			d	SW – NO	3
Lage Heckendichte	LH	Sowohl Wind, als auch fließendes Wasser nehmen nach der He- cke irgendwann wieder Geschwindigkeit und somit abtragende Energie auf. Eine regelmäßige Abfolge von bremsenden Ele- menten verringert diesen Prozess (LFL 2005).	a	<250m/25 ha	1
			b	250-800m/25 ha	2
			c	800-1500m/25 ha	3
			d	1500-2200m/25 ha	4
			e	>2200m/25 ha	5
Lage klimatische Was- serbilanz	LKW	In Gebieten mit (stark) negativer klimatischer Wasserbilanz ist über lange Zeiträume mit einer sehr trockenen Bodenoberflä- che zu rechnen. Diese trockenen Bodenpartikel werden beson- ders leicht von Wind oder Starkregen erodiert (FRYREAR et al. 2000; CORNELIS & GEBRIELS 2003).	a	unter -400 mm	5
			b	-400 bis -200 mm	4
			c	-200 bis +100 mm	3
			d	+100 bis +300 mm	2
			e	über +300 mm	1
Struktur Lücken	SL	Lücken in der Hecke bewirken einen Düseneffekt, der Wind wird lokal beschleunigt und hat größere Erosionskraft (SKIDMORE 1969). Die Porosität ist also ein entscheidender Faktor für die Wirksamkeit der Hecke als Windbremse. Auch wenn leichte Po- rosität die Wirksamkeit erhöht, werden hier dichte Hecken ver- einfachend am besten bewertet (ŘEHÁČEK et al. 2017).	a	min. 1 Lücke >5m	1
			b	>10% Lücken	1
			c	5-10% Lücken	3
			d	<5% Lücken	4
			e	keine Lücken	5
Struktur Höhe	SHÖ	Die Höhe der Hecke ist ein entscheidender Parameter für die Intensität der Windgeschwindigkeitsreduzierung (Lv & DONG 2012). Die Länge des Bereichs, in dem die Windgeschwindigkeit bis ins angrenzende Feld hinein abgemindert wird, wird meist proportional zur Heckenhöhe angegeben und erreicht in vielen Studien das 20- oder 25-fache der Höhe (KORT 1988; YUAN et al. 2020)	a	<2 m	1
			b	2-5 m	2
			c	5-10 m	3
			d	10-15 m	4
			e	>15 m	5
Struktur Breite	SB	Je breiter die Hecke ist, desto länger die Strecke, auf der ihre abmindernde Wirkung entfaltet werden kann, sowohl beim Durchfließen von Oberflächenabfluss, als auch beim Anströmen von starkem Wind (BRANDLE et al. 2004).	a	<2 m	1
			b	2-4 m	2
			c	4-6 m	3
			d	6-8 m	4
			e	8-12 m	5

BERECHNUNGSVERFAHREN

ZWISCHENBEWERTUNG

Hang = min (LPH ; LNH)

Lage = max (Hang ; LA ; LH ; LKW)

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Bodenschutz} = \frac{(\text{Lage} + \text{SL} + \text{SHÖ} + \text{SB})}{4}$$

REGULIERENDE LEISTUNGEN

NÄHR- UND SCHADSTOFFKREISLÄUFE

„Human actions, many associated with agriculture, have increased the 'leakiness' of ecosystems with respect to nutrients“

– LAVELLE et al. 2005

HINTERGRUND

Überschüsse ausgebrachter Düngemittel und Pflanzenschutzmittel akkumulieren sich im Boden. Bei Niederschlag oder Schneeschmelze gelangen sie durch Auswaschungsprozesse in Grund- und Oberflächengewässer und sorgen hier beispielsweise für Grundwasserverschmutzung sowie Eutrophierung oligotropher Lebensräume (UMWELTBUNDESAMT 2011).

Stickstoff (N) ist das am meisten eingesetzte Düngemittel in Österreich und weltweit (KILLICHES et al. 2013). Überschuss an Nitrat ist primär ein Problem für das Grundwasser. In der ‚Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser‘ ist für Nitrat im Grundwasser ein Schwellenwert von 45 mg/l festgesetzt. Dieser Wert wurde 2018 in Niederösterreich an knapp 20 % der Messstellen überschritten (BMLRT 2020).

Nach Stickstoff ist Phosphor (P), beziehungsweise die von Pflanzen aufnehmbare Form Orthophosphat (PO_4^{3-}) mit über 40 Mio. t im Jahr der weltweit mengenmäßig wichtigste Düngerbestandteil (KILLICHES et al. 2013). Unter natürlichen Bedingungen ist Orthophosphat ein im Regelfall limitierender Faktor für die Primärproduktion in Oberflächengewässern. Durch erhöhten Phosphateintrag aus der Landwirtschaft können Gewässer eutrophieren, die Primärproduktion steigt und somit auch die Menge an organischem Material (BMLRT 2020).

Pflanzenschutzmittel sind Substanzen, die „Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen schützen, indem sie diese abtöten, vertreiben oder in Keimung, Wachstum und Vermehrung hemmen. Unterteilt werden Pflanzenschutzmittel je nach ihren Zielorganismen vor allem in Herbizide (gegen Unkraut), Insektizide (gegen Insekten) oder Fungizide (gegen Pilze)“ (BMLRT 2020). Auch Pestizide können ausgewaschen werden und dadurch in Grundwasser und Oberflächengewässer gelangen (GUNTERN et al. 2021).

Hecken fungieren als physikalische Barriere für den horizontalen Wasserabfluss sowie den Hangwasserfluss. Durch die geringere Fließgeschwindigkeit können die darin gelösten Schadstoffe wie Nitrat und das mit dem Wasser transportierte Sediment zurückgehalten werden, einschließlich der im Sediment enthaltenen Nähr- und Schadstoffe (BORIN et al. 2010). Der im Boden leicht bewegliche Nitratstickstoff kann dann durch die Wurzeln der Hecke aufgenommen werden. Neben der Wurzelaufnahme, die etwa zwei Drittel der N-Reduktion ausmacht und hauptsächlich während der Wachstumsperiode auftritt, spielen Sekundäreffekte wie Denitrifikation aufgrund von erhöhtem organischem Kohlenstoff und heterogenen Redox-Bedingungen in der Wurzelzone eine große Rolle (THOMAS & ABBOTT 2018). In den Wintermonaten, während der Ruhephase, werden durch diese Sekundäreffekte bedeutende Stoffmengen umgesetzt (GRIMALDI et al. 2012). Je nach chemischen Eigenschaften der Wirkstoffe können 55 bis 95 % der Pestizidmengen durch Hecken abgefangen werden (BORIN et al. 2010). Bei Stickstoff besteht die Gefahr, dass die Hecke zu einer Stickstoffquelle wird. Eine Studie von RYSZKOWSKI & KĘDZIORA (2007) fand unter Hecken eine erhöhte Anzahl Ammoniumionen, die durch die Zersetzung von Blättern und anderen organischen Abfällen freigesetzt wurden. Bei Phosphor besteht die Gefahr einer Übersättigung, da es, im Gegensatz zum Nitrat, nicht durch Abbauprozesse an die Atmosphäre abgegeben werden kann (STUTTER et al. 2012; RAMLER et al. 2022).

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Position zum Hang	LPH	Hecken reduzieren am effektivsten die laterale Bewegung von Oberflächen- und Untergrundwasser, wenn sie im Hang im rechten Winkel zur Falllinie verlaufen (BENHAMOU et al. 2013). Steht die Hecke am Hangfuß, werden dort die Nährstoffe angereichert. Auf der Hangkuppe und wenn die Hecke senkrecht zur Falllinie steht, kann sie die Abfangwirkung nicht erbringen.	a	in Hangrichtung	1
			b	Oberhang	1
			c	diagonal zur Falllinie	3
			d	Unterhang/Hangfuß	4
			e	im Hang, quer	5
			f	keine Hangneigung	1
Lage Neigung des Hangs	LNH	In der Ebene gibt es wenig horizontale Wasserbewegung, wodurch die Nährstoffe mehr oder weniger nur senkrecht nach unten ausgespült werden. Hier hat die Hecke weniger die Möglichkeit, Nährstoffe zurückzuhalten. Je steiler der Hang, desto größer das Potenzial zur Verlagerung. Hier kann die Hecke effektiv gegen den Nährstoffaustrag wirken.	a	annähernd eben	1
			b	Neigung merkbar	2
			c	deutlich steigend	3
			d	durchschnittliche Bergstraße	4
			e	steilste Abschnitte von Bergstraße	5
Lage Nachbarflächen	LN	Die Rolle der Hecke ist vor allem dann eine wichtige, wenn viele Nähr- oder Schadstoffe in den Boden gelangen und herausgefiltert werden sollen. Daher wird hier eine Hecke neben Ackerflächen, die in der Regel stark gedüngt werden, sowie neben Straßen, bei denen Schadstoffe in den Boden gespült werden können, sehr hoch bewertet, während extensiv genutzte Flächen sowie Flächen, die nicht umgebrochen werden, niedrig bewertet werden.	a	Siedlung/Straße	4
			b	Grünland extensiv	1
			c	Grünland intensiv	2
			d	Acker	5
			e	unversiegelter Weg	3
			f	Brache	1
Struktur Sonderform	SSO	Hecken wirken als physische Barriere für die Bewegung von Wasser und Sedimenten. An diesen Sedimenten können Schadstoffe (z.B. partikuläres Phosphat, Pestizide wie Cypermethrin) haften (BORIN et al. 2010). Fußt die Hecke auf einem Hochrain oder einem Lesesteinhaufen, wird diese Barrierewirkung verstärkt (GRIMALDI et al. 2012). Treffen mehrere Auswahlmöglichkeiten zu, werden sie aufsummiert.	a	keine Sonderform	0
			b	Lesesteinhecke	+1
			c	auf Hochrain	+1
			d	Böschungshecke	0
			e	Grabenhecke	0
Struktur Saum	SSA	Durch eine geschlossene Saumvegetation neben der Hecke wird die Fließgeschwindigkeit des Niederschlagswassers wesentlich verringert (SCHMELZ 2001), sodass die Aufnahme der Nährstoffe durch die Hecke besser erfolgen kan. Generell kann gesagt werden, dass, je breiter der Saum ist, desto besser für die Nähr- und Schadstoffaufnahme (BRANDLE et al. 2004).	a	kein Saum	1
			b	< 2 m	2
			c	2-3 m	3
			d	3-4 m	4
			e	> 4 m	5
Struktur Breite	SB	Je breiter die Hecke ist, desto effektiver kann sie gelöste und partikuläre Nähr- und Schadstoffe abgefangen. In einer von VAN VOOREN et al. (2017) angelegten Metaanalyse wurde mithilfe eines statistischen Modells eine Auffangrate für N von 42 % bei einer 2 m breiten und 72 % bei einer 5 m breiten Hecke berechnet. BORIN et al. (2010) beobachteten eine Verringerung der Konzentration gelöster Schadstoffe durch das Passieren der Hecke von nahezu 100 % bei einer Breite von 6 m.	a	<2 m	1
			b	2-4 m	2
			c	4-6 m	3
			d	6-8 m	4
			e	8-12 m	5
Boden nutzbare Feldkapazität	BNF	Je geringer die nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum, desto geringer ist auch das Nitratrückhaltevermögen des Bodens (LINK 2008) und eine umso wichtigere Rolle spielt die Hecke gegen die Ausspülung. Die Einteilung von sehr gering bis hoch stammt aus der Österreichischen Bodenkarte (eBOD).	a	sehr gering	5
			b	gering	4
			c	mittel	2
			d	hoch	1

BERECHNUNGSVERFAHREN

ZWISCHENBEWERTUNG

$$\text{Hang} = \min (\text{LPH} ; \text{LNH})$$

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Nähr- \& Schadstoffkreisläufe} = \frac{\text{Hang} + \text{LN} + \text{SSO} + \text{SSA} + \text{SB} + \text{BNF}}{5}$$

REGULIERENDE LEISTUNGEN

BESTÄUBUNG

„[...] Daher zweifle ich wenig daran, dass, wenn die ganze Sippe der Hummeln in England sehr selten oder ganz vertilgt würde, auch Jelängerjelierer und rother Klee selten werden oder ganz verschwinden müssten.“

– CHARLES DARWIN

HINTERGRUND

Die geschlechtliche Vermehrung von Blütenpflanzen ist auf in Mitteleuropa zu einem großen Teil auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. Für die Bestäubung relevant sind neben Bienen (Honig- und Wildbienen) auch Schmetterlinge, Motten, Fliegen (insb. Schwebfliegen), Käfer, Wespen (insbesondere Honigwespen) und seltener auch Ameisen (EURH 2020). Rund 80 % der weltweiten Wildpflanzen sind auf die Bestäubung durch Tiere angewiesen (OLLERTON et al. 2011). Bei den Kulturpflanzen sind es immerhin 35 % (MONTGOMERY et al. 2020). Damit haben Bestäuber eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung (WOLTON et al. 2014). In den USA wurde der wirtschaftliche Wert der ÖSL Bestäubung durch wildlebende Insekten auf 57 Milliarden US\$ im Jahr geschätzt (HALLMANN et al. 2017). Jedoch ist in den letzten Jahrzehnten aufgrund der Intensivierung der Landwirtschaft (Verlust semi-natürlicher Habitate, Insektizide) ein dramatischer Rückgang von Insekten zu beobachten (GEPPERT et al. 2020). In einer Studie von HALLMANN et al. (2017) wurde in nur 27 Jahren ein Verlust von 76 % der Luftinsekten-Biomasse in deutschen Schutzgebieten nachgewiesen.

Es gibt viele Hinweise darauf, dass, vor allem in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft, Hecken eine wichtige Rolle für das Überleben vieler Bestäuber spielen (WOLTON et al. 2014). Ein Grund hierfür ist, dass Heckenstrukturen vielen Bestäubern einen geeigneten Brutplatz bieten, den sie in der Agrarlandschaft sonst nicht finden. Verschiedene Käfer- und solitäre Bienenarten legen ihre Eier beispielsweise in liegendes oder stehendes Totholz. Die Nicht-Bearbeitung des Bodens in und an der Hecke bietet die Möglichkeit, Eier in den Boden abzu legen (SARDIÑAS et al. 2016; KREMEN et al. 2018). In verschiedenen Studien wurden zudem signifikant mehr Hummelnester in Hecken gefunden als in Ackerflächen und Wäldern (ÖCKINGER & SMITH 2007; OSBORNE et al. 2008). Außerdem bietet die Hecke Bestäubern eine kontinuierliche Nahrungsquelle, indem sie das Potenzial hat, über die Vegetationsperiode hinweg (RINGLER et al. 1997; MAUDSLEY 2000; WOLTON et al. 2014) eine größere Fülle und Vielfalt an Blüten bereitzustellen (PHILLIPS et al. 2019). Blühende Massenkulturen wie Raps und Ackerbohnen dienen nämlich nur für kurze Zeit als Nahrungsquelle für erwachsene Bestäuber und sind insgesamt von eher geringem Naturschutznutzen (WOLTON et al. 2014). Hecken erhöhen die Artenzahl und auch die Zahl spezialisierter Arten mit speziellen Bedürfnissen (KREMEN & M'GONIGLE 2015), zumindest haben Hecken das Potenzial dazu, wenn sie gut durchdacht sind (KREMEN et al. 2018).

Wie viel Hecken zur Bereitstellung der ÖSL tatsächlich beitragen, ist umstritten. Eine Meta-Analyse von ALBRECHT et al. (2021) zeigte, dass die Variabilität zwischen den Studien so groß ist, dass Hecken nicht verlässlich Bestäubungsleistung in benachbarten Kulturen erhöhen können. Auch hier scheint daher die Qualität der Hecke eine essenzielle Rolle zu spielen (PRÉCIGOUT & ROBERT 2022).

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Nachbarflächen	LNA	Die Bienen­dichte neben Brach­flächen und extensiven Wiesen ist höher als ohne, da diese Flächen einen erweiterten Nahrungs- und Fortpflanzungs­ort für Bestäuber bieten (ÖCKINGER & SMITH 2007; WOLTON et al. 2014; KREMEN et al. 2018). Treffen mehrere Auswahl­möglichkeiten zu, wird der Mittelwert herangezogen.	a	Siedlung/Straße	-1
			b	Grünland extensiv	+1
			c	Grünland intensiv	0
			d	Acker	0
			e	unversiegelter Weg	-1
			f	Brache	+1
Lage Netzwerk	LN	Bestäubende Insekten bleiben tendenziell in der Nähe (ein paar Dutzend Meter) der Hecke (PRÉCIGOUT & ROBERT 2022). Auch die Verbindung zu anderen Hecken ist ein Indikator für die Vernetzung von Biotopen. Je besser vernetzt eine Hecke mit anderen Hecken oder Wald ist, desto höher die Besiedlungsdichte an Insekten (REIF & ACHTZIGER 2000, nach BIANCHIN 2011).	a	keine Verbindung zu anderer Hecke/Wald	1
			b	1 Verbindung	2
			c	>1 Verbindung	5
			d	Teil von Rainnetzwerk	3
Lage Heckendichte	LH	REIF & ACHTZIGER (2000, nach BIANCHIN 2011) fanden in gut vernetzten Biotopen eine höhere Besiedlungsdichte von Insekten als in isolierten Hecken. Bestäubende Insekten bleiben tendenziell in der Nähe (ein paar Dutzend Meter) der Hecke (PRÉCIGOUT & ROBERT 2022). Die Bewertungsskala orientiert sich an den Skalen von ZWÖLFER (1982a) sowie CROSSLAND et al. (2015) und übernimmt aus letzterer Quelle auch die Bewertung.	a	<250m/25 ha	1
			b	250-800m/25 ha	2
			c	800-1500m/25 ha	3
			d	1500-2200m/25 ha	4
			e	>2200m/25 ha	5
Nutzung agroforstliche Nutzungsspuren	NAN	Wenn in oder an Hecken Bienenstöcke von Imker:innen stehen, ist durch die Honigbiene die Bestäubungsleistung in Hecken­nähe gewährleistet.	a	keine ersichtlich	0
			b	Bienenstöcke	+1
			c	Obst	0
			d	gelagerte Holzstapel	0
			e	andere Nutzung	0
Nutzung Management	NM	Für ein großes Blütenangebot ist es wichtig, dass die Hecke nicht zu häufig geschnitten wird. STALEY et al. (2012) gibt hierfür an, dass Hecken nicht öfter als alle drei Jahre geschnitten werden sollen. Treffen mehrere Auswahl­möglichkeiten zu, werden sie aufsummiert.	a	kein Management sichtbar	+1
			b	Nachpflanzung(en)	0
			c	Seitenschnitt	-1
			d	auf Stock gesetzt	+1
			e	Einzelbaum/-strauch Rückschnitte	+1
			f	Einzelstamm­entnahme	0
Struktur Sonderform	SSO	Sonderformen erhöhen die Strukturvielfalt in der Hecke. Sie führen zu einer erhöhten Anzahl an Kleinklimaten und Versteckmöglichkeiten durch Bodenunebenheiten (BLAB 1993). Ist eine Sonderform vorhanden, wird dies mit einem Punkt bewertet. In seltenen Fällen ist es möglich, dass mehr als eine Sonderform auftritt, die Punkte werden dann aufsummiert.	a	keine Sonderform	0
			b	Lesesteinhecke	+1
			c	auf Hochrain	+1
			d	Böschunghecke	+1
			e	Grabenhecke	+1
Struktur Totholz	ST	Totholz hat für viele bestäubende Insekten eine hohe Bedeutung als Brutplatz in Form von Brutkammern. Die Menge des Totholzes in einer Hecke spielt hierbei eine wichtige Rolle. Stehendes Totholz ist naturschutzfachlich wertvoller als liegendes Totholz, da sie sich langsamer zersetzen, trockener und wärmer sind und als Habitat und Nahrungsquelle auch für naturschutzrelevante Arten dienen (OEHMICHEN 2007). Die Erfassung der Totholzmasse kann nach definierten Durchmesser­grenzen in schwaches (<20 cm) und starkes Totholz (>20 cm) unterschieden werden. Schwaches Totholz wird deutlich schneller zersetzt als starkes Totholz und gilt als ökologisch weniger wertvoll (OEHMICHEN 2007).	a	kein Totholz	1
			b	kein Merkmal erfüllt	2
			c	1 Merkmal erfüllt	3
			d	2 Merkmale erfüllt	4
			e	3 Merkmale erfüllt	5
Struktur Alterszusammen­setzung	SA	Das Alter einer Hecke und deren Bestandteile trägt zu Nischen­vielfalt bei: hierbei ist alt besser als neu (RINGLER et al. 1997), da zunehmendes Alter zu mehr Diversität in der Hecke führt, das zu mehr Nischen­vielfalt führt, das zu mehr Bestäubern führt (MAUDSLEY 2000; KREMEN et al. 2018; PRÉCIGOUT & ROBERT 2022).	a	<6 Jahre	1
			b	6-20 Jahre	2
			c	20-50 Jahre	4
			d	>50 Jahre	5
			e	gemischtes Alter	4

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen																											
Struktur Saum	SSA	Ein blütenreicher Saum neben der Hecke bietet Bestäubern eine zusätzliche Nahrungsquelle (GARRATT et al. 2017; ALBRECHT et al. 2021). Da Blütenvielfalt ebenso entscheidend wie Blütenmenge ist, spielen sowohl die Breite des Saumes eine Rolle, als auch die Art des Saumes (typische Saumvegetation/Mähstreifen). Je breiter der Saum, desto besser erfüllt er die Puffer- und Nahrungsfunktion. Regelmäßig gemähte Randstreifen (Mähstreifen) erfüllen die Pufferfunktion, jedoch ist die Nahrungsausstattung nicht so gut wie bei einem gut ausgebildeten Saum. Auch als Bruthabitat für bodenbrütende Bestäuber eignet sich der Saum durch den unbearbeiteten Boden ebenfalls sehr gut (HOPWOOD 2008). Laut PFISTER & NAEF-DAENZER (1987, nach BIANCHIN 2011) sollte ein Saumstreifen aus naturschutzfachlicher Sicht mindestens 2-5 m breit sein. Auch das LANUV NRW (2012d) empfiehlt einen 3-5 m breiten Saumstreifen neben der Hecke.	<table><tr><td>S</td><td>Saum</td><td>1</td></tr><tr><td>M</td><td>Mähstreifen</td><td>0,8</td></tr><tr><td>G</td><td>Grünland</td><td>0,6</td></tr><tr><td>N</td><td>Nichts davon</td><td>1</td></tr></table> <table><tr><td>a</td><td>kein Saum</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>< 2 m</td><td>2</td></tr><tr><td>c</td><td>2-3 m</td><td>3</td></tr><tr><td>d</td><td>3-4 m</td><td>4</td></tr><tr><td>e</td><td>> 4 m</td><td>5</td></tr></table>	S	Saum	1	M	Mähstreifen	0,8	G	Grünland	0,6	N	Nichts davon	1	a	kein Saum	1	b	< 2 m	2	c	2-3 m	3	d	3-4 m	4	e	> 4 m	5
S	Saum	1																												
M	Mähstreifen	0,8																												
G	Grünland	0,6																												
N	Nichts davon	1																												
a	kein Saum	1																												
b	< 2 m	2																												
c	2-3 m	3																												
d	3-4 m	4																												
e	> 4 m	5																												
Pflanzen Anzahl Gehölzarten	PAG	Ein breites Spektrum an verschiedenen Gehölzen bietet ein breites Blütenangebot und somit auch einem breiten Spektrum an Bestäubern Nahrungsmöglichkeiten. Studien zeigten beispielsweise eine starke Korrelation zwischen Pflanzen- und Wirbellosen-Diversität (POLLARD et al. 1974). Je diverser die Hecke, desto eher gibt es außerdem ein Blütenangebot über die ganze Vegetationsperiode verteilt (für Generalisten) (MAUDSLEY 2000; WOLTON et al. 2014) und desto eher kommen Spezialisten, die für ihre Entwicklung auf bestimmte Pflanzen angewiesen sind. Für den Indikator ‚Anzahl Gehölzarten‘ wurde die bereits vorhandene Skala von FOULKES et al. (2013) übernommen.	<table><tr><td>a</td><td>1-3 Arten</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>4-5 Arten</td><td>2</td></tr><tr><td>c</td><td>6-7 Arten</td><td>3</td></tr><tr><td>d</td><td>8-9 Arten</td><td>4</td></tr><tr><td>e</td><td>10+ Arten</td><td>5</td></tr></table>	a	1-3 Arten	1	b	4-5 Arten	2	c	6-7 Arten	3	d	8-9 Arten	4	e	10+ Arten	5												
a	1-3 Arten	1																												
b	4-5 Arten	2																												
c	6-7 Arten	3																												
d	8-9 Arten	4																												
e	10+ Arten	5																												
Pflanzen Dominanz	PD	Neben der Artenanzahl spielt auch die Verteilung der Arten eine wichtige Rolle für die Bewertung der Diversität. Eine gleichmäßig verteilte Artengesellschaft ist diverser als eine, in der einzelne Arten vorherrschen und starke Dominanzen bilden (ELLMAUER 1996).	<table><tr><td>a</td><td>keine Dominanzen</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>leichte Dominanz</td><td>3</td></tr><tr><td>c</td><td>starke Dominanz</td><td>5</td></tr></table>	a	keine Dominanzen	1	b	leichte Dominanz	3	c	starke Dominanz	5																		
a	keine Dominanzen	1																												
b	leichte Dominanz	3																												
c	starke Dominanz	5																												
Pflanzen Neophyten	PN	Neophyten sind Gewächse, die nicht einheimisch sind, sondern seit etwa dem 16. Jahrhundert eingeschleppt oder eingeführt wurden und sich etabliert haben (SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT 1999). Ihr ökologischer Wert als Nahrungsressource für Bestäuber ist oft geringer als der heimischer Pflanzen, da Spezialisten fehlen, die sich im Zuge einer Koevolution auf diese Neophyten angepasst hätten (SCHMITT et al. 2012). Daher gilt: je geringer der Deckungsgrad von Neophyten in einer Hecke, desto besser.	<table><tr><td>a</td><td>>50%</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>25-50%</td><td>2</td></tr><tr><td>c</td><td>10-25%</td><td>3</td></tr><tr><td>d</td><td>5-10%</td><td>4</td></tr><tr><td>e</td><td>0-5%</td><td>5</td></tr></table>	a	>50%	1	b	25-50%	2	c	10-25%	3	d	5-10%	4	e	0-5%	5												
a	>50%	1																												
b	25-50%	2																												
c	10-25%	3																												
d	5-10%	4																												
e	0-5%	5																												

BERECHNUNGSVERFAHREN

ZWISCHENBEWERTUNG

$$\text{Lage} = \frac{\text{LNA} + \text{LN} + \text{LH}}{2}$$

$$\text{Nutzung} = \text{NAN} + \text{NM}$$

$$\text{Struktur} = \frac{\text{SSO} + \text{ST} + \text{SA} + \text{SSA}}{4}$$

$$\text{Pflanzen} = \frac{\text{PAG} + \text{PD} + \text{PN}}{3}$$

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Bestäubung} = \frac{\text{Lage} + \text{Nutzung} + \text{Struktur} + \text{Pflanzen}}{3}$$

REGULIERENDE LEISTUNGEN

SCHÄDLINGS- UND KRANKHEITSKONTROLLE

„Ein Schädling ist der Engerling, doch dann kommt gleich der Schreiberling.“

– ERHARD HORST BELLERMANN

HINTERGRUND

Pflanzenschutzmittel sind Pestizide, die eingesetzt werden, „um die Gesundheit von Kulturpflanzen zu erhalten und ihrer Vernichtung durch Krankheiten und Schädlingsbefall vorzubeugen“ (EFSA o.J.). Insbesondere wirken sie als Insektenschutz (Insektizide), werden aber auch zur Unkrautbekämpfung (Herbizide) oder Pilzvernichtung (Fungizide) verwendet. Seit über zehn Jahren ist der EU-weite Pestizideinsatz weitestgehend stabil – 350.000 t werden in der EU jährlich gekauft (EUROSTAT 2022). Pflanzenschutzmittel sind allerdings ökologisch und ökonomisch umstritten, Bedrohungen des Einsatzes können für Mensch und Natur bisher nicht in ihrem vollen Maße eingeschätzt werden (POWELL et al. 1991; SÉRALINI et al. 2012). Immer wieder kommt es zu Skandalen durch den Einsatz von Pestiziden – beispielsweise die verheerende Wirkung von DDT-Einsatz auf Greifvogeleier (CARSON 1962), Gehirnschäden bei Kindern durch Organophosphat (RAUH et al. 2012) oder der Einsatz von erbgutveränderndem und krebserzeugendem Ethylenoxid (BfR 2021).

Schadinsekten (sowie Milben und andere pflanzenfressende Kleintiere) können potenziell auch von biologischen Antagonisten (Gegenspieler) eingedämmt werden, indem sie die Schädlinge fressen oder parasitieren – die meisten landwirtschaftlichen Schädlinge stehen in der Nahrungskette weit unten. Die Gegenspieler haben tendenziell jedoch höhere Ansprüche an ihren Lebensraum und werden durch Strukturverlust in der Landschaft stark dezimiert (NYFFELER & SUNDERLAND 2003; RUSCH et al. 2016).

Nach PRÉCIGOUT & ROBERT (2022) können grob drei Nahrungsgilden an Schädlingsbekämpfern unterschieden werden:

1. Bodenaktive natürliche Feinde, z.B. einige Laufkäferarten, Wolfspinnen, Ameisen, Ohrwürmer, Tausendfüßler.
2. Natürlichen Feinde im Kronendach, z.B. Ohrwürmer, Raubwanzen, Schwebfliegenlarven, Baldachinspinnen..
3. Parasitoide Insekten: z.B. Raupenfliegen, parasitoide Wespen und Fliegen.

Daneben spielen auch Wirbeltiere, wie beispielsweise Fledermäuse, eine Rolle als Schädlingsbekämpfer (MONTGOMERY et al. 2020).

Hecken haben einen erheblichen Einfluss auf die Reduzierung von Kulturschädlingen in Agrarlandschaften, da sie alle vier Schlüsselressourcen (Pollen und Nektar, alternative Beute, unbebautes Land, Schutz vor Störungen) für das Gedeihen von räuberischen und parasitären Arthropoden bieten (HOLLAND & OAKLEY 2007). Zahlenmäßig dominant sind meist generalistische räuberische Käfer (v.a. Laufkäfer und Kurzflügler) und Spinnen (v.a. Wolfspinnen und Baldachinspinnen) (Sunderland et al. 1987). Viele dieser Arten zeigen eine saisonale Wanderung zwischen Ackerfläche und Unterschlupfhabitaten wie Hecken in verschiedenen Stadien ihres Lebenszyklus (DUELLI et al. 1990, nach WOLTON et al. 2014).

Natürlich gibt es auch Schädlinge und Krankheiten, die sich unter gewissen Umständen in Hecken wohlfühlen und von hier aus auch benachbarte Feldfrüchte befallen können (PRÉCIGOUT & ROBERT 2022). Beispiele hierfür sind etwa Mehltau, Feuerbrand und Getreiderost.

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Ausrichtung zur Himmelsrichtung	LA	Es gibt Indizien dafür, dass Schutz vor Wind für einige wirbellose Schädlingsbekämpfer ein wichtiger Faktor ist und dadurch die Lage zur Windrichtung für die Erfüllung der ÖSL eine Rolle spielt (MAUDSLEY et al. 2002). Österreich liegt in der warm-gemäßigten Klimazone, in der vor allem Westwinde dominieren (HARLFINGER 1999). Für andere Regionen kann es notwendig sein, die Einschätzung leicht abzuändern. Trifft der Wind im rechten Winkel auf die Hecke, ist die bremsende Wirkung am höchsten. Demnach bremsen eine Nord-Süd ausgerichtete Hecke den Wind am besten (BOHM et al. 2014).	a	S – N	5
			b	SO – NW	3
			c	W – O	1
			d	SW – NO	3
Lage Heckendichte	LH	Das Heckennetzwerk spielt eine wichtige Rolle. Etlichen Studien zufolge (z.B. GAREAU et al. 2013; ALBRECHT et al. 2021) nehmen die meisten natürlichen Feinde mit Abstand zur Hecke exponentiell ab. Ab einer Distanz von 50 m (GAREAU et al. 2013) bis 200 m (PRÉCIGOUT & ROBERT 2022) ist kein Effekt der Hecke mehr erkennbar. In ausgeräumten Agrarlandschaften lag die durchschnittliche natürliche Schädlingskontrolle 46 % unter der in einer komplexen Landschaft (RUSCH et al. 2016). Die Bewertungsskala orientiert sich an den Skalen von ZWÖLFER (1982a) und CROSSLAND et al. (2015) und übernimmt aus letzterer Quelle auch die Bewertung.	a	<250m/25 ha	1
			b	250-800m/25 ha	2
			c	800-1500m/25 ha	3
			d	1500-2200m/25 ha	4
			e	>2200m/25 ha	5
Struktur horizontale Schichtung	SHS	Die horizontale Schichtung spielt ebenso eine wichtige Rolle in der strukturellen Heterogenität einer Hecke. Dies wiesen etwa CONSTANT et al. (1976) und RICOU & LECOMTE (1976, beide nach PRÉCIGOUT & ROBERT 2022) für viele Antagonisten-Gruppen in Hecken nach .	a	nur Baumschicht	0
			b	nur Strauchschicht	0
			c	Baum- und Strauchschicht	+1
Struktur Strukturvielfalt	SST	Eine heterogen aufgebaute Hecke mit wechselnder Höhe und Breite bietet durch ihre höhere Strukturvielfalt mehr Möglichkeiten für Tiere, in ihr eine Fortpflanzungs- und/oder Ruhestätte zu finden als eine gleichförmige (HEUSINGER 1984, nach BIANCHIN 2011; LANUV NRW 2012a). Je mehr Dimensionen variabel sind, desto höher die Strukturvielfalt. Ein Zusammenhang mit der strukturellen Diversität wurde bei verschiedensten Gliederfüßern nachgewiesen (WOLTON et al. 2014; STAŠIOV et al. 2017).	a	+/- gleich breit, gleich hoch	1
			b	1 Dimension variabel	3
			c	2 Dimensionen variabel	5
Struktur Sonderform	SSO	Sonderformen erhöhen die Strukturvielfalt in der Hecke. Sie führen zu einer erhöhten Anzahl an Kleinklimaten und Versteckmöglichkeiten durch Bodenebenenheiten (BLAB 1993). Ist eine Sonderform vorhanden, wird dies mit einem Punkt bewertet, da insbesondere Erhöhungen am Heckenfuß durch ihre drainagierende Wirkung von vielen Arten als Überwinterungsort genutzt werden (LIPKOW 1966; SOTHERTON 1985; MAUDSLEY et al. 2002), erhalten Lesesteinhecke und Hochrain zwei Punkte. In seltenen Fällen ist es möglich, dass mehr als eine Sonderform auftritt. Die Punkte werden dann aufsummiert.	a	keine Sonderform	0
			b	Lesesteinhecke	+2
			c	auf Hochrain	+2
			d	Böschungshecke	+1
			e	Grabenhecke	+1
Struktur Lücken	SL	Eine durchgängige, lückenlose Hecke ist für viele natürliche Feinde ein wichtiger Indikator für deren Häufigkeit. Dies wurde beispielsweise bei Webspinnen (ROBINSON 1981), Baldachinspinnen (GARRATT et al. 2017) sowie bei Detritivoren (AMY et al. 2015) nachgewiesen.	a	min. 1 Lücke >5m	1
			b	>10% Lücken	1
			c	5-10% Lücken	3
			d	<5% Lücken	4
			e	keine Lücken	5
Struktur Saum	SSA	Nach SCHMELZ (2001) besteht zwischen der Saumbreite und dem Anteil der Ackerkonkurrenzarten an Saum-Gesamtdeckung ein starker Zusammenhang: je breiter der Saum, desto geringer der Anteil an Ackerkonkurrenzarten. Grund hierfür ist, dass viele Arten Therophyten oder Rhizomgeophyten sind und damit auf Offenboden angewiesen sind. Mit abnehmender Saumbreite nimmt der Anteil unbedeckten Bodens zu und begünstigt somit die Etablierung im Saum. Der kritische Punkt ist hier mit einer Saumbreite von 1 m je Heckenseite angegeben.	S	Saum	1
			M	Mähstreifen	0,8
			G	Grünland	0,6
			N	Nichts davon	1
			a	kein Saum	1
			b	< 2 m	2
			c	2-3 m	3
			d	3-4 m	4
			e	> 4 m	5

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Pflanzen Baumanteil	PB	Gliederfüßer wie Wolfspinnen und Zweiflügler (Diptera) profitieren vom Vorhandensein von Bäumen in der Hecke (PENG et al. 1992; GARRATT et al. 2017). Daneben stellen Bäume für Greifvögel Aussichtswarten für die Jagd auf beispielsweise Mäuse dar.	a	0	1
			b	1-2/100m	2
			c	3-9/100m	3
			d	10-20/100m	4
			e	>20/100m	5
Pflanzen Anzahl Ge- hölzarten	PAG	Ein breites Spektrum an verschiedenen Gehölzen bietet auch einem breiten Spektrum an Tierarten Nahrungsmöglichkeiten. Studien zeigten beispielsweise eine starke Korrelation zwischen Pflanzen- und Wirbellosen-Diversität (MAUDSLEY 2000; HOLLAND & OAKLEY 2007; WOLTON et al. 2014; GARRATT et al. 2017). Für den Indikator ‚Anzahl Gehölzarten‘ wurde die bereits vorhandene Skala von FOULKES et al. (2013) übernommen.	a	1-3 Arten	1
			b	4-5 Arten	2
			c	6-7 Arten	3
			d	8-9 Arten	4
			e	10+ Arten	5
Pflanzen Neophyten	PN	Neophyten sind Gewächse, die nicht einheimisch sind, sondern seit dem 16. Jahrhundert eingeschleppt oder eingeführt wurden und sich etabliert haben (KOWARIK & RABITSCH 2010). Ihr ökologischer Wert ist oft geringer als der heimischer Pflanzen, da Spezialisten fehlen, die sich im Zuge einer Koevolution auf diese Neophyten angepasst hätten (SCHMITT et al. 2012). Heimische Heckengehölze werden nachgewiesenermaßen von natürlichen Feinden bevorzugt und fördern diese demnach (ISAACS et al. 2009; MORANDIN et al. 2014). Daher gilt: je geringer der Deckungsgrad von Neophyten in einer Hecke, desto besser.	a	>50%	1
			b	25-50%	2
			c	10-25%	3
			d	5-10%	4
			e	0-5%	5

BERECHNUNGSVERFAHREN

ZWISCHENBEWERTUNG

$$\text{Lage} = \frac{\text{LA} + (2 * \text{LH})}{3}$$

$$\text{Struktur} = \frac{\text{SHS} + \text{SST} + \text{SSO} + \text{SL} + \text{SSA}}{4}$$

$$\text{Pflanzen} = \frac{\text{PB} + (2 * \text{PAG}) + \text{PN}}{4}$$

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Schädlings- \& Krankheitskontrolle} = \frac{\text{Lage} + (2 * \text{Struktur}) + \text{Pflanzen}}{4}$$

 HABITATLEISTUNGEN

NAHRUNGSQUELLE

„Es gibt in Mitteleuropa keine andere Landvegetationsform, die auf kleinstem Raum ein derart reichhaltiges Sortiment an Nahrungsressourcen wie die Hecken anbietet.“
– ZWÖLFER 1982b

HINTERGRUND

Die ÖSL Nahrungsquelle beschreibt die Leistung, heterotrophen Organismen (v.a. Tiere, aber auch Pilze) Nahrung bereitzustellen. Der fortschreitende Lebensraumverlust führt für viele Organismen unter anderem zu Nahrungsknappheit. Dies spiegelt auch die Situation in der heute typischen ausgeräumten Agrarlandschaft wider.

Hecken bestehen sowohl aus Pflanzenarten des Offenlandes als auch aus solchen der Wälder und stellen somit durch ihren Strukturreichtum ein breites Spektrum an Nahrungsressourcen bereit, die von Nahrungsgeneralisten und auch Nahrungsspezialisten genutzt werden. Viele Tiere finden in der Hecke ganzjährig Nahrung, andere Arten nutzen die Hecke zu bestimmten Jahreszeiten als Nahrungsquelle, wenn für sie in der Feldlandschaft die Nahrung knapp wird. Somit trägt die Hecke in der Agrarlandschaft maßgeblich zu einer zeitlichen Kontinuität von ökologischen Prozessen bei (ZWÖLFER 1982b). Tiergruppen, die sich direkt von der Hecke ernähren, sind beispielsweise samen- und fruchtverzehrende Vögel sowie phytophage und blütenbesuchende Insekten (BLAB 1993). Die sich von der Hecke ernährenden Tiere locken ihrerseits Karnivore an, die die Hecke als ihr Jagdrevier nutzen (ZWÖLFER 1982b). In Hecken gibt nachgewiesenermaßen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, Raubsäuger wie Marder, Wiesel oder Fuchs anzutreffen, da ihre potenzielle Beute vorhersagbarer vorhanden ist (ŠÁLEK et al. 2009). Neben Raubsäufern gibt es auch viele weitere Tiergruppen, die sich ihre Nahrung räuberisch in der Hecke holen. Beispiele hierfür sind blattlausjagende Insekten wie Marienkäfer und Florfliegen (BLAB 1993), räuberische Spinnen (ZWÖLFER 1982b) sowie Greifvögel und insektenfressende Vögel wie der Neuntöter (BARKOW 2001). Neben Tieren können auch lignicole (holzzersetzende) Pilze, schmarotzende Pflanzen und Mikroorganismen in der Hecke Nahrung finden.

Die Bewertung zielt darauf aus, einer möglichst großen Anzahl an Arten und Individuen Nahrungsressourcen zu schaffen. Daher wird ein hoher Strukturreichtum angestrebt, der durch unterschiedliche Mikroklimata und unterschiedliche Pflanzen viele ökologische Nischen bietet.

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen																											
Struktur Totholz	ST	Viele Organismen ernähren sich direkt von Totholz und sind selbst wiederum Nahrungsgrundlage für andere Organismen, z.B. Vögel (BIANCHIN 2011). Die Menge des Totholzes in einer Hecke spielt demnach eine wichtige Rolle für die Menge an Nahrungsbereitstellung durch Totholz. Stehendes Totholz ist naturschutzfachlich wertvoller als liegendes, da es sich langsamer zersetzt, trockener und wärmer ist und als Nahrungsquelle auch für naturschutzrelevante Arten dient (OEHMICHEN 2007). Die Erfassung der Totholzmasse kann nach definierten Durchmessergrößen in schwaches (<20 cm) und starkes Totholz (>20 cm) unterschieden werden. Schwaches Totholz wird deutlich schneller zersetzt als starkes Totholz und gilt als ökologisch weniger wertvoll (OEHMICHEN 2007).	<table><tr><td>a</td><td>kein Totholz</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>kein Merkmal erfüllt</td><td>2</td></tr><tr><td>c</td><td>1 Merkmal erfüllt</td><td>3</td></tr><tr><td>d</td><td>2 Merkmale erfüllt</td><td>4</td></tr><tr><td>e</td><td>3 Merkmale erfüllt</td><td>5</td></tr></table>	a	kein Totholz	1	b	kein Merkmal erfüllt	2	c	1 Merkmal erfüllt	3	d	2 Merkmale erfüllt	4	e	3 Merkmale erfüllt	5												
a	kein Totholz	1																												
b	kein Merkmal erfüllt	2																												
c	1 Merkmal erfüllt	3																												
d	2 Merkmale erfüllt	4																												
e	3 Merkmale erfüllt	5																												
Struktur Saum	SSA	Der Saum wirkt als Pufferfläche zwischen Feld und Hecke. Zudem bietet die Saumvegetation Insekten Nahrung und ist daher Jagdfläche für z.B. Neuntöter oder Sperbergrasmücke. Bei Untersuchungen von SEMRAD (2002) fehlte der Neuntöter, wenn keine randliche Saumvegetation vorhanden war, auch wenn die restlichen Bedingungen wie Gehölzausstattung ideal waren. Je breiter der Saum, desto besser erfüllt er die Puffer- und Nahrungsfunktion. Regelmäßig gemähte Randstreifen (Mähstreifen) erfüllen die Pufferfunktion, die Nahrungsausstattung jedoch nicht so gut. Das LANUV NRW (2012d) empfiehlt einen 3-5m breiten Saumstreifen neben der Hecke.	<table><tr><td>S</td><td>Saum</td><td>1</td></tr><tr><td>M</td><td>Mähstreifen</td><td>0,8</td></tr><tr><td>G</td><td>Grünland</td><td>0,6</td></tr><tr><td>N</td><td>Nichts davon</td><td>1</td></tr></table> <table><tr><td>a</td><td>kein Saum</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>< 2 m</td><td>2</td></tr><tr><td>c</td><td>2-3 m</td><td>3</td></tr><tr><td>d</td><td>3-4 m</td><td>4</td></tr><tr><td>e</td><td>> 4 m</td><td>5</td></tr></table>	S	Saum	1	M	Mähstreifen	0,8	G	Grünland	0,6	N	Nichts davon	1	a	kein Saum	1	b	< 2 m	2	c	2-3 m	3	d	3-4 m	4	e	> 4 m	5
S	Saum	1																												
M	Mähstreifen	0,8																												
G	Grünland	0,6																												
N	Nichts davon	1																												
a	kein Saum	1																												
b	< 2 m	2																												
c	2-3 m	3																												
d	3-4 m	4																												
e	> 4 m	5																												
Pflanzen Anzahl Gehölzarten	PAG	Ein breites Spektrum an verschiedenen Gehölzen bietet auch einem breiten Spektrum an Tierarten Nahrungsmöglichkeiten. Studien zeigten beispielsweise eine starke Korrelation zwischen Pflanzen- und Wirbellosen-Diversität (POLLARD et al. 1974; BOWDEN & DEAN 1977). Für den Indikator wurde die bereits vorhandene Skala von FOULKES et al. (2013) übernommen.	<table><tr><td>a</td><td>1-3 Arten</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>4-5 Arten</td><td>2</td></tr><tr><td>c</td><td>6-7 Arten</td><td>3</td></tr><tr><td>d</td><td>8-9 Arten</td><td>4</td></tr><tr><td>e</td><td>10+ Arten</td><td>5</td></tr></table>	a	1-3 Arten	1	b	4-5 Arten	2	c	6-7 Arten	3	d	8-9 Arten	4	e	10+ Arten	5												
a	1-3 Arten	1																												
b	4-5 Arten	2																												
c	6-7 Arten	3																												
d	8-9 Arten	4																												
e	10+ Arten	5																												
Pflanzen Dominanz	PD	Neben der Artenanzahl spielt auch die Verteilung der Arten eine wichtige Rolle für die Bewertung der Diversität. Eine gleichmäßig verteilte Artengesellschaft ist diverser als eine, in der einzelne Arten vorherrschen und starke Dominanzen bilden (ELLMAUER 1996).	<table><tr><td>a</td><td>keine Dominanzen</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>leichte Dominanz</td><td>3</td></tr><tr><td>c</td><td>starke Dominanz</td><td>5</td></tr></table>	a	keine Dominanzen	1	b	leichte Dominanz	3	c	starke Dominanz	5																		
a	keine Dominanzen	1																												
b	leichte Dominanz	3																												
c	starke Dominanz	5																												
Pflanzen Neophyten	PN	Zum Teil stellen sie durch fehlende Antagonisten oder Konkurrenten ein Problem für die heimische Flora dar, indem sie starke Dominanzen ausbilden. Auch können sie die genetische Vielfalt der heimischen Flora gefährden und zum Teil die natürlichen Areale von Tierarten ändern (BIANCHIN 2011). Ihr Wert als Nahrungsressource ist oft geringer als der heimischer Pflanzen, da Spezialisten fehlen, die sich im Zuge einer Koevolution auf diese Neophyten angepasst hätten (SCHMITT et al. 2012). Daher gilt: je geringer der Deckungsgrad von Neophyten in einer Hecke, desto besser.	<table><tr><td>a</td><td>>50%</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>25-50%</td><td>2</td></tr><tr><td>c</td><td>10-25%</td><td>3</td></tr><tr><td>d</td><td>5-10%</td><td>4</td></tr><tr><td>e</td><td>0-5%</td><td>5</td></tr></table>	a	>50%	1	b	25-50%	2	c	10-25%	3	d	5-10%	4	e	0-5%	5												
a	>50%	1																												
b	25-50%	2																												
c	10-25%	3																												
d	5-10%	4																												
e	0-5%	5																												

BERECHNUNGSVERFAHREN

ZWISCHENBEWERTUNG

$$\text{Struktur} = \frac{\text{ST} + \text{SSA}}{2}$$

$$\text{Pflanzen} = \frac{\text{PAG} + \text{PD} + \text{PN}}{3}$$

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Nahrungsquelle} = \frac{\text{Struktur} + (2 * \text{Pflanzen})}{3}$$

 HABITATLEISTUNGEN

KORRIDOR

„Je enger ‚verbunden‘ die Menschheit mit Hilfe der Technologie wird, um so ‚fragmentierter‘ wird das Leben der Tiere, mit denen wir diesen Planeten teilen.“
– CROOKS & SANJAYAN 2006, nach EGGER et al. 2012

HINTERGRUND

Ein Wildtierkorridor ist ein natürlicher oder künstlicher Weg, der es wildlebenden Tieren ermöglicht, sich von einem Gebiet zum anderen zu bewegen, ohne durch menschliche Aktivitäten wie Straßen, Siedlungen oder Landwirtschaftsflächen behindert zu werden. Durch die Schaffung von Korridoren können natürliche Lebensräume vernetzt und zusammengeführt werden, was den genetischen Austausch zwischen Populationen fördert und die Überlebensfähigkeit der Tierarten erhöht. Dies ist besonders wichtig für bedrohte Arten, die aufgrund von Habitatverlust und Fragmentierung (Zerschneidung) isoliert sind und daher ein höheres Risiko haben, auszusterben (HOWARD et al. 2020). Durch die Fragmentierung von Landschaften wird die Lebensfähigkeit wildlebender Tier- und Pflanzenarten bedroht, da diese Wanderbewegungen nicht mehr in ausreichendem Maß durchgeführt werden können (FISCHER & LINDENMAYER 2007; DONDINA et al. 2016). Barrieren wie Straßen und großflächig ausgeräumte Landschaften verhindern die Wanderung von Arten und dadurch den Austausch von genetischem Material. Korridore vernetzen separierte Lebensräume miteinander (EGGER et al. 2012).

Hecken stellen durch ihre Linearität solche Korridore in der Landschaft dar. Sie können naturnahe Landschaften wie isolierte Waldbestände miteinander verbinden und somit Ausbreitungskorridore schaffen, beispielsweise für Schnecken, Spinnen, Käfer, Kleinsäuger, Vögel, Schmetterlinge und viele mehr (BLAB 1993; LANUV NRW 2012c; LANUV NRW 2012d). Auch Pflanzen nutzen Hecken als Ausbreitungskorridor (GLÜCK & KREISEL 1986; BAUDRY et al. 2000). Natürlich sind auch die Ansprüche und Präferenzen an einen Korridor artspezifisch unterschiedlich. EGGER et al. (2012) beschreibt dieses Phänomen folgendermaßen: „Ein Schmetterling benötigt andere Landschaftseigenschaften als eine Fledermaus und beide benötigen andere Vernetzungselemente als große Säugetiere. Dennoch können all diese Tierarten im gleichen Lebensraum vorkommen, oder diesen für unterschiedliche Bedürfnisse nutzen“.

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Netzwerk	LN	Hecken werden dann als Korridor verwendet, wenn sie Verbindungen zu anderen Hecken oder Waldstücken aufweisen (GLÜCK & KREISEL 1986; FEDERSPIELER 2012). Die Bewertungsskala basiert auf der Vorlage von FOULKES et al. (2013) und wurde um ‚d – Teil von Rainnetzwerk‘ erweitert.	a	keine Verbindung zu anderer Hecke/Wald	1
			b	1 Verbindung	2
			c	>1 Verbindung	5
			d	Teil von Rainnetzwerk	3
Lage Heckendichte	LH	Neben der Einzelhecke spielt auch das Heckennetzwerk rund um die Hecke eine wichtige Rolle für eine gute Vernetzungsfunktion (BIANCHIN 2011). Die Bewertungsskala orientiert sich an den Skalen von ZWÖLFER (1982a) sowie CROSSLAND et al. (2015) und übernimmt aus letzterer Quelle auch die Bewertung.	a	<250m/25 ha	1
			b	250-800m/25 ha	2
			c	800-1500m/25 ha	3
			d	1500-2200m/25 ha	4
			e	>2200m/25 ha	5
Lage in Wildtierkorridor	LW	Überregionale Wildtierkorridore wie beispielsweise der Alpen-Karpaten-Korridor vernetzen Lebensräume miteinander und helfen somit dem Wanderverhalten von großen Wildtieren wie Wildkatze, Wolf und Rothirsch. Aber auch eine Vielzahl von Tieren mit kleinerem Aktionsradius wie Marder, Siebenschläfer, Mäuse und viele Wirbellose profitieren von diesen überregionalen Korridoren (EGGER et al. 2012).	a	in Wildtierkorridor	+1
			b	nicht in Wildtierkorridor	0
Struktur Lücken	SL	Die Kontinuität von Hecken ist für viele wandernde Tierarten essenziell, insbesondere für kleinere Tiere. Kleine Säugetiere beispielsweise vermeiden Hecken mit Lücken über 3 m (GRAHAM et al. 2018). Auch strukturgebundene Fledermäuse nutzen Hecken bei zu großen Lücken nicht mehr als Leitstruktur (LANUV NRW 2012b). Die Bewertungsskala wurde aus FOULKES et al. (2013) übernommen und leicht angepasst.	a	min. 1 Lücke >5m	1
			b	>10% Lücken	1
			c	5-10% Lücken	3
			d	<5% Lücken	4
			e	keine Lücken	5
Struktur Höhe	SHÖ	Sehr niedrige Hecken leisten für die meisten Tiere (noch) keine gute Korridorfunktion. Erst ab einer Höhe von 2-3 m werden Hecken von beispielsweise strukturgebundenen Fledermäusen als Leitlinie genutzt (LANUV NRW 2012e).	a	<2 m	1
			b	2-5 m	3
			c	5-10 m	5
			d	10-15 m	5
			e	>15 m	5
Struktur Breite	SB	Viele Tiere brauchen eine gewisse Mindestbreite, um eine Hecke als Korridor zu verwenden. Beispiele hierfür sind Raubsäuger (ČERVINKA J. et al. 2013), etliche Fledermausarten (LANUV NRW 2012b) sowie Vögel wie die Schleiereule (LANUV NRW 2012d). Nach BENNETT (2003) ist die Maximierung der Heckenbreite eine der effektivsten Methoden, um die Korridorwirkung zu verbessern. Grund hierfür ist unter anderem die geringere Störung durch Randeffekte bei breiten Hecken.	a	<2 m	1
			b	2-4 m	2
			c	4-6 m	3
			d	6-8 m	4
			e	8-12 m	5

BERECHNUNGSVERFAHREN

ZWISCHENBEWERTUNG

$$\text{Lage} = \frac{LN + LH + LW}{2}$$

$$\text{Struktur} = \frac{SL + SHÖ + SB}{3}$$

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Korridor} = \frac{(2 * \text{Lage}) + \text{Struktur}}{3}$$

 HABITATLEISTUNGEN

FORTPFLANZUNGS- UND RUHESTÄTTE

„Die Hecke ist nicht nur ein wichtiger Lebensraum für Tiere, sondern auch ein Ort der Fortpflanzung und des Schutzes. Viele Tierarten nutzen die Hecke als Rückzugsgebiet, um sich zu paaren, ihre Jungen aufzuziehen und sich vor Fressfeinden zu verstecken.“

– JOSEF H. REICHOLF

HINTERGRUND

Der Begriff der ‚Fortpflanzungs- und Ruhestätte‘ wurde aus dem EU-Naturschutzrecht (FFH-Richtlinie und Vogelschutz-Richtlinie) übernommen. Eine genaue Definition des Begriffs findet sich weder hier noch in der nationalen Implementierung (KREUZINGER & BERNSHAUSEN 2012). Der EU-Leitfaden nennt jedoch beispielhaft Bereiche, die unter den Begriff fallen: Unter Fortpflanzungsstätten werden zum Beispiel Bereiche verstanden, die für Balz, Paarung, Nestbau, Eiablage und Aufzucht von Nachkommen benötigt werden. Ruhestätten umfassen Orte, die für das Überleben von Tieren in nicht aktiven Phasen wie Schlaf, Versteck, Mauser und Überwinterung benötigt werden (KREUZINGER & BERNSHAUSEN 2012).

Die Hecke als Fortpflanzungs- und Ruhestätte wird vielfältig genutzt: Die Dichte der Hecke bietet einen perfekten Schutz für Vögel, die hier ihre Nester bauen können. Die Sträucher und Zweige der Hecke halten Raubtiere wie Katzen oder Eulen fern, während das Laub vor Wind und Regen schützt. Viele Vogelarten, wie beispielsweise Amseln, Meisen oder Rotkehlchen, nisten in Hecken, da sie hier genug Platz haben und gut vor Fressfeinden geschützt sind. Auch einige Greifvogelarten nutzen die Hecke als Versteck, um ihre Nester zu bauen und ihre Jungen aufzuziehen (BARKOW 2001). Zudem stellen Hecken für viele Säugetiere wie Mäuse, Igel oder Fledermäuse wichtige Fortpflanzungs- und Ruhestätten dar. Insbesondere für Igel und Haselmäuse ist die Hecke ein idealer Lebensraum, da sie hier Schutz vor Feinden finden und genügend Nahrung haben. Fledermäuse nutzen Hecken als Versteck, um tagsüber zu schlafen und sich vor Raubtieren und Regen zu schützen (BLAB 1993). Insekten wie Bienen, Hummeln und Schmetterlinge nutzen Hecken als Ort der Fortpflanzung und der Larvenentwicklung. Besonders wichtig ist die Hecke für Schmetterlingsraupen, die hier ihren Lebensraum finden und sich von den Blättern der Sträucher ernähren. Auch Wildbienen nutzen Hecken als Nistplatz (ZWÖLFER 1982b).

Unterschiedliche Tierarten haben jedoch unterschiedliche Ansprüche an eine Hecke. So ist es unmöglich, dass eine Hecke den Habitatansprüchen aller Arten gerecht wird. Vor allem die Höhe, Breite, Lücken und das Alter spielen eine große Rolle darin, welche Arten die Hecke besiedeln. Breite, hohe, alte, dichte Hecken spiegeln waldähnliche Strukturen wider. Sie werden von Waldarten bevorzugt. Arten der halboffenen Landschaft bevorzugen hingegen schmalere, niedrigere, lückige und jüngere Hecken (BARKOW 2001). In dieser Arbeit wurde eine Hecke dann als gut bewertet, wenn sie einer maximalen Anzahl an Arten eine gute Fortpflanzungs- und Ruhestätte bietet, die Biodiversität also maximiert (vgl. DONDINA et al. 2016).

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Nachbarflächen	LNA	Die Zusammensetzung der Fauna ist auch von den Nachbarflächen der Hecke abhängig (BLAB 1993). Beispielsweise ist das Artenspektrum und die Nestdichte von in Hecken brütenden Vögeln stark abhängig von der Nutzungsform der Nachbarflächen (ZWÖLFER et al. 1984; HINSLEY & BELLAMY 2000). Wenn in der Nachbarschaft viel Störung ist, können Bruterfolge zurückgehen (BARKOW 2001). Der Großteil der Brutvögel zeigt eine starke Präferenz für Hecken mit Grünland als Nachbarfläche (BIANCHIN 2011; ZWÖLFER et al. 1984). Treffen mehrere Auswahlmöglichkeiten zu, wird der Mittelwert herangezogen.	a	Siedlung/Straße	-2
			b	Grünland extensiv	+2
			c	Grünland intensiv	+1
			d	Acker	-1
			e	unversiegelter Weg	-1
			f	Brache	+2
Lage Heckendichte	LH	Neben der Einzelhecke spielt auch das Heckennetzwerk rund um die Hecke eine wichtige Rolle für eine gute Fortpflanzungs- und Ruhestätte. Beispielsweise steigt laut einer Studie von HEUSINGER et al. (1984, nach BIANCHIN 2011) mit steigender Heckendichte die Artenvielfalt von brütenden Vögeln. Auch REIF & ACHTZIGER (2000, nach BIANCHIN 2011) fanden in gut vernetzten Biotopen eine höhere Besiedlungsdichte an Insekten und Vögeln als in isolierten Hecken. Die Bewertungsskala orientiert sich an den Skalen von ZWÖLFER (1982a) sowie CROSSLAND et al. (2015) und übernimmt aus letzterer Quelle auch die Bewertung.	a	<250m/25 ha	1
			b	250-800m/25 ha	2
			c	800-1500m/25 ha	3
			d	1500-2200m/25 ha	4
			e	>2200m/25 ha	5
Struktur horizontale Schichtung	SHS	Hecken werden oft als ‚doppelter Waldrand‘ beschrieben. Um dieser Beschreibung zu genügen, sind sowohl eine Baum- als auch eine Strauchschicht vonnöten (LFL 2005). FORMAN & BAUDRY (1984, nach MAUDSLEY 2000) beschrieben einen direkten Zusammenhang der Anzahl an Vegetationsschichten mit der faunistischen Diversität.	a	nur Baumschicht	0
			b	nur Strauchschicht	0
			c	Baum- und Strauchschicht	+1
Struktur vertikale Schichtung	SVS	Neben einer ausgeprägten Baum- und Strauchschicht sind auch eine Kernzone sowie zu beiden Seiten hin je eine Mantelzone Teil eines typischen Heckenaufbaus (SCHWEIGER 2016). FORMAN & BAUDRY (1984, nach MAUDSLEY 2000) beschrieben einen direkten Zusammenhang der Anzahl an Vegetationsschichten mit der faunistischen Diversität.	a	nur Kernzone	0
			b	nur Mantelzone	0
			c	Kern- und Mantelzone	+1
Struktur Strukturvielfalt	SST	Eine heterogen aufgebaute Hecke mit wechselnder Höhe und Breite bietet durch ihre höhere Strukturvielfalt mehr Möglichkeiten für Tiere, in ihr eine Fortpflanzungs- und/oder Ruhestätte zu finden als eine sehr gleichförmige Hecke (HEUSINGER 1984, nach BIANCHIN 2011; LANUV NRW 2012a). Je mehr Dimensionen variabel sind, desto höher die Strukturvielfalt.	a	+/- gleich breit, gleich hoch	1
			b	1 Dimension variabel	3
			c	2 Dimensionen variabel	5
Struktur Sonderform	SSO	Sonderformen erhöhen die Strukturvielfalt in der Hecke. Sie führen zu einer erhöhten Anzahl an Kleinklimaten und Versteckmöglichkeiten durch Bodenunebenheiten (BLAB 1993). Ist eine Sonderform vorhanden, wird dies mit einem Punkt bewertet. In seltenen Fällen ist es möglich, dass mehr als eine Sonderform auftritt. Die Punkte werden dann aufsummiert.	a	keine Sonderform	0
			b	Lesesteinhecke	+1
			c	auf Hochrain	+1
			d	Böschunghecke	+1
			e	Grabenhecke	+1
Struktur Totholz	ST	Totholz hat eine hohe Bedeutung als Brut- und Lebensraum für viele Bakterien, Pilze, Moose, Flechten, Insekten und Wirbeltiere. Die Menge des Totholzes in einer Hecke spielt hierbei eine wichtige Rolle. Stehendes Totholz ist naturschutzfachlich wertvoller als liegendes Totholz, da sie sich langsamer zersetzen, trockener und wärmer sind und als Habitat und Nahrungsquelle auch für naturschutzrelevante Arten dienen. Die Erfassung der Totholzmasse kann nach definierten Durchmessergrößen in schwaches (<20 cm) und starkes Totholz (>20 cm) unterschieden werden. Schwaches Totholz wird deutlich schneller zersetzt als starkes Totholz und gilt als ökologisch weniger wertvoll (OEHMICHEN 2007).	a	kein Totholz	1
			b	kein Merkmal erfüllt	2
			c	1 Merkmal erfüllt	3
			d	2 Merkmale erfüllt	4
			e	3 Merkmale erfüllt	5

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Struktur Alterszusammen- setzung	SA	Das Alter einer Hecke und deren Bestandteile trägt zu Nischen- vielfalt bei: hierbei ist alt besser als neu (RINGLER et al. 1997), da zunehmendes Alter zu mehr Diversität in der Hecke führt, das zu mehr Nischenvielfalt führt (MAUDSLEY 2000). Am größten ist die Nischenvielfalt, wenn die Heckengehölze ein unterschiedli- ches Alter aufweisen, sich also in verschiedenen Wachstumssta- dien befinden (ZWÖLFER 1982a; CROSSLAND et al. 2015).	a	< 6 Jahre	1
			b	6-20 Jahre	2
			c	20-50 Jahre	4
			d	> 50 Jahre	3
			e	gemischtes Alter	5
Struktur Saum	SSA	Der Saum wirkt als Pufferfläche zwischen Feld und Hecke. Zu- dem bietet die Saumvegetation beispielsweise als Winterquar- tier für Arthropoden, Spinnen und Insekten (WOLTON et al. 2014). Je breiter der Saum, desto besser erfüllt er die Puffer- funktion und die Funktion als Fortpflanzungs- und Ruhestätte. Regelmäßig gemähte Randstreifen (Mähstreifen) erfüllen die Pufferfunktion, die Funktion als Fortpflanzungs- und Ruhestätte jedoch nicht so gut wie bei einem gut ausgebildeten Saum. Laut PFISTER & NAEF-DAENZER (1987, nach BIANCHIN 2011) sollte ein Saumstreifen aus naturschutzfachlicher Sicht mindestens 2-5 m breit sein. Auch das LANUV NRW (2012d) empfiehlt einen 3-5 m breiten Saumstreifen neben der Hecke.	S	Saum	1
			M	Mähstreifen	0,8
			G	Grünland	0,6
			N	Nichts davon	1
			a	kein Saum	1
b	< 2 m	2			
c	2-3 m	3			
d	3-4 m	4			
e	> 4 m	5			
Struktur Höhe	SHÖ	Je höher und breiter eine Hecke ist, desto mehr Tiere nutzen die Hecke als Fortpflanzungs- und Ruhestätte. Mit zunehmen- der Höhe steigen z.B. die Abundanzen von brütenden Vogel- arten und -individuen (HINSLEY & BELLAMY 2000) sowie von Wir- bellosen (CROSSLAND et al. 2015). Grund hierfür ist z.B., dass auf der windabgewandten Seite ein Bereich ruhigerer Luft entsteht, in dem eine große Anzahl von Insekten (LEWIS 1969, nach MAUDSLEY 2000) und anderen wirbellosen Tieren von diesem Schutz profitieren. Hier können sie Nahrung suchen und sich vermehren. Dieser Windschutz einer Hecke nimmt proportional zu ihrer Höhe mit der Entfernung allmählich ab (POLLARD et al. 1974, nach MAUDSLEY 2000).	a	< 2 m	1
			b	2-5 m	2
			c	5-10 m	3
			d	10-15 m	4
			e	> 15 m	5
Struktur Breite	SB	Je höher und breiter eine Hecke ist, desto mehr Tiere nutzen die Hecke als Fortpflanzungs- und Ruhestätte. Mit zunehmen- der Breite steigen beispielsweise die Abundanzen von brüten- den Vogelarten und -individuen (HINSLEY & BELLAMY 2000) so- wie von Wirbellosen (CROSSLAND et al. 2015). Grund hierfür ist, dass mit zunehmender Breite das Mikroklima in der Hecke di- verser wird, da in der Hecke mehr und mehr ein waldähnliches Innenklima herrscht. Das Artendominanzgefüge verschiebt sich dadurch immer mehr zugunsten ‚typischer‘ Waldbewohner (RINGLER et al. 1997). MADER (1984, nach BIANCHIN 2011) gibt als Minimum für holzbesiedelnde Arten eine Breite von 4-5 m an, ab 6-8 m könnten Laubwaldarten wie Spitzmäuse oder Laufkä- fer einwandern (RINGLER et al. 1997).	a	< 2 m	1
			b	2-4 m	2
			c	4-6 m	3
			d	6-8 m	4
			e	8-12 m	5
Pflanzen Anzahl Gehölzar- ten	PAG	Auch hier schafft eine große Anzahl an Gehölzarten eine er- höhte Nischenvielfalt und somit eine bessere Grundlage als Fortpflanzungs- und Ruhestätte. Nach HINSLEY & BELLAMY (2000) nimmt das Vorkommen der meisten Arten linear mit zu- nehmender Anzahl an Gehölzarten pro Längeneinheit zu. Bei Vögeln beispielsweise steigt mit der Anzahl der Gehölzarten das Angebot an Nistmöglichkeiten in Hecken. Hierdurch kön- nen mehr Vogelarten ihre spezifischen Bedürfnisse in Bezug auf Nistsubstrat und Nesthöhe erfüllen (ZWÖLFER et al. 1984; SCHMIDT 1998, nach BIANCHIN 2011). Für den Indikator ‚Anzahl Gehölzarten‘ wurde die bereits vorhandene Skala von FOULKES et al. (2013) übernommen.	a	1-3 Arten	1
			b	4-5 Arten	2
			c	6-7 Arten	3
			d	8-9 Arten	4
			e	10+ Arten	5
Pflanzen Dominanz	PD	Neben der Artenanzahl spielt auch die Verteilung der Arten eine wichtige Rolle für die Bewertung der Diversität. Eine gleich- mäßig verteilte Artengesellschaft ist diverser als eine, in der ein- zelne Arten vorherrschen und starke Dominanzen bilden (ELL- MAUER 1996).	a	keine Dominanzen	1
			b	leichte Dominanz	3
			c	starke Dominanz	5

BERECHNUNGSVERFAHRENZWISCHENBEWERTUNG

$$\text{Lage} = LNA + LH$$

$$\text{Struktur} = \frac{SHS + SVS + SST + SSO + ST + SA + SSA + SHÖ + SB}{6}$$

$$\text{Pflanzen} = \frac{PAG + PD}{2}$$

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Ruhe- \& Fortpflanzungsstätte} = \frac{\text{Lage} + (2 * \text{Struktur}) + \text{Pflanzen}}{4}$$

 KULTURELLE LEISTUNGEN

ERHOLUNG UND TOURISMUS

„Die Natur muss gefühlt werden.“

– ALEXANDER VON HUMBOLDT

HINTERGRUND

Die kulturellen ÖSL in Bezug auf Erholung und Tourismus beschreiben die Leistung, Erholungssuchenden entsprechende Landschaftsräume zur Verfügung zu stellen. Einbezogen werden der tägliche Erholungsbedarf, Naherholung und überregionaler Tourismus. Das Erholungsbedürfnis erweist sich zunehmend als wichtiger Anspruch an den verfügbaren Raum, denn sowohl aktive, bewegungsbezogene Rekreation als auch Erholung durch Ruhefindung sind raumfordernde, landschaftsabhängige Bedürfnisse.

Der Urbanisierungsgrad erreicht in Österreich jährlich neue Höchststände, wobei die Nachfrage nach naturnahen, *schönen* Landschaften zur Erholungsnutzung ebenfalls steigt. (Nah-)Erholung in der Natur, Heimat- und Ökotourismus erleben in den letzten Jahren ein unbestrittenes Hoch. Durch die fortschreitende Industrialisierung der Landwirtschaft steigt der Druck auf wirtschaftlich genutzte Landschaften und ihre Ökosysteme jedoch stetig. Traditionell bewirtschaftete Kulturlandschaften sind daher von zentraler Bedeutung für die Erbringung von Leistungen in Bezug auf Ästhetik und Erholung (ZODERER et al. 2016). In verschiedenen Studien wurde festgestellt, dass der Erhalt semi-bewirtschafteter Landschaftselemente die Biodiversität fördert, aber auch von der Bevölkerung sehr geschätzt wird. Erholungssuchende messen vielfältigen Mosaiklandschaften großen Wert bei. Denn der ästhetische Aspekt der Landschaft korreliert in einem hohen Maß mit der Diversität ihrer Ökosysteme (MÜLLER et al. 2019). Gehölzstrukturen und Hecken spielen bei der optisch-räumlichen Gliederung der Landschaft eine wesentliche Rolle. Sie betonen das Relief, die topografischen Gegebenheiten und sorgen für ein hohes Maß an Strukturvielfalt. Hecken stellen Sichtachsen dar, leiten den Blick und haben daher eine Gliederungs- und Verbindungsfunktion im Landschaftsgefüge. Sie wirken raumbildend und haben eine gestalterische Eigenwirkung, die durch Artenreichtum, Struktur und Alterszusammensetzung zustande kommt (LENGLACHNER & SCHANDA 2008). Heckenzüge sind als Landschaftselemente daher von großer Bedeutung für die räumliche und ästhetische Wirkung der Landschaft. Sie tragen maßgeblich zum landschaftlichen Charakter, dem Erlebnis- und Erholungspotenzial von Agrarlandschaften bei.

Vielfältige Erholungsaktivitäten erfordern einen gewissen Abstand zum dicht verbauten Gebiet, aber auch eine möglichst gute Erreichbarkeit und Anbindung an ebendieses. Zusätzlich sind, abgesehen von Ausbauten für den Tourismus, eigene Infrastrukturen wie (Rad-)Wege oder Sitzgelegenheiten gefragt. Freiräume mit Aufenthaltsqualität und Naturbezug sind in der modernen, anthropogen stark überformten Agrarlandschaft ein wertvolles Gut. Die Ökosystemdienstleistung Erholung wird als „User Movement Related“ betrachtet, da ihre Erbringung von den sie in Anspruch nehmenden und profitierenden Menschen abhängig ist (COSTANZA 2008). Zugänglichkeit, Erschließbarkeit und Sichtbarkeit sind daher zentrale Elemente dieser kulturellen ÖSL (PARACCHINI et al. 2014). In einigen Fällen können ortstypische Kulturlandschaften ihre spezifischen landwirtschaftlichen Produkte, sowie ihre besondere Ästhetik ganze Regionen wirksam repräsentieren. Sie dienen als wichtiger Aufhänger für Tourismusangebote und als Qualitäts-/Markenzeichen im Produktmarketing (TEMPESTA et al. 2010). Das diesbezügliche Potenzial von Hecken und ihren Produkten wurde bereits in einigen Regionen Österreichs erkannt und wird erfolgreich vermarktet.

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Erschließung	LE	Erschließungsmöglichkeiten über Komponenten des Wegenetzes bilden die Voraussetzung für die Nutzbarkeit zur Naherholung (COSTANZA 2008).	a	Weg an/in Hecke	5
			b	Sichtbeziehung zur Hecke	3
			c	Kein Weg	1
Lage Schutzgebiet	LS	Der wirtschaftliche Nutzen des Tourismus wird in Schutzgebieten höher eingeschätzt als in Nicht-Schutzgebieten, da der Wert und die Besonderheit einer Landschaft breitentauglich kommunizierbar gemacht wird. Die Ausweisung als Schutzgebiet erhöht daher den Bekanntheitsgrad, die Attraktivität als Ausflugsziel und somit auch die Bedeutung für Erholung und Tourismus (MÜLLER et al. 2019).	a	in Schutzgebiet	+1
			b	nicht in Schutzgebiet	0
Lage Heckendichte	LH	Die Heckendichte ist nicht nur für den ökologischen Wert ausschlaggebend. Sie ist auch für die Landschaftsästhetik und den damit verbundenen Erholungswert von zentraler Bedeutung, da sie nur auf der größeren Landschaftsebene wirkt (TROMMLER et al. 2013).	a	<250m/25 ha	1
			b	250-800m/25 ha	2
			c	800-1500m/25 ha	3
			d	1500-2200m/25 ha	4
			e	>2200m/25 ha	5
Lage Bevölkerungsdichte	LB	Die Erfüllung der Erholungsleistung ist abhängig von der sie potenziell in Anspruch nehmenden Personenanzahl (COSTANZA 2008). Je mehr Personen einen Erholungsraum aufsuchen (können), desto besser wird sein Potenzial für Erholung- und Tourismus bewertet (PARACCHINI et al. 2014). Die Anzahl der Personen im Umkreis korreliert direkt mit dem Ausmaß, in dem die Bevölkerung von dieser ÖSL profitiert (SCHEIKL et al. 2021).	a	0-15 Einw./km²	1
			b	16-30 Einw./km²	2
			c	31-75 Einw./km²	3
			d	76-200 Einw./km²	4
			e	>200 Einw./km²	5
Nutzung Zusatzstrukturen	NZ	Zusatzstrukturen werden als überwiegend positiv für das Landschaftserlebnis und den Erholungswert empfunden (MÜLLER et al. 2019). Sitzgelegenheiten sind etwa für Erholungssuchende mit eingeschränkter Mobilität von essenzieller Bedeutung. Zudem bieten sie Möglichkeiten zur Naturbeobachtung. Auch andere Ausstattungsmerkmale wie Schautafeln bzw. Hochstände sind dem Erholungserlebnis Bildung bzw. Jagd zuträglich. Bei mehreren Zusatzstrukturen ist jene mit dem höheren Zahlenwert einzutragen.	a	Jagd	+0,5
			b	Erholung	+1
			c	Bildung	+1
			d	Kulturdenkmal	+0,5
			e	Nichts davon	0
Struktur Alterszusammensetzung	SA	Das Alter der Pflanzen einer Hecke ist maßgeblich mitbestimmend in Bezug auf ihr Erscheinungsbild und ihre Eigenwirkung (LEGLACHNER & SCHANDA 2008). Höhe, Artenzusammensetzung der Baum-, Strauch- und Krautschicht, sowie der Totholzanteil sind unter anderem abhängig von Sukzessionsprozessen und gezielten Pflegemaßnahmen. Eine alte, entwickelte Hecke besticht durch ihr naturnahes Aussehen und erhöht die Chance auf Naturerlebnisse wie Tierbegegnungen.	a	< 6 Jahre	1
			b	6-20 Jahre	2
			c	20-50 Jahre	4
			d	> 50 Jahre	3
			e	gemischtes Alter	5
Struktur Saum	SSA	Ein Saum sorgt für einen optischen Übergang und eine schöne Eingliederung der Hecke ins Landschaftsbild; blühende Wildblumen setzen zudem attraktive jahreszeitliche Akzente und verstärken das Naturerlebnis durch eine erhöhte Aktivität von Insekten wie z.B. Schmetterlingen. Für Erholungssuchende bieten Säume vielfältige Möglichkeiten für Beobachtungen, Dufterlebnisse und zur Wahrnehmung kleinklimatischer Unterschiede im Nahbereich der Hecke.	S	Saum	1
			M	Mähstreifen	0,8
			G	Grünland	0,6
			N	Nichts davon	1
			a	kein Saum	1
			b	< 2 m	2
			c	2-3 m	3
			d	3-4 m	4
			e	> 4 m	5
Pflanzen Anzahl Gehölzarten	PAG	Eine hohe Anzahl verschiedener Gehölzarten sorgt für eine Vielfalt an saisonal wechselnden farblichen Aspekten. Das sich ergebende kontinuierliche Blütenangebot, die verschiedenen Fruchtstände und Herbstfärbungen sorgen für ein über alle Jahreszeiten hinweg attraktives Bild (ZHUBER 2009). Es sorgt auch durch vielfältige Dufterlebnisse (Blüten) und sammelbare Früchte für einen hohen Erlebnis- und Erholungswert.	a	1-3 Arten	1
			b	4-5 Arten	2
			c	6-7 Arten	3
			d	8-9 Arten	4
			e	10+ Arten	5

BERECHNUNGSVERFAHRENZWISCHENBEWERTUNG

$$\text{Landschaft} = \frac{LS + LH + LA + SSA + PAG}{4}$$

$$\text{Nutzungsmöglichkeit} = \frac{LE + LB + NZ}{2}$$

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Erholung} = \frac{\text{Landschaft} + \text{Nutzungsmöglichkeit}}{2}$$

Wenn keine Erschließung (kein Weg & keine Sichtbeziehung) besteht, wird die gesamte ÖSL auf „1“ gesetzt.

 KULTURELLE LEISTUNGEN

KULTURERBE

„Es ist ein grundlegendes Missverständnis, dass es beim Kulturerbe um die Vergangenheit und ihre Erhaltung gehe. Es geht beim Erbe vielmehr um unsere Zukunft. Es geht darum, wer wir sein wollen und wer wir in Zukunft sein können.“

– ROLAND BERNECKER 2018

HINTERGRUND

Kulturlandschaften stellen eine „Schnittstelle zwischen Natur und Kultur, materiellem und immateriellem Erbe, biologischer und kultureller Vielfalt“ (ROESSLER 2006) dar. Sie sind landschaftlicher Ausdruck der grundlegenden Wechselwirkungen zwischen Gesellschaften und ihrer naturräumlichen Umgebung. Durch extensive Landwirtschaft entstanden, zeichnen sie sich durch eine hohe Arten- und Biotopvielfalt aus, die auf heterogener Landnutzung und kleinteiligen Landschaftsmosaiken basiert (PLIENINGER et al. 2006). Kulturlandschaften beinhalten die generationsübergreifende Weitergabe von Bewirtschaftungskonzepten, Werten und Erfahrungen. Sie wirken als historisch gewachsene, räumliche Rahmenbedingung für die Interaktionen der lokalen Gesellschaft (DANIEL et al. 2012) und sind zentraler Bestandteil von Kultur und menschlicher Identität (ROESSLER 2006).

Der Begriff *Hecke* stand zunächst für die Umfriedung oder Einhegung von Feldern, Siedlungen und Viehtriebwegen (PFEIFER et al. 1993). Mit verwachsenden und dornigen Gehölzen wurden seit der Antike schutzbietende Heckenanlagen errichtet, die als Viehzäune, Grenzmarkierungen und zur Befestigung (*Landhag*) dienten. Bis heute verweist *–ha(a)g* als Bestandteil zahlreicher Ortsnamen auf die historische Präsenz und Bedeutung dieser Anlagen. Hecken hatten neben ihrer Schutz- und Grenzfunktion auch wichtige wirtschaftliche Aspekte, aus denen sich bestimmte Bewirtschaftungsmethoden entwickelten. In der Versorgung mit Tierfutter, Brennstoff, Werkholz für Gerätschaften und zusätzlichen Nahrungsmitteln spielten sie eine beachtliche Rolle (MACHMERTH et al. 2020). Die Verbindung von Feld-, Vieh-, Weidewirtschaft und linearen Gehölzstrukturen steht in der ursprünglich gängigen Tradition von Agroforstsystemen. Hecken stellen daher charakteristische und weit verbreitete Strukturelemente der Kulturlandschaft dar (KLEEFELD & BURGGRAFF 2006). Als Resultat langfristiger, traditioneller Bewirtschaftungs- und Siedlungskultur prägen sie in vielen Gebieten bis heute das Landschaftsbild. Von zentraler Bedeutung ist daher nicht nur ihre ökologische Funktion, sondern auch ihr kulturhistorischer Wert (KLEEFELD & BURGGRAFF 2006). Beide Aspekte umfassen eine Vielzahl von Prozessen und Abläufen, die in und rund um Strukturelemente wie Hecken besonders aktiv und intensiv ablaufen. Somit sind typische Hecken optimale Objekte für öko-soziologischen Prozessschutz und können als Stätte für das Studium und die Vermittlung von Zusammenhängen von Natur, Landschaft und Kultur genutzt werden. Bei der hierarchisch gegliederten Betrachtung können Kulturlandschaften in Kulturlandschaftstypen eingeteilt werden (FINK et al. 1989). Sie stellen die kleinste räumlich abgrenzbare Einheit dar, die sich durch homogene naturräumliche Voraussetzungen und Landnutzung auszeichnet. Auch die traditionellen Heckenlandschaften Österreichs und ihre regionsspezifischen Erscheinungsformen können voneinander abgegrenzt und bestimmten Kulturlandschaftstypen zugeordnet werden (FINK et al. 1989).

Studien belegen, dass Landschaftskomponenten wie naturnahe Teiche, Hecken, Haine und Blühstreifen nicht nur einen ästhetischen, sondern auch einen identitätsstiftenden Beitrag leisten (MÜLLER et al. 2019). Mit Hecken, Terrassen und ähnlichen charakteristischen Landschaftselementen wird in vielen Fällen die regionale Identität von Gesellschaften, Gemeinschaften und Individuen assoziiert (DANIEL et al. 2012). Kulturerbe, Identität und Sense of Place stehen daher in direktem Zusammenhang mit traditionellen Kulturlandschaften und ihren charakterbildenden Merkmalen (MÜLLER et al. 2019). *Sense of Place* beschreibt den menschlichen Wahrnehmungs- und Empfindungskomplex in Bezug auf einen bestimmten geografischen Raum (FARNUM et al. 2005), der mit individuellen und generationsübergreifenden Erfahrungswerten verknüpft ist. Kulturell bedingte Erscheinungsbilder des Landschaftsgefüges sind daher untrennbar mit landschaftlich vermitteltem Heimat- und Vertrautheitsgefühl verbunden. Hecken sind wesentlicher Bestandteil dieser Landschaftsbilder.

INDIKATOREN

Indikator		Beschreibung	Umrechnungsfunktionen		
Lage Netzwerk	LNE	Heckennetzwerke als beständige Strukturen prägen maßgeblich ortstypische Landschaftsbilder und das damit verbundene Vertrautheits-/Heimatgefühl (FOULKES et al. 2013). Bestehende Heckennetzwerke sind überwiegend in alten Kulturlandschaftsabschnitten zu finden. In den meisten Fällen sind sie Relikte traditioneller Agroforstsysteme und regionsspezifischer Bewirtschaftungsformen (SCHULZE et al. 1984).	a	keine Verbindung zu anderer Hecke/Wald	1
			b	1 Verbindung	3
			c	>1 Verbindung	5
			d	Teil von Rainnetzwerk	5
Lage Naturdenkmal	LND	Naturdenkmäler haben die gesellschaftlichen sowie landschaftlichen Veränderungen während ihrer Bestandszeit überdauert und stellen häufig seit Generationen wertgeschätzte Ausflugsziele dar. Ihre Rolle für das gesellschaftliche Bewusstsein von Schönheit und Schutzwert der Landschaft sowie ihrer Besonderheiten ist daher von weitreichender Bedeutung (ENERGIE- UND UMWELTAGENTUR DES LANDES NÖ 2022).	a	Naturdenkmal	+1
			b	Kein Naturdenkmal	0
Lage traditionelle Heckenregion	LTH	Niederösterreich verzeichnet einige Regionen, die eine lange Heckentradition haben. In anderen Regionen ist dies nicht der Fall (WRBKA et al. 2002). Der langjährige Bestand von Hecken als Ausdruck regionstypischer und identitätsstiftender Landbearbeitungsweisen ist von hohem kultur- und naturhistorischem Wert.	a	Heckenregion	5
			b	Keine Heckenregion	1
Lage Franziseischer Kataster	LFK	Das Alter einer Heckenanlage gibt Auskunft über ihre Rolle als strukturprägendes Landschaftselement (KLEEFELD & BURGGRAFF 2006). Der Franziseische Kataster ist eine Karte aus dem 19. Jhdt. und gibt einen Einblick, ob die betrachtete Hecke zu diesem Zeitpunkt schon bestand.	a	als Element erkennbar	5
			b	nicht als Element erkennbar	1
Nutzung Zusatzstrukturen	NZ	Bildstöcke, Marterl und Flurkreuze befinden sich vielerorts entlang von Wegen, an Weggabelungen, Anhöhen oder Gefahrenstellen. Oft markieren sie alte Pilger- oder Prozessionswege, teilweise erinnern sie auch an Unglücksfälle. Sie sind nicht nur Ausdruck der (ehemaligen) Volksfrömmigkeit, sondern dienen in früherer Zeit vor allem auch als Wegweiser (HULA 1948). Bis heute stellen sie Orientierungspunkte in der Landschaft dar und sind in vielen Wanderkarten verzeichnet. Besondere Verbreitung haben diese Klein- und Flurdenkmäler im Wald- und Weinviertel, aber auch im Mühlviertel und in Kärnten.	a	Jagd	0
			b	Erholung	0
			c	Bildung	0
			d	Kulturdenkmal	+1
			e	Nichts davon	0
Struktur Sonderform	SSO	Vierelorts wurden Lesesteinriegel aus bei der Feldbearbeitung störenden Steinen angelegt. Ebenso entstanden Totholzwälle und Böschungshecken an Geländekanten neben den Anbauflächen (ZWÖLFER et al. 1984). Viele Sonderformen überliefern traditionelle und kulturell verankerte Landbewirtschaftungs- und Heckenanlagemethoden. Andere belegen die Entstehung von Hecken an reliefabhängigen Sonderstandorten, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden konnten (SCHULZE et al. 1984).	a	keine Sonderform	0
			b	Lesesteinhecke	+1
			c	auf Hochrain	+1
			d	Böschungshecke	+1
			e	Grabenhecke	+1
Pflanzen Neophyten	PN	Mit der kulturhistorischen Tradition von Heckenanlagen steht auch die Verwendung bestimmter Pflanzen in Verbindung. Volksnamen wie Hagedorn (Weißdorn), Hagerose (Hundsrose) und Hagebuche (Hainbuche) weisen auf die Verwendung als klassische Heckengehölze hin. Ein hoher Anteil an Neophyten verfälscht die Eigenwirkung einer Hecke und zerstört die „Eigenart der Landschaft“ (BIANCHIN 2011).	a	0-5%	5
			b	5-10%	4
			c	10-25%	3
			d	25-50%	2
			e	>50%	1

BERECHNUNGSVERFAHREN

ÖSL-BEWERTUNG

$$\text{Kulturerbe} = \frac{\text{LNE} + \text{LND} + \text{LTH} + (2 * \text{LFK}) + \text{NZ} + \text{SSO} + \text{PN}}{5}$$

6. FALLSTUDIEN



6.1 BEWERTUNGSKONTEXT

Zur Identifikation potenzieller Probleme sowie der am besten geeigneten Methoden und Instrumente für die Datenerhebung und Analyse wurde parallel zur Erstellung des Heck.in Bewertungsschemas eine Pilotstudie mit 50 Hecken durchgeführt. In einer projektbegleitenden Masterarbeit von DÜRR (2022) wurden neben der Praktikabilität der Anwendung auch die Plausibilität der Ergebnisse geprüft.

Die Hecken wurden im August und September 2021 begangen und die Indikatoren aufgenommen. Abbildung 17 zeigt die Standorte der aufgenommenen Hecken.

Niederösterreich ist mit einer Landesfläche von 19.180 km² das größte Bundesland Österreichs (AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG 2021). Seine Jahresmitteltemperatur liegt bei 10,3 °C, die durchschnittliche Niederschlagsmenge bei 880 mm/Jahr (HIEBL et al. 2021). Das Bundesland ist landschaftlich sehr divers, alle drei österreichischen biogeografischen Regionen kommen hier vor: die alpine, die kontinentale (SAUBERER et al. 2014) und die pannonische biogeografische Region (WILLNER 2013).

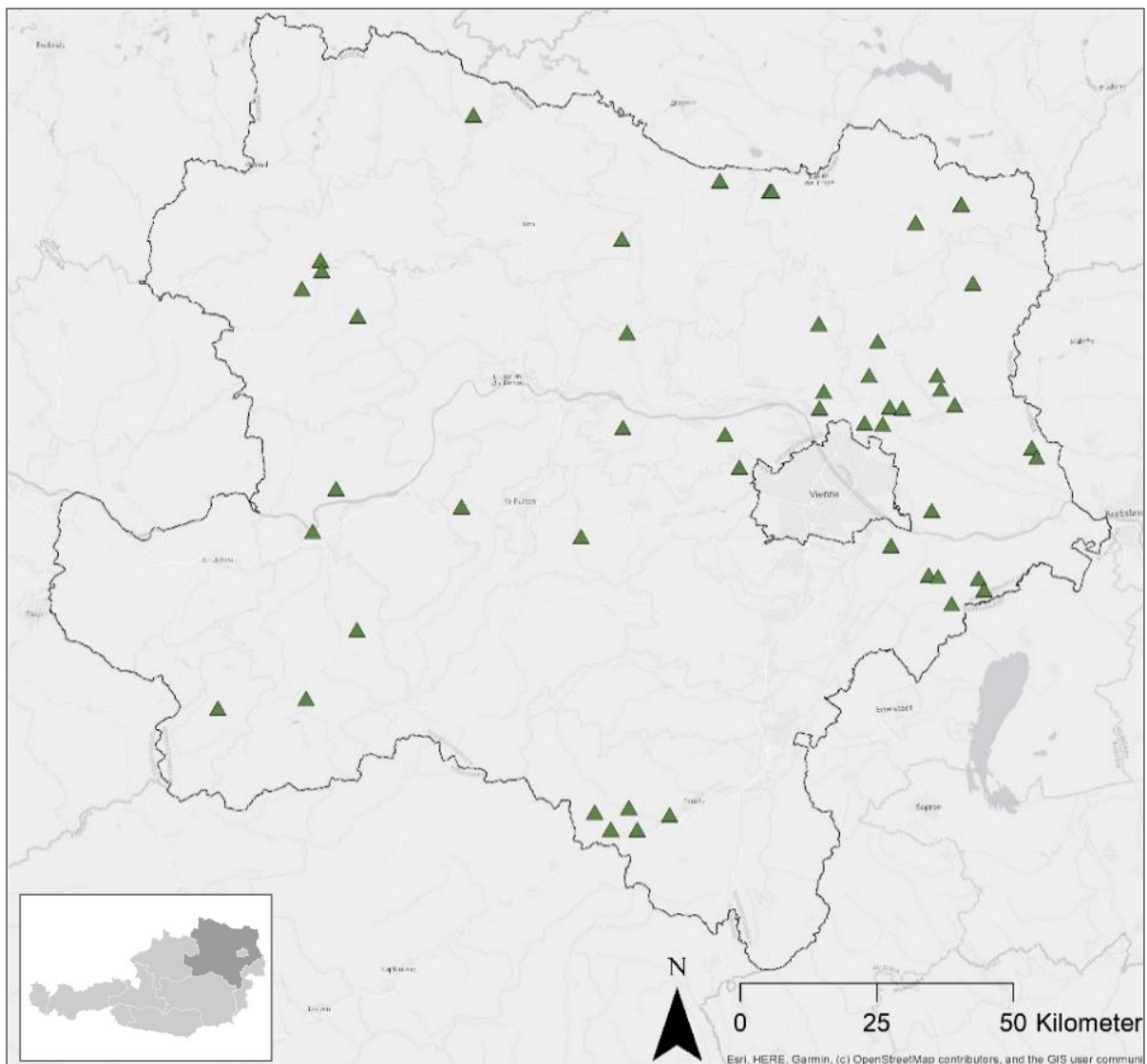


Abbildung 17: Ausgewählte und bewertete Hecken in Niederösterreich
(Verwaltungsgrenzen: BEV 2019. Hintergrundkarte: OpenStreetMap)

6.2 ERGEBNISSE

Im Folgenden wird der Zustand der in der Studie bewerteten Hecken sowie ihre Bedeutung für die betrachteten ÖSL präsentiert.

Die beiden ÖSL, die von den untersuchten Hecken am besten erbracht wurden, waren Bodenschutz (\bar{x} 3,9) sowie Erholung und Tourismus (\bar{x} 3,7). Die am schlechtesten bewertete ÖSL war Rohstoffe aus der Hecke (\bar{x} 2,4). Fünf ÖSL (Rohstoffe aus der Hecke, Bestäubung, Nahrungsquelle, Erholung und Tourismus und Kulturerbe) wurden innerhalb der 50 Hecken sowohl mit 1 als auch mit 5 Punkten bewertet. Sechs ÖSL (Klimaschutz, Wasserschutz, Bodenschutz, Schädlings- und Krankheitskontrolle, Korridor sowie Fortpflanzungs- und Ruhestätte) erhielten zwischen 2 und 5 Punkte. Die beiden ÖSL Ertragssteigerung auf Nachbarflächen und Nähr- und Schadstoffkreisläufe wiesen mit einem Wertebereich zwischen 2 und 4 die geringste Streubreite auf. Abbildung 18 veranschaulicht diese Ergebnisse.

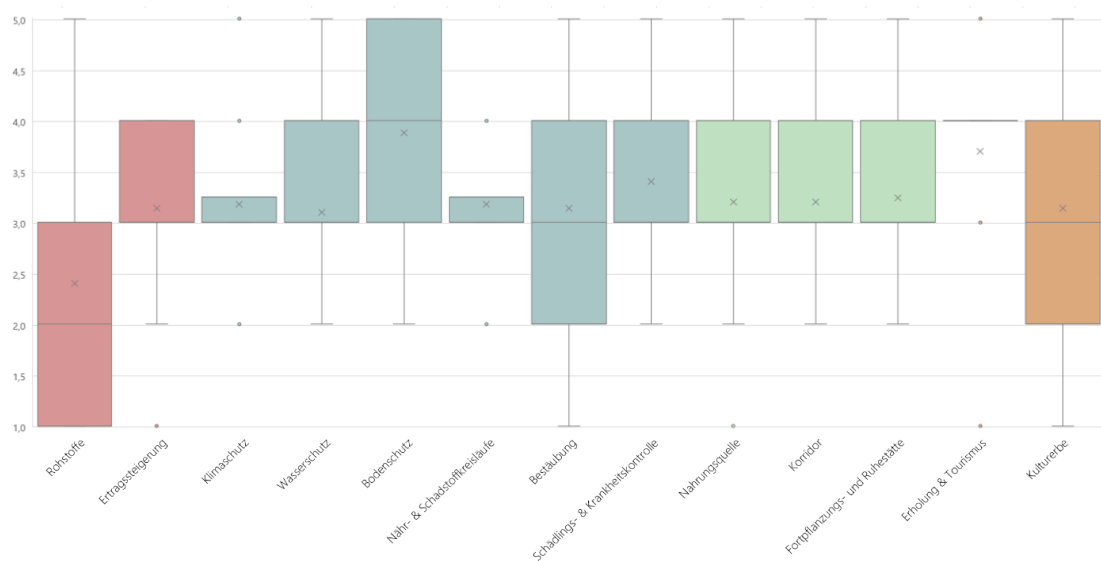


Abbildung 18: Vergleich der Ergebnisse der 50 Hecken mit Boxplots.

Betrachtet man die Bewertungen auf Ebene der Indikatoren, ist der am schlechtesten bewertete Indikator die klimatische Wasserbilanz (ÖSL Klimaschutz: \bar{x} 1,7), gefolgt von der Neigung des Hangs (ÖSL Nähr- und Schadstoffkreisläufe, Wasserschutz, Bodenschutz: \bar{x} 2,1), dem Totholz (Bestäubung, Nahrungsquelle, Fortpflanzungs- und Ruhestätte: \bar{x} 2,2) und dem Franziszeischen Kataster (Kulturerbe: \bar{x} 2,2). Mit Ausnahme des Totholzes sind diese Parameter an einer bereits existierenden Hecke nicht änderbar. Bei der Menge und Qualität des Totholzes hingegen kann leicht reguliert werden, ebenso wie bei dem Saum (\bar{x} 2,6), der auch bei zwei ÖSL (Bestäubung, Erholung) einer der am niedrigsten bewerteten Indikatoren ist.

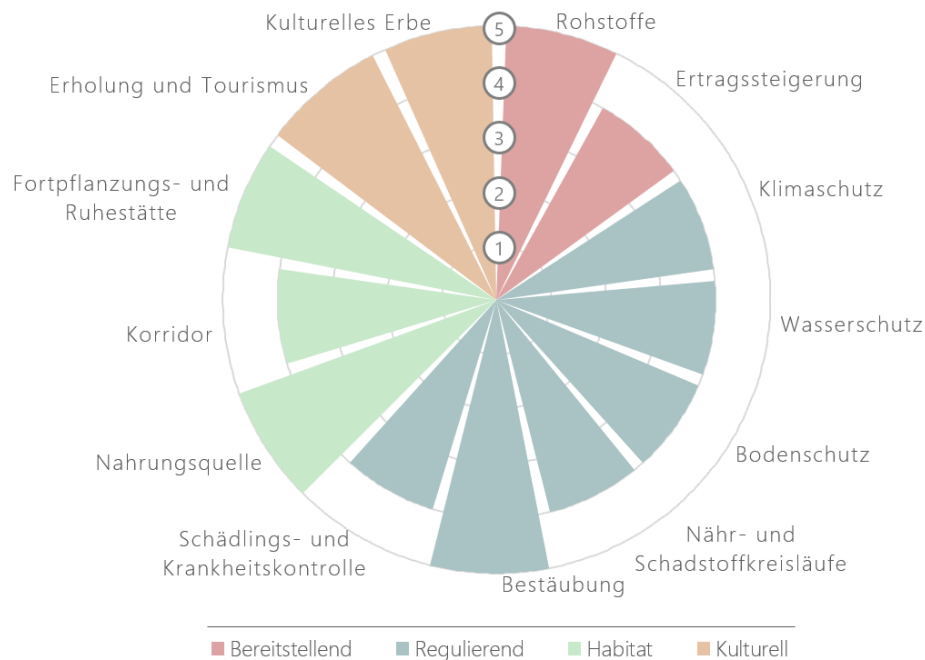
Die am höchsten bewerteten Indikatoren Höhe (ÖSL Korridor: \bar{x} 4,4), gefolgt von der klimatischen Wasserbilanz (ÖSL Bodenschutz: \bar{x} 4,3) und Humus (ÖSL Klimaschutz: \bar{x} 4,3). Im Schnitt knapp unter 4 Punkte erreichte der Indikator Neophyten (ÖSL Schädlings- & Krankheitskontrolle, Bestäubung und Nahrungsquelle: \bar{x} 3,9).

Es ist interessant festzustellen, dass der Indikator klimatische Wasserbilanz im Schnitt sowohl eine der höchsten als auch eine der niedrigsten Bewertungen erhielt. Diese scheinbare Diskrepanz lässt sich damit erklären, dass eine stark negative Bilanz – ein Ungleichgewicht zwischen Niederschlag und Verdunstung zugunsten der Verdunstung – mit einer geringen potenziellen Kohlenstoffspeicherkapazität einhergeht. Deshalb wird sie für die ÖSL Klimaschutz nur niedrig bewertet. Gleichzeitig verstärkt eine solche negative Bilanz das Potenzial für Winderosion und macht Hecken für den Schutz des Bodens umso wichtiger. Deshalb wird sie für den Bodenschutz hoch bewertet. Es zeigt sich, dass es bei der Bewertung von Indikatoren oft Trade-offs gibt, bei denen bestimmte positive Auswirkungen mit negativen Auswirkungen einhergehen. Die Berücksichtigung solcher Zusammenhänge kann dazu beitragen, fundierte Entscheidungen zu treffen, die sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll sind.

HECKE 1: DIE ALLROUNDERIN



Diese Hecke befindet sich bei Gloggnitz im südwestlichen Zipfel des Wiener Beckens. Sie liegt an einem Hang neben Grünland und zwischen Wald und wird von einem Wanderweg begleitet. Sie ist Teil des Natura 2000 Gebiets „Nordöstliche Randalpen: Hohe Wand – Schneeberg – Rax“ und liegt in einem Gebiet mit über 200 Einwohner:innen/km². In der Hecke befinden sich Obstbäume und gelagertes Holz, ein Hochstand steht in unmittelbarer Nähe, ebenso wie ein Martelerl. Die Hecke erreicht eine Höhe von 10-15 m und eine durchschnittliche Breite von 6-8 m. Sie ist lückenlos und besitzt eine ausgeprägte horizontale Schichtung mit Baum- und Strauchschicht. Sie fußt auf Lesesteinen und wurde als Böschungshecke angelegt. Ihre diverse Altersstruktur weist auch einen hohen Totholzanteil auf. Die Zusammensetzung der Vegetation ist ohne Dominanzen einzelner Arten und neophytenfrei. Die Gehölzartenanzahl ist mit über zehn verschiedenen Arten pro 30 m-Abschnitt hoch. Der Baumanteil liegt bei 10-20 Individuen/100 m. In der österreichischen Bodenkarte ist die nutzbare Feldkapazität am Standort dieser Hecke als gering eingestuft.

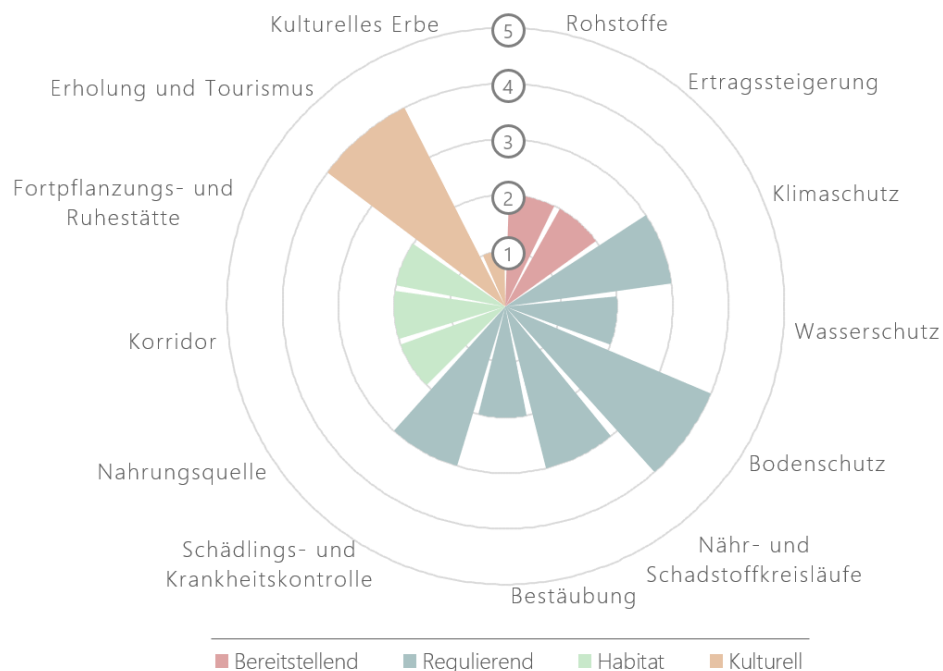


Die Hecke weist für alle mit Heck.in untersuchten ÖSL eine hohe (4) bis sehr hohe (5) Bedeutung auf. Obwohl in ihrer Region traditionelle, strukturreiche Hecken keine Seltenheit darstellen, ist diese Hecke ein Beispiel für ein außergewöhnlich wertvolles Landschaftselement. Primäres Ziel für diese Hecke ist demnach ihr Erhalt sowie ein zielgerichtetes Management, wie die regelmäßige Pflege, um die heckenspezifische Struktur zu erhalten. Denn die ausgesprochene Vielfalt der Strukturen wie Saum, Totholz, Lesesteine etc. ist der Schlüssel für die hohe Bewertung und die hohe Multifunktionalität. Besondere Risiken stellen neben der Überalterung durch fehlende Pflegemaßnahmen das Überhandnehmen einzelner Arten sowie durch unsachgemäßes Management Strukturverlust dar.

HECKE 2: DIE SPEZIALISTIN



Diese Hecke befindet sich in Gänserndorf, im nördlichen Marchfeld. Sie liegt in einer traditionellen Heckenregion, die vom pannonischen Klima geprägt ist. Die Hecke ist annähernd eben, in Südost-Nordwest Richtung ausgerichtet und grenzt an Ackerflächen. Sie wird von einem Weg begleitet, die Einwohner:innendichte im Umland liegt unter 200 Einw./km². Es gibt keine ersichtlichen Nutzungsspuren, allerdings befindet sich eine Futterkrippe für Wildtiere in der Hecke. Einen Hinweis auf Managementmaßnahmen liefert der sichtbare Seitenschnitt. Die Hecke erreicht eine Höhe von 8-10 m und eine Breite von 6-8 m. Sie weist eine horizontale Schichtung mit Baum- und Strauchschicht auf und hat neben der Mantelzone einen unter 2 m breiten Krautsaum. Das Alter des Gehölzbestands liegt zwischen 20 und 50 Jahren. Die Hecke weist einen geringwertigen Totholzanteil auf und hat weniger als 5 % Lücken mit einer Größe von über 5 m. Im 30 m-Abschnitt findet man in dieser Hecke sechs bis sieben verschiedene Gehölzarten, der Baumanteil entspricht 10-20 Bäumen/100 m. Es bestehen starke Dominanzen einzelner Arten, wobei mehr als die Hälfte der Hecken mit Neophyten bedeckt ist. Die nutzbare Feldkapazität wird in der österreichischen Bodenkarte als gering eingestuft.



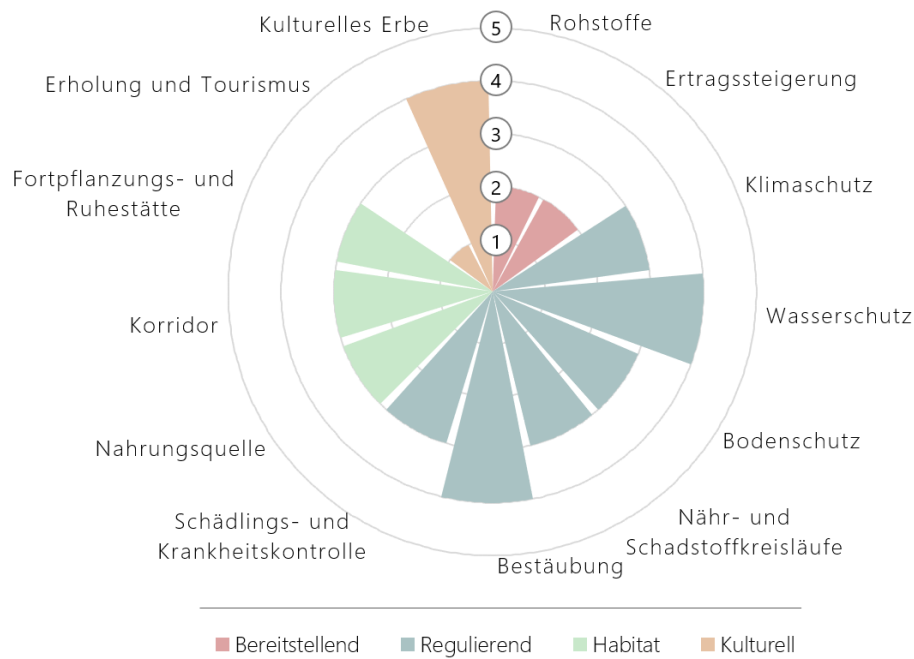
In Bezug auf die untersuchten ÖSL fällt auf, dass die Hecke für einige wenige ÖSL (Bodenschutz, Erholung und Tourismus) eine hohe (4) Bedeutung hat, während sie für die meisten ÖSL nur eine sehr geringe (1) bis geringe (2) Bedeutung hat. Da die Hecke als Windschutzstreifen gepflanzt wurde, kommt sie ihrer primären Aufgabe, dem Bodenschutz, erwartungsgemäß nach. Allerdings besteht für die Erfüllung anderer ÖSL ein teils erhebliches Verbesserungspotenzial, vor allem was die Habitatleistungen angeht. Werden spezifisch hierfür erneut die Indikatoren betrachtet, wird deutlich, dass die Pflanzenzusammensetzung (Anzahl der Gehölzarten,

jedoch vor allem die starke Dominanz einiger weniger Arten sowie der sehr hohe Neophytenanteil) sowie der nur gering ausfallende Saum ein besonders hohes Aufwertungspotenzial aufweisen, um für die ÖSL Nahrungsquelle und Fortpflanzungs- und Ruhestätte in der Bedeutung zu steigen. Ebenfalls schlecht bewertete Indikatoren, wie das fehlende Heckennetzwerk sowie die geringe Heckendichte, erfordern für ihre Aufwertung Maßnahmen, die über das Management der Einzelhecke hinaus gehen. Hierfür kann das Konzept der Grünen Infrastruktur (GI) herangezogen werden. Dieses Konzept beschreibt ein Netzwerk von natürlichen und halbnatürlichen Elementen, wie zum Beispiel Grünflächen, Flüssen, Wäldern und Landschaftselementen wie Hecken, das dazu dient, Städte und Landschaften zu verbinden und positive Auswirkungen auf die Umwelt, die Gesellschaft und die Wirtschaft zu haben. In Projekten wie ‚MaGICLandscapes‘ wurden mittels des Konzepts der Grünen Infrastruktur (GI) und deren Bewertung auf verschiedenen räumlichen Ebenen Werkzeuge und Strategien entwickelt, um „die Funktionalität von GI und deren gesellschaftlichen Nutzen wiederherstellen bzw. aufrechterhalten zu können“ (JOHN et al. 2019).

HECKE 3: DIE VERBESSERUNGSWÜRDIGE



Die 134 m lange Schlehen-Hecke steht inmitten der für das Waldviertel typischen Streifenflur in der Nähe von Niederstrahlbach. Sie liegt demnach in einer traditionellen Heckenregion, zudem scheint schon im Franziszeischen Kataster eine Hecke auf genau gleicher Stelle auf. Allerdings liegt die Hecke weder innerhalb eines Schutzgebiets noch eines Wildtierkorridors. Sie ist nicht von Wegen aus besuch- oder betrachtbar. Die Ausrichtung ist Südost/Nordwest. Sie ist umschlossen von Acker als Teil eines Rain-Netzwerks und liegt als Böschungshecke an einem Hang, diagonal zur Falllinie. Es gibt keinerlei Hinweise auf Management oder Nutzung – dies zeigt sich auch dadurch, dass die Hecke stark lückig ist. Die Hecke ist als Strauchhecke 2-5 m hoch und 6-8 m breit. Eine ausgeprägte horizontale oder vertikale Schichtung ist nicht vorhanden, Totholz befindet sich in geringem Maße in der Hecke. Ein Saum findet sich in Form eines Mähstreifens in geringem Maße an einer Seite der Hecke. Neben der stark dominierenden Schlehe finden sich 3-4 weitere Gehölzarten im 30 m-Abchnitt, Neophyten gibt es keine. Die nutzbare Feldkapazität am Standort ist mit unter 60 mm sehr gering.



Die Hecke hat für die untersuchten ÖSL unterschiedlich hohe Bedeutung: während sie für die ÖSL Erholung und Tourismus eine sehr geringe Bedeutung (1) und für die ÖSL Rohstoffe sowie Ertragssteigerung auf Nachbarflächen eine geringe Bedeutung (2) aufweist, kommt ihr für die ÖSL Wasserschutz, Bestäubung und Kulturelles Erbe eine hohe Bedeutung (4) zu. Für die restlichen ÖSL ist die Hecke von mittlerer Bedeutung (3). Diese Hecke ist ein besonders anschauliches Beispiel dafür, wie sich mit der richtigen Pflege Strukturparameter leicht verbessern lassen, die die Hecke deutlich aufwerten. Werden die Lücken mit heimischen Pflanzen mit hohem Baumanteil bepflanzt, entsteht eine diversere Altersstruktur sowie eine größere Gehölzartenvielfalt. Wenn nun zusätzlich dazu der Saum um 0,5 bis 1 m erweitert und in Folge dessen in geringer Frequenz regelmäßig gemäht wird, erhöht sich die Bedeutung für die ÖSL Ertragssteigerung auf mittel (3), sowie für die ÖSL Bodenschutz, Schädlings- und Krankheitskontrolle und Nahrungsquelle auf hoch (4).

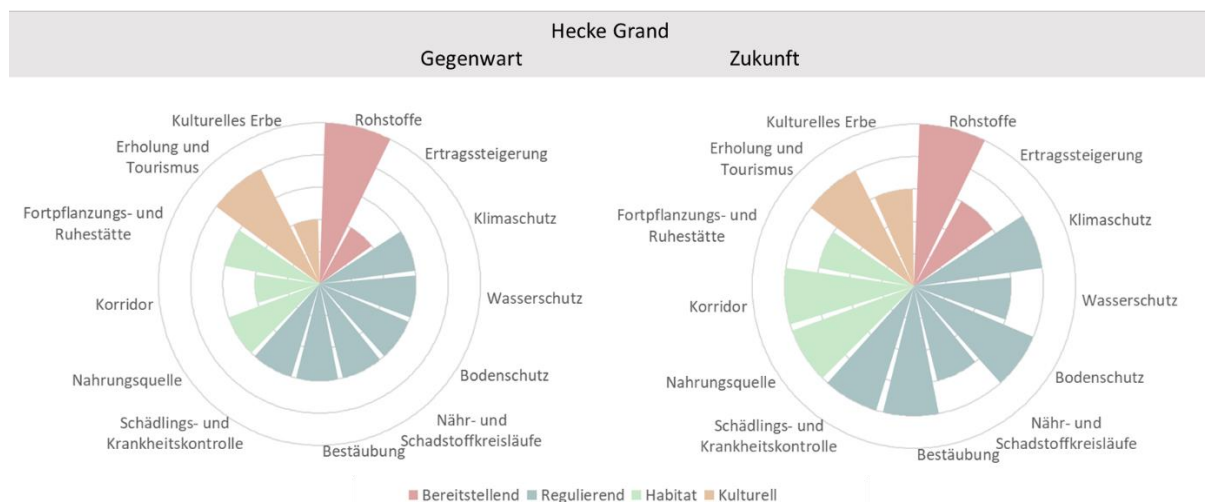
HECKE 4: DIE HERANWACHSENDE



Auf dem Gelände der Grand Farm in Absdorf wurde im Jahr 2017 eine Hecke auf vormaligen Ackerflächen neu angelegt. Sie wurde mit dem Ziel geplant, die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten und Ökosystemleistungen von Hecken zu maximieren. Der Querschnitt wird aus zwei Baumreihen als Kernzone, daran anschließend zwei Strauchreihen und beidseitigen, einjährig gemähten Saumstreifen. Die Gehölzauswahl umfasst eine Vielzahl von Fruchträgern und Blühgehölzen, die so hohes Potenzial für Obsternte und Bienenweide, aber auch Wertholznutzung bereitstellen und hohe Strukturvielfalt versprechen. Der Abstand zwischen den beiden

Baumreihen in der Mitte entspricht gut einer Fahrbreite eines kleinen Traktors, wodurch Pflege und Ernte erleichtert werden. Zur Förderung verschiedener Beutegreifer wurden zahlreiche Strukturen wie Nistkästen, Sitzstangen und Totholzhaufen errichtet. So wurden also die Strukturindikatoren möglichst vielversprechend geplant, die Lage der Hecke im Tullnerfeld ist jedoch kaum beeinflussbar, vor allem der Anschluss an weitere Biotope fehlt in der generell strukturschwachen Umgebung. Die Hecke liegt nahezu rechtwinkelig zur Hauptwindrichtung, ein Hauptgrund für die Anlage war der Windschutz für hochwertige Gemüseproduktion auf dem angrenzenden Feld. Die Schutzwirkung gegenüber Wassererosion spielt in der Ebene keine Rolle.

Zur Zeit der initialen Bewertung (2022) ist die Hecke noch nicht geschlossen, die finale Wuchshöhe und der volle Ansatz von Blüten und Früchten der Gehölze ist noch lange nicht erreicht. Daher ergibt sich zurzeit noch eine größtenteils mittelmäßige (3) Bewertung der ÖSL, die von diesen Eigenschaften stark definiert werden. Die ertragssteigernde Wirkung auf die angrenzende Kultur wurde gar als gering (2) bewertet. Im Vergleich dazu wurde auch eine Bewertung des fiktiven Status der Hecke bei Erreichen des Planungszieles in etwa 10-15 Jahren vorgenommen. Dabei wurde auch berücksichtigt, dass in der Gemeinde weitere Überlegungen bestehen, das Biotop- und Windschutzverbundsystem auszubauen und somit die Vernetzung besser ausgestaltet werden sein dürfte. Bei dieser Prognose zeigte sich, dass die meisten ÖSL um eine oder zwei Stufen höher bewertet werden konnten. Auf die Bewertung der Hecke 1 (Die Allrounderin) fehlen aber immer noch einige Schritte, die erst durch langjähriges geglücktes Management gegangen werden können.



7. ZUSAMMENFASSUNG



Das indikatorenbasierte Bewertungssystem Heck.in wurde als ökosystemleistungsbezogenes Tool für Hecken in der Kultur- und Agrarlandschaft entwickelt. Es entstand aus der Frage, welche Leistungen von Hecken im Landschaftsgefüge erbracht werden und wie diese Wirkungen zur politischen Implementierung ökologisch und ökonomisch beurteilt werden können. Es bietet ein systematisches, ökografisch angepasstes Datenerhebungskonzept und einen entsprechenden Bewertungsschlüssel. Dadurch kann Heck.in auf vielfältigen Ebenen der ländlichen Entwicklung und des Naturschutzes als Entscheidungshilfe und Kommunikationswerkzeug eingesetzt werden. Anzudenken ist auch seine Einbindung in Agrarumweltprogramme. Es kann als Instrument zur Planung von Entwicklungs- und Managementmaßnahmen, zur Abbildung von Pflegezuständen und -erfolgen und als Informationsgrundlage für Neuanlagen herangezogen werden.

Obwohl es bereits systematische Methoden zur Erfassung und Bewertung von Hecken gibt, gibt es wenige ökosystemleistungsorientierte Verfahren. Der Forschungsprozess für Heck.in hat allerdings gezeigt, dass das Konzept der Ökosystemleistungen und bestehende Ansätze zur Klassifikation durchaus auf Feldhecken anwendbar sind. Im Rahmen der Methodenentwicklung für Heck.in wurde erstmals ein breites Spektrum an ÖSL kontextspezifisch identifiziert und das Konzept der Ökosystemleistungen für die Bewertung von Feldhecken operationalisiert. Zentral war dabei die Überführung der rein qualitativen Bewertung der ÖSL in ein (semi-)quantitatives Bewertungsschema und die daraus folgende Entwicklung eines Evaluierungsschlüssels für Heckenanlagen. Das entstandene Verfahren ermöglicht die übersichtliche Darstellung und Bewertung sektorenübergreifender Erhebungsdaten auf Basis von ÖSL aus allen Hauptgruppen der TEEB-Einteilung (bereitstellende, regulierende, Habitat- und kulturelle Leistungen).

Die Mehrheit der in der Literaturrecherche gefundenen qualitativen Studien im Heckenkontext konzentriert sich auf ökologische Bewertungen und jene mit ÖSL-Bezug beschränken sich auf die Erfassung einer geringen Anzahl von Ökosystemleistungen. Die Anpassung des ÖSL-Konzepts für den Einsatz in Feldhecken erforderte eine strukturierte Analyse des Wirkungsgefüges und die Identifizierung von robusten, maßnahmensensitiven Indikatoren. Ein zentraler Aspekt des Entwicklungsprozesses von Heck.in war es daher, ein maßgeschneidertes Konzept zu entwickeln, das die Besonderheiten von Feldhecken berücksichtigt und eine präzise Bewertung der Ökosystemleistungen ermöglicht. Bei der Auseinandersetzung mit Bestandsliteratur aus verschiedenen wissenschaftlichen Fachrichtungen hat sich gezeigt, dass die Mehrheit der Studien vorwiegend regulierende, bereitstellende und Habitatleistungen erfassen. Kulturelle Leistungen erfahren im Studienkontext bisher verhältnismäßig wenig spezifische Bearbeitung. Für die Bewertung von Hecken in der Feldlandschaft ist ihre Kontextualisierung in kultureller Hinsicht allerdings unabdingbar und wurde daher bei der Methodenentwicklung für Heck.in entsprechend implementiert.

Das ÖSL-Konzept wurde deshalb gewählt, weil es ein etabliertes Instrument zur qualitativen und quantitativen Bewertung naturräumlicher Gegebenheiten hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Aspekte darstellt. Einerseits adressiert es aufgrund seiner anthropozentrischen Perspektive direkt die Interessen relevanter Stakeholder und Akteure, was dazu beiträgt, wissenschaftliche Erkenntnisse für die praktische Anwendung aufzubereiten. Andererseits bietet es eine Vielfalt von Anknüpfungspunkten für bestehende Planungsinstrumente. In Bezug auf Feldhecken ist die Anwendung des ÖSL-Konzeptes eine relativ neue Herangehensweise und rechtlich noch nicht eingebettet. Für die Ausgestaltung entsprechender politischer Instrumente und Steuerungssysteme stellt das ÖSL-Konzept einen geeigneten Ansatz dar. Es kann zur Lösung von Zielkonflikten in Entscheidungsprozessen beitragen und ermöglicht ein integratives Landschaftsmanagement. Die Anwendung des Ökosystemleistungskonzeptes rückt weltweit und auf EU-Ebene zunehmend in den Fokus, dementsprechend ist auch eine fortschreitende Implementierung auf lokaler und regionaler Ebene zu erwarten (PODSCHUN et al. 2018b). Heck.in stellt daher einen ersten grundlegenden Baustein dar, der dem Amt der NÖ Landesregierung die Forschungsergebnisse dieses Projektes in Form eines ökosystemleistungs-basierten Anwendungshandbuchs zur Verfügung stellt. In weiterer Folge kann die in und für Niederösterreich entwickelte Methodik „exportiert“ und auch anderen Landesdienststellen vorgelegt werden. Im Hinblick auf die mögliche Integration von Feldhecken in das österreichische Agrarumweltprogramm ÖPUL, stellt Heck.in eine geeignete Bewertungsgrundlage für Entscheidungen in Bezug auf die Vergabe und Höhe von Förderungen dar.

LITERATUR

- ABFALTER, M. (2015): Landscape Service Bewertung als Beitrag zu einer nachhaltigen strukturellen Entwicklung für die Region Europaschutzgebiet Maltsch. Masterarbeit. UNIVERSITÄT WIEN.
- ABLEIDINGER, C., ERHART, E., SANDLER, K., KROMP, B. & HARTL, W. (2020): Mehrnutzungshecken. Vielfältige Nutzung von Hecken zur nachhaltigen Produktion, zur Erosionsverminderung und zur Erhöhung der regionalen Wertschöpfung. Bio FORSCHUNG AUSTRIA. Wien.
- ALAM, M., OLIVIER, A., PAQUETTE, A., DUPRAS, J., REVÉRET, J.-P. & MESSIER, C. (2014): A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. – *Agroforest Syst*, 88: 679–691.
- ALBRECHT, M., KLEIJN, D., WILLIAMS, N. M., TSCHUMI, M., BLAAUW, B., BOMMARCO, R., CAMPBELL, A., DAINESE, M., DRUMMOND, F., ENTLING, M., GANSER, D., GROOT, G. A. DE, GOULSON, D., GRAB, H., HAMILTON, H., HERZOG, F., ISAACS, R., JACOT, K., JEANNERET, P., JONSSON, M., KNOP, E., KREMEN, C., LANDIS, D., LOEB, G., MARINIO, L., MCKERCHAR, M., MORANDIN, L. A., PFISTER, S., POTTS, S., RUNDLOF, M., SARDIÑAS, H. S., SCILIGO, A., THIES, C., TSCHARNTKE, T., VENTURI, E., VEROMANN, E., VOLLHARDT, I., WÄCKERS, F., WARD, K., WESTBURY, D., WILBY, A., WOLTZ, M., WRATTEN, S. & SUTTER, L. (2021): The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. – *Ecology letters*, 23: 1488–1498.
- AMA – AGRARMARKT AUSTRIA (2020): Merkblatt Landschaftselemente. Fragen - Antworten.
- AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2021): Statistik des Landes Niederösterreich. – URL: https://www.noel.gv.at/noel/Zahlen-Fakten/Land_Niederoesterreich.html [Stand: 26.01.2022].
- AMUNDSON, R., BERHE, A. A., HOPMAN, J., OLSON, D., SZTEIN, E. & SPARKS, D. (2015): Soil and Human Security in the 21st Century. – *Science*, 348: 6235.
- AMY, S. R., HEARD, M. S., HARTLEY, S. E., GEORGE, C. T., PYWELL, R. F. & STALEY, J. T. (2015): Hedgerow rejuvenation management affects invertebrate communities through changes to habitat structure. – *Basic and Applied Ecology*, 16: 443–451.
- AXE, M. S., GRANGE, I. D. & CONWAY, J. S. (2017): Carbon storage in hedge biomass. A case study of actively managed hedges in England. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 250: 81–88.
- BARKOW, A. (2001): Die ökologische Bedeutung von Hecken für Vögel. Das Heckenprogramm der deutschen Vogelwarten - Netzfang und Revierkartierung zur Erfassung populationsdynamischer und reproduktionsbiologischer Aspekte in einem anthropogen geformten Lebensraum II Populationsbiologische Bedeutung von Hecken für Vögel in der Kulturlandschaft. Dissertation. GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT.
- BARR, C. & PETIT, S. (2001): Hedgerows of the world. Their ecological functions in different landscapes ; proceedings of the tenth annual IALE (UK) conference, held at Birmingham University, 5th - 8th September 2001. Aberdeen, IALE (UK).
- BASCHE, A. D. & DELONGE, M. S. (2019): Comparing infiltration rates in soils managed with conventional and alternative farming methods: A meta-analysis. – *PloS one*, 14: e0215702.
- BASTIAN, O. (1999a): Indikatoransatz. In: BASTIAN, O. & SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 2. Aufl., Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag.
- BASTIAN, O. (1999b): Landschaftsbewertung. In: BASTIAN, O. & SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 2. Aufl., Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag.
- BAUDRY, J., BUNCE, R. & BUREL, F. (2000): Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. – *Journal of environmental management*, 60: 7–22.

- BENHAMOU, C., SALMON-MONVIOLA, J., DURAND, P., GRIMALDI, C. & MEROT, P. (2013): Modeling the interaction between fields and a surrounding hedgerow network and its impact on water and nitrogen flows of a small watershed. – *Agricultural Water Management*, 121: 62–72.
- BENNETT, A. F. (2003): *Linkages in the Landscape. The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. 2. Aufl., Gland, Cambridge, IUCN.
- BEV – BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN 2019: Stichtagsdaten der Verwaltungsgrenzen (VGD).
- BfR – BUNDESINSTITUT FÜR RISIKOBEWERTUNG (2021): Gesundheitliche Bewertung von Ethylenoxid-Rückständen in Sesamsamen: Stellungnahme Nr. 024/2021 des BfR vom 1. September 2021.
- BIANCHIN, S. (2011): *Feldhecken und deren Einfluss auf Hochwasser und Naturschutz unter Berücksichtigung von agrarökonomischen Belangen im Naturraum Erzgebirge*. Dissertation. TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE.
- BIFFI, S., CHAPMAN, P. J., GRAYSON, R. P. & ZIV, G. (2022): Soil carbon sequestration potential of planting hedgerows in agricultural landscapes. – *Journal of environmental management*, 307: 1–14.
- BIOLAND, KÖN – KOMPETENZZENTRUM ÖKOLANDBAU NIEDERSACHSEN, BIO AUSTRIA & FiBL – FORSCHUNGsinstitut für BIOLOGISCHEN LANDBAU (2011): *Hecken planen, pflanzen, pflegen. Eine praktische Anleitung für Landwirte*.
- BLAB, J. (1993): *Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere*. 4. Aufl., Greven, KILDA.
- BMK – BUNDESMINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE, MOBILITÄT, INNOVATION UND TECHNOLOGIE (2020): *Lebensraumvernetzung. Allgemeine Informationen zum Projekt*. – URL: <https://lebensraumvernetzung.at/de/about> [Stand: 02.02.2023].
- BMLRT – BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, REGIONEN UND TOURISMUS (2020): *Wassergüte in Österreich. Jahresbericht 2016–2018*. Wien.
- BMLRT – BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, REGIONEN UND TOURISMUS (2021): *Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021. Entwurf*. Wien.
- BOHM, C., KANZLER, M. & FREESE, D. (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. – *Agroforest Syst*, 88: 579–591.
- BOHMER, H. J. (2011): Störungsregime, Kohortendynamik und Invasibilität. zur Komplexität der Vegetationsdynamik im Regenwald Hawaiis. – *Laufener Spezialbeiträge*: 111–117.
- BORIN, M., PASSONI, M., THIENE, M. & TEMPESTA, T. (2010): Multiple functions of buffer strips in farming areas. – *European Journal of Agronomy*, 32: 103–111.
- BOWDEN, J. & DEAN, G. (1977): The Distribution of Flying Insects in and Near a Tall Hedgerow. – *Journal of Applied Ecology*, 14: 343–354.
- BRANDLE, J. R., HODGES, L. & ZHOU, X. H. (2004): Windbreaks in North American agricultural systems. – *Agroforestry Systems*, 61–62: 65–78.
- BRANDT, J. & VEJRE, H. (Hrsg.) (2004): *Multifunctional landscapes. Theory, Values and History*.
- BROOKS, T. M., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G., RYLANDS, A. B., KONSTANT, W. R., FLICK, P., PILGRIM, J., OLDFIELD, S., MAGIN, G. & HILTON-TAYLOR, C. (2002): Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity. – *Conservation Biology*, 16: 909–923.
- BUREL, F. & BAUDRY, J. (1990): Structural dynamic of a hedgerow network landscape in Brittany France. – *Landscape Ecology*, 4: 197–210.
- BURKHARD, B., KANDZIORA, M., HOU, Y. & MÜLLER, F. (2014): Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. – *Landscape Online*: 1–32.

- CAMPI, P., PALUMBO, A. D. & MASTRORILLI, M. (2009): Effects of tree windbreak on microclimate and wheat productivity in a Mediterranean environment. – *European Journal of Agronomy*, 30: 220–227.
- CARDINAE, R., MAO, Z., PRIETO, I., STOKES, A., DUPRAZ, C., KIM, J. H. & JOURDAN, C. (2015): Competition with winter crops induces deeper rooting of walnut trees in a Mediterranean alley cropping agroforestry system. – *Plant Soil*, 391: 219–235.
- CARSON, R. (1962): *Silent spring*. Boston, HOUGHTON MIFFLIN.
- CAYLOR, K. K., D'ODORICO, P. & RODRIGUEZ-ITURBE, I. (2006): On the ecohydrology of structurally heterogeneous semiarid landscapes. – *Water Resour. Res.*, 42.
- ČERVINKA J., ŠÁLEK, M., PADYŠÁKOVÁ, E. & ŠMILAUER, P. (2013): The effects of local and landscape-scale habitat characteristics and prey availability on corridor use by carnivores: A comparison of two contrasting farmlands. – *Journal for Nature Conservation*, 21: 105–113.
- CHRISTEN, B. & DALGAARD, T. (2013): Buffers for biomass production in temperate European agriculture: A review and synthesis on function, ecosystem services and implementation. – *Biomass and Bioenergy*, 55: 53–67.
- CLEMENTS, D. K. & TOFT, R. (1992): *Hedgerow Evaluation and Grading System (HEGS)*. A methodology for the ecological survey, evaluation and grading of hedgerows, COUNTRYSIDE PLANNING & MANAGEMENT.
- CONANT, R. T., RYAN, M. G., ÅGREN, G. I., BIRGE, H. E., DAVIDSON, E. A., ELIASSON, P. E., EVANS, S. E., FREY, S. D., GIARDINA, C. P., HOPKINS, F. M., HYVÖNEN, R., KIRSCHBAUM, M. U. F., LAVALLEE, J. M., LEIFELD, J., PARTON, W. J., MEGAN STEINWEG, J., WALLENSTEIN, M. D., MARTIN WETTERSTEDT, J. Å. & BRADFORD, M. A. (2011): Temperature and Soil Organic Matter Decomposition Rates – Synthesis of Current Knowledge and a Way Forward. – *Glob. Change Biol.*, 17: 3392–3404.
- CORNELIS, W. M. & GEBRIELS, D. (2003): The effect of surface moisture on the entrainment of dune sand by wind: an evaluation of selected models. – *Sedimentology*, 50: 771–790.
- COSTANZA, R. (2008): Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. – *Biological Conservation*, 141: 350–352.
- CROOKS, K. R. & SANJAYAN, M. (2006): Connectivity conservation: maintaining connections for nature. In: CROOKS, K. R. & SANJAYAN, M. (Hrsg.): *Connectivity conservation*. New York, Cambridge University Press.
- CROSSLAND, M., WESTAWAY, SALLY, SMITH, J. & GERRARD, C. (2015): A report on the development of the Hedgerow Biodiversity Protocol. THE ORGANIC RESEARCH CENTRE.
- DANIEL, T. C., MUHAR, A., ARNBERGER, A., AZNAR, O., BOYD, J. W., CHAN, K. M. A., COSTANZA, R., ELMQVIST, T., FLINT, C. G., GOBSTER, PAUL H., GRÊT-REGAMEY, A., LAVE, R., MUHAR, S., PENKER, M., RIBE, R. G., SCHAUPPENLEHNER, T., SIKOR THOMAS, SOLOVIY, I., SPIERENBURG, M., TACZANOWSKA, K., TAM, J. & DUNK, A. VON DER (2012): Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. – *PNAS*, 109: 8812–8819.
- DE GROOT, R. (2006): Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. – *Landscape and Urban Planning*, 75: 175–186.
- DE GROOT, R., FISHER, B., CHRISTIE, M., ARONSON, J., BRAAT, L., HAINES-YOUNG, R., GOWDY, J., MALTBY, E., NEUVILLE, A., POLASKY, S., PORTELA, R. & RING, I. (2010): Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. In: TEEB (Hrsg.): *Ecological and Economic Foundations*. London, Washington, Earthscan.
- DE GROOT, R., WILSON, M. A. & BOUMANS, R. M. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. – *Ecological Economics*, 41: 393–408.
- DEFRA – DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS (2007): *Hedgerow Survey Handbook*. A standard procedure for local surveys in the UK. London.
- DHILLON, G. S. & VAN REES, K. C. (2017): Soil organic carbon sequestration by shelterbelt agroforestry systems in Saskatchewan. – *Can. J. Soil. Sci.*: 1–16.

- DONDINA, O., KATAOKA, L., ORIOLI, V. & BANI, L. (2016): How to manage hedgerows as effective ecological corridors for mammals: A two-species approach. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 231: 283–290.
- DREXLER, S. (2021): Klimaschutz durch Hecken: Erste Ergebnisse aus dem Projekt CarboHedge (2021-04-15). Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig.
- DREXLER, S., GENSIO, A. & DON, A. (2021): Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. – *Reg Environ Change*, 21.
- DUDEN (o.J.): Wörterbuch. Indikator, der. – URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Indikator> [Stand: 05.05.2021].
- DÜRR, A. (2022): Ökologische Bewertung von niederösterreichischen Hecken: Vergleich zweier Methoden. Masterarbeit. UNIVERSITÄT WIEN.
- EFSA – EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (o.J.): Pestizide. – URL: <https://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/pesticides> [Stand: 14.12.2022].
- EGGER, G., JANAK, M., SCHMITZ, Z., VALACHOVIC, D., RUZICKOVA, J., HUYSZA, F., ZIDEK, R., TOMASITS, S. & RAZUMVSKY, N. (2012): Aktionsplan zum Schutz des Alpen-Karpaten-Korridors. UMWELTVERBAND WWF ÖSTERREICH.
- ELLMAUER, T. (1996): Die Bedeutung von Wiesengesellschaften für Biodiversität und Naturschutz in Österreich. – *Verh. Zool.-Bot. Gesellschaft Österreich*: 277–299.
- ENERGIE- UND UMWELTAGENTUR DES LANDES NÖ (2022): Was ist ein Naturdenkmal? – URL: <https://www.naturland-noe.at/naturdenkmal> [Stand: 02.12.2022].
- ESSL, F., EGGER, G., KARRER, G., THEISS, M. & AIGNER, S. (2004): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs. UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.). Wien.
- EuRH – EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF (2020): Schutz wilder Bestäuber in der EU - Initiativen der Kommission haben keine Früchte getragen. Sonderbericht. Luxemburg.
- EUROPÄISCHE UNION (2011): Die Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020. Luxemburg. – URL: https://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure_de.pdf.
- EUROSTAT (2022): Agri-environmental Indicator. Consumption of Pesticides. – URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_consumption_of_pesticides#Data_sources [Stand: 01.04.2023].
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2015): International Year of Soils. Infographics. – URL: <https://www.fao.org/soils-2015/resources/infographics/en/#c328551> [Stand: 22.03.2023].
- FARNUM, J., HALL, T. & KRUGER, L. E. (2005): Sense of place in natural resource recreation and tourism: an evaluation and assessment of research findings. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOREST SERVICE, PACIFIC NORTHWEST RESEARCH STATION (Hrsg.). Portland. – URL: https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw_gtr660.pdf [Stand: 17.12.2022].
- FEDERSPIELER, R. (2012): Biotopverbund in grenznahen Agrikurlandschaften im mittleren Burgenland. Naturschutzfachliche Grundlage für das Grüne Band Europas. Diplomarbeit. UNIVERSITÄT WIEN.
- FINK, M., GRÜNWEIS, F. M. & WRBKA, T. (1989): Kartierung ausgewählter Kulturlandschaften Österreich. Wien.
- FISCHER, J. & LINDENMAYER, D. B. (2007): Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. – *Global Ecology and Biogeography*, 16: 265–280.
- FOULKES, N. (2016): Hedgerows for Pollinators. All-Ireland Pollinator Plan, How-to-guide 3. Waterford. – URL: <https://pollinators.ie/wordpress/wp-content/uploads/2018/04/How-to-guide-Hedgerows-2018-WEB.pdf>.
- FOULKES, N., FULLER, J., LITTLE, D., MCCOURT, S. & MURPHY, P. (2013): Hedgerow Appraisal System. Best Practise Guidance on Hedgerow Surveying, Data Collation and Appraisal. WOODLANDS OF IRELAND. Dublin.

- FRYREAR, D. F., BILBRO, J. D., SALEH, A., SCHOMBERG, H., STOUT, J. E. & ZOBECK, T. M. (2000): RWEQ: Improved wind erosion technology. – *Journal of Soil and Water Conservation*, 55: 183–189.
- FUNK, R. & REUTER, H. H. (2006): Wind Erosion. In: BOARDMAN, J. & POESEN, J. (Eds.): *Soil erosion in Europe*. Chichester, West Sussex, Wiley.
- GAREAU, T. L. P., LETOURNEAU, D. K. & SHENNAN, C. (2013): Relative densities of natural enemy and pest insects within California hedgerows. – *Environmental entomology*, 42: 688–702.
- GARRATT, M. P., SENAPATHI, D., COSTON, D. J., MORTIMER, S. R. & POTTS, S. G. (2017): The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247: 363–370.
- GEPPERT, C., HASS, A., FÖLDESI, R., DONKÓ, B., AKTER, A., TSCHARNTKE, T. & BATÁRY, P. (2020): Agri-environment schemes enhance pollinator richness and abundance but bumblebee reproduction depends on field size. – *Journal of Applied Ecology*, 57: 1–11.
- GERERSDORFER, T., EITZINGER, J. & RISCHBECK, P. (2009): Simulation of crop yield near hedgerows under aspects of a changing climate: an Austrian attempt. In: UTSET, A. (Hrsg.): *Climate Variability, Modeling Tools and Agricultural Decision-Making 361*, Nova Publishers.
- GLÖTZL, M. (2011): *Ökosystemleistungen und Landwirtschaft. Erstellung eines Inventars für Österreich*. UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.). Wien.
- GLÜCK, E. & KREISEL, A. (1986): Die Hecke als Lebensraum, Refugium und Vernetzungsstruktur und ihre Bedeutung für die Dispersion von Waldcarabidenarten. – *Laufener Seminarbeiträge*, 10: 64–83.
- GRAHAM, L., GAULTON, R., GERARD, F. & STALEY, J. T. (2018): The influence of hedgerow structural condition on wildlife habitat provision in farmed landscapes. – *Biological Conservation*, 220: 122–131.
- GRANIER, A., CESCHIA, E., DAMESIN, C., DUFRÊNE, E., EPRON, D., GROSS, P., LEBAUDE, S., LE DANTEC, V., LE GOFF, N., LEMOINE, D., LUCOT, E., OTTORINI, J., PONTAILLER, J. & SAUGIER, B. (2000): The Carbon Balance of a Young Beech Forest. – *Functional Ecology*: 312–325.
- GRIMALDI, C., FOSSEY, M., THOMAS, Z., FAUVEL, Y. & MEROT, P. (2012): Nitrate attenuation in soil and shallow groundwater under a bottomland hedgerow in a European farming landscape. – *Hydrol. Process.*, 26: 3570–3578.
- GRUNEWALD, K. & BASTIAN, O. (2012): *Ökosystemdienstleistungen*. Berlin, Heidelberg, SPRINGER.
- GUNTERN, J., BAUR, B., INGOLD, K., STAMM, C., WIDMER, I., WITTMER, I. & ALTERMATT, F. (2021): Pestizide: Auswirkungen auf Umwelt, Biodiversität und Ökosystemleistungen. – *Swiss Academy Factsheets*, 16.
- HADDADAWAY, N. R., BROWN, C., EALES, J., EGGERS, S., JOSEFSSON, J., KRONVANG, B., RANDALL, N. P. & UUSI-KÄMPPIÄ, J. (2018): The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. – *Environmental Evidence*, 7: 14.
- HAINES-YOUNG, R. & POTTSCHIN, M. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1. Guidance on the Application of the Revised Structure*. Nottingham. – URL: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>.
- HALLMANN, C. A., SORG, M., JONGEJANS, E., SIEPEL, H., HOFLAND, N., SCHWAN, H., STENMANS, W., MÜLLER, A., SUMSER, H., HÖRREN, T., GOULSON, D. & KROON, H. DE (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – *PloS one*, 12: e0185809.
- HARLFINGER, O. (1999): *Die klimatischen Eigenschaften Niederösterreichs mit besonderer Berücksichtigung der Pannoni-kums*. ARBEITSTAGUNG GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT. Retz – Hollabrunn.
- HASLMAYR, H. P., BAUMGARTEN, A., SCHWARZ, M., HUBER, S., PROKOP, G., SEDY, K., KRAMMER, C., MURER, E., POCK, H., RODLAUER, C., SCHAUMBERGER, A., NADEEM, I. & FORMAYER, F. (2019): BEAT - Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich. Erweiterte Zusammenfassung des Forschungsprojekts Nr. 100975. – URL: <https://www.ages.at/themen/umwelt/boden/forschung/projekt-beat-bodenbedarf-fuer-dieernaehrungssicherung-in-oesterreich>.

- HEISLER, G. & DEWALLE, D. (1988): Effects of windbreak structure on wind flow. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 22/23: 41–69.
- HERMANN, A., SCHLEIFER, S. & WRBKA, T. (2011): The Concept of Ecosystem Services Regarding Landscape Research: A Review. – *Living Rev. Landscape Res.*, 5: 5–37.
- HIEBL, J., ORLIK, A. & HÖFLER, A. (2021): *Klimarückblick Niederösterreich 2020*. CCCA (Hrsg.). Wien.
- HINSLEY, S. & BELLAMY, P. (2000): The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: A review. – *Journal of environmental management*, 60: 33–49.
- HOLDEN, J., GRAYSON, R. P., BERDENI, D., BIRD, S., CHAPMAN, P. J., EDMONDSON, J. L., FIRBANK, L. G., HELGASON, T., HODSON, M. E., HUNT, S., JONES, D. T., LAPPAGE, M. G., MARSHALL-HARRIES, E., NELSON, M., PRENDERGAST-MILLER, M., SHAW, H., WADE, R. N. & LEAKE, J. R. (2019): The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273: 1–12.
- HOLLAND, J. M. & OAKLEY, J. (2007): Importance of arthropod pests and their natural enemies in relation to recent farming practice changes in the UK. RESEARCH REVIEW NO. 64, THE HOME-GROWN CEREALS AUTHORITY. London.
- HOLLING, C. S. & GUNDERSON, L. H. (2002): *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington, DC, ISLAND PRESS.
- HÖLTING, L., BECKMANN, M., VOLK, M. & CORD, A. F. (2019): Multifunctionality assessments – More than assessing multiple ecosystem functions and services? A quantitative literature review. – *Ecological Indicators*, 103: 225–236.
- HOPP, L. & McDONNELL, J. J. (2009): Connectivity at the hillslope scale: Identifying interactions between storm size, bedrock permeability, slope angle and soil depth. – *Journal of Hydrology*, 376: 378–391.
- HOPWOOD, J. L. (2008): The contribution of roadside grassland restorations to native bee conservation. – *Biological Conservation*, 141: 2632–2640.
- HOWARD, C., FLATHER, C. H. & STEPHENS, P. A. (2020): A global assessment of the drivers of threatened terrestrial species richness. – *Nature communications*, 11: 993.
- HULA, F. (1948): *Die Totenleuchten und Bildstöcke Österreichs – ein Einblick in ihren Ursprung, ihr Wesen und ihre stilistische Entwicklung*. Wien, VERLAG HELENE POECH.
- ISAACS, R., TUELL, J., FIEDLER, A., GARDINER, M. & LANDIS, D. (2009): Maximizing arthropod-mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. – *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7: 196–203.
- JOHN, H., MARRS, C. & Hrsg. – NEUBERT, MARCO (2019): *Handbuch Grüne Infrastruktur – Konzeptioneller und theoretischer Hintergrund, Begriffe und Definitionen, österreichische Kurzfassung*. Interreg Central Europe Projekt MaGiCLandscapes. Dresden, OUTPUT O.T1.1.
- KILICHES, F., GEBAUER, H.-P., FRANKEN, G., RÖHLING, S., SCHULZ, P. & MÜLLER, H. W. (2013): *Phosphat. Mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit*. BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (Hrsg.). Hannover.
- KLEEFELD, K.-D. & BURGGRAFF, P. (2006): Kulturgüter innerhalb der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). In: MATTHIESEN, U., DANIELZYK, R., HEILAND, S. & TZSCHASCHER, S. (Hrsg.): *Kulturlandschaften als Herausforderung für die Raumplanung: Verständnisse - Erfahrungen - Perspektiven*. Hannover, Verlag d. ARL.
- KLINGENFUß, C., KLEIN, D.-P., THURM, T., FELL, H., KLEMM, J. & ZEITZ, J. (2019): *Natürliche Kohlenstoffspeicher in Berlin. Ergebnisse des Forschungsprojektes NatKoS*. Broschüre. HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN.
- KNAUER, N. (1991): Bedeutung von Hecken in Agrarökosystemen. In: MAHN, E. G. & TIETZE, F. (Hrsg.): *Agro- Ökosysteme und Habitatsinseln in der Agrarlandschaft. Kongreß- und Tagungsbericht*. Halle, Martin-Luther-Universität.
- KOLBE, H. (2007): Einfache Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland unterschiedlicher Anbauintensität. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (2007-03-20). Stuttgart. UNIVERSITÄT HOHENHEIM.

- KORT, J. (1988): 9. Benefits of windbreaks to field and forage crops. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 22-23: 165–190.
- KORT, J., BANK, G., POMEROY, J. & FANG, X. (2012): Effects of shelterbelts on snow distribution and sublimation. – *Agroforest Syst*, 86: 335–344.
- KOWARIK, I. & RABITSCH, W. (2010): *Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa*. 2. Aufl., Stuttgart, ULMER.
- KREMEN, C. & M'GONIGLE, L. K. (2015): Small-scale restoration in intensive agricultural landscapes supports more specialized and less mobile pollinator species. – *Journal of Applied Ecology*, 52: 602–610.
- KREMEN, C., M'GONIGLE, L. K. & PONISIO, L. C. (2018): Pollinator Community Assembly Tracks Changes in Floral Resources as Restored Hedgerows Mature in Agricultural Landscapes. – *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6.
- KREUZINGER, J. & BERNSHAUSEN, F. (2012): Fortpflanzungs- und Ruhestätten bei artenschutzrechtlichen Betrachtungen in Theorie und Praxis. Grundlagen, Hinweise, Lösungsansätze – Teil 1: Vögel. – *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 44: 229–237.
- KURZ, P. & MACHATSCHKE, M. (2001): Zur Vegetation der Hecken und Heckenbrachen, ihrer Säume und Versaumungen im Land Salzburg. Eine pflanzensoziologische und vegetationskundliche Untersuchung. – *Sauteria*, 11: 437–503.
- LANDSCHAFTSÖKOLOGISCH (2020): Die Evenness (Äquität): Einführung, Berechnung, Beispiele. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Cek-rPaeKIs> [Stand: 28.10.2021].
- Lanuv NRW – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2012a): Baumpieper (*Anthus trivialis*). In: Leitfaden "Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen". Maßnahmensteckbriefe Vögel NRW.
- Lanuv NRW – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2012b): Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*). In: Leitfaden "Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen". Maßnahmensteckbriefe Säugetiere NRW.
- Lanuv NRW – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2012c): Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*). In: Leitfaden "Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen". Maßnahmensteckbriefe Säugetiere NRW.
- Lanuv NRW – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2012d): Schleiereule (*Tyto alba*). In: Leitfaden "Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen". Maßnahmensteckbriefe Vögel NRW.
- Lanuv NRW – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2012e): Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). In: Leitfaden "Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen". Maßnahmensteckbriefe Säugetiere NRW.
- LAVELLE, P., DUGDALE, R., SCHOLES, R., BERHE, A. A., CARPENTER, E., CODISPOTI, L., IZAC, A.-M., LEMOALLE, J., LUIZAO, F., SCHOLES, M., TRÉGUER, P. & WARD, B. (2005): Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. – *Millennium Ecosystem Assessment*, 1: 333–351.
- LENGLACHNER, F. & SCHANDA, F. (2008): *Naturraumkartierung Oberösterreich. Handbuch zur Biotopkartierung Oberösterreich*. LAND OBERÖSTERREICH (Hrsg.). Kirchdorf an der Krems.
- LfL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2005): *Hecken, Feldgehölze und Feldraine in der landwirtschaftlichen Flur*. 11. Aufl., Freising-Weihenstephan.
- LINK, M. (2008): Die ökologische Interpretation polnischer Bodenschätzungsdaten – Praktische Umsetzbarkeit und potenzielle Einsatzgebiete. 11.-12.09.2008. Weimar. –.
- LIPKOW, E. (1966): Biologisch-ökologische Untersuchungen über *Tachyporus*-Arten und *Tachinus rufipes* (Col., Staphylinidae). – *Pedobiologia*, 6: 140–177.
- Lv, P. & DONG, Z. (2012): Study of the windbreak effect of shrubs as a function of shrub cover and height. – *Environ Earth Sci*, 66: 1791–1795.

- MACHMERTH, E., SCHWEIGER, E., VOLZ, H. & WÜNSCHE, O. (2020): Hecken und Feldgehölze mit ihren Säumen der Vielfalt. BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.). Freising-Weihenstephan. – URL: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/hecken-feldgehoeelze-saeume-vielfalt_lfl-information.pdf [Stand: 22.11.2022].
- MASSAD, R. S., LATHIÈRE, J., STRADA, S., PERRIN, M., PERSONNE, E., STÉFANON, M., STELLA, P., SZOPA, S. & NOBLET-DUCOUDRÉ, N. DE (2019): Reviews and syntheses: influences of landscape structure and land uses on local to regional climate and air quality. – *Biogeosciences*, 16: 2369–2408.
- MAUDSLEY, M., SEELEY, B. & LEWIS, O. (2002): Spatial distribution patterns of predatory arthropods within an English hedgerow in early winter in relation to habitat variables. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89: 77–89.
- MAUDSLEY, M. J. (2000): A review of the ecology and conservation of hedgerow invertebrates in Britain. – *Journal of environmental management*, 60: 65–76.
- MAYRINCK, R. C., LAROQUE, C. P., AMICHEV, B. Y. & VAN REES, K. (2019): Above- and Below-Ground Carbon Sequestration in Shelterbelt Trees in Canada: A Review. – *Forests*, 10: 1–17.
- MEIER, I. C. & LEUSCHNER, C. (2010): Variation of soil and biomass carbon pools in beech forests across a precipitation gradient. – *Global Change Biology*, 16: 1035–1045.
- MEYER, B. C. & GRABAUM, R. (2008): MULBO: Model framework for multicriteria landscape assessment and optimisation. A support system for spatial land use decisions. – *Landscape Research*, 33: 155–179.
- MKENDA, P. A., NDAKIDEMI, P. A., MBEGA, E., STEVENSON, P. C., ARNOLD, S. E. J., GURR, G. M. & BELMAIN, S. R. (2019): Multiple ecosystem services from field margin vegetation for ecological sustainability in agriculture: scientific evidence and knowledge gaps. – *PeerJ*, 7: e8091.
- MONTGOMERY, I., CARUSO, T. & REID, N. (2020): Hedgerows as Ecosystems: Service Delivery, Management, and Restoration. – *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 51: 81–102.
- MOORE, I. D. & BURCH, G. J. (1986): Physical Basis of the Length-slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. – *Soil Science Society of America*, 50: 1294–1298.
- MORANDIN, L. A., LONG, R. F. & KREMEN, C. (2014): Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural landscape. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 189: 164–170.
- MÜLLER, S. M., PEISKER, J., BIELING, C., LINNEMANN, K., REIDL, K. & SCHMIEDER, K. (2019): The Importance of Cultural Ecosystem Services and Biodiversity for Landscape Visitors in the Biosphere Reserve Swabian Alb (Germany). – *Sustainability*, 11: 1–23.
- MÜLLER-WILLE, W. (1980): Beiträge zur Forstgeographie in Westfalen. Der Niederwald in Westdeutschland. In: GEOGRAPHISCHE KOMMISSION FÜR WESTPHALEN (Hrsg.): *Landeskundliche Beiträge und Berichte*.
- NATURSCHUTZBUND ÖSTERREICH: Invasive Neophyten. – URL: <https://naturschutzbund.at/positionen/articles/invasive-neophyten.html> [Stand: 25.10.2022].
- NÖ AGRARBEZIRKSBEHÖRDE (2021): Bodenschutzanlagen (Windschutzhecken). – URL: https://www.noel.gv.at/noe/Agrarstruktur-Bodenreform/Bodenschutzanlagen___Windschutzanlagen.html [Stand: 08.02.2022].
- NÖ LANDSCHAFTSFONDS (Hrsg.): Bodenschutzanlagen durch Heckenpflanzungen in Niederösterreich. Informationsbroschüre. St. Pölten.
- NORFOLK WILDLIFE TRUST: Surveying Hedgerows. – URL: https://www.norfolkwildlifetrust.org.uk/wildlife-in-norfolk/wildlife-information-service/surveying-wildlife/surveying-hedgerows#TabsSurveying_TabSurveyforms.
- NYFFELER, M. & SUNDERLAND, K. D. (2003): Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: a comparison of European and US studies. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 95: 579–612.

- ÖCKINGER, E. & SMITH, H. G. (2007): Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. – *Journal of Applied Ecology*, 44: 50–59.
- OEHMICHEN, K. (2007): Erfassung der Totholzmasse - Zusammenstellung von Verfahrensansätzen und Bewertung ihrer Eignung für massenstatistische Erhebungen. BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT, INSTITUT FÜR WALDÖKOLOGIE UND WALDINVENTUREN. Eberswalde.
- OIKOS – INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE & GRUNDLAGENFORSCHUNG & Stipa – BÜRO FÜR PLANUNG & BERATUNG IN ANGEWANDTER ÖKOLOGIE (2008): Biototypenkatalog der Steiermark. AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, NATURSCHUTZ IN DER STEIERMARK. Graz.
- OLLERTON, J., WINFREE, R. & TARRANT, S. (2011): How many flowering plants are pollinated by animals? – *Oikos*, 120: 321–326.
- OSBORNE, J. L., MARTIN, A. P., SHORTALL, C. R., TODD, A. D., GOULSON, D., KNIGHT, M. E., HALE, R. J. & SANDERSON, R. A. (2008): Quantifying and comparing bumblebee nest densities in gardens and countryside habitats. – *Journal of Applied Ecology*, 45: 784–792.
- PARACCHINI, M. L., ZULIAN, G., KOPPEROINEN, L., MAES, J., SCHÄGNER, J. P., TERMANSEN, M., ZANDERSEN, M., PEREZ-SOBA, M., SCHOLEFIELD, P. A. & BIDOGLIO, G. (2014): Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. – *Ecological Indicators*, 45: 371–385.
- PAUL, C., KUHN, K., STEINHOFF-KNOPP, B., WEIBHUHN, P. & HELMING, K. (2021): Towards a standardization of soil-related ecosystem service assessments. – *European Journal of Soil Science*, 72: 1543–1558.
- PENG, R. K., SUTTON, S. L. & FLETCHER, C. R. (1992): Spatial and temporal distribution patterns of flying Diptera. – *Journal of Zoology*, 228: 329–340.
- PEOPLE'S TRUST FOR ENDANGERED SPECIES: Healthy Hedgerows. – URL: <https://hedgerowsurvey.ptes.org/healthy-hedgerows-survey>.
- PEOPLE'S TRUST FOR ENDANGERED SPECIES: The Great British Hedgerow Survey. – URL: <https://hedgerowsurvey.ptes.org/>.
- PFEIFER, W., BRAUN, W., GINSCHER, G., HAGEN, G., HUBER, A., MÜLLER, K., PETERMANN, H., PFEIFER, G., SCHRÖTER, D. & SCHRÖTER, U. (1993): Etymologisches Wörterbuch des Deutschen. 2. Aufl., Berlin, AKADEMIE-VERLAG.
- PHILLIPS, B. B., GASTON, K. J., BULLOCK, J. M. & OSBORNE, J. L. (2019): Road verges support pollinators in agricultural landscapes, but are diminished by heavy traffic and summer cutting. – *Journal of Applied Ecology*, 56: 2316–2327.
- PLIENINGER, T., HÖCHTL, F. & SPEK, T. (2006): Traditional land-use and nature conservation in European rural landscapes. – *Environmental Science & Policy*, 9: 317–321.
- PODSCHUN, S. A., ALBERT, C., COSTEA, G., DAMM, C., DEHNHARDT, A., FISCHER, C., FISCHER, H., FÖCKLER, F., GELHAUS, M., GERSTNER, L., HARTJE, V., HOFFMANN, T. G., HORNUNG, L., IWANOWSKI, J., KASPERIDUS, H., LINNEMANN, K., MEHL, D., RAYANOV, M., RITZ, S., RUMM, A., SANDER, A., SCHMIDT, M., SCHOLZ, M., SCHULZ-ZUNKEL, C., STAMMEL, B., THIELE, J., VENOHR, M., HAAREN, C. VON, WILDNER, M. & PUSCH, M. (2018a): RESI - Anwendungshandbuch. Ökosystemleistungen von Flüssen und Auen erfassen und bewerten. IGB-BERICHTE.
- PODSCHUN, S. A., THIELE, J., DEHNHARDT, A., MEHL, D., HOFFMANN, T. G., ALBERT, C., HAAREN, C. VON, DEUTSCHMANN, K., FISCHER, C., SCHOLZ, M., COSTEA, G. & PUTSCH, M. T. (2018b): Das Konzept der Ökosystemleistungen – eine Chance für Integratives Gewässermanagement. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 62: 453–468.
- POINTEREAU, P. & COULON, F. (2006): La Haie en France et en Europe. Évolution ou Régression, au travers des politiques agricoles. PREMIÈRES RENCONTRES NATIONALES DE LA HAIE CHAMPÊTRE (Hrsg.). – URL: <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-35258-rnhc.pdf>.
- POLLARD, E., HOOPER, M. D. & MOORE, N. W. (1974): *Hedges*. London, COLLINS.
- POWELL, H. A., KERBY, N. W. & ROWELL, P. (1991): Natural tolerance of cyanobacteria to the herbicide glyphosate. – *New Phytology*, 119: 421–426.

- PRÉCIGOUT, P.-A. & ROBERT, C. (2022): Effects of hedgerows on the preservation of spontaneous biodiversity and the promotion of biotic regulation services in agriculture: towards a more constructive relationships between agriculture and biodiversity. – *Botany Letters*, 169: 176–204.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. (2005): The role of vegetation patterns in structuring runoff and sediment fluxes in drylands. – *Earth Surf. Process. Landforms*, 30: 133–147.
- QUEIROZ, C., MEACHAM, M., RICHTER, K., NORSTRÖM, A. V., ANDERSSON, E., NORBERG, J. & PETERSON, G. (2015): Mapping bundles of ecosystem services reveals distinct types of multifunctionality within a Swedish landscape. – *Ambio*, 44 (Suppl. 1): 89–101.
- RAMLER, D., STUTTER, M., WEIGELHOFER, G., QUINTON, J. N., HOOD-NOWOTNY, R. & STRAUSS, P. (2022): Keeping Up with Phosphorus Dynamics: Overdue Conceptual Changes in Vegetative Filter Strip Research and Management. – *Frontiers in Environmental Science*.
- RAUH, V. A., PERERA, F. P., HORTON, M. K., WHYATT, R. M., BANSAL, R., HAO, X., LIU, J., BARR, D. B., SLOTKIN, T. A. & PETERSON, B. S. (2012): Brain anomalies in children exposed prenatally to a common organophosphate pesticide. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109: 7871–7876.
- ŘEHÁČEK, D., KHEL, T., KUČERA, J., VOPRAVIL, J. & PETRA, M. (2017): Effect of windbreaks on wind speed reduction and soil protection against wind erosion. – *Soil and Water Research*, 12: 128–135.
- REID, W. V., MOONEY, H. A., CROPPER, A., CAPISTRANO, D., CARPENTER, S. R., CHOPRA, K., DASGUPTA, P., DIETZ, T., DURAIAPPAH, A. K., HASSAN, R., KASPERSON, R., LEEMANS, R., MAY, R. M., MCMICHAEL, T., PINGALI, P., SAMPER, C., SCHOLES, R., WATSON, R. T., ZAKRI, A. H., SHIDONG, Z., ASH, N. J., BENNETT, E., KUMAR, P., LEE, M. J., RAUDSEPP-HEARNE, C., SIMONS, H., THONELL, J. & ZUREK, M. B. (2005): Ecosystems and human well-being. General synthesis a report of the Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC, ISLAND PRESS.
- RICH, T. C. G., CLEMENTS, D. K., LEWIS, J. & MOORE, L. (2000): A comparison of four methods used to survey hedgerows: The Cardiff Hedgerow Survey 1998. – *Journal of environmental management*, 60: 91–100.
- RINGLER, A., ROBMANN, D. & STEIDL, I. (1997): Hecken und Feldgehölze - Landschaftspflegekonzept Bayern. Hrsg.: Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Bayrische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege. München.
- ROBERTSON, H., MARSHALL, D., SLINGSBY, E. & NEWMAN, G. (2012): Economic, biodiversity, resource protection and social values of orchards: a study of six orchards by the Herefordshire Orchards Community Evaluation Project. 90.
- ROBINSON, J. V. (1981): The Effect of Architectural Variation in Habitat on a Spider Community: An Experimental Field Study. – *Ecology*, 62: 73–80.
- ROESSLER, M. (2006): World heritage cultural landscapes: A UNESCO flagship programme 1992–2006. – *Landscape Research*, 13: 333–353.
- ROSINGER, C., BODNER, G., BERNARDINI, L. G., HUBER, S., MENTLER, A., SAE-TUN, O., SCHARF, B., STEINER, P., TINTNER-OLIFIERS, J. & KEIBLINGER, K. (2022): Benchmarking carbon sequestration potentials in arable soils by on-farm research on innovative pioneer farms. – *Plant Soil*.
- ROTTER, M. & KNEITZ, G. (1977): Die Fauna der Hecken und Feldgehölze und ihre Beziehung zur umgebenden Agrarlandschaft. – *Waldhygiene*: 1–82.
- RUSCH, A., CHAPLIN-KRAMER, R., GARDINER, M. M., HAWRO, V., HOLLAND, J., LANDIS, D., THIES, C., TSCHARNTKE, T., WEISSER, W. W., WINQVIST, C., WOLTZ, M. & BOMMARCO, R. (2016): Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221: 198–204.
- RYSZKOWSKI, L. & KĘDZIORA, A. (2007): Modification of water flows and nitrogen fluxes by shelterbelts. – *Ecological Engineering*, 29: 388–400.
- ŠÁLEK, M., KREISINGER, J., SEDLÁČEK, F. & ALBRECHT, T. (2009): Corridor vs. hayfield matrix use by mammalian predators in an agricultural landscape. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134: 8–13.

- SARDIÑAS, H. S., PONISIO, L. C. & KREMEN, C. (2016): Hedgerow presence does not enhance indicators of nest-site habitat quality or nesting rates of ground-nesting bees. – *Restoration Ecology*, 24: 0–7.
- SAUBERER, N., WILLNER, W., THURNER, B. & OTT, C. (2014): FFH-Lebensraumtypen und Pflanzen in Niederösterreich. Endbericht. AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG NATURSCHUTZ. St. Pölten.
- SCHEIKL, I., HAYES, D. S., BECSI, R., BÖCK, K., GRÜNER, B. & MUHAR, S. (2021): Methodenentwicklung zur Evaluierung von Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern mittels kultureller Ökosystemleistungen. Endbericht. BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, REGIONEN UND TOURISMUS. Wien.
- SCHMELZ, F. T. (2001): Lineare anthropogene Gehölz- und Saumstrukturen im Bachgau (Gmde. Großostheim, Lkrs. Aschaffenburg). Historische, vegetationskundliche und ökologische Analyse der Hecken und Säume unter besonderer Berücksichtigung der Landwirtschaft. Naturschutzfachliche Bewertung und Erstellung eines integrierenden Nutzungs- und Schutzkonzepts. Dissertation. JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT.
- SCHMITT, E., SCHMITT, T., GLAWION, R. & KLINK, H.-J. (2012): Biogeographie. Braunschweig, WESTERMANN.
- SCHULZE, E.-D., REIF, A., KÜPPERS, M., KNOP, C. & ZAHNER, K. (1984): Die pflanzenökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. Laufen/Salzach, AKAD. FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE.
- SCHWEIGER, E. (2016): Die Hecke – unentbehrlicher Lebensraum für Neuntöter & Co. In: BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Wildtiere in der Agrarlandschaft.
- SEITZ, H.-P. (2015): Feldhecken und Gräben. Bedeutung, Schutz, Pflege, Pflanzung. LANDRATSAMT ALB-DONAU-KREIS, FACHDIENST FORST, NATURSCHUTZ (Hrsg.). Ulm. – URL: http://www.lev.alb-donau-kreis.de/download/LEV_Heckenpflege.pdf.
- SEMRAD, J. (2002): Besiedelung agrarökologisch bedeutsamer Landschaftselemente durch Goldammer (*Emberiza citrinella*) und Neuntöter (*Lanius collurio*) in Münichsthal (Niederösterreich). – *Egretta*, 45: 59–90.
- SÉRALINI, G.-E., CLAIR, E., MESNAGE, R., GRESS, S., DEFARGE, N., MALATESTA, M., HENNIQUIN, D. & SPIROUX DE VENDÔMOIS, J. (2012): Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. – *Food and Chemical Toxicology*, 50: 4221–4231.
- SHI, X., QIN, T., YAN, D., TIAN, F. & WANG, H. (2021): A meta-analysis on effects of root development on soil hydraulic properties. – *Geoderma*, 403: 115363.
- SKIDMORE, E. L. (1969): Modifying the Microclimate with Wind Barriers. Proceedings of seminar "Modifying the Soil and Water Environment for Approaching the Agricultural Potential of the Great Plains". – *Agr. Council Pub.*, 34: 107–120.
- SOTHERTON, N. W. (1985): The distribution and abundance of predatory Coleoptera overwintering in field boundaries. – *Ann Applied Biology*, 106: 17–21.
- SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT (1999): Lexikon der Biologie: Neophyten. – URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/neophyten/45854> [Stand: 15.03.2022].
- STALEY, J. T., SPARKS, T. H., CROXTON, P. J., BALDOCK, K. C., HEARD, M. S., HULMES, S., HULMES, L., PEYTON, J., AMY, S. R. & PYWELL, R. F. (2012): Long-term effects of hedgerow management policies on resource provision for wildlife. – *Biological Conservation*, 145: 24–29.
- STAŠIOV, S., DIVIAKOVÁ, A., SVITOK, M. & NOVIKMEC, M. (2017): Myriapod (Chilopoda, Diplopoda) communities in hedgerows of upland agricultural landscape. – *Biologia*, 72: 1320–1326.
- STOATE, C., BOATMAN, N. D., BORRALHO, R. J., CARVALHO, C. R., SNOO, G. R. & EDEN, P. (2001): Ecological impacts of arable intensification in Europe. – *Journal of environmental management*, 63: 337–365.
- STUTTER, M. I., CHARDON, W. J. & KRONVANG, B. (2012): Riparian buffer strips as a multifunctional management tool in agricultural landscapes: introduction. – *Journal of environmental quality*, 41: 297–303.

- SURBÖCK, A., FAUSTMANN, P., HEINZINGER, M., FRIEDEL, J. K., KLICK, A. & FREYER, B. (2005): Auswirkungen einer Hecke auf Bodenwasserhaushalt, Bodenparameter und Ertrag in angrenzenden Ackerflächen. – Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 17: 20–21.
- TANSLEY, A. G. (1935): The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. – Ecology, 16: 284–307.
- TEEB (Hrsg.) (2010): Ecological and Economic Foundations. London, Washington.
- TEMPESTA, T., ARBORETTI GIANCRISTOFARO, R., CORAIN, L., SALMASO, L., TOMASI, D. & BOATTO, V. (2010): The importance of landscape in wine quality perception: An integrated approach using choice-based conjoint analysis and combination-based permutation tests. – Food Quality and Preference, 21: 827–836.
- THEVS, N., STRENGE, E., ALIEV, K., ERAALIEV, M., LANG, P., BAIBAGYSOV, A. & XU, J. (2017): Tree Shelterbelts as an Element to Improve Water Resource Management in Central Asia. – Water, 9: 842.
- THOMAS, Z. & ABBOTT, B. W. (2018): Hedgerows reduce nitrate flux at hillslope and catchment scales via root uptake and secondary effects. – Journal of contaminant hydrology, 215: 51–61.
- THÜNEN-INSTITUT (2021): Hecken sind Klimaschützer. Neue Thünen-Studie belegt das große Klimaschutzpotenzial von Heckenanpflanzungen. Pressemitteilung. Braunschweig.
- TROLL, C. (1951): Heckenlandschaften im maritimen Grünlandgürtel und im Gäuland Mitteleuropas. – Erdkunde, 5: 152–157.
- TROMMLER, K., PLIENINGER, T., BIELING, C., GERDES, H., OHNESORGE, B., SCHAICH, H., SCHLEYER, C. & WOLFF, F. (2013): Ökosystemleistungen Landnutzung, Lebensqualität und marktbasierte Instrumente in land- und forstwirtschaftlich genutzten Kulturlandschaften. Berlin.
- TSONKOVA, P., BÖHM, C., HOFFMANN, S. & FISCHER, N. (2022): Praktische Erprobung eines Managementkonzeptes für die Weiterentwicklung und nachhaltige Nutzung bestehender Gehölzstrukturen zur Verbesserung ihrer Ökosystemleistungen in Agrarlandschaften. Abschlussbericht des Modell- und Demonstrationsvorhabens „GoÖko“ Gehölznutzung optimiert Ökosystemleistungen. Cottbus.
- UK STATUTORY INSTRUMENTS (1997): The Hedgerows Regulations 1997. London. – URL: <https://www.legislation.gov.uk/ukSI/1997/1160/made?view=plain>.
- UMWELTBUNDESAMT (2011): Stickstoff - Zuviel des Guten? Überlastung des Stickstoffkreislaufs zum Nutzen von Umwelt und Mensch wirksam reduzieren. Dessau-Roßlau.
- VAN VOOREN, L., REUBENS, B., AMPOORTER, E., BROEKX, S., PARDON, P., VAN WAES, C. & VERHEYEN, K. (2018): Monitoring the Impact of Hedgerows and Grass Strips on the Performance of Multiple Ecosystem Service Indicators. – Environmental management, 62: 241–259.
- VAN VOOREN, L., REUBENS, B., BROEKX, S., FRENNE, P. DE, NELISSEN, V., PARDON, P. & VERHEYEN, K. (2017): Ecosystem service delivery of agri-environment measures: A synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. – Agriculture, Ecosystems & Environment, 244: 32–51.
- WALTER, C., MEROT, P., LAYER, B. & DUTIN, G. (2003): The effect of hedgerows on soil organic carbon storage in hillslopes. – soil use manage, 19: 201–207.
- WIESMEIER, M., URBANSKI, L., HOBLEY, E., LANG, B., LÜTZOW, M. VON, MARIN-SPIOTTA, E., VAN WESEMAEL, B., RABOT, E., LIEB, M., GARCIA-FRANCO, N., WOLLSCHLAGER, U., VOGEL, H.-J. & KÖGEL-KNABNER, I. (2019): Soil organic carbon storage as a key function of soils - A review of drivers and indicators at various scales. – Geoderma: 149–162.
- WILLNER, W. (2013): Pannonische Steppenrasen in Österreich. In: BAUMBACH, H. & PFÜTZENREUTER, S. (Hrsg.): Steppenlebensräume Europas - Gefährdung, Erhaltungsmaßnahmen und Schutz. Erfurt, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz.
- WOLTON, R., POLLARD, K., GOODWIN, A. & NORTON, L. (2014): Regulatory services delivered by hedges: The evidence base. DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS.

- WRBKA, T., FINK, M. H., BEISSMANN, H., SCHNEIDER, W., REITER, K., FUSSENEGGER, K., SUPPAN, F., SCHMITZBERGER, I., PÜHRINGER, M. & THURNER, B. (2002): Kulturlandschaftsgliederung Österreich. Forschungsprogramm Kulturlandschaft. BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG. Universität Wien.
- WRBKA, T., REITER, K., PAAR, M., SZERENCSITS, E., STOCKER-KISS, A. & FUSSENEGGER, K. (2005): Die Landschaften Österreichs und ihre Bedeutung für die biologische Vielfalt. UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.). UNIVERSITÄT WIEN. Wien.
- WRIGHT, J. (2016): A Natural History of the Hedgerow: and Ditches, Dykes and Dry Stone Walls. London, PROFILE BOOKS LTD.
- YUAN, F., WU, J., WANG, A., GUAN, D., ZHANG, Y., RAJAH-BOYER, K. I. & XU, X. (2020): A semiempirical model for horizontal distribution of surface wind speed leeward windbreaks. – *Agroforest Syst*, 94: 499–516.
- ZHUBER, T. (2009): Gehölzgeprägte Landschaftselemente und ihre Abhängigkeit von Landschaftsstruktur und –nutzung, untersucht am Beispiel der Region „Neusiedler See-West“. UNIVERSITÄT WIEN.
- ZODERER, B. M., TASSER, E., ERB, K.-H., STANGEHLINI, P. & TAPPEINER, U. (2016): Identifying and mapping the tourists perception of cultural ecosystem services: A case study from an Alpine region. – *Land Use Policy*, 56: 251–261.
- ZWÖLFER, H. (1982a): Bewertung von Hecken aus tierökologischer Sicht. – *Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege*: 130–134.
- ZWÖLFER, H. (1982b): Tiere und Hecken - Einführung in den Themenkreis. In: *Hecken und Flurgehölze - Struktur, Funktion und Bewertung*. – *Laufener Seminarbeiträge*, 5: 61–63.
- ZWÖLFER, H., BAUER, G., HEUSINGER, G. & STECHMANN, D. (1984): Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. *Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)*, Band 3,2. Laufen/Salzach, AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE.

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Kaskadenmodell, das den Zusammenhang zwischen Ökosystemen und menschlichem Wohlergehen zeigt (nach SCHEIKL et al. 2021, basierend auf DE GROOT et al. 2010).....	7
Abbildung 2: Die drei Säulen von Heck.in.....	15
Abbildung 3: Die verschiedenen ÖSL einer Hecke.....	17
Abbildung 4: Linienschema mit Ökosystemleistungen (ÖSL) links und den dazugehörigen Indikatoren (rechts).....	18
Abbildung 5: Ergebnisrose einer Beispielhecke mit allen 13 bewerteten ÖSL.....	20
Abbildung 6: Methode zur Auswahl des 30m-Abschnitts.....	22
Abbildung 7: Ausschnitt aus NÖ Atlas: grau markierte Kästchen zeigen die zu verwendenden Werkzeuge (NÖ Atlas, bearbeitet).....	23
Abbildung 8: Niederösterreich Atlas: Schutzgebiete (NÖ Atlas).....	24
Abbildung 9: Hecke nur mit Baumschicht.....	29
Abbildung 10: Hecke nur mit Strauchschicht.....	29
Abbildung 11: Typischer Heckenaufbau mit Kernzone, zwei Mantelzonen und zwei Saumzonen.....	29
Abbildung 12: Was gilt als Lücke? (nach DEFRA 2007).....	30
Abbildung 13: Hecke mit Saum links der Hecke.....	32
Abbildung 14: Hecke mit frisch gemähtem Mähstreifen.....	32
Abbildung 15: Vergleich verschiedenener Dominanzen bei gleichbleibender Artenzahl – links: keinerlei Dominanzen einzelner Arten, alle Arten kommen gleich oft vor; rechts: starke Dominanz des Nadelbaums (nach LANDSCHAFTSÖKOLOGISCH 2020).....	34
Abbildung 16: Illustration der Ökosystemleistungen, die Böden erbringen können (FAO 2015).....	49
Abbildung 17: Ausgewählte und bewertete Hecken in Niederösterreich (Verwaltungsgrenzen: BEV 2019. Hintergrundkarte: OpenStreetMap).....	73
Abbildung 18: Vergleich der Ergebnisse der 50 Hecken mit Boxplots.....	74
Abbildung 19: Aufnahmebogen für Heck.in.....	97
Abbildung 20: Klimatische Wasserbilanz der Regionen Niederösterreichs, jährliches Mittel 1991-2020, Raster 1 km x 1 km (Hintergrunddaten: data.gv.at, Klimadaten: data.ccca.ac.at).....	98
Abbildung 21: Traditionelle Heckenregionen (Hintergrunddaten: data.gv.at; Heckenregionen: WRBKA et al. 2005).....	99

TABELLEN

Tabelle 1: Verwendete Indikatoren in Heck.in, sortiert nach Erfassungsart.....	16
Tabelle 2: Qualitative Beurteilung der Ergebnswerte.....	19
Tabelle 3: Kriterien für die Altersklassenzuordnung (nach ZWÖLFER 1982a).....	31
Tabelle 4: Beschreibung häufiger (invasiver) Neophyten in Hecken.....	35

ANHANG



ANHANG 1: AUFNAHMEBOGEN

Heckenname/-nummer: _____		Datum: _____	
Ort/GPS-Koordinaten: _____		Startzeit, Endzeit: _____	
Name Gutachter/in: _____			

Daten aus Internet, GIS			
Länge einfach hineinschreiben <input type="text"/> m	Ausrichtung z. Himmelsrichtung <input type="text"/>	a S - N b SO - NW c W - O d SW - NO	
Schutzgebiet <input type="text"/>	a in Schutzgebiet b nicht in Schutzgebiet	Naturdenkmal <input type="text"/>	a Naturdenkmal b kein Naturdenkmal
Heckendichte <input type="text"/>	a <250m/25 ha b 250-800m/25 ha c 800-1500m/25 ha d 1500-2200m/25 ha e >2200m/25 ha	klima. Wasserbilanz <input type="text"/>	a unter -400 mm b -400 bis -200 mm c -200 bis +100 mm d +100 bis +300 mm e über +300 mm
Bevölkerungsdichte <input type="text"/>	a 0-15 Einwohner:innen/km ² b 16-30 Einw./km ² c 31-75 Einw./km ² d 76-200 Einw./km ² e >200 Einw./km ²	in Wildtierkorridor <input type="text"/>	a in Wildtierkorridor b nicht in Wildtierkorridor
trad. Heckenregion <input type="text"/>	a Heckenregion b keine Heckenregion	Franzisz. Kataster <input type="text"/>	a als Element erkennbar b nicht als Element erkennbar
nutzbare Feldkap. <input type="text"/>	a sehr gering b gering c mittel d hoch	Humusbilanz <input type="text"/>	a Standortgruppe 1, 2 b Standortgruppe 3, 4 c Standortgruppe 5, 6

Datenerhebung vor Ort			
Position zum Hang <input type="text"/>	a in Hangrichtung b Oberhang/Kuppe c diagonal zur Falllinie d Unterhang/Hangfuß e im Hang, quer f keine Hangneigung	Neigung des Hangs <input type="text"/>	a annähernd eben b Neigung merkbar c deutlich steigend d durchschn. Bergstraßenneigung e steileste Abschnitte von Bergstraßen
Nachbarflächen <input type="text"/>	a Siedlung/Straße b Grünland ext. c Grünland int. d Acker e unversiegelter Weg f Brache	Netzwerk <input type="text"/>	a keine Verbindung b 1 Verbindung zu Hecke/Wald c >1 Verbindung zu Hecke/Wald d Teil von Rainnetzwerk
Erschließung <input type="text"/>	a Weg in/entlang Hecke b kein Weg, aber Sichtbeziehung c kein Weg, keine Sichtbeziehung	Nutzungsspuren <input type="text"/>	a keine ersichtlich b Bienenstöcke c Obstbäume d gelagerter Holzstapel e andere Nutzung

Zusatzstrukturen <input type="text"/>	a Jagd b Erholung c Bildung d Kulturdenkmal e nichts davon	Management <input type="text"/>	a kein Management sichtbar b Nachpflanzung(en) c Seitenschnitt d auf Stock gesetzt e Einzelbaum/-strauch Rückschnitt f Einzelstammentnahme
horiz. Schichtung <input type="text"/>	a nur Baumschicht b nur Strauchschicht c Baum- und Strauchschicht	vert. Schichtung <input type="text"/>	a nur Mantelzone b nur Kernzone c Mantelzone und Kernzone
Strukturvielfalt <input type="text"/>	a keine: Hecke +/- gleich breit, gleich hoch b 1 Dimension variabel c 2 Dimensionen variabel	Sonderform <input type="text"/>	a keine Sonderform b Lesesteinhecke c auf Hochrain d Böschunghecke e Grabenhecke
Lücken <input type="text"/>	a min. 1 Lücke > 5m b >10% Lücken c 5-10% Lücken d <5% Lücken e keine Lücken	Totholz <input type="text"/>	a kein Totholz b wenig+liegend+schwach c 1 Merkmal: viel/stehend/stark d 2 Merkmale e 3 Merkmale: viel+stehend+stark
Alterszusammensetzung <input type="text"/>	a alle <6 Jahre b alle 6-20 Jahre c alle 20-50 Jahre d alle >50 Jahre e gemischtes Alter jung-alt	Saumart <input type="text"/>	S krautiger Saum M Mahdstreifen G Grünland N Nichts davon
Höhe <input type="text"/>	a < 2 m b 2-5 m c 5-10 m d 10-15 m e > 15 m	Saumbreite <input type="text"/>	a kein Saum b < 2 m c 2-3 m d 3-4 m e > 4 m
Breite <input type="text"/>	a < 2 m b 2-4 m c 4-6 m d 6-8 m e 8-12 m	Baumanteil <input type="text"/>	a keine Bäume b 1-2/100 m c 3-9/100 m d 10-20/100 m e >20/100 m
30-m Ausschnitt			
Anz. Gehölzarten <input type="text"/>	a 1-3 Arten/30 m b 4-5 Arten/30 m c 6-7 Arten/30 m d 8-9 Arten/30 m e 10+ Arten/30 m	Dominanz <input type="text"/>	a keine Dominanzen b leichte Dominanz einzelner Art(en) c starke Dominanz einzelner Art(en)
Neophyten <input type="text"/>	a > 50 % b 25-50 % c 10-25 % d 5-10 % e 0-5 %	Artenliste / Anmerkungen: _____ _____ _____	

Abbildung 19: Aufnahmebogen für Heck.in.

ANHANG 2: KLIMATISCHE WASSERBILANZ

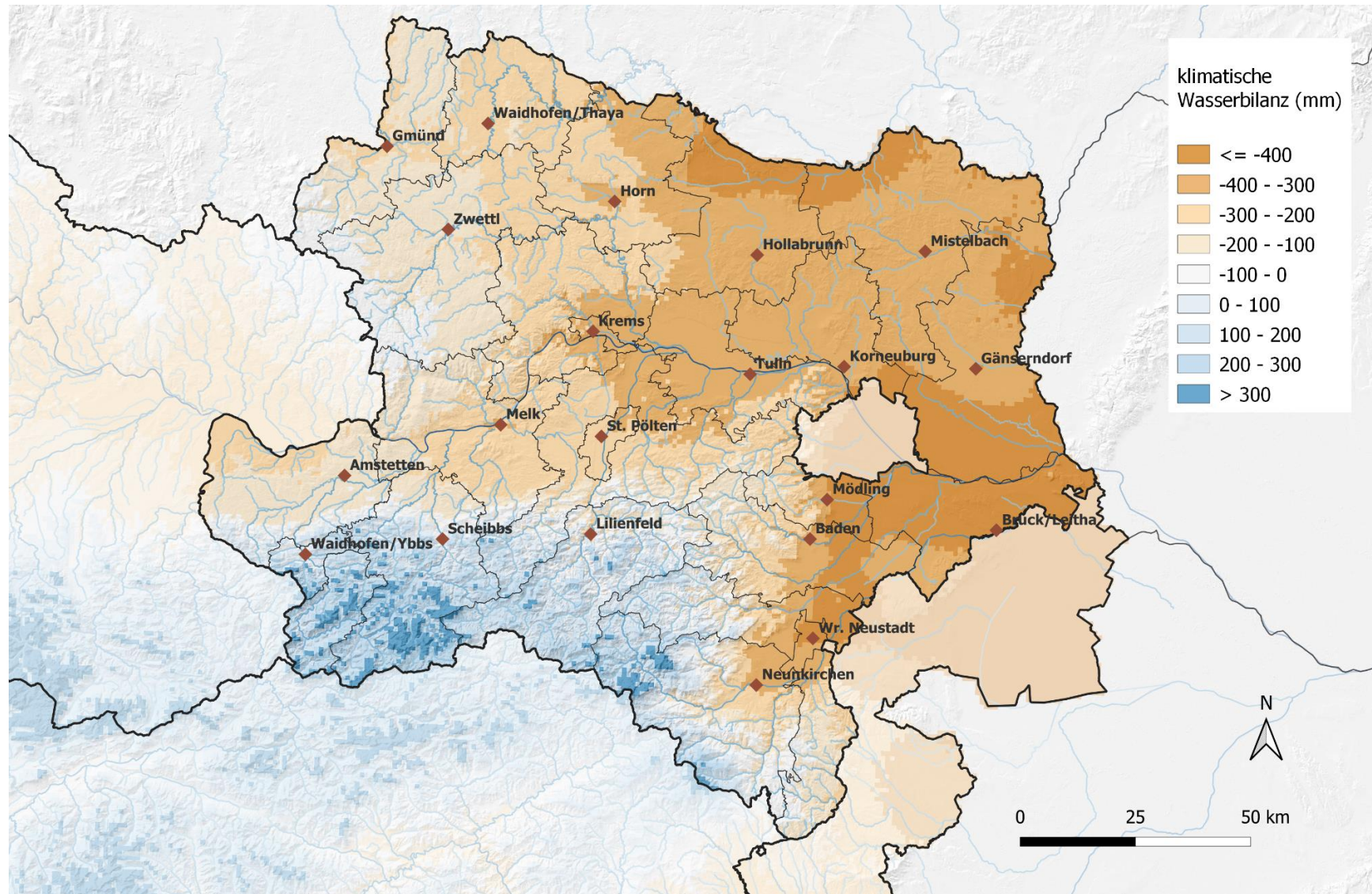


Abbildung 20: Klimatische Wasserbilanz der Regionen Niederösterreichs, jährliches Mittel 1991-2020, Raster 1 km x 1 km (Hintergrunddaten: data.gv.at, Klimadaten: data.ccca.ac.at)

ANHANG 3: TRADITIONELLE HECKENREGIONEN

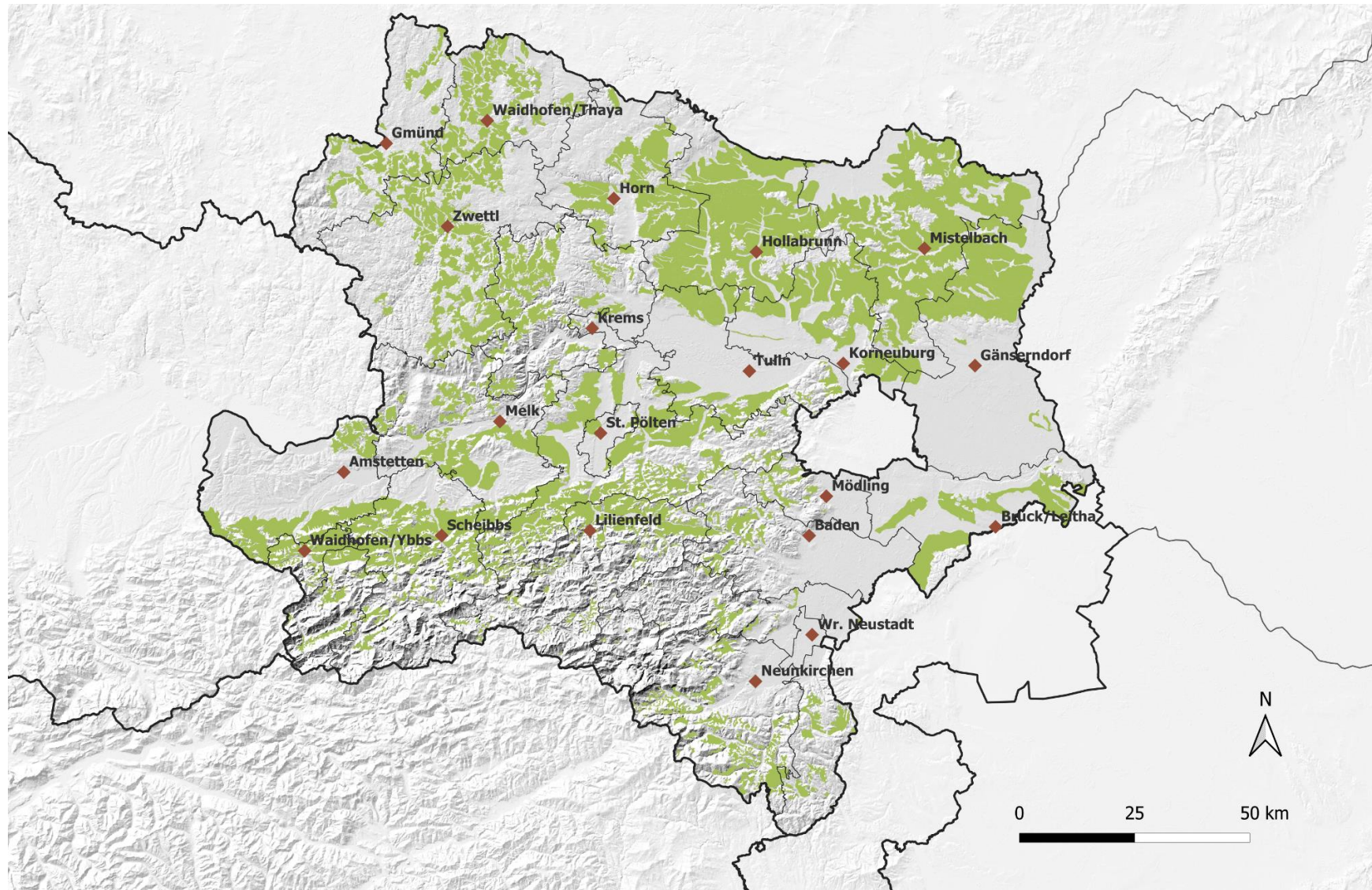


Abbildung 21: Traditionelle Heckenregionen (Hintergrunddaten: data.gv.at; Heckenregionen: WRBKA et al. 2005)

