

HANDBUCH ZUR BEWERTUNG DER FUNKTIONALITÄT GRÜNER INFRASTRUKTUR

Instrument zur Entscheidungsfindung



HANDBUCH ZUR BEWERTUNG DER FUNKTIONALITÄT GRÜNER INFRASTRUKTUR - INSTRUMENT ZUR ENTSCHEIDUNGSFINDUNG

Das Original dieses Handbuchs in englischer Sprache wurde als Output O.T2.1 des Interreg Central Europe Projekts MaGICLandscapes "Managing Green Infrastructure in Central European Landscapes" erstellt, das vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) finanziert wird. Diese Publikation ist auch in den Sprachen Italienisch, Tschechisch und Polnisch verfügbar und kann auf der [Projektwebsite](#) heruntergeladen werden.

Lead Partner:

Technische Universität Dresden
Fakultät Umweltwissenschaften
Professur Fernerkundung, Prof. Dr. Elmar Csaplovics
Helmholtzstr. 10
01069 Dresden

Autoren dieses Handbuchs:

Florian Danzinger⁷, Mita Drius⁷, Stefan Fuchs⁷, Thomas Wrbka⁷, Christopher Marrs¹, Anke Hahn¹, Simonetta Alberico⁹, Gabriele Bovo⁹, Simone Ciadamidaro¹⁰, Martin Erlebach⁶, David Freudl⁸, Stefania Grasso⁹, Zygmunt Jała⁴, Henriette John⁵, Mariarita Minciardi¹⁰, Marco Neubert⁵, Gian Luigi Rossi¹⁰, Hana Skokanová², Tomáš Slach², Sven Riedl³, Paola Vayr⁹, Dorota Wojnarowicz⁴

- ¹ [Technische Universität Dresden, Deutschland](#)
- ² [Silva Tarouca Forschungsinstitut für Landschafts- und Ziergartenbau, Tschechische Republik](#)
- ³ [Sächsische Landesstiftung für Natur und Umwelt, Deutschland](#)
- ⁴ [Nationalpark Riesengebirge \(Karkonosze\), Polen](#)
- ⁵ [Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Deutschland](#)
- ⁶ [Nationalpark Riesengebirge \(Krkonoše\), Tschechische Republik](#)
- ⁷ [Universität Wien, Abteilung für Naturschutzbiologie, Vegetations- und Landschaftsökologie, Österreich](#)
- ⁸ [Nationalpark Thayatal, Österreich](#)
- ⁹ [Metropole Turin, Italien](#)
- ¹⁰ [Italienische Agentur für neue Technologien, Energie und nachhaltige Entwicklung, Italien](#)

Redaktion: Florian Danzinger, Mita Drius, Stefan Fuchs, Thomas Wrbka, Christopher Marrs

Layout: Anke Hahn

Illustrationen für Umschlag und Symbole: [Anja Maria Eisen](#)

Vorgeschlagene Zitierweise: Danzinger, F., Drius, M., Fuchs, S., Wrbka, T., Marrs, C. (Hrsg., 2020). Handbuch zur Bewertung der Funktionalität Grüner Infrastruktur – Instrument zur Entscheidungsfindung. Interreg Central Europe Projekt MaGICLandscapes. Output O.T2.1, Wien. Mit Beiträgen von: F. Danzinger, M. Drius, S. Fuchs, T. Wrbka, C. Marrs, S. Alberico, G. Bovo, S. Ciadamidaro, M. Erlebach, D. Freudl, S. Grasso, Z. Jała, H. John, M. Minciardi, M. Neubert, G.L. Rossi, H. Skokanová, T. Slach, S. Riedl, P. Vayr, D. Wojnarowicz. Online verfügbar: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes.html#Outputs>

Diese Publikation ist durch eine internationale Creative-Commons-Lizenz ([Creative Commons Attribution - Non-Commercial - No Derivative Works 4.0](#)) lizenziert.



Wien, Februar 2020



Inhalt

1	Einführung und Ziel des Handbuches.....	5
2	Allgemeine Vorgehensweise zur Bewertung und Kartierung der Funktionalität Grüner Infrastruktur	6
3	Erstellen einer regionalen Funktionalitätskarte Grüner Infrastruktur – Erfahrungen aus MaGICLandscapes	7
3.1	Definition von Elementen der Grünen und Blauen Infrastruktur, die die Interessensgebiete auf regionaler Ebene darstellen	7
3.2	Datenerfassung auf transnationaler, regionaler und lokaler Ebene	14
3.3	Erstellung transnationaler, regionaler und lokaler Karten der Funktionalität Grüner Infrastruktur	16
3.3.1	Konnektivitätsanalyse	16
3.3.1.1	Morphological Spatial Pattern Analysis	16
3.3.1.2	Netzwerkanalyse	20
3.3.1.3	Euklidische Distanz	22
3.3.1.4	Feedback zur Konnektivitätsanalyse	27
3.3.2	Methodik der Feldkartierung	28
3.3.2.1	Feldkartierung.....	28
3.3.2.2	Datenvisualisierung.....	28
3.3.3	Funktionalitätsanalyse	37
3.3.3.1	Erstellung der Kapazitätsmatrix der Landschaftsdienstleistungen	37
3.3.3.2	Regionale Funktionalitätskarten.....	40
4	Schlussfolgerungen zur Kartierungsmethode und zur Verwendbarkeit der Methoden und Karten	49
	Referenzen.....	51



1 Einführung und Ziel des Handbuches

Dieses Handbuch zur Bewertung der Funktionalität Grüner Infrastruktur ist das Hauptergebnis des Arbeitspakets 2 im Rahmen des Interreg Central Europe Projekts „MaGICLandscapes - Managing Green Infrastructure in Central European Landscapes“.

Es dient als Instrument zur Entscheidungsfindung und führt den Leser durch den Prozess der Bewertung Grüner Infrastruktur (GI) auf regionaler und lokaler Ebene in Mitteleuropa. Anhand praktischer Beispiele werden die wichtigsten Schritte zur Durchführung der Bewertung der GI-Funktionalität gezeigt, beginnend mit den regionalen Diskrepanzen bei der Definition von GI, bis hin zur Beschreibung, wie und warum bestimmte Datensätze bei der Durchführung solcher Bewertungen auf dieser Ebene nützlicher sind als andere. Schließlich wird durch verschiedene räumliche Analysen gezeigt, wie eine Karte der regionalen und lokalen GI-Funktionalität erstellt werden kann.

Die Vorstellung des Bewertungs- und Kartierungsprozesses in diesem Handbuch soll anderen Benutzern, die ähnliche Aufgaben erfüllen möchten, Unterstützung in Entscheidungsprozessen bieten.

Das Handbuch beschreibt zunächst das allgemeine Verfahren zur Bewertung der GI-Funktionalität. Nach einer kurzen Einführung in GI-Definitionen und Mehrdeutigkeiten in der Terminologie auf lokaler/regionaler Ebene werden die verfügbaren räumlichen Daten zur Bewertung von GI und Blauer Infrastruktur (BI) in Mitteleuropa vorgestellt und diskutiert. Anschließend wird über die wichtigsten Methoden zur Bewertung der GI-Funktionalität berichtet. Dabei handelt es sich um die Konnektivitätsanalyse (siehe 3.3.1), die Tests der Methodik der Felderhebung (siehe 3.3.2) und die Funktionalitätsanalyse (siehe 3.3.3). Anschließend werden die allgemeinen und spezifischen Ergebnisse dieses Bewertungsprozesses vorgestellt. Jeder Schritt der Funktionalitätsbewertung wird durch Karten aus den Fallstudiengebieten des Projekts erklärt (siehe 3.3.3.2). Schließlich ziehen wir Schlussfolgerungen und geben Vorschläge zur Funktionalitätsbewertung.

Der Nutzen der Bewertung und Analyse dieser Daten ist der Erwerb von Wissen über die räumliche Verteilung und Qualität von GI auf regionaler und lokaler Ebene. Die Ergebnisse dieses Handbuchs helfen, Hotspots von GI-Netzwerken sowie GI mit hohem funktionalem Wert oder Bereiche mit einem Mangel an solchen Elementen zu identifizieren.

Diese wertvollen Daten werden auf Karten visualisiert und bilden die Grundlage für die Planung weiterer Maßnahmen. Anhand dieser Ergebnisse können konkrete Maßnahmen in unterschiedlichen Maßstäben für die Regionen entwickelt werden, um die derzeitigen Strukturen sowie die nachhaltige Flächennutzung zu erhalten und das GI-Netzwerk innerhalb von Schutzgebieten aber auch über ihre Grenzen hinaus auszubauen. So verbessert das Management von GI nicht nur die Landschaft aus ökologischer und naturschutzfachlicher Sicht, sondern sichert auch viele Landschaftsdienstleistungen für den Menschen.



2 Allgemeine Vorgehensweise zur Bewertung und Kartierung der Funktionalität Grüner Infrastruktur

Grüne Infrastruktur (GI) deckt als Planungsgegenstand viele verschiedene Politikbereiche ab und ihre Realisierung ist ein fortlaufender Prozess, der von politischer Bereitschaft abhängt. Bislang sind die Instrumente zur Umsetzung der Bewertung der Multifunktionalität von GI-Elementen noch in Entstehung. Beispiele für die Entwicklung von Tools zur Bewertung der GI-Multifunktionalität sind die Kombination von Geodaten mit dem Wissen von Experten und regionalen und lokalen Akteuren (Kopperoinen et al. 2014), die Erstellung von Leistungsindikatoren von GI (Pakzad und Osmond 2016) und die Durchführung von Umfragen mittels Fragebogen zur Untersuchung der wahrgenommenen Vorteile (z.B. Qureshi et al. 2010). Dennoch wird bisher nur selten ein ganzheitlicher oder kombinierter Ansatz zur Bewertung der GI-Funktionalität angewandt.

Die folgenden Schritte im Verfahren der Bewertung und Kartierung der GI-Funktionalität werden in diesem Handbuch erläutert:

1. Definition von Elementen der Grünen und Blauen Infrastruktur, die auf regionaler Ebene von Interesse sind
2. Datenerfassung auf transnationaler, regionaler und lokaler Ebene
3. Erstellung transnationaler, regionaler und lokaler Karten der GI-Funktionalität der Fallstudiengebiete
 - Konnektivitätsanalyse
 - MSPA - Morphological Spatial Pattern Analysis (dt.: morphologische Analyse von Raummustern)
 - Netzwerkanalyse
 - Euklidische Distanz
 - Methodik der Felderhebung
 - Identifizierung von GI-Elementen auf lokaler Ebene
 - EUNIS-Habitatklassifikation
 - Bestimmung des hemerobiotischen Zustands oder der Natürlichkeit
 - Kartierung von Barrieren
 - Funktionalitätsanalyse
 - Erstellung der Kapazitätsmatrix der Landschaftsdienstleistungen
 - Individuelle expertenbasierte Revision
 - Endgültige auf Konsens beruhende Matrix
 - Regionale Funktionalitätskarten

Die Ergebnisse können verwendet werden, um die folgenden Zielgruppen über die Methodik der Funktionalitätsbewertung von GI zu informieren:

- Allgemeine Öffentlichkeit (zur Sensibilisierung),
- Politische Entscheidungsträger (zur Ergreifung von Maßnahmen zum Schutz und Verbesserung des GI-Netzwerks) und
- Planungssektor (zur Umsetzung von Maßnahmen und Entwurf von Strategien und Aktionsplänen).



3 Erstellen einer regionalen Funktionalitätskarte Grüner Infrastruktur – Erfahrungen aus MaGICLandscapes

3.1 Definition von Elementen der Grünen und Blauen Infrastruktur, die die Interessensgebiete auf regionaler Ebene darstellen

Wie bereits in den MaGICLandscapes 'Green Infrastructure Handbook - Conceptual & Theoretical Background, Terms and Definitions' (John et al. 2019) schlagen wir die Definition Grüner (und Blauer) Infrastruktur der Europäischen Kommission (2016) vor:

„Grüne Infrastruktur ist ein strategisch geplantes Netzwerk natürlicher und naturnaher Flächen mit weiteren Umweltelementen, das so angelegt ist und bewirtschaftet wird, dass ein breites Spektrum an Ökosystemdienstleistungen, wie Wasseraufbereitung, Luftqualität, Raum für Erholung und Klimaschutz und -anpassung, gewährleistet wird. Dieses Netzwerk von grünen (Land-) und blauen (Wasser-)Räumen kann die Umweltbedingungen und damit die Gesundheit und Lebensqualität der Bürger verbessern. Sie unterstützt auch eine grüne Wirtschaft, schafft Beschäftigungsmöglichkeiten und fördert die biologische Vielfalt. Das Natura-2000-Netzwerk bildet das Rückgrat der grünen Infrastruktur der EU.“

(Europäische Kommission 2016)

In der transnationalen Kartierungsphase von MaGICLandscapes wurden verschiedene Datensätze untersucht, die die Grüne und Blaue Infrastruktur (GI und BI) räumlich beschreiben können. Aus den verfügbaren Datenquellen wurde die standardisierte Landbedeckungsklassifikation CORINE Land Cover (CLC 2012) für weitere Einzelheiten für am besten geeignet erachtet (siehe Neubert und John 2019). Nach der CLC-Klassifikation konnten 44 CLC-Klassen identifiziert werden, die entweder GI-Elemente darstellen, unter bestimmten Umständen GI-Elemente enthalten oder nicht als GI angesehen werden können. Die endgültige transnationale Karte von GI auf der Grundlage von CLC-Klassen, die sich aus der fachkundigen Konsultation im Rahmen der transnationalen Kartierung ergibt, ist in Abbildung 1 (Neubert und John 2019) dargestellt.

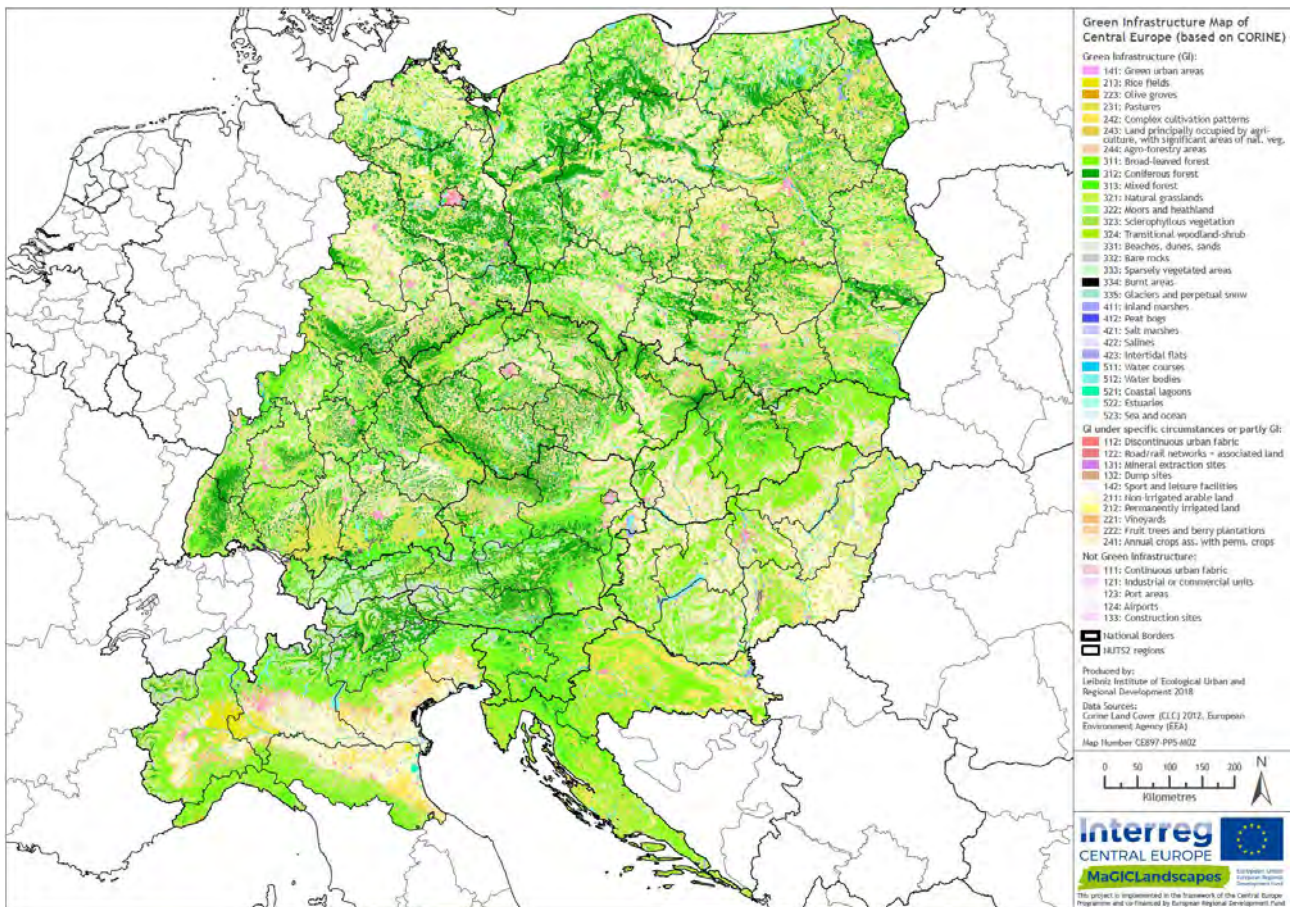


Abbildung 1 Karte der Grünen Infrastruktur für den Programmraum Mitteleuropa auf der Grundlage der transnationalen Legende anhand von CORINE Land Cover (CLC)-Daten aus dem Jahr 2012.



Basierend auf den Ergebnissen der transnationalen Kartierung haben wir eine Analyse durchgeführt, um GI auf regionaler Ebene zu definieren. Wir haben drei Kategorien ausgewählt, um die CLC-Klassen in GI-Elemente zu unterscheiden und zu kategorisieren: „GI“ für Klassen, die zu GI gehören, „nicht GI“ für Klassen, die nicht zu GI gehören, und „GI unter bestimmten Umständen“ für Klassen, die teilweise GI-Elemente enthalten können.

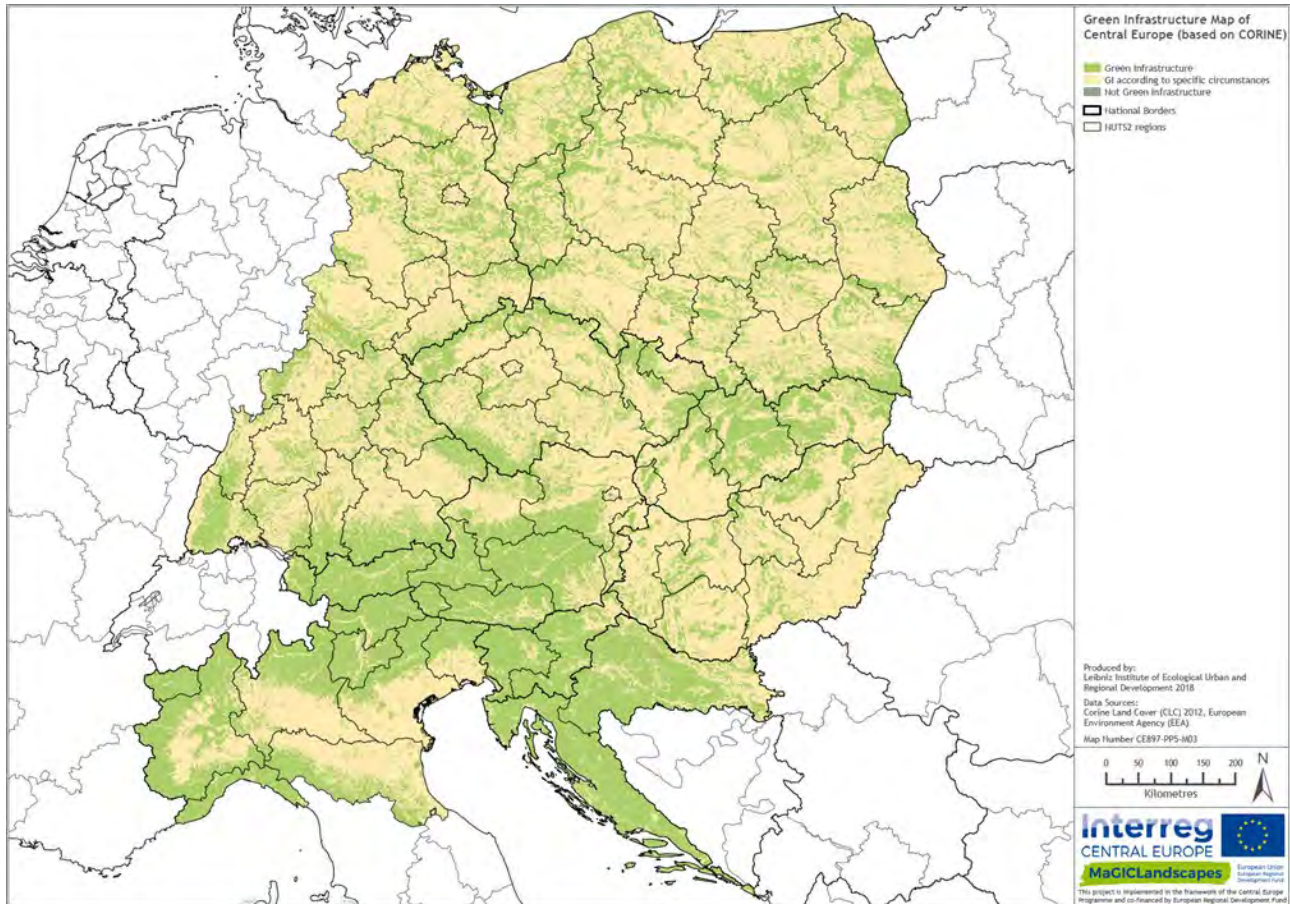


Abbildung 2 Karte der Grünen Infrastruktur für den Programmraum Mitteleuropa auf der Grundlage der transnationalen Legende anhand von CORINE-Landbedeckungsdaten aus dem Jahr 2012. Die CORINE-Klassen werden in eine vereinfachte transnationale Legende nur drei Klassen (GI, GI unter bestimmten Umständen, nicht GI) auf der Grundlage der koordinierten Legende klassifiziert.

Da einige der GI-Definitionen nicht zu den regionalen Landschaftsmerkmalen passten, wurden die Projektpartner gebeten, ihre lokale Definition von GI anzugeben und darzulegen, welche CLC-Klassen gemäß dieser Definition für ihre Fallstudiengebiete zu GI gehören (Abbildung 3). Die Partner lieferten ihre Definitionen und Abweichungen von der transnationalen GI auf der Grundlage der Merkmale von Fallstudiengebieten in sehr unterschiedlichen Landschaften, die sich durch unterschiedliche Landschaftsmerkmale auszeichnen. Die Ergebnisse der regionalen GI-Klassifikationen sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt.

Diese regionalen Definitionen von GI hängen sehr stark von der verfügbaren räumlichen und thematischen Auflösung von Geodaten einerseits und der derzeit vorherrschenden Bodennutzung, der Intensität der Bewirtschaftung sowie den allgemeinen Landschaftsmerkmalen andererseits ab (Tabelle 2).

Alle Partner schlossen die künstlichen CLC-Klassen von GI aus, anders als die transnationale GI-Klassifikation, bei der „Durchgängige städtische Prägung“ und „Straßen-, Eisenbahnnetze und funktionell zugeordnete Flächen“ als „teilweise GI“ kategorisiert wurden. Im regionalen Kontext des Fallstudiengebietes „Hügellandschaft um die Stadt Chieri“ (IT) unterschieden sich einige Klassen von GI-Elementen von der im transnationalen Maßstab vorgeschlagenen Klassifizierung. Zum Beispiel haben Sportanlagen in der Regel eine künstliche Oberfläche und sind daher keine GI. Im Gegensatz dazu wurden die CLC-Klassen „Abbauflächen“



und „Deponien und Abraumhalden“ als GI betrachtet, da sie sich entlang des Flusses Po befinden oder nicht mehr verwendet bzw. renaturiert werden. Die deutschen Partner im Naturpark Dübener Heide schlossen „Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen“ aufgrund des in ihrem Fallstudiengebiet erfassten Natürlichkeitsniveaus in das GI-Netzwerk ein. Im Nationalpark Riesengebirge in Tschechien und im Dreiländereck Deutschland, Tschechien, Polen gelten Obstbäume und Beerenplantagen aufgrund ihres positiven Beitrags zur Vernetzung der Agrarlandschaft zumindest teilweise als wirksame GI-Elemente. Andererseits sind Elemente wie „Abbauf Flächen“ und „Nicht bewässertes Ackerland“ aufgrund der vorherrschenden anthropogenen Infrastruktur bzw. der vorherrschenden Landbewirtschaftung ausgeschlossen. Die österreichischen Projektpartner hingegen betrachten die Klasse „Sport- und Freizeiteinrichtungen“ als GI, weil aus ihrer Sicht Golfplätze und Rasenflächen einen positiven Beitrag zum GI-Netzwerk leisten.

Trotz dieser unterschiedlichen Interpretationen konnten alle Fallstudiengebiete eine sehr vergleichbare Analyse und konsistente Ergebnisse erzielen, was zeigt, dass die vorgeschlagene Methodik in verschiedenen Regionen angewendet werden kann.

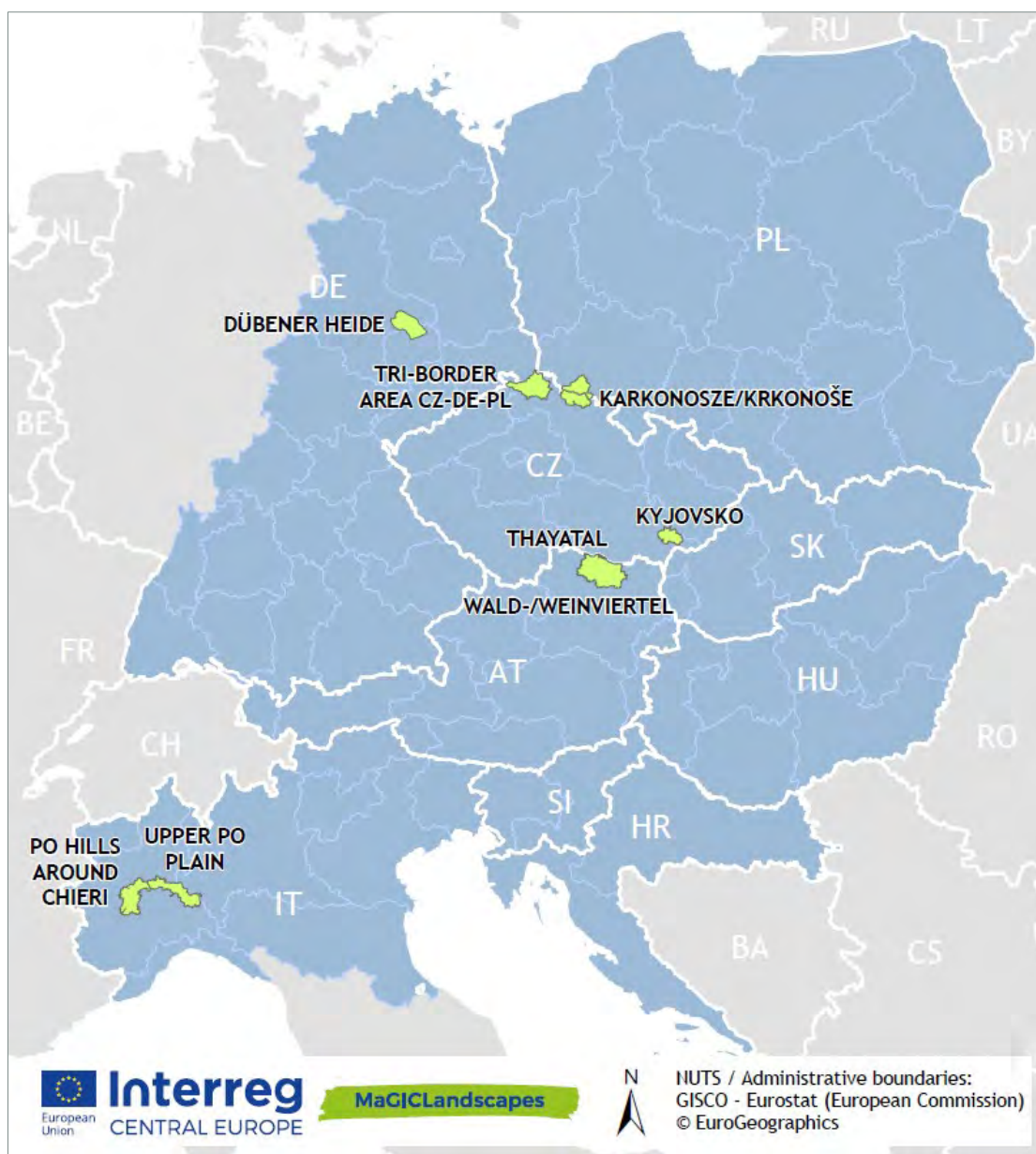


Abbildung 3: Karte Mitteleuropas (blaues Gebiet) mit den neun Fallstudiengebieten (grün) des Projekts MaGiCLandscapes.



Tabelle 1: Transnationale GI-Klassifikation auf der Grundlage von CLC und Annahmen/Ablehnungen der Projektpartner für ihr jeweiliges Fallstudiengebiet. Im Ampelsystem hebt die rote Farbe die Kategorie „nicht GI“ hervor, während die gelbe Farbe die Diskrepanzen der Kategorie „teilweise GI“ ausdrückt. Die grüne Farbe steht für „GI“. (N/A = nicht anwendbar)

CLC-Code	CLC-Beschreibung	Transnationale GI-Definition	Dreiländereck CZ, DE, PL	Nationalpark Riesengebirge/Krkonose (CZ)	Nationalpark Riesengebirge/Karkonosze (PL)	Kyjovsko (CZ)	Ostliches Waldviertel & Westliches Weinviertel (AT)	Nationalpark Thayatal (AT)	Obere Po-Ebene (IT)	Hügellandschaft um die Stadt Chieri (IT)	Naturpark Dübener Heide (DE)
111	Durchgängig städtische Prägung	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI
112	Nicht durchgängig städtische Prägung	teilweise GI	nicht GI	nicht GI	teilweise GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI
121	Industrie und Gewerbeflächen, öffentliche Einrichtungen	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI
122	Straßen-, Eisenbahnnetze und funktionell zugeordnete Flächen	teilweise GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI
123	Hafengebiete	nicht GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
124	Flughäfen	nicht GI	N/A	nicht GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	nicht GI
131	Abbauflächen	teilweise GI	nicht GI	nicht GI	teilweise GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	GI	nicht GI
132	Deponien und Abraumhalden	teilweise GI	nicht GI	teilweise GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	GI	nicht GI
133	Baustellen	nicht GI	nicht GI	nicht GI	N/A	nicht GI	N/A	N/A	nicht GI	N/A	nicht GI
141	Städtische Grünflächen	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	N/A	GI
142	Sport- und Freizeitanlagen	teilweise GI	teilweise GI	nicht GI	teilweise GI	teilweise GI	GI	GI	nicht GI	nicht GI	GI
211	Nicht bewässertes Ackerland	teilweise GI	nicht GI	nicht GI	teilweise GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	nicht GI	GI	nicht GI
212	Regelmäßig bewässertes Ackerland	teilweise GI	N/A	teilweise GI	N/A	N/A	N/A	N/A	nicht GI	nicht GI	nicht GI
213	Reisfelder	GI	N/A	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	GI	GI	N/A
221	Weinbauflächen	teilweise GI	nicht GI	teilweise GI	N/A	nicht GI	GI	GI	nicht GI	GI	GI
222	Obst- und Beerenobstbestände	teilweise GI	teilweise GI	GI	N/A	nicht GI	GI	GI	nicht GI	GI	GI
223	Olivenhaine	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	GI	GI	N/A
231	Wiesen und Weiden	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI



CLC-Code	CLC-Beschreibung	Transnationale GI-Definition	Dreiländereck CZ, DE, PL	Nationalpark Riesengebirge (CZ)	Nationalpark Riesengebirge (PL)	Kyjovsko (CZ)	Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel (AT)	Nationalpark Thayatal (AT)	Obere Po-Ebene (IT)	Hügellandschaft um die Stadt Chieri (IT)	Naturpark Dübener Heide (DE)
241	Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen	teilweise GI	N/A	teilweise GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	GI
242	Komplexe Parzellenstruktur	GI	GI	GI	GI	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	GI
243	Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von sign. Größe	GI	GI	GI	N/A	GI	GI	GI	GI	GI	GI
244	Agroforstwirtschaft	GI	N/A	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	GI
311	Laubwälder	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI
312	Nadelwälder	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI
313	Mischwälder	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI
321	Natürliches Grünland	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	N/A	N/A	GI
322	Heiden und Moorheiden	GI	GI	GI	GI	N/A	N/A	N/A	GI	GI	GI
323	Hartlaubbewuchs	GI	N/A	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
324	Wald-Strauch-Übergangsstadien	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	N/A	GI
331	Strände, Dünen und Sandflächen	GI	N/A	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	GI	N/A	GI
332	Felsen ohne Vegetation	GI	GI	GI	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	GI
333	Flächen mit spärlicher Vegetation	GI	GI	GI	GI	N/A	GI	GI	GI	N/A	GI
334	Brandflächen	GI	N/A	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
335	Gletscher und Dauerschneegebiete	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
411	Sümpfe	GI	GI	GI	N/A	GI	GI	GI	GI	N/A	GI
412	Torfmoore	GI	GI	GI	GI	N/A	N/A	N/A	GI	N/A	GI
421	Salzwiesen	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
422	Salinen	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	GI
423	In der Gezeitenzone liegende Flächen	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



CLC-Code	CLC-Beschreibung	Transnationale GI-Definition	Dreiländereck CZ, DE, PL	Nationalpark Riesengebirge (CZ)	Nationalpark Riesengebirge (PL)	Kyjovsko (CZ)	Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel (AT)	Nationalpark Thayatal (AT)	Obere Po-Ebene (IT)	Hügellandschaft um die Stadt Chieri (IT)	Naturpark Dübener Heide (DE)
511	Gewässerläufe	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI
512	Wasserflächen	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI	GI
521	Lagunen	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
522	Mündungsgebiete	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
523	Meere und Ozeane	GI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

3.2 Datenerfassung auf transnationaler, regionaler und lokaler Ebene

Wie bei jedem anderen Kartierungsansatz sind hochwertige Geodaten zur räumlichen und thematischen Auflösung eine wesentliche Voraussetzung, um die Operationalisierung des GI-Konzepts überhaupt erst zu ermöglichen.

Die Anforderung, Grünflächenelemente auf staatlicher, regionaler, kommunaler sowie Parzellen-Ebene (Benedict und McMahon 2002) zu integrieren, unterstreicht die Notwendigkeit einer profunden Datenbasis in Bezug auf Geodaten räumlicher und thematischer Auflösung für die lokale Umsetzung von GI. Aus diesem Grund ist die Datenerfassung auf transnationaler, regionaler und lokaler Ebene auf ganz unterschiedliche Weise erforderlich, abhängig von Umfang und Maßstab der Umsetzung von GI.

Während die standardisierte CORINE Land Cover (CLC 2012) Datenbank für am besten geeignet schien (siehe Neubert und John 2019) für die Kartierung von GI auf transnationaler Ebene, gibt es keine Einheitslösung für den Erwerb geeigneter Geodaten auf regionaler und lokaler Ebene.

Die beste Lösung war die Zusammenstellung verschiedener regionaler Geodaten und kleinräumiger Daten aus Geländekartierungen. Tabelle 2 gibt einen Überblick über regionale Datensätze, die in den Projektgebieten für GI- & BI-Kartierungen verwendet werden, von z. B. regionalen Landbedeckungen über Waldinventare bis hin zur digitalen Registrierung von GI-Elementen aus Orthofotos.

Die Verwendung des sehr detaillierten Geodatensatzes zeigte Unterschiede in der realistischen Darstellung des GI-Netzwerks in den verschiedenen Landschaften (Abbildung 4). Einerseits ist das Ausmaß der Fragmentierung aufgrund der Klassifizierung und Verallgemeinerung der CORINE-Landbedeckungen in großen zusammenhängenden Gebieten und kleinen GI-Elementen wie Wäldern oder Weingärten deutlich unterrepräsentiert. Auf der anderen Seite werden z. B. Ackerflächen oder städtische Gefüge für die Bereitstellung von GI und Landschaftsmerkmalen wie Hecken, Gräben, Teichen und Einzelbäumen oft stark unterschätzt. Daher hat der regionale Datensatz die Bewertung des GI-Netzwerks in natürlichen und naturnahen Gebieten sowie in ländlichen und städtischen Gebieten verbessert, was in erster Linie die regionale Operationalisierung des GI-Konzepts ermöglicht. Die Verfügbarkeit und damit Vergleichbarkeit in den meisten europäischen Ländern ist jedoch nach wie vor ein großer Vorteil der CORINE Land Cover Klassifikation.



Abbildung 4 Beispiel für GI-Elemente auf Basis von CORINE Land Cover (A) und auf Basis regionaler Geodaten (B) für das österreichische Fallstudiengebiet „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel.“

Durch die Zusammenstellung verschiedener lokaler Daten zur Erstellung eines regionalen, hochdetaillierten Geodatensatzes kann die Kartierungsqualität von GI für alle Arten von Landschaften verbessert werden und stellt eine Voraussetzung für die Entwicklung von stakeholderbasierten Strategien und Aktionsplänen für künftige Investitionen in GI dar. Er ermöglicht auch die genaue Identifizierung des lokalen GI-Netzwerks für Landmanager, politische Entscheidungsträger und Gemeinden.



Tabelle 2: Datensätze, die für die Kartierung regionaler Grüner und Blauer Infrastruktur verwendet werden.

Art der Datensätze	Dreiländereck CZ,DE,PL	Nationalpark Riesengebirge (CZ)	Nationalpark Riesengebirge (PL)	Kyjovsko (CZ)	Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel (AT)	Nationalpark Thayatal (AT)	Obere Po-Ebene (IT)	Hügellandschaft um die Stadt Chieri (IT)	Naturpark Dübener Heide (DE)
Landbedeckung	●			●			●	●	□
Biotopkartierung	●	●		●					●
Digitale Katasterkarte		●		●	●	●			
Landwirtschaft				●	●	●			
Forstwirtschaft		●		●	●	●	●	●	
Gewässernetz	●				●	●	●	●	●
Geographie und Topographie	●	●	●	●					
Orthofotos			●	●					



3.3 Erstellung transnationaler, regionaler und lokaler Karten der Funktionalität Grüner Infrastruktur

Die Bewertung und Kartierung der GI-Funktionalität in MaGICLandscapes umfasste drei Haupttypen von Unteranalysen:

- Konnektivitätsanalyse (siehe 3.3.1)
- Methodik der Felderhebung (siehe 3.3.2)
- Funktionalitätsanalyse selbst (siehe 3.3.3)

Die Methoden wurden in allen Partnerländern des Projekts getestet: Österreich, Tschechien, Deutschland, Italien und Polen. In diesem Abschnitt erörtern wir jede Teilanalyse, die in verschiedene Schritte unterteilt ist, und stellen Anwendungsbeispiele in den Fallstudiengebieten vor.

3.3.1 Konnektivitätsanalyse

Die Analysen der Konnektivität wurden über die Software GuidosToolbox (Graphical User Interface for the Description of image Objects and their Shapes) durchgeführt. GuidosToolbox ist eine kostenlose Softwaresammlung von Peter Vogt (Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission) und bietet eine Vielzahl von Modulen an, die verschiedene räumliche Aspekte von Rasterbildobjekten untersuchen sollen, z. B. Muster, Konnektivität, Kosten, Fragmentierung usw.

Die GuidosToolbox ist frei verfügbar unter: <https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/activities/lpa/gtb/>.

Im Folgenden werden die drei Arten von durchgeführten Konnektivitätsanalysen erläutert.

3.3.1.1 Morphological Spatial Pattern Analysis

Die Morphological Spatial Pattern Analysis (MSPA) ist ein generisches und universelles Musteranalyse-Framework, das von einer benutzerdefinierten Sequenz morphologischer Operatoren bereitgestellt wird (Soille und Vogt, 2009).

MSPA führt eine Segmentierung für ein binäres Bild durch, um sich gegenseitig ausschließende morphometrische Feature-Klassen, die die Form, Konnektivität und räumliche Anordnung von Bildobjekten beschreiben, zu identifizieren und zu lokalisieren, indem sie sie zuordnet und in Kategorien einteilt (Vogt et al., 2017). Das MSPA-Modul erkennt automatisch Geometrie und Konnektivität der Bildkomponenten. Demzufolge wird der Vordergrundbereich eines rasterbasierten Binärbildes in sieben MSPA-Klassen unterteilt: Kernfläche (Core), Insel (Islet), Loch (Perforation), Rand (Edge), Schleife (Loop), Brücke (Bridge) und Abzweigung (Branch) (Abbildung 5).

Um die MSPA durchführen zu können, muss eine entsprechende Raster-Datei als Eingabedatei erstellt werden. In diesem Fall erfolgte dies in ArcGIS/QGIS durch das Auflösen und Konvertieren zu einer Rasterdatei der verwendeten Vektordaten und Reklassifizieren der Pixelwerte (2 = GI oder teilweise GI, 1 = nicht GI). Folglich enthielt die resultierende binäre Raster-Datei alle GI-Klassen, die für jedes Fallstudiengebiet als solche definiert wurden. Durch die Auswahl einzelner GI-Klassen, z. B. Wälder, Grünland oder städtische Grünflächen, konnte auch eine gezielte Bewertung der einzelnen Prioritäten durchgeführt werden.

Bei der Bewertung der GI-Konnektivität verwendet MSPA eine Reihe von Bildverarbeitungs-routinen, um Knotenpunkte (Hubs), Korridore (Links) und andere Features zu identifizieren, nachdem die Raster-



Landbedeckungskarte im Vordergrund (Grüne Infrastruktur) und Hintergrund (alle anderen Klassen) reklassifiziert wurde (Vogt et al., 2007).

Um die Terminologie der Grünen Infrastruktur anzugleichen, ist die Kategorie Kernfläche gleichbedeutend mit Knotenpunkt, und Brücke ist synonym für Korridor. Zuerst identifiziert die MSPA-Verarbeitung die Kategorie Kernfläche, die auf der Konnektivitätsregel basiert, die zur Feststellung von Nachbarn verwendet wird, und dem Wert, der zur Definition der Kantenbreite verwendet wird (Soille und Vogt, 2009).

In den Grundeinstellungen der MSPA kann die Konnektivität entweder auf vier (gemäß Himmelsrichtungen) oder auf acht Nachbarn eingestellt werden. Die minimale Größe des Kerns und die Anzahl der Pixel, die als Kern klassifiziert sind, werden von den Einstellungen der Randbreite beeinflusst. Durch die Erhöhung der Randbreite erhöht sich die minimale Größe des Kerns und reduziert dadurch die Anzahl der Pixel, die als Kernflächen definiert sind. Die Verringerung der Kernfläche, die sich aus der Erhöhung der Randbreite ergibt, führt zu Gewinnen für alle anderen Klassen, nicht nur für Ränder. Auf diese Weise kann die Erhöhung der Randbreite die Kernflächen auf die Inseln verschieben, wenn die Kernfläche klein ist und von Kernflächen auf Brücken, wenn die Kernfläche schmal ist (Wickham et. al. 2010).

In der Anwendung der MSPA in MaGICLandscapes wurden Karten erstellt, die sowohl auf dem transnationalen als auch auf dem regionalen Datensatz basieren. Für die Analyse des transnationalen Datensatzes haben wir eine Konnektivität mit acht Nachbarn und einen effektiven Randbreitenwert von 100 Metern unter unterschiedlichen Voraussetzungen hinsichtlich der Pixelgröße der Eingabedaten verwendet. Im regionalen Datensatz, der sich mit einer Pixelgröße bis zu einem Meter befasst, konnten die besten Ergebnisse mit einem effektiven Kantenbreitenwert von zehn Metern erarbeitet werden.

Die Eingabedaten sind die Rasterkarten der Grünen Infrastruktur der Fallstudiengebiete. Die Eingabekarte muss die beiden Datenklassen Vordergrund (GI) und Hintergrund (nicht GI) enthalten. Daher muss die Kategorie „teilweise GI“ aufgelöst und eindeutig den Kategorien „GI“ oder „nicht GI“ zugeordnet werden.

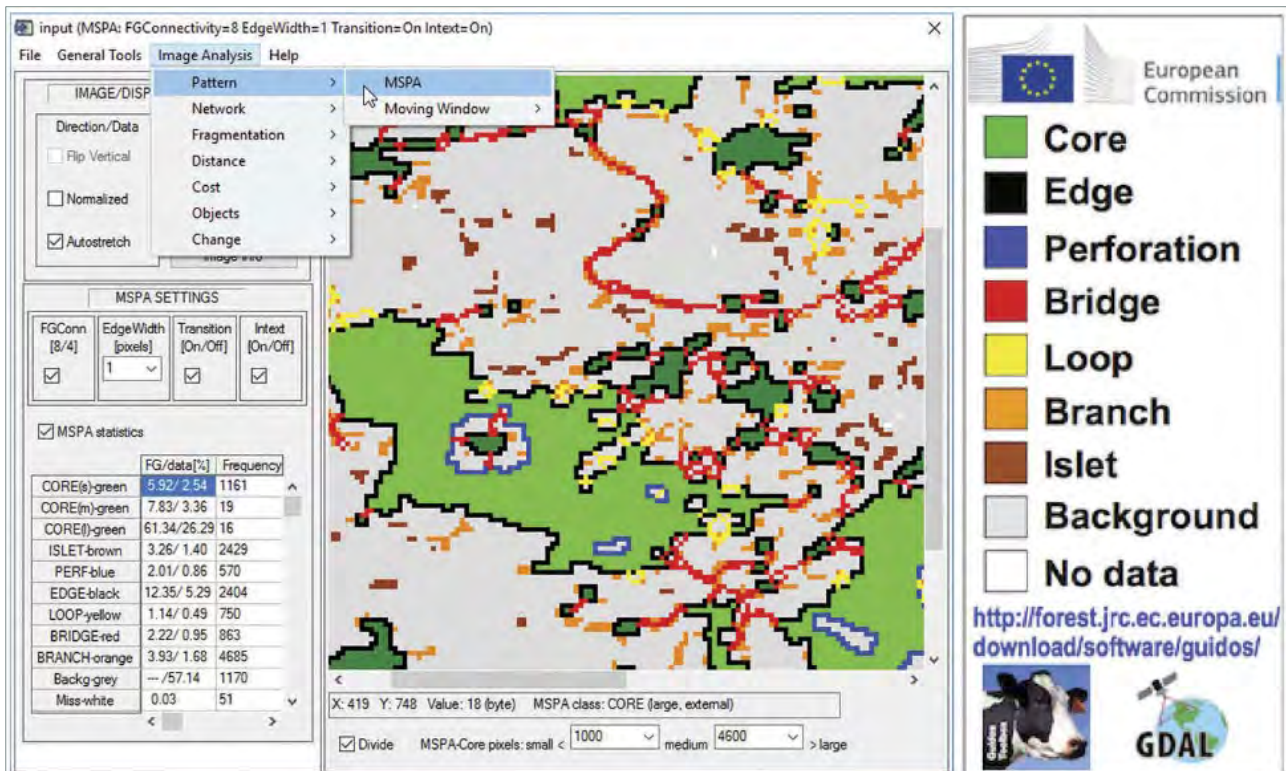


Abbildung 5: Die Schnittstelle der GidosToolbox-Software, die die MSPA-Musteranalyse zeigt und verschiedene morphologische Feature-Klassen veranschaulicht: kleine Kernflächen (dunkelgrün); große Kernflächen (grün); Kerngrenzen (Rand/außen-schwarz, Loch/innen-blau); Verbindungen zwischen verschiedenen Kernen (Brücke-rot) und zur gleichen Kernfläche (Schleife-gelb); isolierte Waldflecken sind zu klein, um Kerne zu enthalten (Insel-braun); und Abzweigungen (orange), nachgedruckt aus (Vogt et al., 2017).

Abbildung 6 zeigt die Anwendung der MSPA auf dem transnationalen Datensatz der österreichischen Fallstudiengebiete „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ und „Nationalpark Thayatal“.

Im Allgemeinen ist ein nennenswerter Gradient in Verteilung, Verhältnis und Anordnung von Kernflächen von GI (grün) sichtbar. Der Grad an Dichte und Breite dieser Verbindungen und Längsausläufer nimmt von Westen nach Osten ab, was zu einigen eher strukturlosen Landschaften im östlichen Teil führt. Diese Agrarlandschaften zeigen ein fehlendes GI-Netzwerk über große zusammenhängende Gebiete des westlichen Weinviertels, durchsetzt mit inselähnlichen Elementen (z. B. Waldinseln und Windschutzgürtel). Mit einigen Ausnahmen von wenigen großen zusammenhängenden Wäldern bilden gemischte Formationen komplexer Anbaumuster, die aus Weinbergen, Waldinseln, Weiden und landwirtschaftlichen Flächen mit bedeutenden Flächen natürlicher Vegetation bestehen, die Klasse der Kernflächen.

Im westlichen Teil gibt es größere zusammenhängende Kernflächen, z. B. angrenzend an den Nationalpark Thayatal, und auch deutlich kleinere Kernflächen auf den landwirtschaftlichen Flächen dazwischen. Diese werden jedoch fast ausschließlich von Nadelwäldern bereitgestellt, die in geringem Umfang mit Mischwäldern durchsetzt sind. Das Netzwerk der linearen GI-Strukturen ist ebenfalls besser entwickelt, was durch die höhere Anzahl von Brücken (rot), Schleifen (gelb) und auch Abzweigungen (orange) angezeigt wird.

Das MSPA-Ergebnis kann bereits jetzt einen wichtigen Einblick in die verschiedenen thematischen Schwerpunkte regionaler Managementpläne geben. Sie dient auch als Grundlage für die in Kapitel 3.3.1.2 beschriebene Netzwerkanalyse.

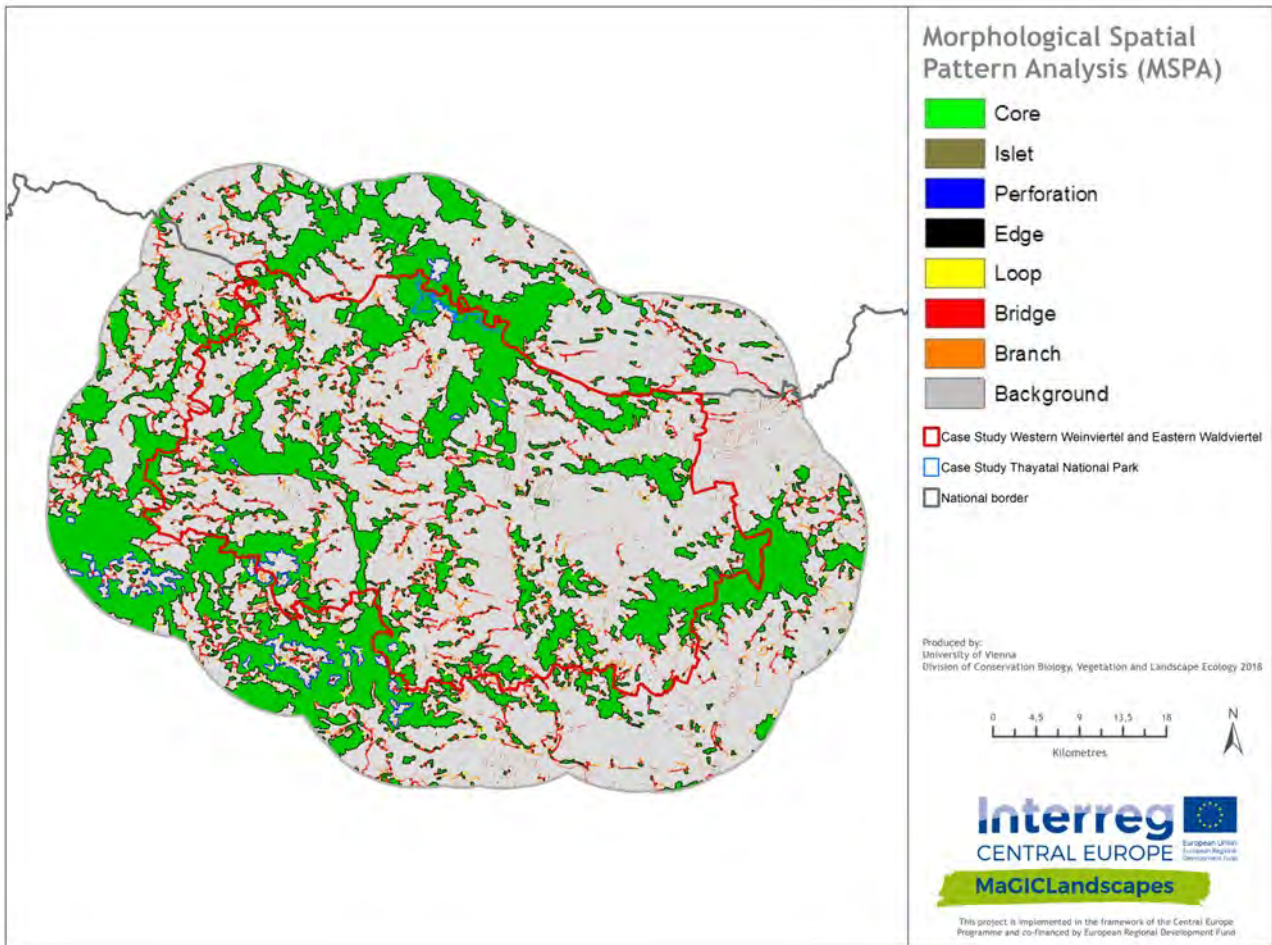


Abbildung 6: Ergebnisse der Morphological Spatial Pattern Analysis (MSPA) basierend auf dem transnationalen Datensatz für die Fallstudiengebiete „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ und Nationalpark Thayatal (AT).

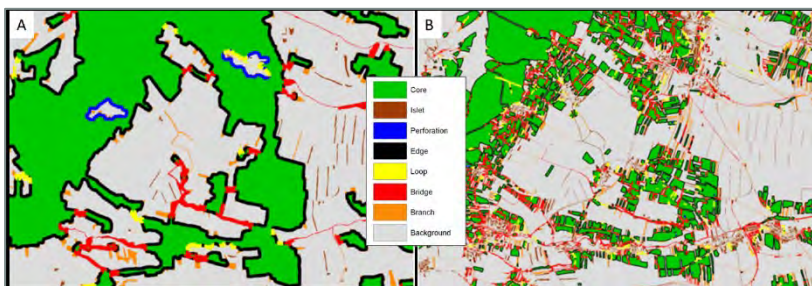


Abbildung 7: Beispielhafte Detailsektion der Ergebnisse der MSPA auf Basis von CORINE Land Cover (A) und basierend auf regionalen Geodaten (B) für das österreichische Fallstudiengebiet „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“.

Abbildung 8 zeigt die Karte der MSPA-Anwendung mit den regionalen Datensätzen für das österreichische Fallstudiengebiet. Mehr Details werden sichtbar (vgl. Abbildung 6), die die Fragmentierung, aber auch die weitreichende Verzweigung des GI-Netzwerks hervorheben. Was große, eigenständige Kernflächen (grün) von GI im groben Maßstab zu sein scheinen – z. B. große zusammenhängende Wälder sowie gemischte Formationen komplexer Anbaumuster, bestehend aus Weingärten, Waldflächen, Weiden und Flächen mit generell landwirtschaftlicher Nutzung mit bedeutenden Flächen natürlicher Vegetation – sind tatsächlich teilweise stark fragmentierte Kulturlandschaften, repräsentiert durch das Vorhandensein mehrerer, kleiner Kernflächen (grün) und den übergreifenden Klassen von Brücken (rot), Schleifen (gelb) und Abzweigungen

(orange). Vor allem im westlichen Weinviertel werden die Formen der Kernflächen, die bei den transnationalen Daten kohärent erscheinen, bei der regionalen Datenaufösung deutlich fragmentierter.

Natürlich bleibt das Gesamtbild der GI-Verteilung unverändert, aber die höhere Auflösung der Strukturierung von GI liefert eine Information, die für eine regionale Identifizierung von Interessengebieten im kleinen Maßstab und damit für die Umsetzung von GI-Managementmaßnahmen von entscheidender Bedeutung ist. Es betont auch die Notwendigkeit geeigneter Geodaten.

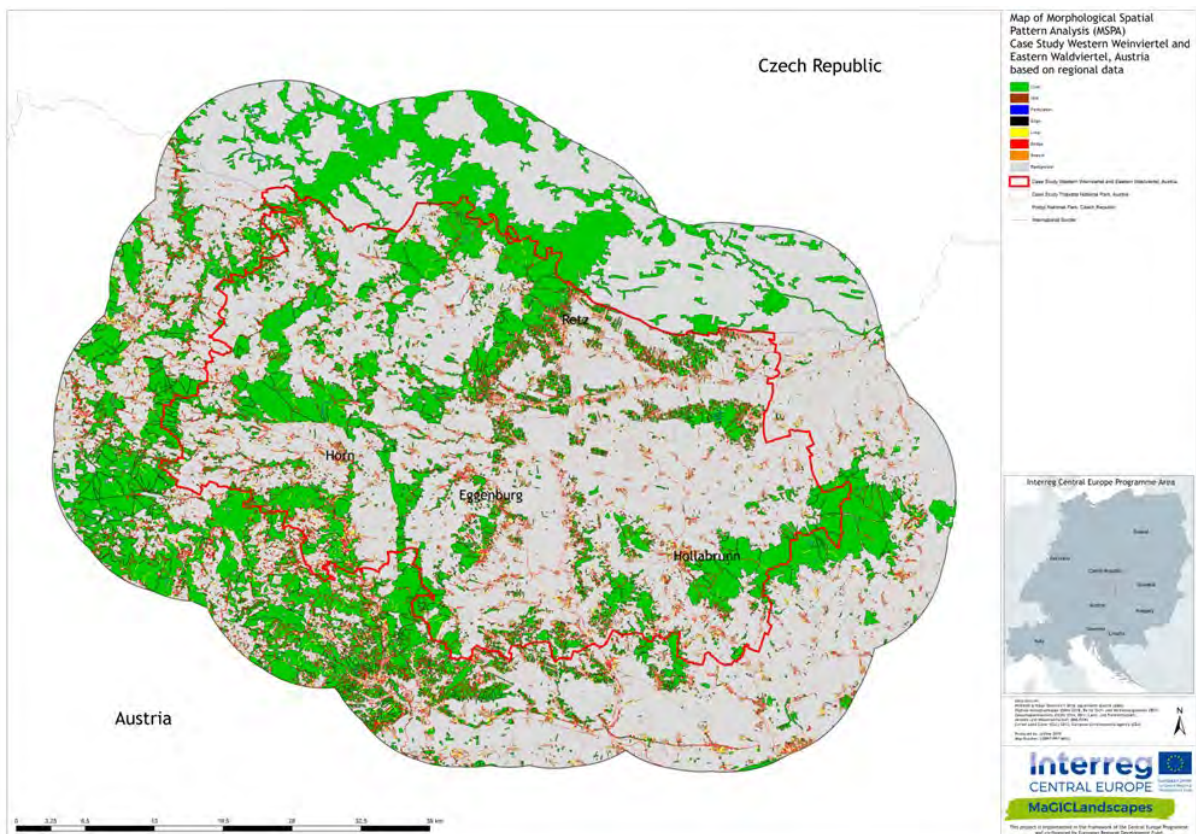


Abbildung 8: Ergebnisse der Morphological Spatial Pattern Analysis (MSPA) basierend auf regionalen Datensätzen für die Fallstudiengebiete „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ und „Nationalpark Thayatal“ (AT).

3.3.1.2 Netzwerkanalyse

Eine weitere informative Funktion von GuidosToolbox ist die automatische Erkennung von Verbindungswegen zwischen Kernflächen von Bildobjekten basierend auf den Ergebnissen der anfänglichen Anwendung von MSPA.

Neben der bloßen Erkennung von Verbindungswegen ordnet das Modul der „NW Components/Node/Link Importance“ von GuidosToolbox diese erkannten Pfade in Bezug auf die relative Bedeutung jeder Komponente, jedes Knotens und jeder Verbindung in einem gegebenen Netzwerk (Vogt et al., 2017) basierend auf der Anwendung der Konzepte und Metriken der Graphentheorie (Saura und Rubio, 2010; Saura, et. Al, 2011).

Zur Durchführung der Netzwerkanalyse wird das Ergebnis der MSPA verwendet, um ein Abbild des Netzwerks von GI-Elementen zu erstellen, das aus Knoten (MSPA-Klasse: Kernfläche) und Verbindungen (MSPA-Klasse: Brücke bzw. Verbindungen zwischen verschiedenen Kernen) besteht. Alle anderen MSPA-Klassen, die nicht



zum Netzwerk beitragen, werden vernachlässigt. Für die weitere Analyse des Netzes Grüner Infrastruktur in den MaGICLandscape Fallstudiengebieten haben wir die sogenannten NW-Components und die Node/Link-Bedeutung analysiert:

Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse der Netzwerkanalyse basierend auf dem transnationalen Datensatz für dieselbe Fallstudie, die für die Morphological Spatial Pattern Analysis ausgewählt wurde. Die österreichischen Fallstudiengebiete zeigen, dass durchsetzte Mischformationen komplexer Anbaumuster und Waldinseln das Rückgrat (dunkelgrau) wichtiger Kerne des erweiterten Fallstudiengebiets bilden. Andererseits werden Verbindungen (rot hervorgehoben) meist durch Bäche dargestellt, die gut mit angrenzenden GI-Strukturen oder Pufferzonen wie Uferstreifen oder Wäldern und Feuchtwiesen ausgestattet sind. Darüber hinaus stellen lineare Korridore komplexer Anbaumformationen, die mit trockenem Grasland vermischt sind, sehr wichtige Links im Fallstudiengebiet dar.

Wie die MSPA-Ergebnisse bereits zeigten, enthält der westliche Teil des Fallstudiengebiets weit mehr Kernflächen und Verbindungen von hoher oder zumindest mittlerer Bedeutung als der östliche Teil.

Zusammenfassend lassen sich die relevantesten Verbindungen lokalisieren sowie feststellen, welche Kernflächen besser miteinander verknüpft sind und welche nicht. So werden die prioritären Bereiche des bestehenden GI-Netzwerkes und seiner Korridore bestimmt.

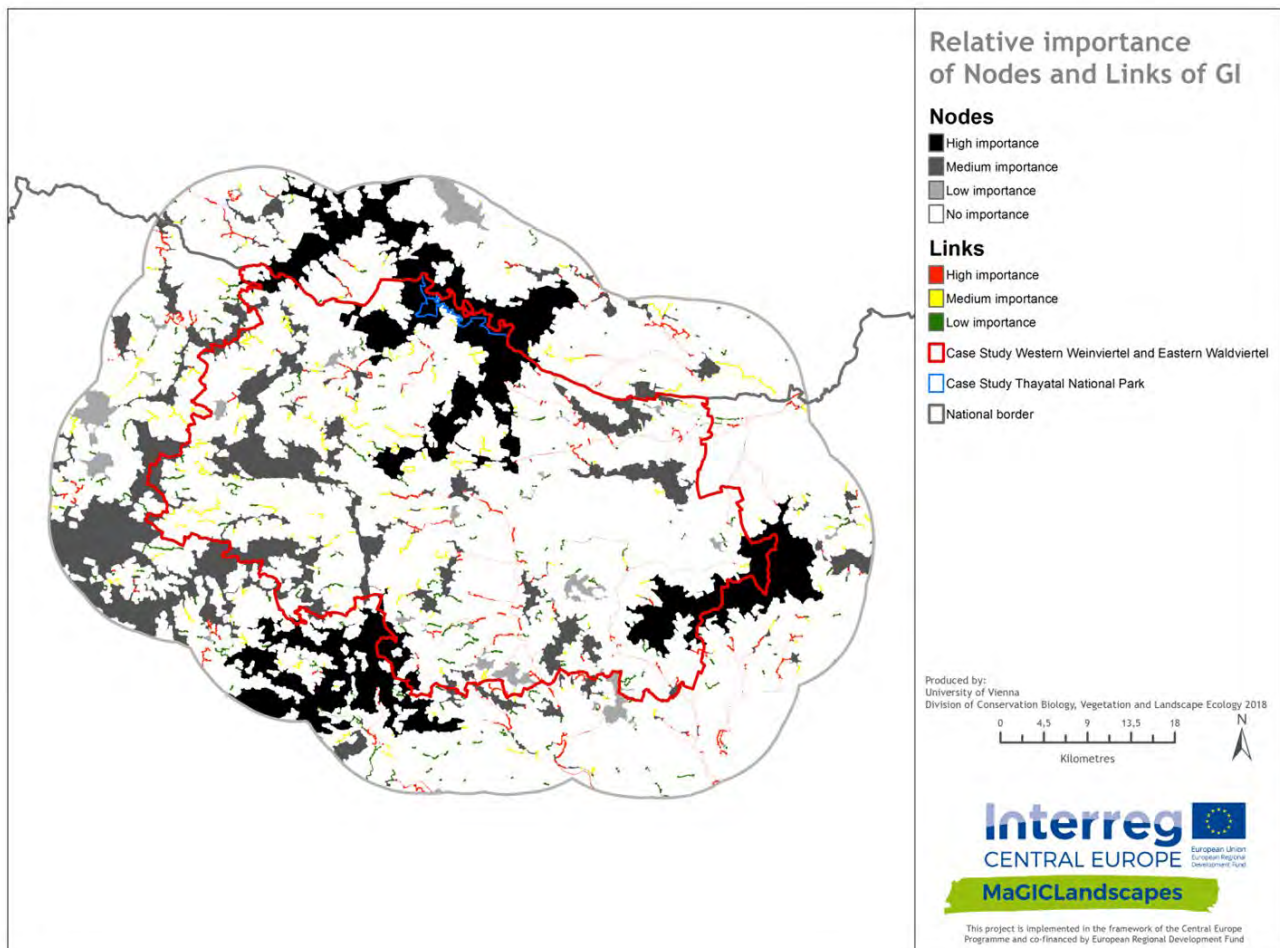


Abbildung 9: Ergebnisse der Netzwerkanalyse auf Basis des transnationalen Datensatzes für das Fallstudiengebiet „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ und „Nationalpark Thayatal“ (AT).

Aufgrund der hohen Auflösung der Eingabedaten für die Analyse von GI auf regionaler und lokaler Ebene wurde das GuidosToolbox-Modul Netzwerkanalyse auf dieser räumlichen Ebene nicht durchgeführt.



3.3.1.3 Euklidische Distanz

Um den Grad der Unversehrtheit, Form und räumlichen Anordnung von Patches auf einer gegebenen binären Karte zu messen, die auch für die MSPA verwendet wurde, bietet die Analysemethodik der Euklidischen Distanz und Hypsometrische Kurve (HMC) eine praktische und effektive Methode. Das Modul des Analyseschemas Euklidische Distanz und HMC ist auch in Guidos Toolbox verfügbar und verwendet dieselben Eingabedaten wie die oben beschriebene MSPA.

Diese Anwendung erstellt Karten von Objekten, die die Euklidische Distanz innerhalb und außerhalb dieser Objekte zeigen. Zur Veranschaulichung der Einflusszonen jedes Objekts und zum Ableiten der paarweisen Nähe zwischen benachbarten Bildobjekten kann diese Art der Analyse verfolgt werden. Für den Aufbau kosteneffizienter Verbindungswege in der Restaurationsplanung kann die Nähe zur Lokalisierung bestehender Objekte genutzt werden (Vogt et al., 2017).

Hinsichtlich der Konnektivität der Grünen Infrastruktur liefern die erzeugten Distanz-Karten räumlich explizite Informationen, die es ermöglichen, Hotspots stark fragmentierter Gebiete oder solche, die von etablierten GI-Netzwerken dominiert werden, hervorzuheben. Die räumlichen Informationen dieser Distanz-Karten von GI können für Monitoring, Planung und Risikobewertung von großer Bedeutung sein.

Darüber hinaus ist das einfache aber intuitive Analyseschema einfach zu kommunizieren und kann mit einer Vielzahl von räumlichen Planungsmaßnahmen in Verbindung gebracht werden, indem der Grad der Fragmentierung oder Unversehrtheit veranschaulicht wird und direkte Vergleiche mit den Ergebnissen zwischen den Fallstudiengebieten ermöglicht werden können.

Die Euklidische Distanz wurde sowohl auf den transnationalen Datensatz als auch auf die regionalen Datensätze angewandt und zeigt die Ergebnisse auf der Grundlage des transnationalen Datensatzes für die österreichische Fallstudie (Abbildung 10), der bereits für die MSPA und Netzwerkanalyse beschrieben wurde, sowie für das tschechische Fallstudiengebiet Kyjovsko (Abbildung 11) als weiteres Beispiel.



Für das Fallstudiengebiet in Abbildung 10 unterstützen die Ergebnisse der Analyse das Ergebnis und die Interpretation der vorherigen MSPA und der Netzwerkanalyse. Die Messung der Euklidischen Distanz liefert Informationen über die Einflusszonen von GI-Elementen: Die erzeugten tatsächlichen und potentiellen Verbindungselemente werden durch das Wasserlaufnetz dargestellt. Vielerorts stehen diese kanalisiert, begradigten und vertieften Bäche in direktem Kontakt mit den angrenzenden Ackerflächen. Benachbarte Strukturen von GI oder Pufferzonen wie Uferstreifen oder Wälder und Feuchtwiesen fehlen völlig. Auch die Hotspots von GI können identifiziert werden.

Trotz der oft reduzierten Pufferzonen entlang der Wasserläufe unterstreichen die Ergebnisse die Bedeutung dieses Wassernetzes als Element der GI und die Notwendigkeit, Pufferzonen für die Erhaltung der funktionalen Konnektivität zu fördern.

In den strukturarmen landwirtschaftlich genutzten Umgebungslandschaft im Osten des Fallstudiengebiets wurde das kleine Netz von Schutzbändern und Windschutzgürteln besonders anhand der Darstellung durch die Euklidische Distanz hervorgehoben. Sie weist auf die Bedeutung der aktuellen Elemente und die Notwendigkeit der weiteren Etablierung eines solchen grünen Netzwerkes in den intensiv genutzten Gebieten hin.

Das bereits etablierte GI-Netzwerk, das durch gemischte Formationen komplexer Anbaumuster aus Weingärten, Waldinseln, Weiden und landwirtschaftlich genutzten Flächen repräsentiert wird, wurde durch die Analyse unterstrichen. Zusätzliche Vernetzungsmöglichkeiten dieser komplexen Landschaftsmuster trugen wesentlich zu den hervorgehobenen potenziellen Verbindungswegen bei.

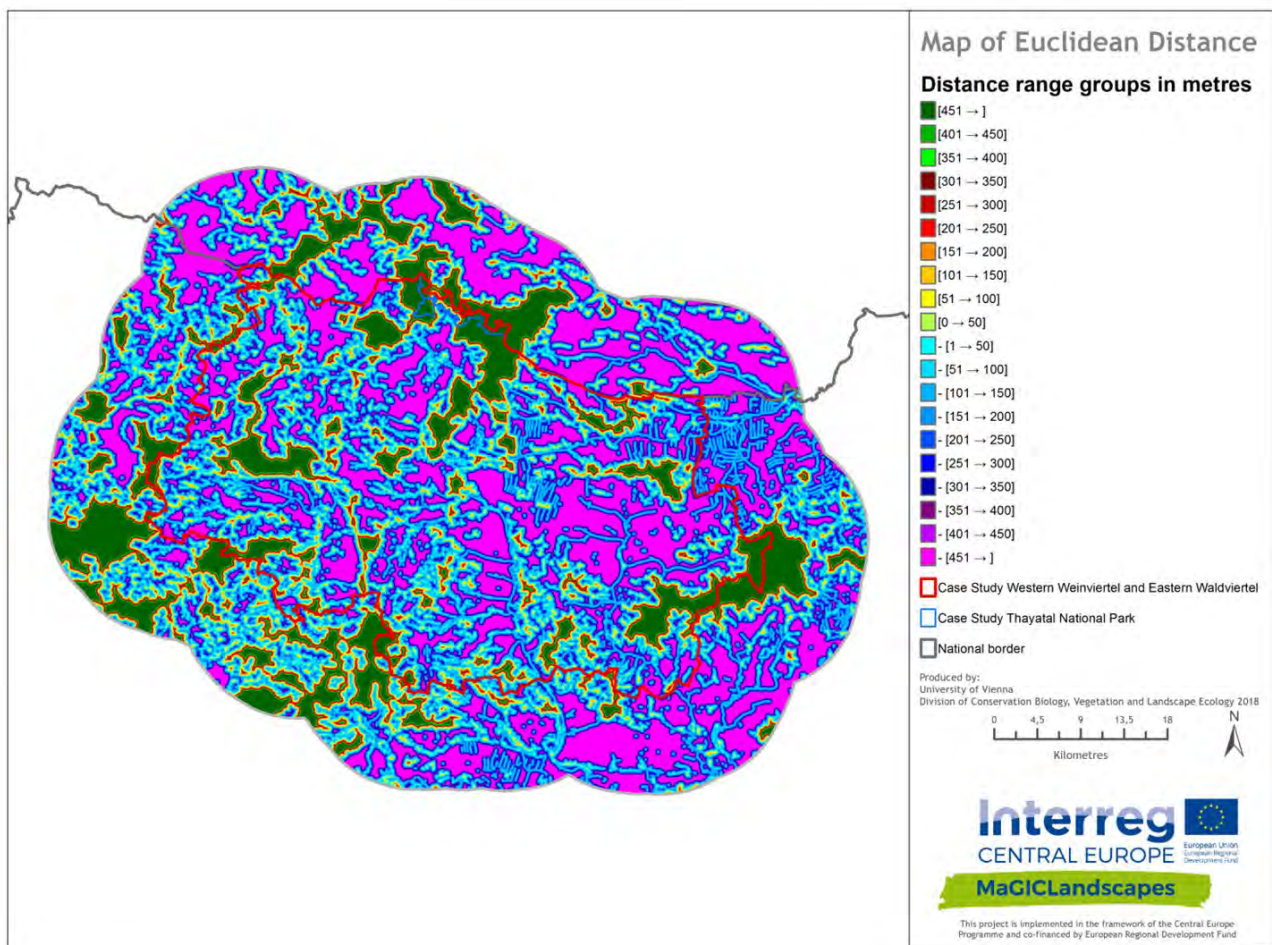


Abbildung 10: Ergebnisse der Euklidischen Distanz basierend auf dem transnationalen Datensatz für die Fallstudiengebiete „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ und „Nationalpark Thayatal“ (AT).



Im tschechischen Fallstudiengebiet Kyjovsko hat die Analyse der Euklidischen Distanz (Abbildung 11) fehlende GI-Elemente noch mehr als die beiden vorherigen Analysen aufgezeigt. Sie bestätigte den Mangel an GI im Norden und Südosten des erweiterten Fallstudiengebietes sowie im Süden der Region Kyjovsko. Die Auswertung der Analyse zeigte auch Potenzial zur Stärkung der GI entlang der Korridore/Verbindungsachsen, vor allem diejenigen, die von Flüssen gebildet werden, die auch in der Regel von sehr schmalen Streifen von Holz- oder Grünlandvegetation begleitet werden, aber auch Flecken von komplexen Anbaumustern, die viele Ökosystemdienstleistungen bieten könnten.

Auch das zweite Beispiel unterstreicht die Rolle der meist kleinmaßstäbigen GI, die als Korridore innerhalb der intensiv genutzten Landschaft zwischen den Kerngebieten von GI fungiert. Wie in der Karte unten zu sehen ist, stellen sie trotz ihrer geringen lateralen Ausdehnung einen wesentlichen Teil des GI-Netzwerks dar.

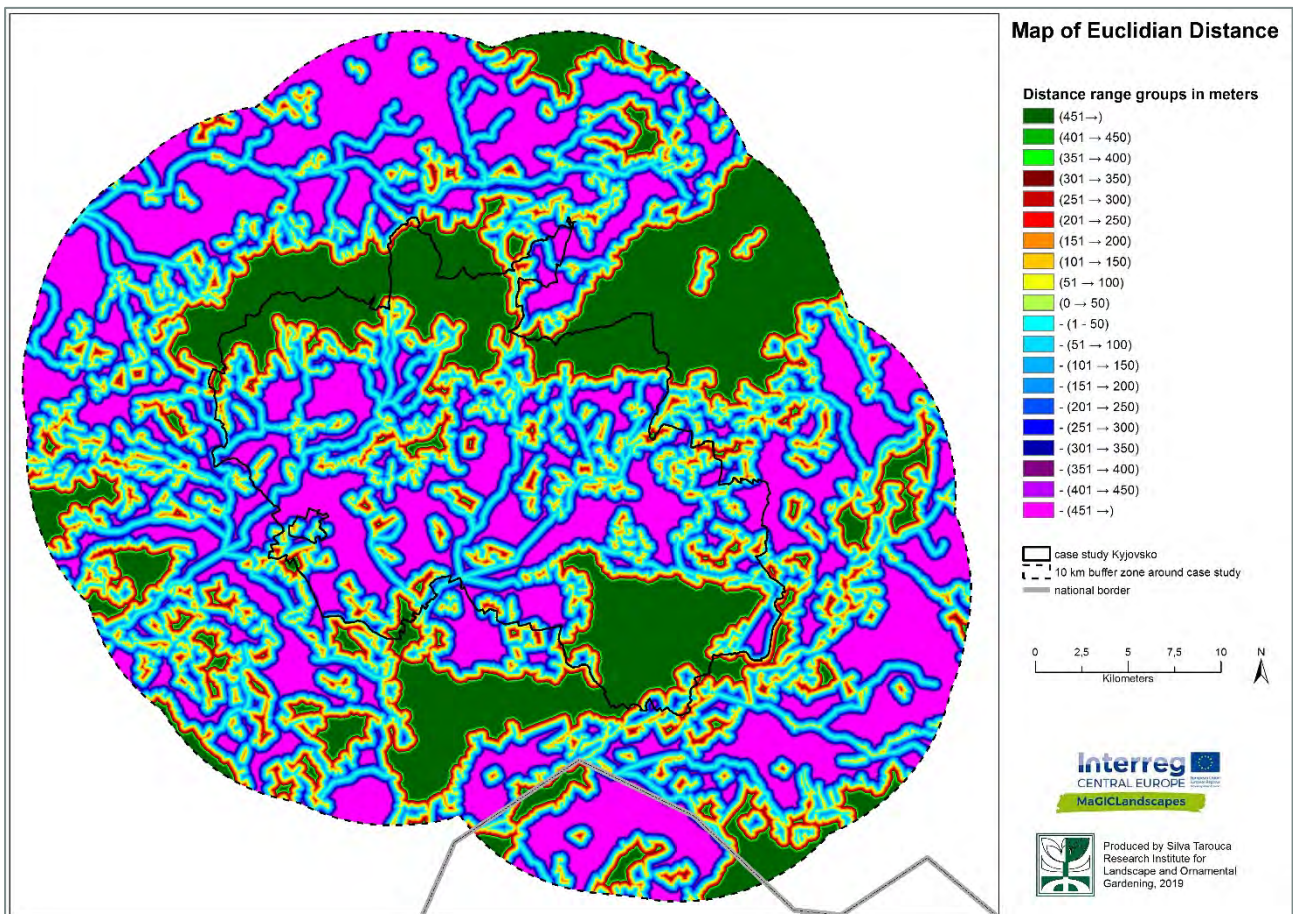


Abbildung 11: Die Ergebnisse der Euklidischen Distanz basieren auf dem transnationalen Datensatz für das Fallstudiengebiet Kyjovsko (CZ).



In Abbildung 12 sind die Ergebnisse der regionalen und lokalen Umsetzung der Euklidischen Distanz für die österreichischen Fallstudiengebiete zu sehen. Sie zeigen ein viel detaillierteres Bild der Einflusszonen von GI-Elementen. Durch die Einbeziehung weiterer kleiner GI-Elemente wie Bäche, Böschungen, Straßenbegrünungen, Hausgärten und sonstige öffentliche Grünflächen, werden die Vernetzungsmöglichkeiten im Fallstudiengebiet deutlich hervorgehoben. Andererseits scheinen umfassende, nicht fragmentierte Elemente durch die Fragmentierung durch das Vorhandensein eines weitreichenden Verkehrsnetzes oder eingestreute Flächen intensiv genutzter Ackerflächen stark beeinflusst.

Anhand der regionalen Daten werden die Hotspots und die feinen GI-Netzwerke sowie die Coldspots und Fragmentierungsstrukturen im Vergleich zu den Ergebnissen der CORINE-Daten (Abbildung 13) wesentlich realistischer dargestellt. Die Analyse bringt eine Karte hervor, die wichtige GI-Strukturen in ihrer Intaktheit und Verbundenheit zeigt.

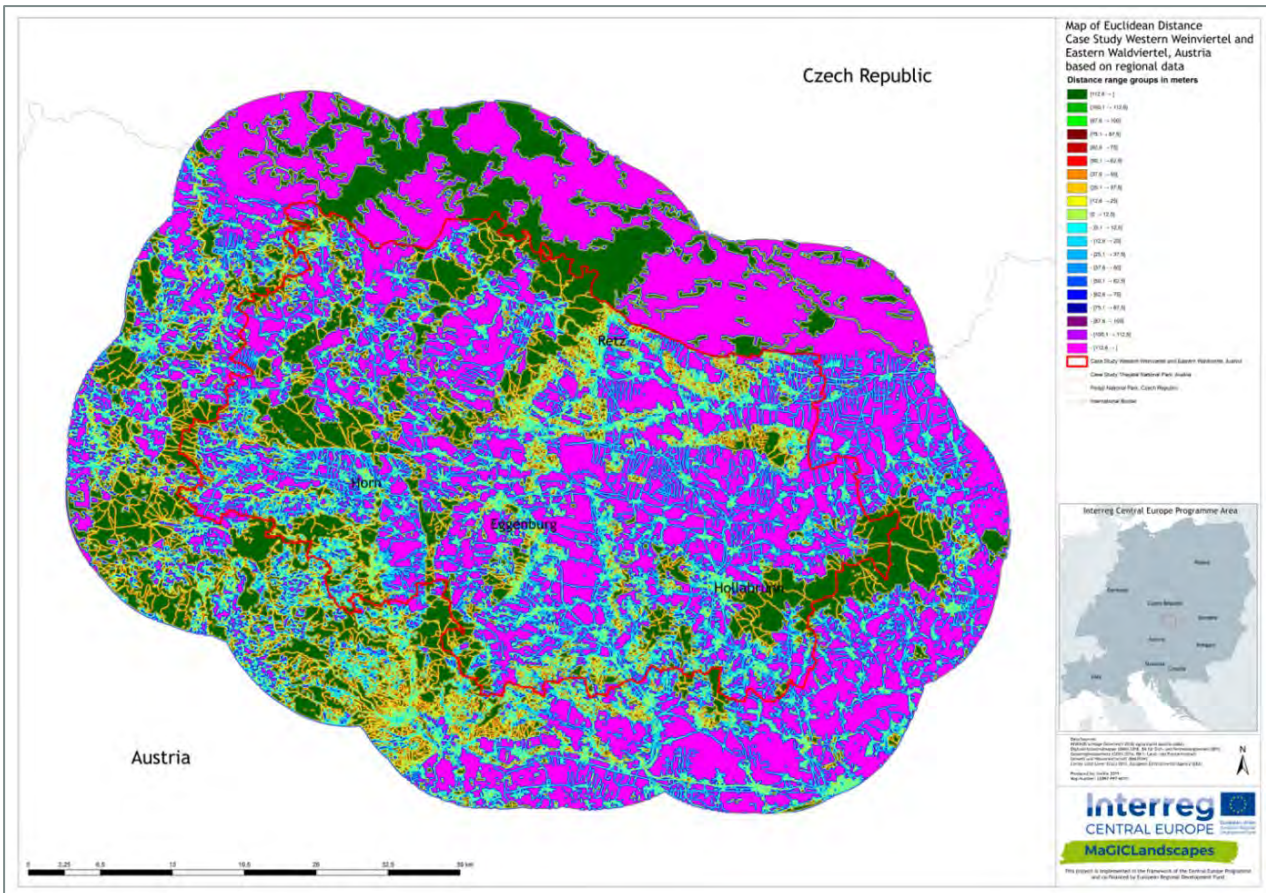


Abbildung 12: Ergebnisse der Euklidischen Distanz basierend auf den regionalen Datensätzen für die Fallstudiengebiete „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ und Nationalpark Thayatal (AT).

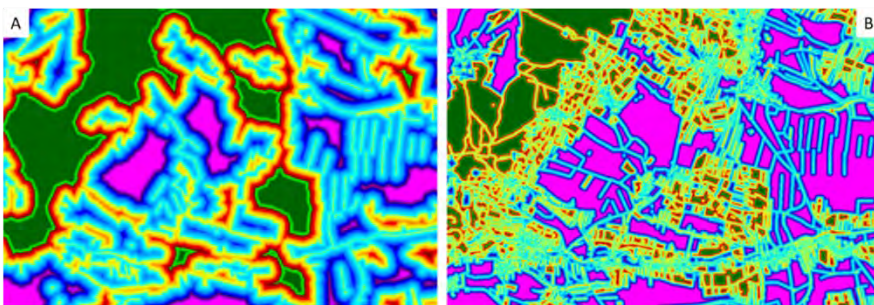


Abbildung 13: Beispielhafte Detailsektion der Ergebnisse der Euklidischen Distanz auf Basis von CORINE Land Cover (A) und basierend auf regionalen Geodaten (B) für das österreichische Fallstudiengebiet „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“.



Die Karte des Fallstudiengebietes Kyjovsko mit den Euklidischen Distanzen auf Basis regionaler und lokaler Daten unterstreicht auch die Fragmentierung von Waldkernen im Norden und Südosten durch Forststraßen. Dies gilt besonders für die Region Kyjovsko, wo detailliertere Daten verfügbar waren. In den umliegenden Gemeinden, wo nur die konsolidierte Ebene der Ökosysteme zur Verfügung stand, die nur asphaltierte Straßen umfasst, erscheint die gleiche Art von Waldkernen mehr oder weniger intakt.

In Abbildung 14 und Abbildung 15 sind diese auffälligen Unterschiede zwischen den verschiedenen Datenquellen deutlich zu erkennen: einerseits kleinere Einflusszonen, andererseits mehr Verbindungen (in gelb und blau dargestellt) und stärkerer Einfluss von Kernen (in grün und rot dargestellt), was vor allem kleinen Betrieben, Waldflächen, aber auch Wein- und Obstgärten zuzuschreiben ist, insbesondere in Fällen, in denen sie von Holz- und Grünstreifen begleitet werden.

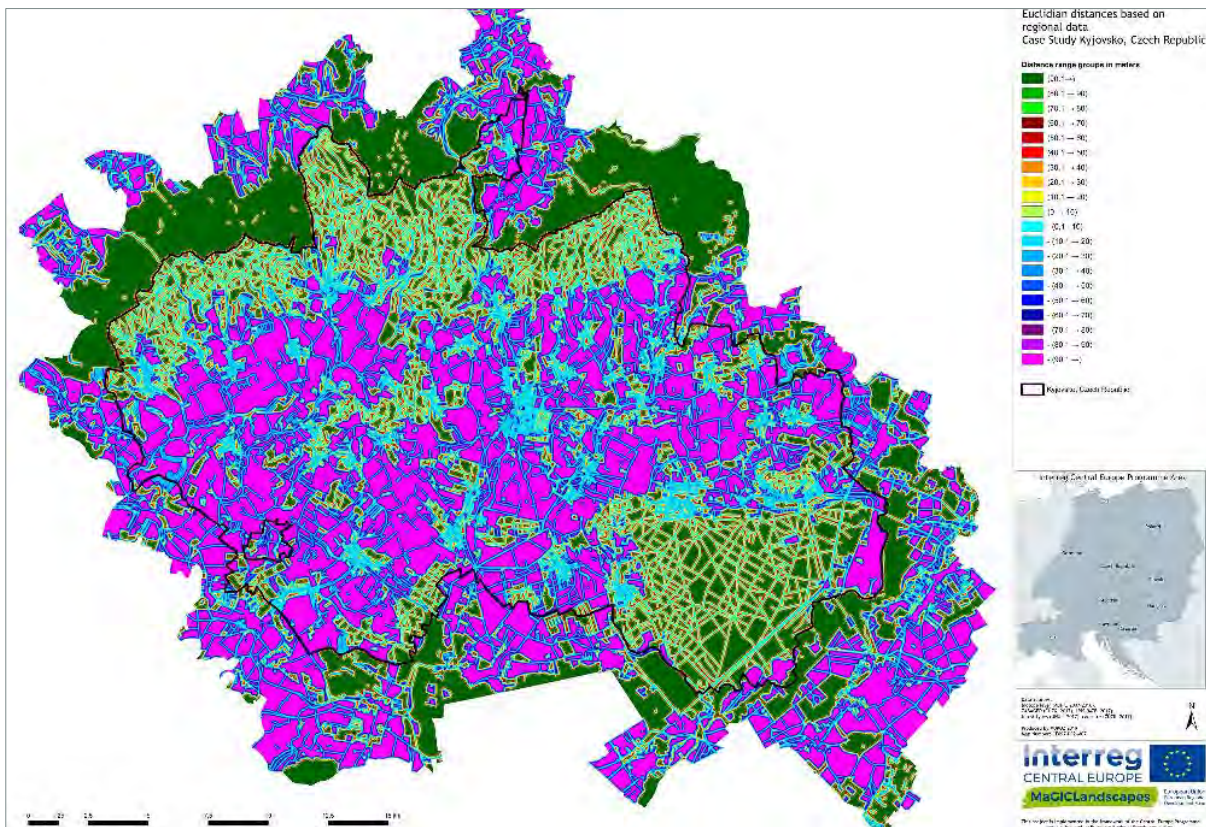


Abbildung 14: Ergebnisse der Euklidischen Distanz auf Grundlage der regionalen Datensätze für das Fallstudiengebiet „Kyjovsko“ (CZ).

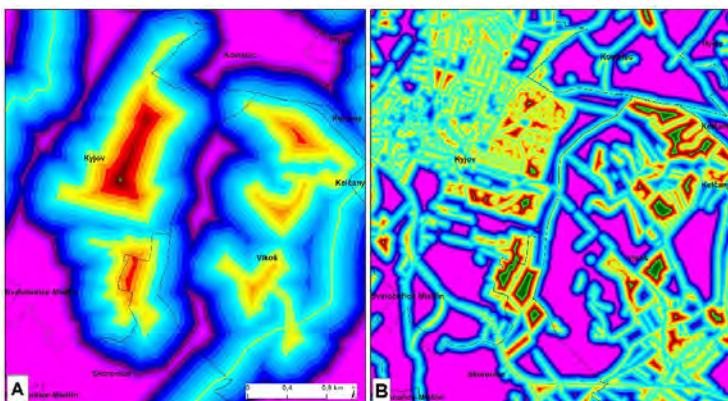


Abbildung 15: Beispielhafte Detailsektion der Ergebnisse der Euklidischen Distanz basierend auf CORINE Land Cover (A) und basierend auf regionalen Geodaten (B) für das tschechische Fallstudiengebiet „Kyjovsko“.



3.3.1.4 Feedback zur Konnektivitätsanalyse

Basierend auf den Erfahrungen der Projektpartner bei der Bewertung der MSPA in GuidosToolbox und der kritischen Analyse der Ergebnisse erscheint die Methodik nützlich und valide. Die Module von GuidosToolbox sind einfach zu bedienen und die frei zugängliche Software erleichtert deren Verwendung über MaGICLandscapes hinaus. Obwohl die Ergebnisse leicht in GIS-Anwendungen übertragbar sind, gibt es einige Probleme bei der Erstellung von Legenden für die jeweiligen Karten, die in der Regel manuell angepasst werden müssen, was zeitaufwändig ist. Die MSPA ist an sich selbsterklärend. Wenn sehr detaillierte räumliche Daten verwendet werden, liefert GuidosToolbox nützliche Ergebnisse für Landschaftsplanung und -management, insbesondere wenn die Ergebnisse mit anderen Methoden und Analysen verglichen werden. Zweitens können die Ergebnisse der GuidosToolbox-Analyse weiter für Raumplanungsanalysen und strategische Dokumente genutzt werden. Im Allgemeinen ermöglicht die Kombination der resultierenden Karten eine Vorstellung von der Funktionalität der ausgewählten Landschafts- bzw. GI-Elemente. Die einzigen Einschränkungen in der Benutzerfreundlichkeit der Software scheinen die Verfügbarkeit von Eingabedaten sowie die Größe der zu berechnenden Fallstudiengebiete zu sein.

Die Interpretation der Karten von Euklidischen Distanzen ist etwas komplizierter, lässt sich aber bei der Befolgung einer Reihe von Regeln recht leicht erklären - „rosa“ Farben zeigen Räume, in denen es an GI fehlt und diese daher Zielräume für die GI-Implementierung sind. „Grüne und rote“ Farben zeigen eine sehr gute GI-Präsenz, während „gelbe und blaue“ Farben eine Verbesserung der GI-Präsenz andeuten.

Durch die Auflösung der verfügbaren räumlichen Daten aus der transnationalen Anwendung liefern die Ergebnisse der drei Analyseverfahren grundlegende Erkenntnisse und ermöglichen die Entwicklung transnationaler und überregionaler Konzepte, die sich mit GI beschäftigen. Die intuitiven Analyseschemata von MSPA und Euklidischer Distanz können in Verbindung zu weiteren räumlichen Planungsmaßnahmen gebracht werden und sind auch einfach zu kommunizieren.

Wie oben erwähnt wurde auf Grund der hohen Auflösung der Eingabedaten für die GI-Analyse auf regionaler und lokaler Ebene das GuidosToolbox-Modul der Netzwerkanalyse nicht auf dieser räumlichen Ebene durchgeführt. Darüber hinaus sind die zugrundeliegende Theorie und der Hintergrund der Analyse, d. h. über graphische Theorie, nicht so leicht verständlich und selbsterklärend wie die Module von MSPA und Euklidischer Distanz.

Die durchgeführten Analysen zeigen zwei Ansätze, die unterschiedliche Datensätze verwenden. Der transnationale Ansatz basiert auf CLC-Daten (veraltet, mit geringer Auflösung und mit subjektiven Fehlern in der Klasseninterpretation), wobei eine voreingestellte Randbreite von 100 m verwendet wird. Dies mag für transnationale/nationale Analysen ausreichen, aber für lokale und sogar regionale Analysen sollten detailliertere Daten und feinere Kriterien verwendet werden. Dies geht aus dem zweiten Ansatz hervor, bei dem regionale und lokale Daten verwendet wurden, bei denen eine feinere Auflösung (Pixel mit bis zu 1 m) und auch feinere Kriterien (Randbreite von 10 m) verwendet wurden. Dieser Ansatz offenbart nicht nur „versteckte“ verbindende GI-Elemente und -flächen, sondern auch die größere Fragmentierung scheinbar ungestörter GI-Elemente.

Ein anderer Punkt ist die Tatsache, dass durch das Schneiden von Daten, d. h. das Erstellen einer „Insel“, die Ergebnisse ein wenig anders sein können, vor allem an den Rändern dieser „Insel“ als bei der Verwendung (räumlich) breiterer Datensätze. Um diese Randeffekte zu reduzieren, wurde um die Fallstudiengebiete jeweils eine Pufferfläche von 10 km gelegt. Dieser Faktor ist insbesondere bei der Verwendung der Netzwerkanalyse relevant. Für den Überblick über die Situation ist diese Art der Analyse jedoch recht anschaulich.



3.3.2 Methodik der Feldkartierung

Der Schlüssel zur Bewertung der Grünen Infrastruktur auf lokaler Ebene war die Begehung ausgewählter Testsektionen innerhalb der Fallstudiengebiete. Die Auswahl wurde aus den Ergebnissen der Karte der Grünen Infrastruktur basierend auf CORINE (2012) sowie der Morphological Spatial Pattern Analysis (MSPA) und der Messung der Euklidischen Distanz abgeleitet, um GI zu lokalisieren, die für die Konnektivität auf der Landschaftsskala wichtig ist. Das Ziel der lokalen GI-Kartierung war es, eine detaillierte Ansicht der ausgewählten Standorte zu liefern, die die hohe Vielfalt zeigt, die sich tatsächlich hinter den allgemeineren Klassen von CORINE oder sogar den regionalen Datensätzen versteckt. Die Daten wurden dann mit GIS-Software (ArcGIS, QGIS) und Microsoft Excel weiterverarbeitet.

3.3.2.1 Feldkartierung

Im Zuge der GI-Kartierung wurden im Vorfeld Bereiche von ausreichender Größe ausgewählt. Die Testsektionen der GI-Bewertung sollten sich in Gebieten von besonderem Interesse oder Gebieten potenzieller Eingriffe, wie Kernflächen, Korridore, Knotenpunkte, Trittsteine usw. oder in ökologisch sensiblen Gebieten befinden. Die gewählte Flächengröße und -form kann an die MSPA-Klassen angepasst werden (z. B. Kernfläche vs. Brücke). Die Gesamtfläche der Gebiete sollte jedoch (mindestens) 1 km² betragen.

Mit Hilfe der EUNIS (European Nature Information System) Habitatklassifikation (Stufe 3) (Davies & Moss 1999; Davies et al., 2004) und der entsprechenden nationalen Biotoptypen sowie der im Rahmen des Projekts MaGICLandscape entwickelten Kartierungsrichtlinien wurden die Landschaftselemente vor Ort anhand von Indikatorarten und Lebensraumbeschreibungen des EUNIS-Katalogs bestimmt. Die EUNIS-Habitatklassifikation ist *„ein umfassendes gesamteuropäisches System, das die harmonisierte Beschreibung und Erhebung von Daten in ganz Europa durch die Verwendung von Kriterien für die Identifizierung von Lebensräumen erleichtert. Die Klassifizierung ist hierarchisch und deckt alle Arten von Lebensräumen ab, von natürlichen bis hin zu künstlichen, von terrestrischen bis hin zu Süßwasser und Meeresgewässern“*

(EUA - Europäische Umweltagentur 2014).

In der Zwischenzeit gibt es allerdings ein offizielles Übersetzungsdokument zwischen CORINE Land Cover und EUNIS (Europäische Umweltagentur, 2009) sowie verschiedene nationale und internationale Biotopklassifizierungssysteme, die eine hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung der Feldkartierung darstellen.

Anschließend wurde jedes GI-Element kartographisch auf Luftbildern des Untersuchungsgebiets abgegrenzt. Der hemerobiotische Zustand oder der Grad der Natürlichkeit wurde nach Sukopp (1969) und Walz et al. (2014) auf einer Skala von 1 (metahemerobisch oder künstlich) bis 7 (ahemerobisch oder natürlich) klassifiziert, wobei nicht nur einige bezeichnende Beispiele für z. B. Agrarflächen, aber auch eine fachkundige Interpretation der spezifischen Landschaftsstruktur und Biotopmerkmale in den Untersuchungsgebieten erforderlich sind. Schließlich wurden allgemeine Merkmale und Barrieren, die die Durchlässigkeit von GI verringern, in dem bereitgestellten Felderhebungsbogen notiert.

3.3.2.2 Datenvisualisierung

Nach der Arbeit im Gelände wurde eine Geodatenbank aufgebaut, indem die räumlichen Informationen der GI-Elemente mit den entsprechenden erarbeiteten Felderhebungsdaten verknüpft wurden. So können verschiedene Karten erstellt werden, die hochauflösende Bilder der gegenwärtigen Situation darstellen.



Vergleich Grüner Infrastruktur auf transnationaler, regionaler und lokaler Ebene

Ein wichtiges Ergebnis dieser Bewertung ist, den Vorteil der lokalen GI-Bewertung in Bezug auf die räumliche und qualitative Auflösung aufzuzeigen. Im Gegensatz zu den zuvor erstellten GI-Karten unter Verwendung transnationaler CORINE-Daten (2012) einerseits und der verfeinerten Karte von GI unter Berücksichtigung mehrerer, genauerer nationaler Datenquellen (z. B. Wassernetz oder Katasterkarte) andererseits kann mit der lokalen Bewertung eine viel detailliertere Sicht auf die funktionale und qualitative Vielfalt sowie die Vernetzung von GI erzielt werden. Darüber hinaus stellen die Kategorien der EUNIS-Habitatklassifikation (2017) eine auf internationaler Ebene vergleichbare Charakterisierung der GI dar. Die folgenden Seiten zeigen exemplarisch die lokale GI-Bewertung in den Fallstudiengebieten „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ (AT) und „Naturpark Dübener Heide“ (DE).



Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel (AT)

Die GI-Bewertung im österreichischen Fallstudiengebiet (Abbildung 16) konzentrierte sich auf Feuchtlebensräume und Gewässer. Die Kartierung wurde in einem Quadranten von 0,4 Quadratkilometern (400 x 1000 m) durchgeführt.

Es lässt sich feststellen, dass bei der transnationalen Karte von CORINE Land Cover (CLC) viele Details fehlen, vor allem in Bezug auf kleine Gewässer und die damit verbundene Vegetation. Mehrere Wege zwischen einer kleiner strukturierten Agrarlandschaft sowie vielen urbanen Grünflächen, wie z. B. Gärten, können auf regionaler und insbesondere auf lokaler Ebene identifiziert werden. Insgesamt ist ein bemerkenswerter Anstieg der Anzahl der Bodenbedeckungs-/Biotopklassen zu beobachten. Während die regionale CLC-Karte 15 Kategorien enthält, ergab die lokale Bewertung 39 EUNIS-Kategorien.

Ein anderer auffällender Unterschied, der sich durch die Feldkartierung, aber auch bereits auf der regionalen Ebene offenbart, ist der Verlauf des Flusses Pulkau und die damit verbundenen Lebensräume in diesem Quadranten. Der natürliche Flussverlauf in der Gemeinde Zellerndorf konnte wiederhergestellt werden. Wie in der Karte zu sehen (Abbildung 16c), gibt es mehrere Feuchtlebensraumtypen, wie artenreiche Helophytenriede, wassersäumende Röhrichte oder Auenwälder entlang des Flusses. An Standorten mit trockeneren Bedingungen konnten xerische Grünlandarten identifiziert werden.

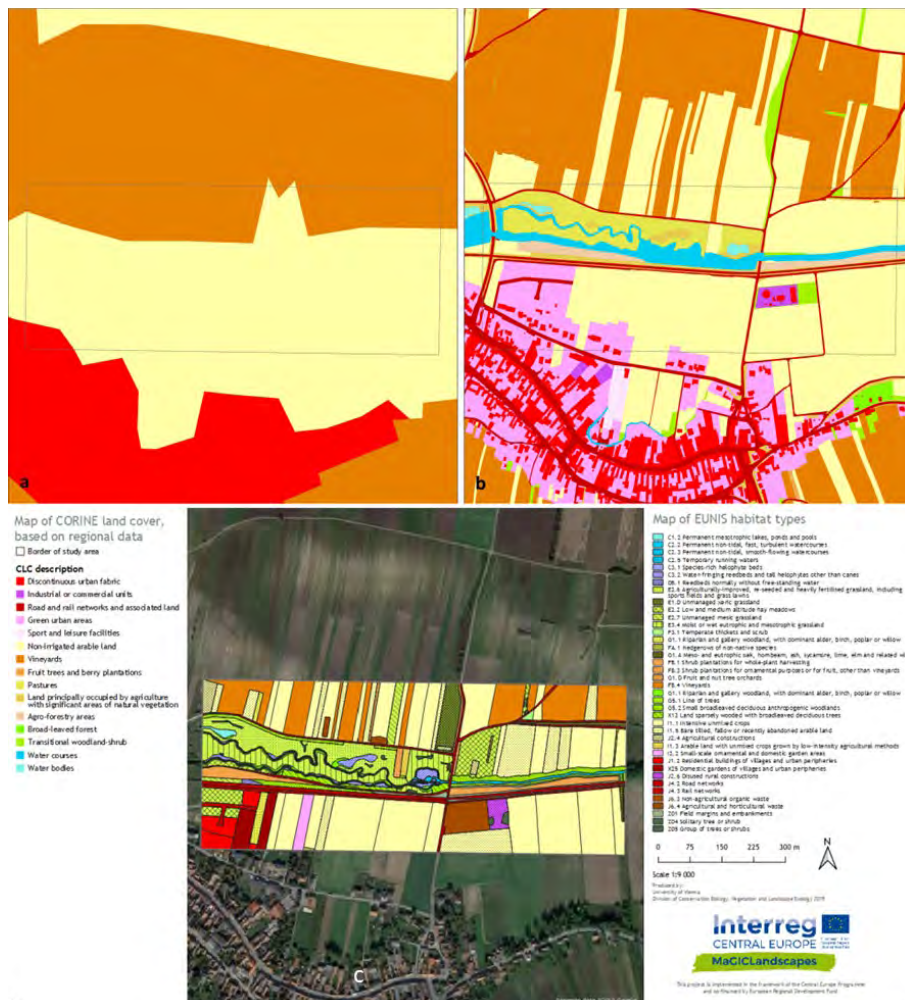


Abbildung 16: Karte der GI auf Basis von CORINE Land Cover (2012) bei transnationaler (a) und regionaler (b) Auflösung im Vergleich zu GI basierend auf der EUNIS-Habitatklassifikation (2017) auf lokaler Ebene mit Fokus auf Feuchtlebensräume und Wasser (Fallstudiengebiet „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ (AT)).



Naturpark Dübener Heide (DE)

Die Ergebnisse der Bewertung von GI in der städtischen Peripherie der Stadt Eilenburg sind in Abbildung 17 zu sehen. Eilenburg liegt am Rande des Naturparks Dübener Heide und gehört zum erweiterten Fallstudiengebiet. Die Vielfalt der Lebensraumtypen spiegelt sich allein in der Anzahl von Lebensraumklassen wider. Auf transnationaler Ebene gibt es nur 4 CLC-Klassen. Auf der Grundlage der regionalen Daten 14. Und im Zuge der Kartierung wurden 22 EUNIS-Klassen im Quadranten festgestellt. Der Fluss Mulde bildet die Hauptachse der Grünen Infrastruktur im Stadtgebiet Eilenburg. Schwemmvegetation, Grünland, große und alte Bäume bilden die begleitende Vegetation des Flusses. Die lokale Kartierung (Abbildung 17c) zeigt eine sehr strukturreiche Landschaft, in der sich nicht bewirtschaftete mesische Wiesen, Heuwiesen mittlerer Lagen, Flusssträucher, landwirtschaftlich verbessertes, wieder eingesätes und stark gedüngtes Grünland sowie Vorwälder und Frühstadien natürlicher und naturnaher Wälder mit Parklandschaften abwechseln. Es gibt auch städtische Nutzungen, wie Sportplätze, ein Veranstaltungsgelände und Wohnsiedlungen an der städtischen Peripherie und als Dörfer. Barrieren und Hindernisse für das Netzwerk und die Anbindung Grüner Infrastruktur sind ebenfalls auszumachen. Straßen- und Bahnnetze sind leicht zu erkennen. Einzelne grüne Elemente innerhalb der Stadt- und Industriegebiete sowie Parks, Kleingärten und Grünflächen können identifiziert werden. Baumreihen und Straßengrün treten nur bedingt auf, da die Registrierung solcher kleinteiligen Strukturen sehr komplex ist.

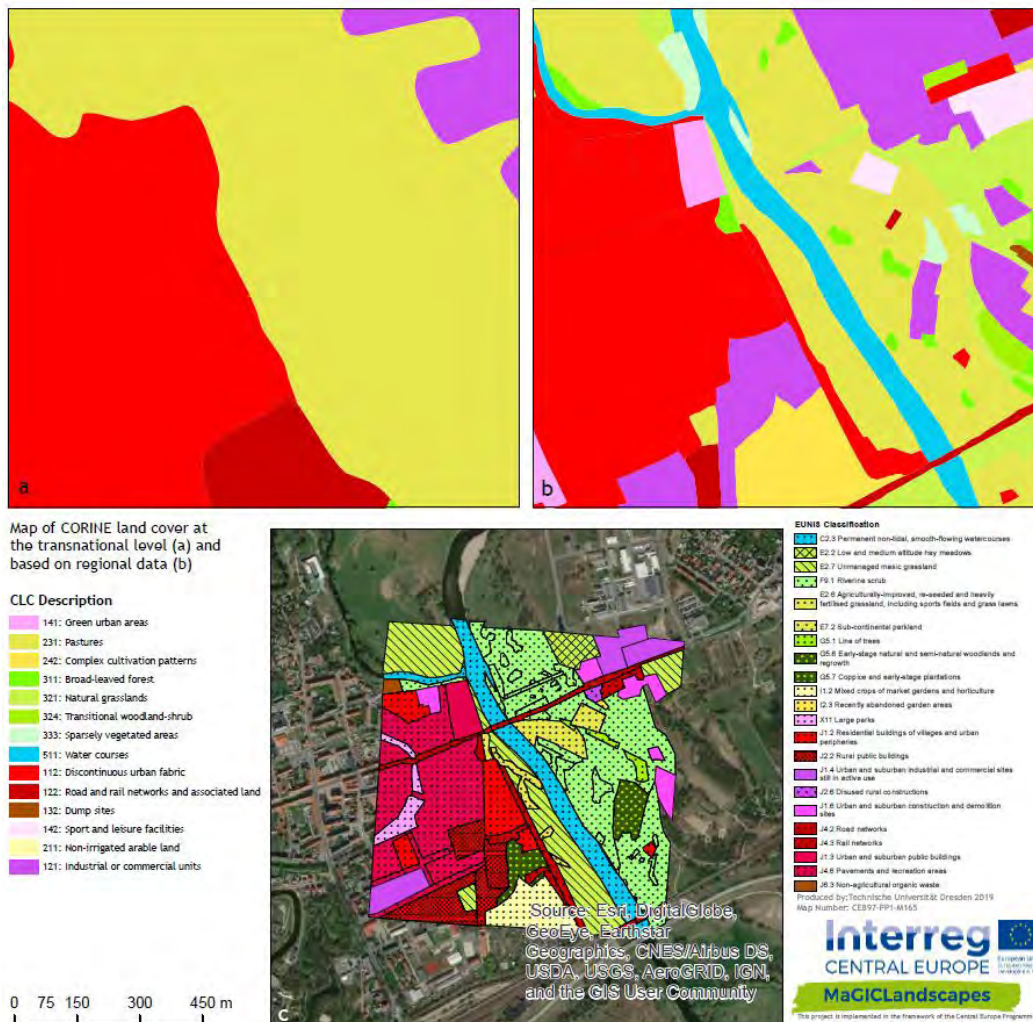


Abbildung 17: Karte der Grünen Infrastruktur basierend auf CORINE Land Cover(2012) auf transnationaler (a) und regionaler (b) Auflösung im Vergleich zu GI auf der Grundlage der EUNIS-Habitatklassifikation (2017) auf lokaler Ebene (c) mit dem Schwerpunkt auf der städtischen Peripherie der Stadt Eilenburg (Fallstudiengebiet „Naturpark Dübener Heide“ (DE)).



Grad der Natürlichkeit

Die Karten des Natürlichkeitsgrades von GI-Elementen liefern einen ebenso detaillierten Blick auf den anthropogenen Einfluss. Sie dienen als Grundlage für die Bestimmung von Gebieten, in denen der Bedarf an Maßnahmen zur Verbesserung oder Aufrechterhaltung der GI prioritär ist.

Der Hemerobie-Index misst den hemerobiotischen Zustand eines Gebiets: das Ausmaß der Abweichung von der potenziellen natürlichen Vegetation, die durch menschliche Aktivitäten verursacht wird.

Gradienten menschlichen Einflusses werden anhand einer Skala bewertet, die normalerweise 7 Stufen umfasst, wobei die höchste Ebene (ahemerobisch) „natürlichen“ oder nicht gestörten Landschaften, also Lebensräumen wie Moore, und die niedrigste Ebene (metahemerobisch) völlig gestörten oder „künstlichen“ Landschaften, wie städtischen Gebieten, entspricht. In einem agrarökologischen Kontext zeigt der Index den kulturellen Einfluss landwirtschaftlicher Praktiken auf Landschaften und potenzielle Vegetation.

Die Zuweisung einer Landnutzungsklasse zu einem bestimmten Hemerobiegrad berücksichtigt die Intensität, Dauer und Reichweite menschlicher Auswirkungen (Sukopp 1969). Während sich beispielsweise Wohngebiete durch eine hohe Bodenversiegelung auszeichnen, die einen hohen Einfluss auf die ökologische Funktion hat und meist von langer Dauer ist, enthalten land- und forstwirtschaftliche Flächen unterschiedliche Nutzungsintensitäten (Walz et al. 2014).

Nach Angaben des Joint Research Center der Europäischen Kommission und ihres wissenschaftlichen und technischen Berichts „Implementation of a EU wide indicator for the rural-agrarian landscape“ (Paracchini et al. 2011) wurde festgestellt, dass der Grad der Natürlichkeit neben der Struktur und dem gesellschaftlichen Bewusstsein für ländliche Landschaften einer von drei vorgeschlagenen Indikatoren ist.

Die Bewertung gibt einen interessanten Einblick in die Qualität von GI. Generell wird der hohe Wert von GI, die als ökologische Korridore innerhalb der Kulturlandschaft funktionieren, hervorgehoben. Das können z. B. Flüsse und ihre begleitenden Auen und Wälder sowie andere natürliche oder naturnahe Räume wie Wald und extensiver genutztes Grasland sein. Diese Elemente sind in der Matrix landwirtschaftlich genutzter Flächen, die zumindest als „fern von natürlich“ (3) eingestuft sind, wesentlich. Im Gegensatz zur GI mit hoher Natürlichkeit weisen künstliche Strukturen oder intensiv genutzte Flächen einen sehr geringen Grad an Natürlichkeit bzw. ein hohes Hemerobie-Niveau auf.

Tabelle 3: Tabelle des hemerobiotischen Zustands bzw. Grad der Natürlichkeit nach Sukopp (1969) und Walz et al. (2014).

Grad der Natürlichkeit		Hemerobiotischer Zustand	Definition	Prozesse/Menschlicher Einfluss	Indikative Beispiele
1	künstlich	metahemerob	asphaltiert, verbaut, zerstört	versiegelte Oberfläche, Biozönose zerstört	Straßen Gebäude versiegelte Flächen betonierte Kanäle und Gewässer Deponien Bergbaugebiete
2	fremd dem Natürlichen	polyhemerob	vollständig umgewandelt	starke Veränderungen in der Biozönose, Bedeckung des Biotops mit externem Material	standortsfremde Forste ohne Unterwuchs



					<p>intensive Weingärten und Obstgärten mit offenem Boden</p> <p>strukturarme Ziergärten</p> <p>Äcker ohne Beikrautvegetation</p> <p>extrem artenarmes Ansaatgrünland</p> <p>kanalisierte Gewässer</p> <p>Solarfelder</p> <p>Windparks</p> <p>urbane Grünflächen</p> <p>Golfplätze</p> <p>Gruben/Abbaustellen</p>
3	fern von natürlich	a-euhermerob	teilweise umgewandelt	<p>Ersatz von natürlicher mit nicht-heimischer Vegetation; Tiefpflügen, Bepflanzung, wesentliche Änderungen im Stoffkreislauf, Drainage, starker Einsatz von Dünger und Bioziden</p>	<p>strukturarme Forste</p> <p>von nicht-heimischen Arten dominierte Wälder</p> <p>Äcker mit standortsgerechter Beikrautvegetation</p> <p>artenärmere Fettwiesen und Weiden</p> <p>Einsaat-Weinbau und -Obstgärten</p> <p>Kurzzeitackerbrachen</p> <p>Spontanvegetation</p> <p>struktureiche Ziergärten</p> <p>verbaute Gewässer</p>
4	relativ fern von natürlich	b-euhermerob	stark beeinflusst	<p>wesentliche Veränderung der natürlichen Waldzusammensetzung; Verbesserung durch Nutzung von Dünger und Bioziden, Entwässerungsgräben</p>	<p>struktureiche Forste</p> <p>von standortsfremden Arten dominierte Wälder oder mit hohem Anteil an nicht-heimischen Arten</p> <p>artenreiche, wenig gedüngte Wiesen und Weiden</p> <p>extensive Weingärten</p> <p>Mittelzeitackerbrachen</p> <p>einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen (extensiv)</p> <p>extensive Äcker</p>



					<p>Olivenhaine mit permanenter Vegetationsbedeckung</p> <p>Agroforst-Systeme</p> <p>teilweise verbaute Gewässer, potentielles Auftreten von Vegetation und Fischen</p>
5	naturbetont	mesohemerob	mäßig beeinflusst	<p>mäßige Veränderung der Waldzusammensetzung, Rodung und gelegentliches Pflügen, extensive Beweidung, selten Dünger in kleinen Dosen</p>	<p>mehrstufige, zwischenzeitlich bewirtschaftete Wälder mit hohem Anteil an Totholz</p> <p>Wälder mit geringer Artenvielfalt und erhöhter Präsenz standortfremder Arten</p> <p>extensive Wiesen und Weiden</p> <p>Langzeitackerbrachen</p> <p>stark diversifizierte Agroforst-Systeme (Waldweide, beweidete Wälder)</p> <p>Gewässer mit natürlichem Ufer und Flussbetten umgeben von Kulturland, bewirtschafteten Wäldern oder vereinzelt Wasserkontrollstrukturen</p>
6	naturnah	oligohemerob	halbnatürlich	<p>begrenzte Entnahme von Holz, Naturweidewirtschaft, geringfügige Veränderungen im Stoffkreislauf, Verschmutzung durch Luft und Wasser</p>	<p>naturnah bewirtschaftete Wälder</p> <p>Wälder mit standortstypischen Arten und diverse naturnahe Biotope</p> <p>naturnahes Grünland (Halb-)Trockenrasen</p> <p>Stadien der Sukzession nahe dem Klimax</p>
7	natürlich	ahemerob	natürlich	keine Störung	<p>intakte Moore</p> <p>unberührte Wälder und Gewässer</p> <p>keine Nutzung</p>



Abbildung 18 zeigt die Ergebnisse dieses Musters qualitativer Patches und fragmentierter anthropogener Strukturen sehr gut dar.

Die Bewertung des Untersuchungsgebiets entlang des Flusses Pulkau (Abbildung 18A) zeigt die anthropogenen stark veränderten und zerstörten Gebiete, wie Gebäude, Straßen oder landwirtschaftliche Abfallablagerungen. Auf der anderen Seite ist der Fluss mit seiner unmittelbaren Vegetation bzw. den verschiedenen Arten von natürlichem und naturnahem Grünland zu sehen. Bemerkenswert ist der Unterschied zwischen den bewirtschafteten Flussabschnitten innerhalb und außerhalb des Restaurationsgebiets.

Die Analyse der Natürlichkeit im Stadtgebiet Eilenburg entlang der Mulde ist in Abbildung 18B dargestellt. Sie zeigt, dass die städtischen und versiegelten Gebiete deutlich mit Index 1 und 2 gekennzeichnet sind, ebenso die Straßen und Eisenbahnlinien. Parks, Kleingärten und ruderales Flächen wurden als Level 3 (fern von natürlich) klassifiziert. Nördlich des Untersuchungsgebiets befindet sich ein Naturschutzgebiet auf einer Insel inmitten der Mulde. Dies wurde mit Index 5 (naturbetont) und die GI entlang der Mulde mit Level 3 oder 4 bewertet.

Während also die Klassifizierung der EUNIS-Kategorien dem Kartierer verrät, welche GI-Elemente sich im Untersuchungsgebiet befinden, gibt die Bewertung der Natürlichkeit klare Informationen über die ökologische Qualität dieser Elemente. Dies ist eine nützliche Information, um zwischen den Elementen, die als *GI*, *teilweise GI* und *nicht GI* zu unterscheiden. Dies ermöglicht die Bestimmung der hochwertigen Gebiete auf lokaler Ebene, für die anschließend geeignete Empfehlungen für die Planung und Verwaltung gegeben und Maßnahmen ergriffen werden können, um die Situation aufrechtzuerhalten oder zu verbessern.

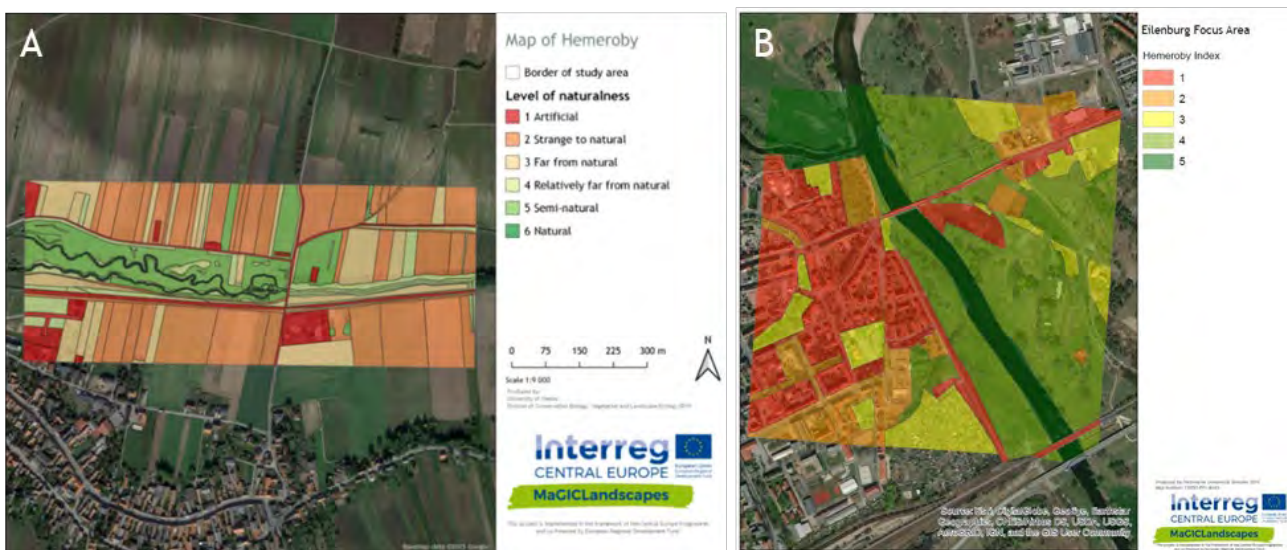


Abbildung 18: Ergebnisse der lokalen GI-Bewertung, die den Grad der Hemerobie für die Fallstudiengebiete Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel (A) und Naturpark Dübener Heide (B) zeigen.



Barrieren

Abgesehen von der EUNIS-Habitatkarte, die bereits ein genaues Bild des GI-Netzwerks auf lokaler Ebene liefert, verbessert die Berücksichtigung von Barrieren (Wände, Zäune oder andere künstliche Strukturen) innerhalb der einzelnen GI-Elemente die Sicht auf die Konnektivität von GI in den Fallstudiengebieten noch weiter.

Im Zusammenhang mit GI verringern Barrieren die Durchlässigkeit von GI für Fauna, Flora und nicht zuletzt den Menschen. Mangelnde Bewegungsmöglichkeiten beeinflussen den Genfluss der Pflanzen- oder Tierpopulation und können zum lokalen Aussterben führen. Anthropogene Strukturen, wie Gebäude oder eingezäunte Gärten, haben meist einen Barriereeffekt innerhalb der Landschaft. Die Hemerobie weist jedoch nicht immer auf das Vorhandensein von Barrieren im einzelnen GI-Element hin.

Dies ermöglicht die Detektion von Gebieten mit begrenzter Durchlässigkeit und daran anknüpfend die Entwicklung von spezifischen Bewirtschaftungsstrategien auf regionaler und lokaler Ebene, um bestehende Barrieren, wenn möglich, zu beseitigen und lokale GI aufrecht zu erhalten oder zusätzliche Grünelemente zu schaffen. Damit können ökologischer Korridore gesichert werden oder entstehen, damit Arten wandern und genetischer Austausch stattfinden können.

Innerhalb des bewerteten Quadranten des österreichischen Fallstudiengebiets (Abbildung 19) befinden sich einige Elemente mit offensichtlichen Barrieren, wie nicht durchgängige Stadtgebiete, Industriegebiete oder auch Gärten. Auch die Gleise an der Pulkau haben einen Barriereeffekt. Die größte Barriere in diesem Untersuchungsgebiet ist jedoch die eingezäunte Grünfläche des Restaurationsgebiets, wo Beweidung als Bewirtschaftungsmethode genutzt wird.

Der bewertete Quadrant des Fallstudiengebiets „Nationalpark Riesengebirge“ (CZ), der die Siedlungen in den Höhenlagen umgibt, ist in Abbildung 19B dargestellt. Dort ist die Einzäunung von Landbesitz und Grundstücken durch Geländer und Mauern aus Naturschutzgründen überwiegend nicht erlaubt, aber es ist möglich, die Landnutzung/Lebensraumkategorien mit hoher Barrierewirkung in allen Fallstudiengebieten zu identifizieren. Vor allem die Gebäude und Hauptstraßen haben erwartungsgemäß einen hohen Barriereeffekt. Sport- und Freizeiteinrichtungen während der Hauptsaison (Straßen, Loipen, Skilifte, Skipisten usw.) spielen eine sehr wichtige Rolle. Ein hoher Barriereeffekt wurde im durchgängigen, verbauten Bereich in der Ortsmitte und an den Hauptverkehrsstraßen mit hoher Verkehrsintensität festgestellt.

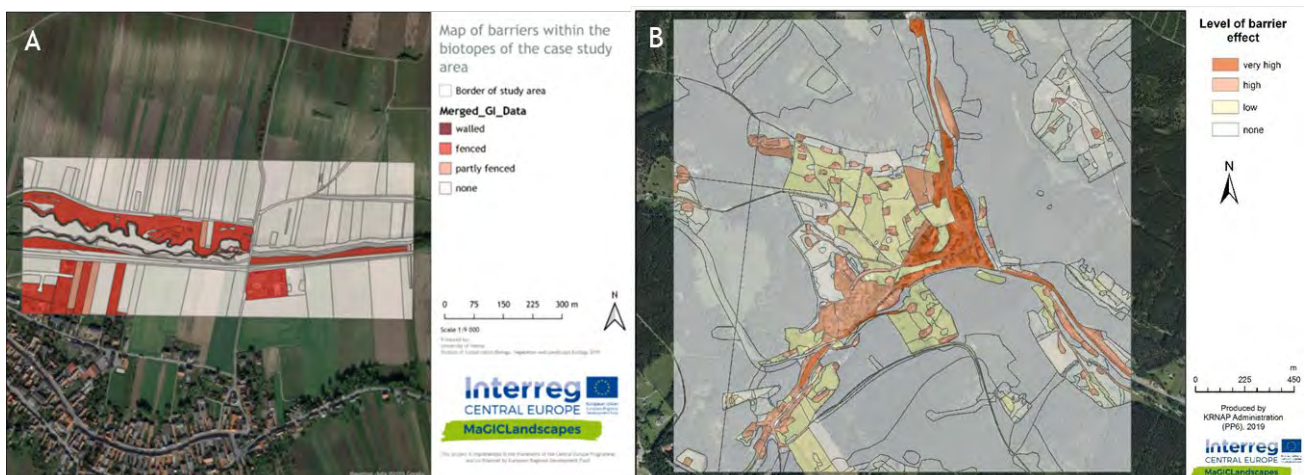


Abbildung 19: Ergebnisse der lokalen GI-Bewertung, die die Barrieren für die Fallstudiengebiete „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“ und (A) und „Nationalpark Riesengebirge (CZ)“ (B) aufzeigen.



3.3.3 Funktionalitätsanalyse

3.3.3.1 Erstellung der Kapazitätsmatrix der Landschaftsdienstleistungen

Die Funktionalitätsanalysen wurden durch Plotten von GI-Elementen und allen anderen Landnutzungsklassen durchgeführt, um Landschaftsdienstleistungen mit Hilfe der oben genannten Geodaten bereitzustellen. Insbesondere wenn sie auf partizipativen Ansätzen basieren, werden Kapazitätsmatrizen häufig für die Bewertung von Ökosystemleistungen verwendet, die perfekt den Zielen von MaGICLandscapes entsprechen.

Grundsätzlich ist eine Kapazitätsmatrix eine Nachschlagetabelle, die Landbedeckungstypen mit möglicherweise bereitgestellten Ökosystemleistungen (hier: Landschaftsdienstleistungen (LSD)) verbindet. Die 2009 von Burkhard et al. eingeführte Methode wurde seitdem in einer Reihe von Fallstudien entwickelt und angewendet (Campagne et al. 2017).

Um eine solide Kapazitätsmatrix von LSD für die CORINE Landbedeckungstypen für Mitteleuropa zu schaffen, wurde eine bestehende Matrix für Europa von Stoll et al. (2015) verwendet. Sie wurde von de Groot et al. (2002, 2006 und 2010) den Definitionen von LSD zugeordnet und von den Projektpartnern überarbeitet. Das wichtigste Werkzeug für die Analyse der GI-Funktionalität war die daraus resultierende endgültige Matrix von LSD, bestehend aus 30 einzelnen LSD in fünf Hauptleistungen, die zum Gesamtfunktionalitätswert für jeden Landbedeckungstyp aggregiert wurden.

Nach der Definition des Millennium Ecosystem Assessments (MEA) umfassen „*Ökosystemdienstleistungen*“ verschiedene Vorteile für die Menschen, die von Ökosystemen bereitgestellt werden. Sie können in vier Kategorien unterteilt werden:

- Bereitstellende Leistungen (z. B. Lebensmittel, Frischwasser)
- Regulierende Leistungen (z. B. Klimaregulierung, Bestäubung)
- Kulturelle Leistungen (z. B. Erholung, Bildung)
- Unterstützende Leistungen (z. B. Bodenbildung, Photosynthese)

Daher unterstützen diese Ökosystemleistungen (ÖSL) nicht nur grundlegende menschliche Bedürfnisse, sondern haben auch einen hohen wirtschaftlichen Wert (MEA, 2005; TEEB, 2010). Um diese komplexen sozio-ökologischen Systeme zu verstehen und zu quantifizieren und darauf aufbauend Modelle von ÖSL zu entwickeln, sind Bewertungsmatrizen ein gebräuchliches Instrument in diesem Forschungsfeld (Burkhard et al., 2009, 2012; Stoll et al., 2015).

Wie oben erwähnt, wurde für die Bewertungsmethode des aktuellen Projekts die Matrix von Stoll et al. (2015) als Diskussionsgrundlage verwendet. Im Vergleich zum Konzept der LSD von de Groot et al. (2002, 2006 und 2010) verwendet es vier ÖSL-Gruppen (Ökologische Integrität, Regulierungsdienste, Bereitstellungsdienste und kulturelle Dienstleistungen), die 39 einzelne Dienstleistungen umfassen und Kapazitäten von sechs Ebenen zuweisen, entsprechend einem der folgenden Werte für jede CORINE Landbedeckungskategorie, um ihre Kapazität für jeden ÖSL anzugeben:

- 0 = keine relevante Kapazität des Landbedeckungstyps zur Erbringung dieser ÖSL,
- 1 = geringe relevante Kapazität,
- 2 = relevante Kapazität,
- 3 = mittlere relevante Kapazität,
- 4 = hohe relevante Kapazität und
- 5 = sehr hohe relevante Kapazität



Im Vergleich zu ÖSL berücksichtigen LSD mehrere räumliche Muster, die sich aus menschlichen und natürlichen Prozessen ergeben, sowie die soziale Dimension (Vallés-Planells et al. 2014). Dadurch wird das breitere Konzept der LSD besser anwendbar und wird daher häufig in der Landschaftsplanung eingesetzt. Wie bereits ausführlich im MaGICLandscapes ‚Green Infrastructure Handbook - Conceptual & Theoretical Background, Terms and Definitions‘ (John et al., 2019) beschrieben, haben wir deshalb das Konzept der Landschaftsdienstleistungen angewandt. Basierend auf de Groot (2006) werden Landschaftsfunktionen in fünf primäre Kategorien eingeteilt (basierend auf de Groot 1992 und de Groot et al. 2002):

- **Regulierungsfunktionen:** Diese Gruppe von Funktionen bezieht sich auf die Fähigkeit natürlicher und naturnaher Ökosysteme, wesentliche ökologische Prozesse und lebenserhaltende Systeme durch biogeochemische Zyklen und andere biosphärische Prozesse zu regulieren. Regulierungsfunktionen erhalten ein „gesundes“ Ökosystem in verschiedenen Maßstäben und bieten auf Biosphärenebene die Bedingungen für das Leben auf der Erde. In vielerlei Hinsicht bieten diese Regulierungsfunktionen die notwendigen Voraussetzungen für alle anderen Funktionen. Daher sollte darauf geachtet werden, ihren Wert in der wirtschaftlichen Analyse nicht zu verdoppeln. Theoretisch wäre die Zahl der Regulierungsfunktionen nahezu unbegrenzt, aber für die Landschaftsplanung werden nur jene Regulierungsfunktionen berücksichtigt, die Dienstleistungen erbringen und damit direkte und indirekte Vorteile für den Menschen haben (wie die Erhaltung sauberer Luft, Wasser und Boden, Verhinderung von Bodenerosion und biologische Kontrolldienste). (de Groot 2006, S. 177)
- **Habitatfunktionen:** Natürliche Ökosysteme bieten Wildpflanzen und Tieren Zuflucht und Fortpflanzungshabitat und tragen damit zur (in situ) Erhaltung der biologischen und genetischen Vielfalt und evolutionären Prozesse bei. Wie der Begriff schon sagt, beziehen sich Habitatfunktionen auf die räumlichen Bedingungen, die erforderlich sind, um die biotische (und genetische) Vielfalt und evolutionäre Prozesse aufrechtzuerhalten. Die Verfügbarkeit oder der Zustand dieser Funktion basieren auf den physikalischen Aspekten der ökologischen Nische innerhalb der Biosphäre. Diese Anforderungen unterscheiden sich für verschiedene Artengruppen, können aber im Hinblick auf die Tragfähigkeit und den räumlichen Bedarf (minimale kritische Ökosystemgröße) der natürlichen Ökosysteme, die sie bereitstellen, beschrieben werden. (De Groot 2006, S. 177-178)
- **Produktionsfunktionen:** Photosynthese und Nährstoffaufnahme durch Autotrophe wandelt Energie, Kohlendioxid, Wasser und Nährstoffe in eine Vielzahl von Kohlenhydratstrukturen um, die dann von Sekundärproduzenten verwendet werden, um eine noch größere Vielfalt an lebender Biomasse zu schaffen. Diese Biomasse bietet viele Ressourcen für den menschlichen Gebrauch von Nahrungsmitteln und Rohstoffen (Fasern, Holz usw.) bis hin zu Energieressourcen und genetischem Material. (De Groot 2006, S. 178)
- **Informationsfunktionen:** Da der größte Teil der menschlichen Evolution im Kontext eines nicht domestizierten Lebensraums stattfand, bieten natürliche Ökosysteme eine wesentliche „Referenzfunktion“ und tragen zur Erhaltung der menschlichen Gesundheit bei, indem sie Möglichkeiten zur Reflexion, spirituellen Bereicherung, kognitiven Entwicklung, Erholung und ästhetischen Erfahrung bieten. (De Groot 2006, S. 178)
- **Trägerfunktionen:** Die meisten menschlichen Tätigkeiten (z. B. Anbau, Behausung, Transport) benötigen Platz und ein geeignetes Substrat (Boden) oder Medium (Wasser, Luft), um die zugehörige Infrastruktur zu unterstützen. Die Nutzung von Trägerfunktionen beinhaltet in der Regel eine permanente Umwandlung des ursprünglichen Ökosystems. Daher ist die Fähigkeit natürlicher Systeme, Trägerfunktionen auf einer nachhaltigen Basis zu erfüllen, in der Regel begrenzt (Ausnahmen sind bestimmte Arten des sich verschiebenden Anbaus und Transports auf Wasserstraßen, die in kleinem Maßstab ohne dauerhafte Schäden am Ökosystem möglich sind). (De Groot 2006, S. 178)

Daher wurden die Kapazitätswerte der einzelnen ÖSL von Stoll et al. (2015) mit den entsprechenden Bedingungen der De Groot et al. (2006) Klassifikation abgeglichen. Als Zwischenergebnis wurde eine



europaweite Matrix mit der reklassifizierten Terminologie erstellt, die als Grundlage für die weitere Diskussion unter den Projektpartnern diente und 1.320 Basiswerte enthielt.

Anschließend wurde die Matrix in der ersten Runde der expertenbasierten Revision durch die Projektpartner bearbeitet. Nach der ersten Überprüfungsrunde zur Anpassung der Werte nach Fallstudiengebieten wurden die Mittelwerte für jeden Kapazitätspunkt berechnet. Die daraus resultierende Tabelle wurde innerhalb des Partnerkonsortiums abgestimmt. Schließlich wurden die Ausreißer, d. h. Werte, die um mehr als ±2 von der ursprünglichen Punktzahl abweichen, analysiert und der Endwert definiert.

Die daraus resultierende endgültige Matrix der bewerteten LSD (Abbildung 20) konnte dann mit den Landbedeckungsklassen der Fallstudiengebiete auf transnationaler und regionaler Ebene verknüpft werden, um mehrere Aspekte von LSD darzustellen, von denen der Mensch in mehrfacher Hinsicht profitiert. Auf diese Weise kann die Erstellung von Karten, die die Kapazität einer Landschaft zur Bereitstellung eines einzelnen Dienstes oder den Mittelwert einer Gruppe von Funktionen darstellen, leicht abgebildet werden.

CLC-Code	CLC-Beschreibung	Regulierungsfunktionen																				Gesamtfunktionalitätswert															
		Genregulierung	Klimaregulierung	Regulierung von Wetterextremen	Wasserregulierung	Wassererregung	Bodenbildung	Nährstoffregulierung	Recycling	Beibehaltung	Schadlingsdämmung	Habitatfunktionen	Rückzugsfunktion	Aufwechsfunktion	Produktionsfunktionen	Nahrung	Rohstoffe	Genetische Ressourcen	Medizinische Ressourcen	Geistliche Ressourcen	Informationsfunktionen		Ästhetische Information	Erholung	Kulturelle und künstlerische Information	Spirituelle und historische Information	Wissenschaft und Bildung	Trägerfunktionen	Wohnen	Anbau	Energieumwandlung	Bergbau	Abfallentsorgung	Transport	Tourismuseinrichtungen		
111	Durchgängig städtische Prägung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	4	2	0	1	4	0	1	0	0	3	2	16		
112	Nicht durchgängig städtische Prägung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	4	2	0	1	4	0	1	0	0	3	2	18		
121	Industrie und Gewerbeflächen, öffentliche Einrichtungen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	4	0	1	0	0	0	3	0	6		
122	Straßen-, Eisenbahnnetze und funktionell zugeordnete Flächen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	2	8		
123	Hafengebiete	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	2	8	
124	Flughäfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	2	7	
131	Abbauflächen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	2	0	0	4	0	4	
132	Deponien und Abraumhalden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0	0	3	0	3
133	Baustellen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
141	Städtische Grünfläche	2	2	4	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	0	1	0	0	1	2	3	5	3	0	1	1	0	1	0	0	0	4	2	7	27	
142	Sport- und Freizeitanlagen	1	1	2	0	1	1	1	1	1	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	5	16	16	
211	Nicht bewässertes Ackerland	1	1	3	1	3	0	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	3	0	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	31	
212	Regelmäßig bewässertes Ackerland	2	1	3	1	4	0	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31	
213	Reisfelder	2	1	3	1	4	1	1	2	1	1	1	2	4	3	4	2	2	2	1	1	2	3	1	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	42	
221	Weinbauflächen	2	1	3	1	3	1	2	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0	1	1	40		
222	Obst- und Beerenobstbestände	3	2	3	2	3	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	3	3	3	2	2	1	0	0	0	0	1	1	40	40		
223	Olivenhaine	2	2	4	2	3	1	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	4	4	3	4	3	1	0	0	0	0	1	1	48	48		
231	Viesen und Wäiden	3	1	3	1	3	1	4	4	2	3	3	4	4	3	3	3	3	2	3	3	1	3	4	3	1	3	0	0	0	0	1	1	51	51		
241	Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen	2	1	3	1	3	1	2	3	1	1	3	2	2	2	2	4	3	1	3	1	2	2	3	1	2	1	0	4	0	0	0	1	36	36		
242	Komplexe Parzellenstruktur	2	1	3	1	3	1	2	3	1	1	2	3	3	3	2	2	4	2	1	2	2	3	3	2	2	1	4	0	0	0	1	1	39	39		
243	Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von signifikanter Größe	2	2	3	1	3	2	3	3	2	2	2	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	0	3	1	0	0	2	2	49	49		
244	Agroforstwirtschaft	3	3	4	1	4	3	4	4	2	3	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	0	0	1	1	54	54		
311	Laubwälder	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	0	0	2	7	79	79		
312	Nadelwälder	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	0	0	2	7	78	78		
313	Mischwälder	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	0	0	2	7	77	77		
321	Natürliches Grünland	4	5	3	3	4	4	5	5	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	0	0	0	1	1	67	67		
322	Heiden und Moorheiden	4	5	4	4	4	4	5	5	4	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	1	0	0	0	1	1	69	69		
323	Hautaubewuchs	4	5	4	4	3	3	5	5	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	1	1	67	67		
324	Wald-Strauch-Übergangsstadien	4	5	4	4	3	4	5	5	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	1	0	0	0	0	1	63	63		
331	Strände, Dünen und Sandflächen	2	1	2	5	5	2	2	1	1	1	1	1	5	4	5	2	0	1	4	2	3	4	5	5	2	4	4	0	0	1	0	2	5	52	52	
332	Felsen ohne Vegetation	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	3	4	1	2	0	0	0	3	2	3	4	4	0	5	4	0	0	0	0	0	2	3	33	33	
333	Flächen mit spärlicher Vegetation	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	4	4	2	0	0	3	2	3	3	4	3	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	40	40	
334	Brandflächen	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1	2	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	
335	Gletscher und Dauerschneegebiete	1	1	3	0	4	5	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	2	0	3	4	5	5	1	5	4	0	0	0	0	0	0	2	3	34	34	
411	Sümpfe	4	4	4	4	5	4	5	4	5	2	1	5	5	5	3	1	2	5	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	0	1	0	1	63	63		
412	Torfmoore	4	4	5	3	4	4	5	4	4	1	3	5	4	2	1	4	4	3	1	4	4	2	4	4	1	0	2	2	0	0	1	60	60			
421	Salzwiesen	3	1	3	3	4	3	4	4	3	3	2	1	5	4	5	2	1	1	4	3	2	4	4	3	3	4	5	0	0	0	0	0	53	53		
422	Salinen	1	0	2	0	3	2	0	2	1	2	0	0	4	4	4	2	1	0	3	2	2	3	2	0	4	3	0	0	0	0	0	1	37	37		
423	In der Gezeitenzone liegende Flächen	2	0	3	5	3	0	1	1	1	3	0	2	5	5	4	2	3	0	3	2	4	4	4	2	4	4	0	0	0	0	1	4	49	49		
511	Gewässerläufe	3	2	4	3	4	5	2	1	3	5	0	3	5	5	3	3	2	5	3	4	5	5	4	5	1	0	4	0	0	3	3	70	70			
512	Wasserflächen	3	2	4	3	4	5	3	4	3	5	0	3	5	5	3	3	2	5	3	3	5	4	5	4	5	1	0	3	0	0	3	69	69			
521	Lagunen	4	3	5	4	4	4	4	4	4	5	2	3	5	5	3	4	1	5	3	4	5	5	4	4	5	0	0	0	0	1	68	68				
522	Mündungsgebiete	3	3	5	3	4	4	3	3	3	5	0	4	5	5	4	4	2	5	3	4	5	5	4	4	5	1	0	3	1	0	2	1	70	70		
523	Meere und Ozeane	3	3	5	2	4	5	3	1	5	5	0	3	5	5	5	3	1	5	5	5	5	5	5	5	1	0	0	2	0	0	4	3	77	77		

Abbildung 20: Die endgültige Matrix der Landschaftsdienstleistungen einschließlich des resultierenden Gesamtfunktionalitätswerts für jede CORINE Land Cover-Klasse in Mitteleuropa.

Die gewichteten Werte für jede Funktionsgruppe wurden berechnet, indem die tatsächliche Summe der Kapazitätspunktzahl innerhalb der Gruppe durch die höchstmögliche Punktzahl dividiert wurde. Schließlich ist der Gesamtfunktionalitätswert der 5 gewichteten Werte der Hauptlandschaftsdienstleistungen festgestellt, skaliert auf der Grundlage von 0 bis 100, wobei 0 überhaupt keine Kapazität bedeutet und 100 hypothetisch Landbedeckungsklassen darstellt, die bei jeder einzelnen Dienstleistung die volle Kapazität bieten. Auf diese Weise stellt der Gesamtfunktionalitätswert die Gesamtkapazität aller LSD und einen relevanten Indikator für die Multifunktionalität von GI und Landschaftselementen dar.



Um den regionalen Kontext zu berücksichtigen, der von der verfügbaren räumlichen und thematischen Auflösung von Geodaten und der tatsächlich vorherrschenden Bodennutzung, der Intensität der Bewirtschaftung und allgemeinen Landschaftsmerkmalen abhängt, wurden in bestimmten Fällen individuelle Anpassungen der Kapazitätswerte auf die regionalen Datensätze der Projektpartner vorgenommen.

So wurde beispielsweise in den österreichischen Fallstudiengebieten die Landbedeckungsklasse „312 Nadelwald“ aufgrund ihres Vorkommens als intensiv bewirtschaftete Monokultur nicht heimischer Fichten herabgestuft. Darüber hinaus wird der Großteil der intensiv genutzten Wein- und Obstgärten im Fallstudiengebiet Kyjovsko (CZ) begrünt und bietet somit höhere Werte für Regulierungsfunktionen. Aufgrund dieser Tatsache wurden die Landbedeckungsklassen „221 Weingärten“ und „222 Obstbäume und Beerenplantagen“ höher bewertet als auf mitteleuropäischer Ebene. Die Werte für „131 Abbauflächen“ wurden ebenfalls erhöht, auf Grund des regionalen Vorkommens verlassener Abbaustätten mit frühen Sukzessionsstadien.

3.3.3.2 Regionale Funktionalitätskarten

Durch die Verknüpfung der endgültigen Matrix mit den räumlichen Informationen mittels einer GIS-Software (ArcGIS, QGIS) werden die GI-Kapazitäten der 30 einzelnen Landschaftsdienstleistungen, der fünf Hauptleistungen und des Gesamtfunktionalitätswerts innerhalb der Fallstudiengebiete auf der Grundlage der CORINE Land Cover-Daten auf transnationaler und regionaler Ebene dargestellt.

Dies ermöglicht die Identifikation von Interessensgebieten in Bezug auf verschiedene Dienstleistungen oder der gesamten Multifunktionalität, um spezifische Managementstrategien zur Implementierung grüner Infrastruktur auf regionaler und lokaler Ebene zu entwickeln. Die Erkennung und Kartierung von GI-Elementen und ihrer Kapazität bzgl. ihrer Landschaftsdienstleistungen, verbessert die regionale Anwendbarkeit und Akzeptanz von GI-Initiativen und bildet eine wichtige Grundlage für die Entwicklung evidenzbasierter Strategien und Aktionspläne durch Einbeziehung der Interessenträger, um künftige Maßnahmen und Investitionen in GI zu steuern.

Diese verschiedenen Servicekarten könnten allein oder in Kombination mit anderen verwendet werden, um GI-arme Bereiche, wichtige funktionelle Räume oder Bereiche mit hohem Potenzial für eine Neuverknüpfung ökologischer Netzwerke auf Grundlage der Ergebnisse und der jeweiligen Färbung zu identifizieren. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der Fallstudiengebiete dargestellt.

Folgende Gruppen von Landschaftsdienstleistungen, ausgedrückt durch den Mittelwert der jeweiligen zusammengefassten Dienstleistungen, werden nachstehend zusammengefasst abgebildet:

- Regulierungsfunktionen: Gasregulierung, Klimaregulierung, Regulierung von Wetterextremen, Wasserregulierung, Wasserversorgung, Bodenrückhalt, Bodenbildung, Nährstoffregulierung, Recycling, Bestäubung, Schädlingsreduzierung (Abbildung 19)
- Habitatfunktionen: Refugiumfunktion, Aufwuchsfunktion (Abbildung 20)
- Produktionsfunktionen: Nahrung, Rohstoffe, Genetische Ressourcen, Medizinische Ressourcen, Gestalterische Ressourcen (Abbildung 21)
- Informationsfunktionen: Ästhetische Information, Erholung, Kulturelle und künstlerische Information, Spirituelle und historische Information, Wissenschaft und Bildung (Abbildung 22)
- Trägerfunktionen: Wohnen, Anbau, Energieumwandlung, Bergbau, Abfallentsorgung, Transport, Tourismuseinrichtungen (Abbildung 23)

sowie



- Gesamtfunktionalitätswert: Mittelwert der 5 gewichteten Werte der Hauptleistungen (Abbildung 24), um die Gruppen von Landschaftsdienstleistungen zu aggregieren.

Die nachstehenden ausgewählten Beispiele für Funktionalitätskarten liefern leicht zu kommunizierende Ergebnisse der Kapazitäten der Landschaft, bestimmte Dienstleistungen zu erbringen, die von Rot – was einen Wert von 0 und keine relevante Kapazität des Landbedeckungstyps, um diesen speziellen Landschaftsdienst bereitzustellen, darstellt – bis hin zu Grün – was einen Wert von 5 mit sehr hoher relevanter Kapazität darstellt.

Auf diese Weise werden Hotspots und Coldspots für die Erbringung dieser Dienstleistungen hervorgehoben und dienen als wichtige Planungs- und Entscheidungsgrundlage für die Entwicklung regionaler Strategien und Aktionspläne für künftige Maßnahmen und Investitionen in GI.

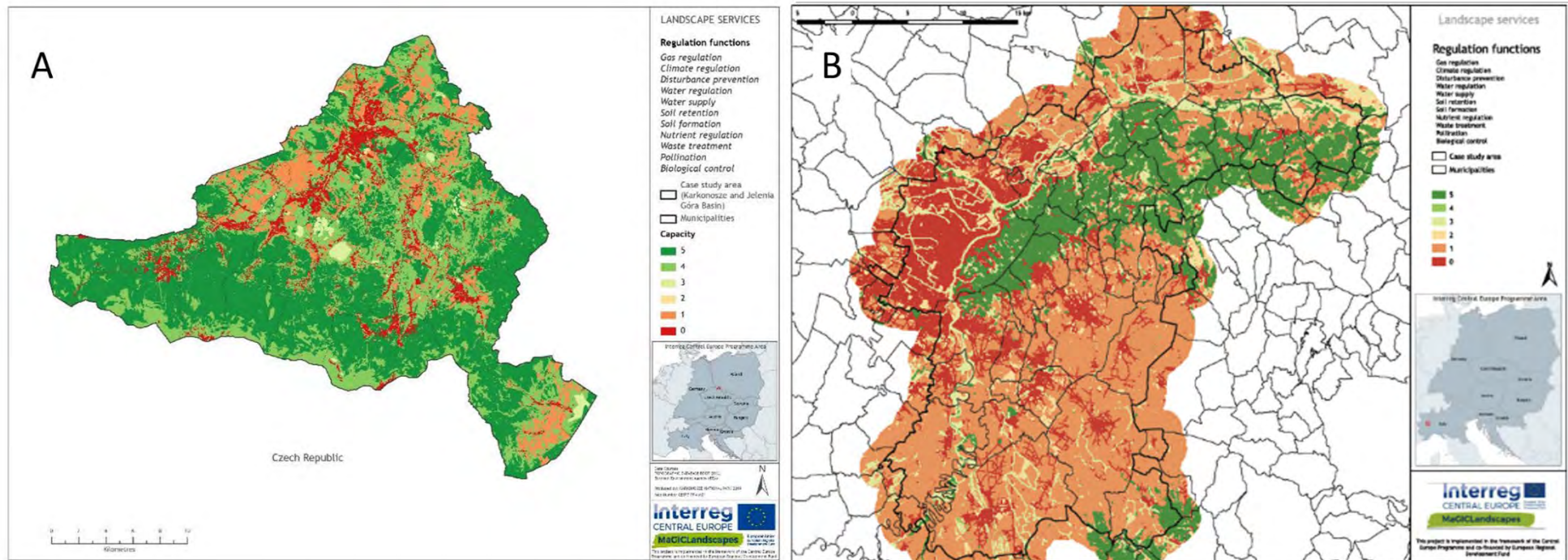


Abbildung 21: Ergebnisse der Kartierung der wichtigsten Regulierungsfunktionen auf der Grundlage des regionalen Datensatzes für die Fallstudiengebiete Nationalpark Riesengebirge/Karkonosze (PL) (A) und „Hügellandschaft um die Stadt Chieri“ (IT) (B).

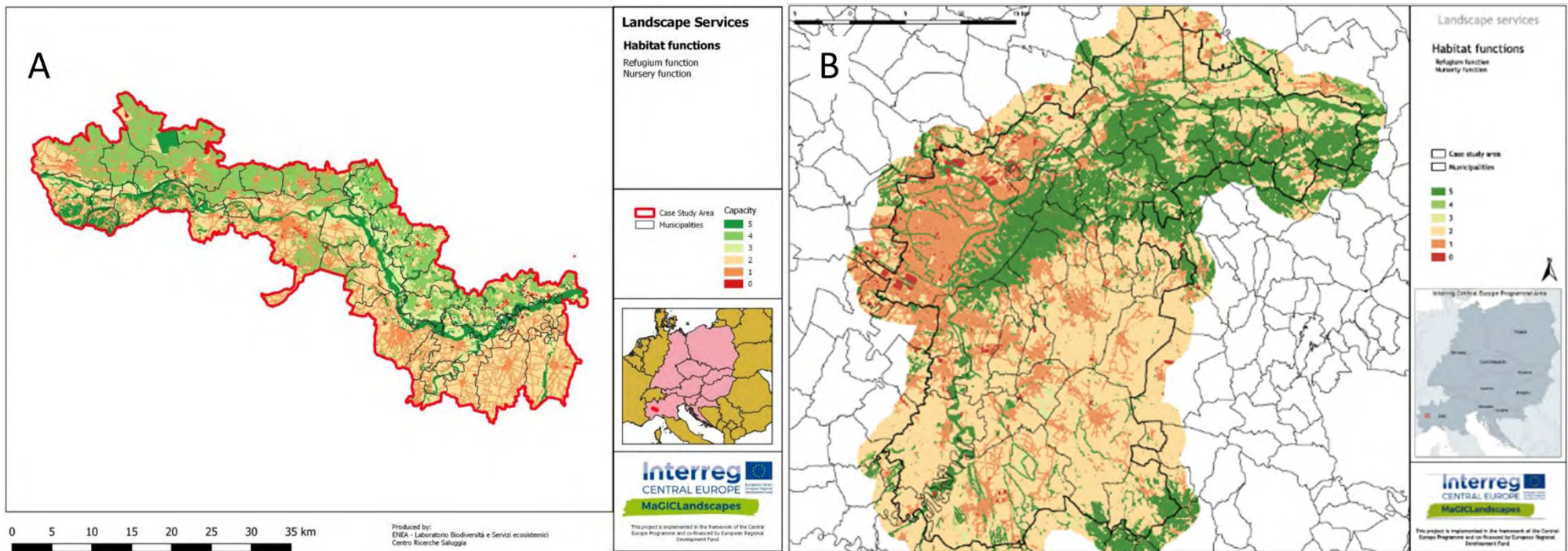


Abbildung 22: Ergebnisse der Kartierung der wichtigsten Habitatfunktionen auf der Grundlage des regionalen Datensatzes für die Fallstudienggebiete „Obere Po-Ebene“ (IT) (A) und „Hügellandschaft um die Stadt Chieri“ (IT) (B).

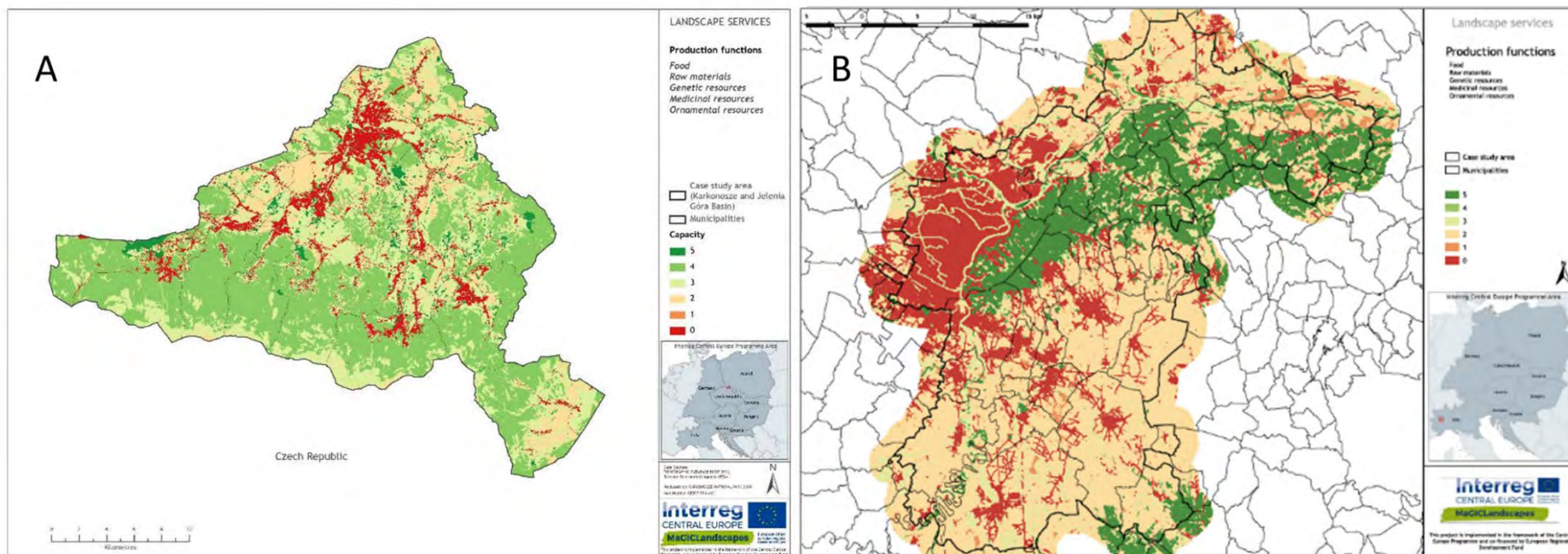


Abbildung 23: Ergebnisse der Kartierung der wichtigsten Produktionsfunktionen auf Basis des regionalen Datensatzes für die Fallstudiengebiete Nationalpark Riesengebirge/Karkonosze (PL) (A) und „Hügellandschaft um die Stadt Chieri“ (IT) (B).

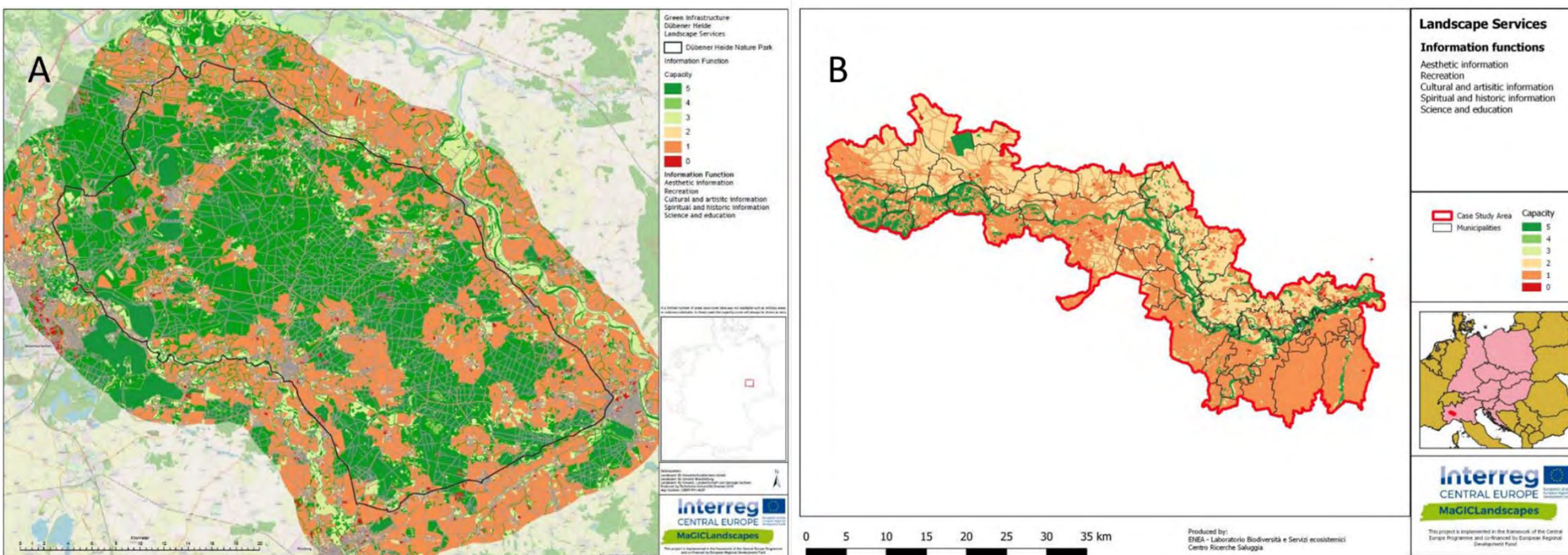


Abbildung 24: Ergebnisse der Kartierung der wichtigsten Informationsfunktionen auf Basis des regionalen Datensatzes für die Fallstudiengebiete Naturpark Dübener Heide (DE) (A) und „Obere Po-Ebene“ (IT) (B).

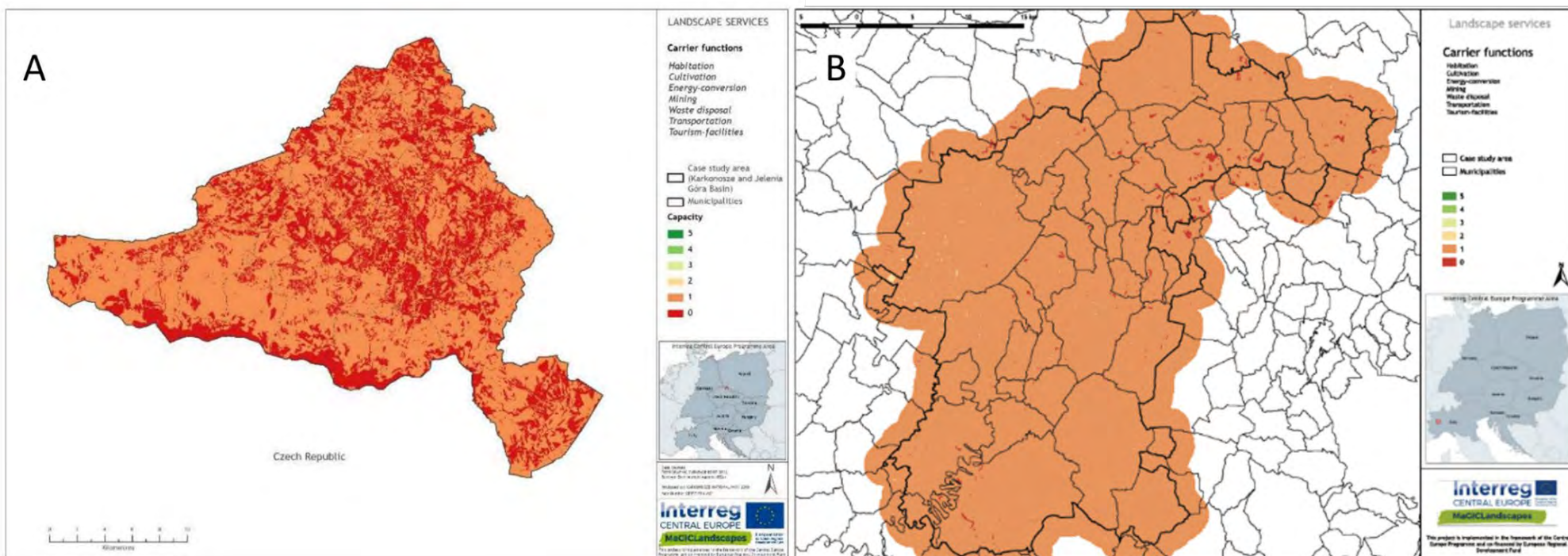


Abbildung 25: Ergebnisse der Kartierung der wichtigsten Trägerfunktionen auf Basis des regionalen Datensatzes für die Fallstudiengebiete Nationalpark Riesengebirge/Karkonosze (PL)(A) und „Hügellandschaft um die Stadt Chieri“ (IT) (B).

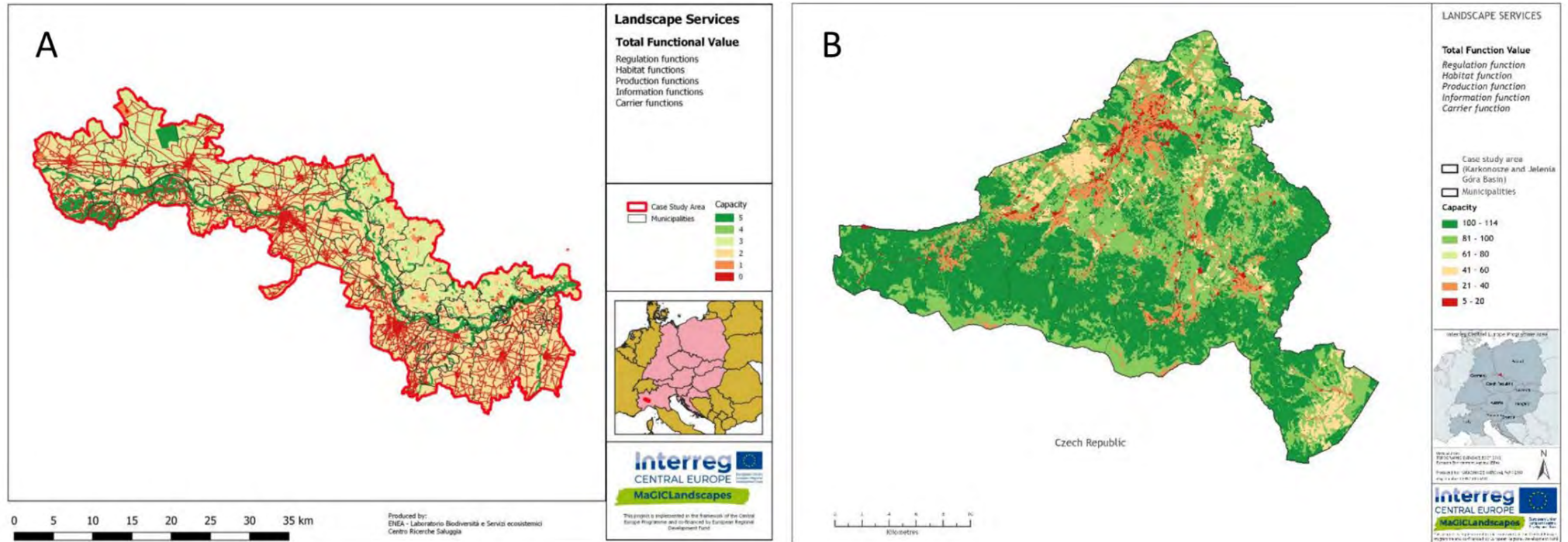


Abbildung 26: Ergebnisse der Kartierung des Gesamtfunktionalitätswerts auf Basis des regionalen Datensatzes für die Fallstudiengebiete „Obere Po-Ebene“ (IT) (A) und Nationalpark Riesengebirge/Karkonosze (PL) (B).



CLC-Code	CLC-Beschreibung	Trägerfunktionen: Mittelwert							Trägerfunktionen: normalisierte Summe
		Wohnen	Anbau	Energieumwandlung	Bergbau	Abfallentsorgung	Transport	Tourismuseinrichtungen	
111	Durchgängig städtische Prägung	2	5	0	1	0	0	3	2
112	Nicht durchgängig städtische Prägung	1	4	0	1	0	0	3	2
121	Industrie und Gewerbeflächen, öffentliche Einrichtungen	1	4	0	1	0	0	3	0
122	Straßen-, Eisenbahnnetze und funktionell zugeordnete Flächen	1	3	0	0	0	0	5	2
123	Hafengebiete	1	3	0	0	0	0	5	2
124	Flughäfen	1	3	0	0	0	0	5	2
131	Abbauflächen	1	3	0	0	5	2	0	0
132	Deponien und Abraumhalden	1	2	0	0	0	5	0	0
133	Baustellen	0	0	0	0	1	0	0	0
141	Städtische Grünfläche	1	2	0	1	0	0	0	4
142	Sport- und Freizeitanlagen	1	2	0	0	0	0	0	5
211	Nicht bewässertes Ackerland	1	2	0	5	0	0	0	0
212	Regelmäßig bewässertes Ackerland	1	2	0	5	0	0	0	0
213	Reisfelder	1	2	0	5	0	0	0	0
221	Weinbauflächen	1	3	0	5	0	0	0	1
222	Obst- und Beerenobstbestände	1	3	0	5	0	0	0	1
223	Olivenhaine	1	3	0	5	0	0	0	1
231	Wiesen und Weiden	1	3	0	5	0	0	0	1
241	Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen	1	2	0	4	0	0	0	1
242	Komplexe Parzellenstruktur	1	3	1	4	0	0	0	1
243	Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von sig	1	3	0	3	1	0	0	2
244	Agroforstwirtschaft	1	3	0	3	3	0	0	1
311	Laubwälder	1	2	0	1	1	0	0	2
312	Nadelwälder	1	2	0	1	1	0	0	2
313	Mischwälder	1	2	0	1	1	0	0	2
321	Natürliches Grünland	0	1	0	1	0	0	0	1
322	Heiden und Moorheiden	0	1	0	1	0	0	0	1
323	Hartlaubbeveuch	0	0	0	1	0	0	0	1
324	Wald-Strauch-Übergangstadien	0	0	1	0	0	0	0	1
331	Straände, Dünen und Sandflächen	0	1	0	0	1	0	0	2
332	Felsen ohne Vegetation	0	1	0	0	0	0	0	2
333	Flächen mit spärlicher Vegetation	0	0	0	0	0	0	0	0
334	Brandflächen	0	0	0	0	0	0	0	0
335	Gletscher und Dauerschneegebiete	0	1	0	0	0	0	0	2
411	Sümpfe	0	1	0	0	0	1	0	1
412	Torfmoore	1	2	0	0	2	2	0	1
421	Salzwiesen	0	0	0	0	0	0	0	0
422	Salinen	0	0	0	0	0	0	0	1
423	In der Gezeitenzone liegende Flächen	0	0	0	0	0	0	0	1
511	Gewässerläufe	1	5	0	0	4	0	3	3
512	Wasserflächen	1	4	0	0	3	0	3	3
521	Lagunen	0	0	0	0	0	0	0	1
522	Mündungsgebiete	1	3	0	3	1	0	0	2
523	Meere und Ozeane	1	4	0	0	2	0	0	4

Da sich die Gruppe der Trägerfunktionen nur auf Kulturlandschaften beziehen, die sich gegenseitig ausschließende Formen der Landnutzung darstellen (z. B. Bergbau, Abfallentsorgung, Transport, touristische Einrichtungen, Anbau, Behausung), ermöglicht die Mittelung einer oder mehrerer effektiver Einzelleistungen mit der Mehrheit der nicht verfügbaren Dienstleistungen keine anschauliche, differenzierte Darstellung dieser menschlichen Aktivitäten in der Landschaft (Abbildung 23). Daher wurde die Berechnung des Wertes für diese Dienstleistungsgruppe zusätzlich angepasst, indem die Summe der Kapazitäten aller einzelnen Dienste im Verhältnis zur am besten bewerteten Landnutzungsklasse normalisiert wurde.

Dadurch können die Unterschiede und Muster bei der Bereitstellung von Trägerfunktionen einer bestimmten Landschaft besser dargestellt werden, indem die durch die kulturelle Nutzung verbrauchten Bereiche hervorgehoben werden (Abbildung 28) und die Anwendbarkeit der erstellten Karten in der Raum- und Landschaftsplanung stark unterstützt werden.

Abbildung 27: Alternative Berechnung des Gruppenwertes für Trägerfunktionen durch Normalisierung der Summe der Kapazitäten aller Einzeldienste im Verhältnis zur am besten bewerteten Landnutzungsklasse.

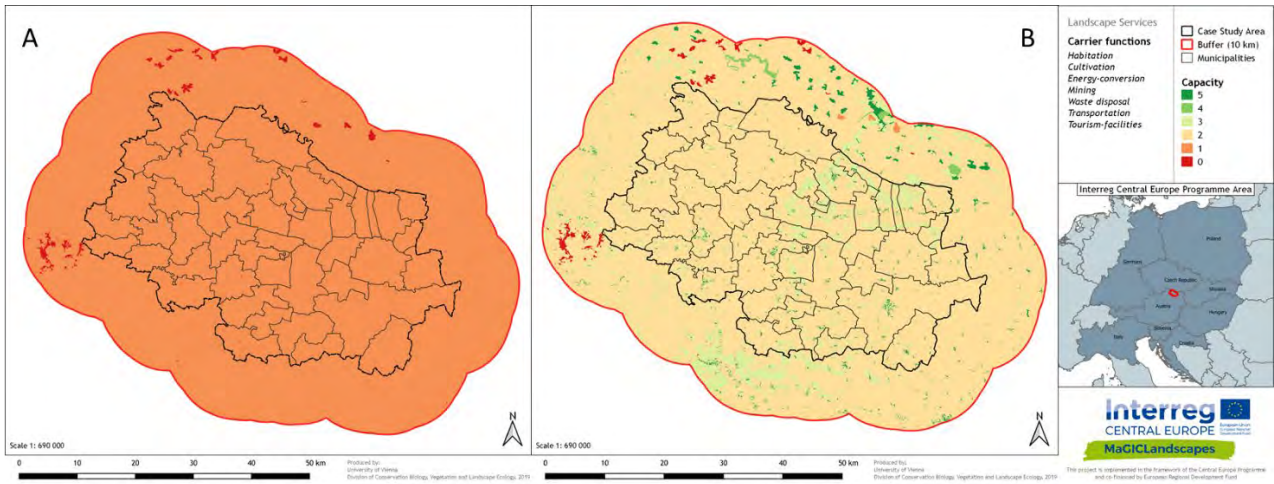


Abbildung 28: Beispielhafter Vergleich des Gruppenwertes für Trägerfunktionen basierend auf dem Mittelwert (A) und der normalisierten Summe (B) für das österreichische Fallstudiengebiet „Östliches Waldviertel & Westliches Weinviertel“



4 Schlussfolgerungen zur Kartierungsmethode und zur Verwendbarkeit der Methoden und Karten

Basierend auf dem Ziel, Grüne Infrastruktur in der mitteleuropäischen Planungspolitik umzusetzen, zielte das Projekt MaGICLandscapes darauf ab, das GI-Konzept in Mitteleuropa in neun Fallstudiengebieten durch den Einsatz einer Reihe von GIS-basierten Analysemethoden zu operationalisieren, um Landmanagern, politischen Entscheidungsträgern und Gemeinden die entsprechenden Instrumente und Kenntnisse auf verschiedenen räumlichen Ebenen zur Verfügung zu stellen.

Die detaillierte Darstellung des regionalen GI-Netzwerks ermöglicht eine bessere Nutzung und Akzeptanz von GI-Initiativen und bietet eine entscheidende Grundlage für die Bewertung der GI-Konnektivität und -Funktionalität. Auf Grundlage dessen können fundierte Strategien und Aktionspläne am besten durch eine intensive Einbeziehung der Interessenträger entwickelt werden, um zukünftige Maßnahmen und Investitionen in GI zu steuern.

Daher wurden GI-Bewertungsmethoden entwickelt, die sich auf die Funktionalität in Bezug auf die Konnektivität und Bereitstellung von Landschaftsdienstleistungen konzentrieren, um die Einführung von Institutionen in diese Bewertungsmethoden durch Einbeziehung der Interessenträger und partizipative Ansätze zu kommunizieren und zu erleichtern und infolgedessen ein tragfähiges GI-Netzwerk zu implementieren und zu erhalten.

MaGICLandscapes verfolgte einen integrierten, sektorübergreifenden Ansatz, der die Interessenträger in die Erarbeitung der GI-Strategien einbezieht. Im ersten Schritt definierten die Projektpartner eine expertenbasierte Klassifizierung von GI auf der Grundlage von CLC-Klassen für den Programmraum Mitteleuropa, gefolgt von einer Runde von Stakeholder-Validierungen im Rahmen von Workshops in den Fallstudiengebieten, um die Definitionen und Klassifizierungen regional anzupassen. Die Durchführung der Projektarbeiten hat gezeigt, dass eine detaillierte regionale GI-Datenbasis erforderlich ist, um die Verwirklichung der obengenannten Bewertungsmethoden und -ziele überhaupt zu ermöglichen.

EU-weit verfügbare Landbedeckungsdaten, wie CORINE (CLC), können bei groben Bewertungen der GI-Konnektivität und -Funktionalität helfen, aber sie können keine genauen Informationen über das lokale Netzwerk von GI-Elementen liefern. Daher wurde diese Datenbasis durch detaillierter nationale und regionale Daten ergänzt. Dieser Ansatz könnte in ganz Europa angewandt werden, da ähnliche Arten detaillierter Datensätze (z. B. landwirtschaftliche, digitale Kataster und hydrographische Daten) verfügbar sind. Die regionale GI-Karte und ihre verschiedenen Analyseprodukte können mit einer Vielzahl von Raumplanungsmaßnahmen in Verbindung gebracht werden. Auf diese Weise werden Politiker, Planer, Landnutzer/-manager und Gemeinden befähigt, in GI zu investieren, indem sie Hotspots stark fragmentierter Gebiete oder solche, die von gut etablierten GI-Netzwerken dominiert werden, hervorheben und Schwerpunktbereiche lokalisieren, die Kapazitäten bestimmter Ökosystemdienstleistungen bereitstellen oder benötigen, was das Wohlergehen von Einzelpersonen und Gemeinden beeinflusst.

In Bezug auf Interventionen oder Durchführungsmaßnahmen auf lokaler Ebene ergab die Begehungen ausgewählter Testabschnitte, dass neben der auf dem Schreibtisch durchgeführten GIS-Analyse auch eine lokale Bewertung der GI in Bezug auf Biodiversität, Natürlichkeit und Struktur erforderlich ist. Daher bietet die EUNIS-Habitatklassifizierung (2017) eine Charakterisierung von GI, die auf internationaler Ebene vergleichbar ist und auch auf nationale Klassifikationssysteme übertragen werden kann.

In der Zusammenfassung der verschiedenen Produkte der Bewertung und Kartierung der Funktionalität und Vernetzung Grüner Infrastruktur in einer bestimmten Region werden die Bedürfnisse und Möglichkeiten für GI deutlich, was Investitionen in GI rechtfertigt. Diese Bestandsaufnahme der GI in Bezug auf räumliche Struktur, Funktionalität und Ökosystemdienstleistungen bezieht sektorübergreifende Politik- und Planungsziele, einschließlich des GI-Konzepts, in die Raum- und Regionalplanung ein.



Die folgenden oben im Detail erläuterten Schritte bei der Bewertung und Erhebung von Funktionalität Grüner Infrastruktur können empfohlen werden:

1. Definition von Elementen Grüner und Blauer Infrastruktur, die die Interessenobjekte auf regionaler Ebene darstellen
2. Datenerfassung auf transnationaler, regionaler und lokaler Ebene
3. Generierung transnationaler, regionaler und lokaler Karten zur Funktionalität von GI für die Fallstudiengebiete
 - Konnektivitätsanalyse
 - MSPA (Morphological Spatial Pattern Analysis)
 - Netzwerkanalyse
 - Euklidische Distanz
 - Methodik der Felderhebung
 - Identifizierung von GI-Elementen auf lokaler Ebene
 - EUNIS-Habitatklassifizierung
 - Bestimmung des hemerobiotischen Zustands oder des Grads der Natürlichkeit
 - Kartierung von Barrieren
 - Funktionalitätsanalyse
 - Erstellung der Kapazitätsmatrix der Landschaftsdienstleistungen
 - Individuelle expertenbasierte Überarbeitung
 - Endgültige Matrix auf der Grundlage einer gemeinsamen Konsensdiskussion
 - Karten, die Funktionalität demonstrieren - Regionale Ebene



Referenzen

- Benedict, M. A., and McMahon, E. T. (2002): Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable resources journal*, 20(3), 12-17.
- Burkhard B., Kroll F., Müller F., Windhorst W. (2009): Landscapes' capacities to provide ecosystem services – a concept for land cover based assessments. *Landscape Online* 15, 1-22.
- Burkhard B., Kroll F., Nedkov S., Müller F. (2012): Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecol. Indic.* 21, 17-29.
- Campagne, C. S., Roche, P., Gosselin, F., Tschanz, L., & Tatoni, T. (2017): Expert-based ecosystem services capacity matrices: Dealing with scoring variability. *Ecological Indicators*, 79, 63-72.
- Davies, C. E., & Moss, D. (1999): EUNIS habitat classification. Final report to the European Topic Centre on Nature Conservation. European Environment Agency, 256.
- Davies, C. E., Moss, D., Hill, M. O. (2004): EUNIS habitat classification revised 2004. Report to: European Environment Agency-European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, 127-143.
- de Groot R. S. (2006): Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75:175-186.
Online zugänglich: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.016>
- de Groot R. S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemsen L. (2010): Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7:260-272. Online zugänglich: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- de Groot R. S., Wilson M. A., Boumans R. M. J. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41(3):393-408. Online zugänglich: [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- European Commission (2016): Green Infrastructure. Online zugänglich: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm (letzter Zugriff 12.08.2018)
- European Environment Agency (EEA) (2009): A crosswalk between EUNIS habitats Classification and Corine Land Cover, Online zugänglich: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification/documentation/eunis-clc.pdf> (letzter Zugriff 22.11.2019)
- European Environment Agency (EEA) (2014): Spatial analysis of green infrastructure in Europe. EEA Technical report, No 2/2014, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Online zugänglich: https://www.eea.europa.eu/publications/spatial-analysis-of-green-infrastructure/at_download/file (letzter Zugriff 22.11.2018)
- EEA - Copernicus Land Monitoring Services (2016): GIOland (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) - summary of product specifications. Online zugänglich: https://cws-download.eea.europa.eu/pan-european/hrl/HRL_Summary_for_publication_v14.pdf (letzter Zugriff 02.11.2017)
- EEA (2017): Crosswalk between EUNIS habitats classification and CORINE Land Cover. Online zugänglich: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification/documentation/eunis-clc.pdf>
- Feranec, J.; Soukup, T.; Hazeu, G.; Jaffrain, G. (2016): European Landscape Dynamics: CORINE Land Cover Data. CRC Press, Boca Raton, 337 p.
- Kopperoinen, L., Itkonen, P., and Niemelä, J. (2014): Using expert knowledge in combining green infrastructure and ecosystem services in land use planning: an insight into a new place-based methodology. *Landscape Ecology*, 29(8), 1361-1375.



Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press. Washington, DC.

Online zugänglich: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

Neubert, M., John, H. (ed., 2019). Manual of Transnational Green Infrastructure Assessment – Decision Support Tool. Interreg Central Europe Project MaGICLandscapes. Output O.T1.2, Dresden. With contributions from: M. Neubert, H. John, S. Alberico., G. Bovo, S. Ciadamidaro, F. Danzinger, M. Erlebach, D. Freudl, S. Grasso, A. Hahn, Z. Jała, I. Lasala, C. Marrs, M. Minciardi, G. L. Rossi, H. Skokanová, T. Slach, K. Uhlemann, P. Vayr, D. Wojnarowicz, T. Wrbka. Online zugänglich: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes.html#Outputs>

John, H, Marrs, C., Neubert, M. (ed., 2019): Green Infrastructure Handbook - Conceptual and Theoretical Background, Terms and Definitions. Interreg Central Europe Project MaGICLandscapes. Output O.T1.1, Dresden. With contributions from: H. John, C. Marrs, M. Neubert, S. Alberico, G. Bovo, S. Ciadamidaro, F. Danzinger, M. Erlebach, D. Freudl, S. Grasso, A. Hahn, Z. Jała, I. Lasala, M. Minciardi, G.L. Rossi, H. Skokanová, T. Slach, K. Uhlemann, P.Vayr, D. Wojnarowicz, T. Wrbka. Online zugänglich: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes.html#Outputs>

Pakzad, P., and Osmond, P. (2016): Developing a sustainability indicator set for measuring green infrastructure performance. *Procedia-social and behavioural sciences*, 216, 68-79.

Paracchini, M. L., and Capitani, C. (2011): Implementation of an EU wide indicator for the rural-agrarian landscape. *Water*. Doi, 10, 25137.

Qureshi, S., Kazmi, S. J. H., and Breuste, H. J. 2010: Ecological disturbances due to high cutback in the green infrastructure of Karachi: Analyses of public perception about associated health problems. *Urban Forestry and Urban Greening*, 9(3), 187-198.

Saura, S., & Rubio, L. (2010): A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography*, 33(3), 523-537.

Saura, S., Vogt, P., Velázquez, J., Hernando, A., & Tejera, R. (2011): Key structural forest connectors can be identified by combining landscape spatial pattern and network analyses. *Forest Ecology and Management*, 262(2), 150-160.

Soille, P., & Vogt, P. (2009): Morphological segmentation of binary patterns. *Pattern recognition letters*, 30(4), 456-459.

Stoll S., Frenzel M., Burkhard B., Adamescu M., Augustaitis A., Baeßler C., Boneth F.J., Carranza M.L., Cazacu C., Cosor G.L., Díaz-Delgado R., Grandin U., Haase P., Hämäläinen H., Loke R., Müller J., Stanisci A., Staszewski T., Müller F. (2015): Assessment of ecosystem integrity and service gradients across Europe using the LTER Europe network. *Ecological Modelling*, Volume 295, Pages 75-87. Online zugänglich: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.06.019>

Sukopp, H. (1969): Der Einfluss des Menschen auf die Vegetation, [Human impact on the vegetation]. *Vegetation*, 17, 360-371.

TEEB (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.

Vallés-Planells M., Galiana F., and Van Eetvelde V. (2014): A classification of landscape services to support local landscape planning. *Ecology and Society* 19(1): 44. Online zugänglich: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06251-190144>

Vogt, P., Riitters, K. H., Iwanowski, M., Estreguil, C., Kozak, J., & Soille, P. (2007): Mapping landscape corridors. *Ecological Indicators*, 7(2), 481-488.

Vogt, P., & Riitters, K. (2017): GuidosToolbox: universal digital image object analysis. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 352-361.



Walz, U., & Stein, C. (2014): Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 22(3), 279-289.

Wickham, J. D., Riitters, K. H., Wade, T. G., & Vogt, P. (2010): A national assessment of green infrastructure and change for the conterminous United States using morphological image processing. *Landscape and Urban Planning*, 94(3-4), 186-195.