

Von Klimarisiken zu Planungsentscheidungen. Konzeptionelle Ansätze für geodatenbasierte Klimawandelanpassung, entwickelt im GreenGEO-Projekt

Martina Majcen, Andreas Stöger, Bojan Stefanovic, Bente Knoll, Arne Meier, Dinah Hohl, Markus Karner, Wolfgang Sulzer, Harald Zandler

(Dipl.-Ing. Dr. med. Martina Majcen, AEE INTEC-Institut für Nachhaltige Technologien, Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf, m.majcen@aee.at)

(Andreas Stöger, M.Sc., AEE INTEC-Institut für Nachhaltige Technologien, Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf, a.stoeger@aee.at)
(Bojan Stefanovic, M.Sc., AEE INTEC-Institut für Nachhaltige Technologien, Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf, b.stevanovic@aee.at)
(Dipl.-Ing. Dr. techn. Bente Knoll, B-NK GmbH Büro für nachhaltige Kompetenz, Diepoldplatz 6/18, 1170 Wien, bente.knoll@b-nk.at)

(Arne Meier, B.Sc., B-NK GmbH Büro für nachhaltige Kompetenz, Diepoldplatz 6/18, 1170 Wien, meier@b-nk.at)
(Dipl.-Ing. Dinah Hohl MA, B-NK GmbH Büro für nachhaltige Kompetenz, Diepoldplatz 6/18, 1170 Wien, hohl@b-nk.at)
(Dipl.-Ing. Mag. Markus Karner, RaumRadar ZT GmbH, Hofgartenstraße 11/12a, 2120 Wolkersdorf im Weinviertel, markus.karner@raumradar.at)

(Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr.rer.nat. Wolfgang Sulzer, Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung, Heinrichstraße 36, 8010 Graz, wolfgang.sulzer@uni-graz.at)

(Dr.rer.nat. Harald Zandler, Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung, Heinrichstraße 36, 8010 Graz, harald.zandler@uni-graz.at)

1 ABSTRACT

Eine wirksame Anpassung an die Folgen des Klimawandels erfordert insbesondere auf Ebene der Raum- und Landschaftsplanung gezielte, umsetzungsorientierte Maßnahmen. Gemeinden verfügen mit Instrumenten wie dem örtlichen Entwicklungskonzept (ÖEK/REK), dem Flächenwidmungs- und dem Bebauungsplan über zentrale Hebel zur Steuerung von Landnutzung und gebauter Umwelt. Die koordinierte Planung und Umsetzung grün-blauer Infrastrukturen (GBI) gilt als wissenschaftlich anerkannte und effektive Strategie zur Minderung klimawandelbedingter Risiken wie sommerlicher Überhitzung, Starkniederschläge, Trockenheit und Biodiversitätsverlust. In der Planungspraxis bestehen jedoch nach wie vor erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich Standortwahl, Wirksamkeit, Priorisierung und Quantifizierung der Effekte solcher Maßnahmen, insbesondere in kleineren Gemeinden mit begrenzten personellen und analytischen Ressourcen. Das Projekt GreenGEO, das sich aktuell in der Startphase befindet, adressiert diese Herausforderung gezielt. Aufbauend auf den Ergebnissen des Vorprojekts RaumGrün & Gemeinden verfolgt GreenGEO das Ziel, die bestehende Lücke zwischen der rasch wachsenden Verfügbarkeit klimarelevanter Geodaten und deren konkreter Nutzung in der örtlichen Raum- und Landschaftsplanung zu schließen. Entwickelt werden geodatenbasierte Algorithmen und Entscheidungsgrundlagen, die lokal verortete, objektivierbare und konsensbasierte Planungsvorschläge für effektive GBI liefern. Am Projektende soll der Funktionsnachweis eines webbasierten GIS-Tools erbracht werden, das Raumplanerinnen, Raumplaner, kommunale Entscheidungsträgerinnen und kommunale Entscheidungsträger bei der Auswahl, Bewertung und Umsetzung von standortspezifischen Klimawandelanpassungsmaßnahmen unterstützt.

Derzeit arbeitet das Projektkonsortium intensiv an folgenden Themen:

Im Arbeitspaket „GIS-Inputdaten und Risikozonierung“ (Leitung: AEE INTEC) werden aufbauend auf bestehenden Vorarbeiten verfügbare georeferenzierte Daten zu Klima, Klimawandelrisiken und vorhandener GBI aus unterschiedlichen Quellen recherchiert, bewertet, kombiniert und in einer gemeinsamen GIS-Plattform integriert. Der Fokus liegt auf der Analyse frei verfügbarer GIS-Daten, Satellitenbilder und Luftaufnahmen zur Identifikation klimarelevanter Risikozonen, insbesondere jener Risiken, die durch GBI adressiert werden können. Parallel dazu werden bestehende Datenlücken – etwa bei Straßenbegleitgrün, Verschattungswirkungen von Bäumen oder Versiegelungsgraden – systematisch identifiziert und Methoden zur Datenergänzung (z. B. Fernerkundung, Oberflächenmodelle) bewertet. Zentrales Ziel dieses Arbeitspakets ist die Entwicklung möglichst niederschwelliger, datenbasierter und gemeinsam mit Stakeholderinnen und Stakeholdern harmonisierter Indikatoren zur Ableitung lokaler Klimarisikozonen mit Handlungsbedarf.

Das Arbeitspaket „Effektive grün-blaue Anpassungsmaßnahmen in der Raumplanung“ (Leitung: B-NK) widmet sich der Frage, durch welche Instrumente der örtlichen Raum- und Landschaftsplanung die identifizierten Klimawandelrisiken wirksam adressiert werden können. Auf Basis einer umfassenden Desktop-Recherche und einer strukturierten Datenanalyse werden Risiken, Anpassungspotenziale und relevante planerische Merkmale von GBIs identifiziert und geclustert. Darauf aufbauend entsteht ein

Maßnahmenkatalog sowie eine Risiko- und Maßnahmenmatrix, die unterschiedliche Anpassungsoptionen vergleichbar macht und Priorisierungsaspekte wie Kosten, Umsetzungsdauer, Wirksamkeit, Zielkonflikte, soziale Effekte sowie Lebenszyklusbetrachtungen berücksichtigt. Die Bewertung und Validierung erfolgt in engem Austausch mit Expertinnen, Experten und Interessenvertretungen.

Im Arbeitspaket „Datenbasierte Planungsalgorithmen für Klimawandelanpassungsmaßnahmen“ (Leitung: Universität Graz) werden auf Basis dieser Ergebnisse Datenmodelle entwickelt, die lokalisierte Risikozonen automatisiert mit geeigneten GBI-Maßnahmen verknüpfen. Ein Decision-Tree-Ansatz verknüpft GIS-Methoden, Datenclustering sowie mathematisch-statistische Verfahren und ermöglicht die robuste Kombination kontinuierlicher und kategorialer Variablen. Iterative Stakeholder-Feedback-Schleifen sichern Benutzungsfreundlichkeit, Praxisrelevanz und die nahtlose Einbindung in kommunale Raumplanungsinstrumente.

GreenGEO macht die wachsende Zahl an Geodaten für eine praxisnahe Klimawandelanpassung nutzbar, fördert den Wissenstransfer zu kommunalen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern und unterstützt eine systemische Weiterentwicklung österreichischer Raumplanung hin zum klimaresilienten, nachhaltigen Orts- und Stadtbau.

Keywords: WebGIS, Klimarisiken, Raumplanung, Bewertung, Planung

2 ENGLISH ABSTRACT

Effective adaptation to the impacts of climate change requires targeted and implementation-oriented measures, particularly at the level of spatial and landscape planning. Municipalities possess key instruments for steering land use and the built environment, such as local development concepts, land-use plans and zoning plans. The coordinated planning and implementation of green-blue infrastructure (GBI) is widely recognised in the scientific literature as an effective strategy for mitigating climate-related risks such as summer heat stress, heavy rainfall, drought and biodiversity loss. In planning practice, however, significant uncertainties remain with regard to site selection, effectiveness, prioritisation and the quantification of impacts of such measures, particularly in smaller municipalities with limited personnel and analytical resources.

The GreenGEO project, which is currently in its initial phase, directly addresses this challenge. Building on the results of the predecessor project “RaumGrün & Gemeinden”, GreenGEO aims to close the existing gap between the rapidly growing availability of climate-relevant geospatial data and their concrete application in local spatial and landscape planning. To this end, geodata-based algorithms and decision-support frameworks are being developed that provide locally grounded, objective and consensus-based planning recommendations for effective green-blue infrastructure. By the end of the project, a functional proof of a web-based GIS tool is to be delivered, supporting spatial planners and municipal decision-makers in the selection, evaluation and implementation of site-specific climate change adaptation measures.

At present, the project consortium is intensively working on the following thematic areas:

Within the work package “GIS Input Data and Risk Zoning” (lead: AEE INTEC), available georeferenced data on climate, climate change risks and existing green-blue infrastructure from various sources are reviewed, assessed, combined and integrated into a shared GIS platform, building on previous preparatory work. The focus lies on the analysis of freely available GIS data, satellite imagery and aerial photographs to identify climate-relevant risk zones, particularly those risks that can be addressed through green-blue infrastructure. In parallel, existing data gaps – such as information on roadside greenery, shading effects of trees or degrees of soil sealing – are systematically identified, and methods for data enhancement (e.g. remote sensing, surface models) are evaluated. The central objective of this work package is the development of low-threshold, data-driven and jointly harmonised indicators for deriving local climate risk zones with a need for action.

The work package “Effective Green-Blue Adaptation Measures in Spatial Planning” (lead: B-NK) addresses the question of how identified climate change risks can be effectively tackled through instruments of local spatial and landscape planning. Based on a comprehensive desktop review and structured data analysis, risks, adaptation potentials and relevant planning characteristics of green-blue infrastructure are identified and clustered. Building on this, a catalogue of measures as well as a risk–measure matrix is developed, enabling the comparison of different adaptation options while considering prioritisation aspects such as costs,

implementation timeframes, effectiveness, potential conflicts of objectives, social effects and life-cycle considerations. The assessment and validation are carried out in close exchange with experts and stakeholder representatives.

In the work package “Data-Based Planning Algorithms for Climate Change Adaptation Measures” (lead: University of Graz), data models are developed on the basis of these results to automatically link localised risk zones with suitable green-blue infrastructure measures. A decision-tree approach combines GIS methods, data clustering and mathematical-statistical techniques, enabling a robust integration of continuous and categorical variables. Iterative stakeholder feedback loops ensure user-friendliness, practical relevance and seamless integration into municipal spatial planning instruments.

GreenGEO makes the growing volume of geospatial data usable for practice-oriented climate change adaptation, promotes knowledge transfer to municipal decision-makers and supports the systemic advancement of Austrian spatial planning towards climate-resilient and sustainable urban and local development.

3 AUSGANGSLAGE

Der Klimawandel stellt eine der zentralen gesellschaftlichen und planerischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Seine Auswirkungen sind längst nicht mehr nur als langfristige Zukunftsszenarien zu verstehen, sondern prägen bereits heute den Alltag von Städten und Gemeinden. Zunehmende Hitzewellen, veränderte Niederschlagsmuster, häufigere Starkregenereignisse sowie längere Trockenperioden führen zu erheblichen Belastungen für Siedlungsräume, Infrastrukturen und die Gesundheit der Bevölkerung. Besonders betroffen sind dicht bebaute Gebiete, in denen hohe Versiegelungsgrade und der Verlust vegetationsreicher Flächen die negativen Effekte des Klimawandels zusätzlich verstärken (APCC 2025).

Parallel zu diesen klimatischen Veränderungen hat sich in den letzten Jahren die freie Verfügbarkeit klimarisikorelevanter Geodaten deutlich erhöht. Satellitendaten, Fernerkundungsprodukte, nationale Klimamodelle sowie thematische Geodatenätze zu Boden, Landnutzung, Vegetation oder hydrologischen Risiken stehen in wachsendem Umfang zur Verfügung (Ching et al. 2018; European Parliament and Council 2007). All diese Daten bieten grundsätzlich ein großes Potenzial, klimatische Risiken differenziert zu analysieren und räumlich zu verorten. In der kommunalen Planungspraxis bleibt dieses vorhandene Potenzial jedoch häufig ungenutzt. Gründe dafür liegen in der fehlenden Aufbereitung der Daten für planerische Fragestellungen, in mangelnder Vergleichbarkeit, in Unsicherheiten bezüglich Aussagekraft und Relevanz einzelner Indikatoren sowie in begrenzten personellen Ressourcen innerhalb der Gemeinden.

Die Rolle von GBI als zentrale Maßnahme der Klimawandelanpassung gewinnt gleichzeitig ebenfalls zunehmend an Bedeutung. Wissenschaftliche Studien belegen ihre vielfältigen positiven Wirkungen, etwa durch die Reduktion von Hitzebelastung, die Verbesserung des lokalen Wasserhaushalts, die Förderung der Biodiversität sowie die Steigerung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum (Almaaitah et al. 2021). Trotz dieses Wissens werden entsprechende Maßnahmen in der Raum- und Landschaftsplanung häufig nicht systematisch berücksichtigt oder bleiben auf einzelne Pilotprojekte beschränkt. In vielen Fällen fehlt es an belastbaren Entscheidungsgrundlagen, die es ermöglichen, Maßnahmen räumlich gezielt zu priorisieren und ihre Wirksamkeit nachvollziehbar zu begründen.

Vor diesem Hintergrund setzt das Projekt GreenGEO an. Es reagiert auf die wachsende Diskrepanz zwischen der verfügbaren Datenmenge zu klimarelevanten Fragestellungen und deren tatsächlicher Nutzung in der örtlichen Raum- und Landschaftsplanung. Ziel ist es, diese Daten nicht nur sichtbar zu machen, sondern sie in eine strukturierte, planerisch anschlussfähige Logik zu überführen. Das Projekt versteht sich dabei nicht als rein technisches Entwicklungsprojekt, sondern als integrativer Ansatz, der technische, planerische und governancebezogene Fragestellungen miteinander verbindet. Durch die Entwicklung harmonisierter Indikatoren, datenbasierter Planungsalgorithmen und eines webbasierten GIS-Tools sollen Gemeinden dabei unterstützt werden, Klimarisiken zu erkennen und darauf aufbauend geeignete Klimawandelanpassungsmaßnahmen umzusetzen.

Die Dringlichkeit dieses Ansatzes ergibt sich nicht zuletzt aus den aktuellen klimapolitischen Zielsetzungen auf europäischer und nationaler Ebene, die eine rasche und wirksame Umsetzung von Klimawandelanpassungsmaßnahmen erfordern (BMNT 2017). So beschreibt die EU-Strategie für grüne Infrastruktur ökosystembasierte Ansätze als eines der am weitesten verbreiteten, wirtschaftlich tragfähigen

und wirksamen Instrumente zur Bewältigung der Auswirkungen des Klimawandels und empfiehlt deren Anwendung ausdrücklich als Standard in der Raum- und Landschaftsplanung (EU Kommission 2013). Raum- und Landschaftsplanung nimmt hierbei also eine Schlüsselrolle ein, da sie langfristige Entscheidungen über Landnutzung, Bebauung und Freiraumgestaltung trifft. In der aktualisierten EU-Klimawandelanpassungsstrategie wird der zunehmende Bedarf, „die Fülle der verfügbaren Klimainformationen in maßgeschneiderte, benutzerfreundliche Instrumente zu übersetzen“ festgestellt (EU Kommission 2021). GreenGEO greift diesen Handlungsbedarf auf und leistet einen Beitrag zur Weiterentwicklung einer datenbasierten, klimaresilienten Planungspraxis, die sowohl fachlich fundiert als auch für kommunale Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger praktikabel ist.

4 VORPROJEKTE

Das Projekt GreenGEO baut inhaltlich und methodisch auf zwei vorgelagerten Forschungsprojekten auf, die sich mit der Rolle der Begrünung und Klimawandelanpassung in der österreichischen Raumplanung bereits tiefgehend befasst haben. Diese Vorprojekte bilden die konzeptionelle, rechtliche und datenbasierte Grundlage für die im Rahmen von GreenGEO vorgesehenen Weiterentwicklungen.

Die Vorstudie „Raum & Grün – Möglichkeiten zur Integration von Begrünung ins Regelwerk der österreichischen Raumordnung“ (FFG Nr. 4121976) wurde im Zeitraum von 2021 bis 2022 durchgeführt. Ziel dieses Projekts war es, zu analysieren, in welcher Form GBIs in das bestehende Regelwerk der österreichischen Raumordnung integriert werden können. Im Fokus standen dabei die rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen auf Bundes-, Landes- und Gemeindeebene. Durch eine umfassende Dokumentenanalyse zu vorhandenen Strategien, Regelungen und innovativen Fallbeispielen sowie durch den Einbezug von Fachleuten aus Raumplanung, Verwaltung und Forschung wurden bestehende Barrieren identifiziert und Handlungsspielräume aufgezeigt. Das Projekt entwickelte konkrete Empfehlungen, Textbausteine und strategische Ansätze, wie innovative Begrünungsmaßnahmen, insbesondere Bauwerksbegrünungen, verbindlicher in Instrumente wie Raumordnungsgesetze, Bebauungspläne oder privatrechtliche Vereinbarungen verankert werden können. Raum & Grün lieferte so eine rechtlich-planerische Basis, zeigte jedoch auch, dass für die praktische Umsetzung auf Gemeindeebene zusätzliche Werkzeuge und datenbasierte Entscheidungsgrundlagen erforderlich sind (Knoll et al. 2022).

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde das Folgeprojekt „RaumGrün & Gemeinden – Pilottest: Begrünung als integraler Bestandteil der örtlichen Raumplanung in Österreich“ (FFG Nr. 4781907) im Zeitraum von 2022 bis 2025 umgesetzt. Das Projekt verlagerte den Fokus von der primär normativen Ebene stärker in die kommunale Planungspraxis. Ziel war es, Begrünung und Klimawandelanpassung als integralen Bestandteil der örtlichen Raumplanung konkret anwendbar zu machen. In Zusammenarbeit mit drei raumtypologisch unterschiedlichen Pilotgemeinden wurden datenbasierte Methoden zur Identifikation lokaler Klimarisiken entwickelt und in einer WebGIS-Applikation zusammengeführt. Diese Plattform ermöglichte den zentralen Zugriff auf Grundkarten, aktuelle Klimadaten, Klimaprojektionen sowie bestehende Risikokarten und stellte damit neue Grundlagen für gemeindespezifische Planungsentscheidungen dar. Zudem wurde ein neuer, niederschwelliger Ansatz für die datenbasierte Identifikation von Hitzerrisikozonen in Form des Heat Factor Austria entwickelt. Die Risikoeinschätzung basiert dabei auf dem lokalen Verhältnis von Hitze- bzw. Kühlbeitragsflächen auf Basis der Landnutzungen. Die WebGIS-Applikation einschließlich der Darstellung des Heat Factor Austria ist in Abbildung 1 dargestellt.

Darüber hinaus wurde im Projekt ein prototypisches Planungsinstrumentarium erarbeitet, das Klimarisikozonen mit konkreten Maßnahmenempfehlungen verknüpfte und diese den Instrumenten der örtlichen Raumplanung zuordnete. Ein zentraler Mehrwert des Projekts lag in der engen Einbindung von politischen und fachlichen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern aus den Pilotgemeinden sowie von weiteren Stakeholdern auf Landesebene. Dadurch konnten die entwickelten Werkzeuge hinsichtlich Praxistauglichkeit, Verständlichkeit und Umsetzbarkeit überprüft und weiterentwickelt werden (Knoll et al. 2025).

GreenGEO knüpft direkt an diese Vorarbeiten an. Während Raum & Grün den rechtlich-strategischen

Rahmen analysierte und RaumGrün & Gemeinden erste datenbasierte Werkzeuge für die kommunale Praxis bereitstellte, liegt der Schwerpunkt von GreenGEO auf der Vertiefung, Harmonisierung und algorithmischen

Verknüpfung klimarelevanter Geodaten mit planerischen Maßnahmen. Ziel ist es, die im Vorgängerprojekt identifizierten Ansätze weiter zu präzisieren, österreichweit anschlussfähig zu machen und durch transparente, reproduzierbare Entscheidungslogiken zu ergänzen. Damit wird eine Brücke geschlagen zwischen strategischen Zielsetzungen, datenbasierter Analyse und konkreter planerischer Umsetzung.

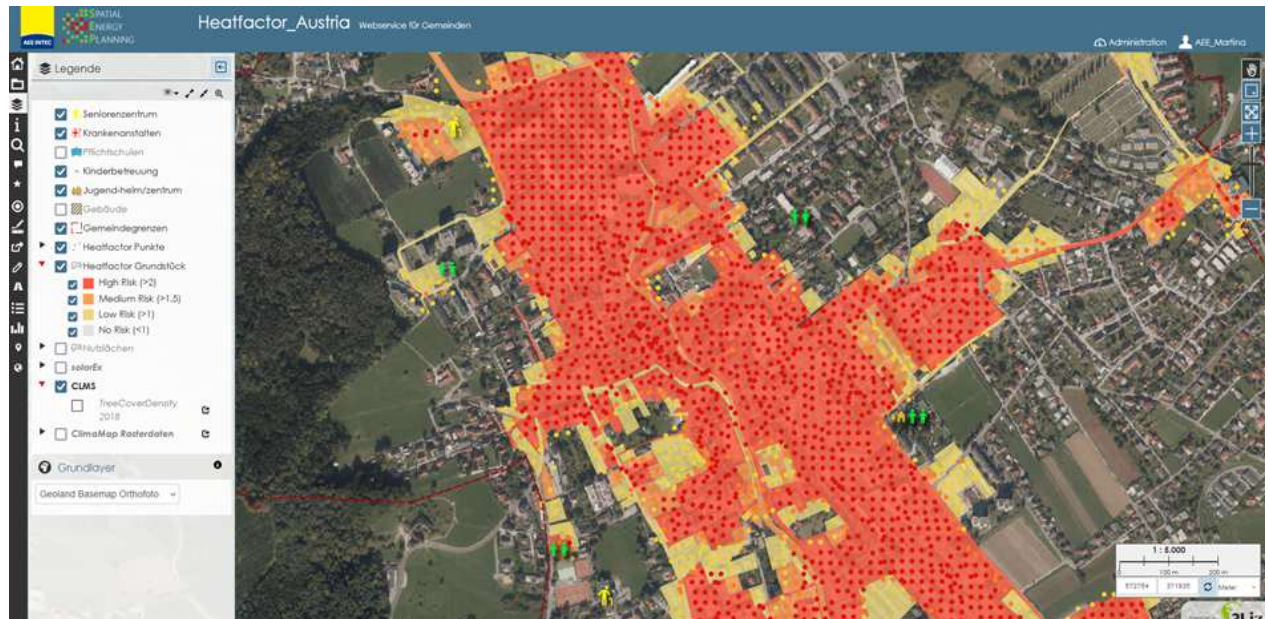


Abbildung 1: Prototypische WebGIS Applikation aus dem Projekt RaumGrün& Gemeinden mit dem Heat Factor Austria – Veranschaulichung der Risikozonen in einer Pilotgemeinde(Andreas Stöger, AEE INTEC)

5 GEODATENBASIERTE ABLEITUNG LOKALER KLIMARISIKOZONEN

Klimarisiken in Siedlungsräumen müssen im ersten Schritt identifiziert und lokalisiert werden, um eine vorausschauende Raum- und Landschaftsplanung zu ermöglichen. Lokale Klimarisiken treten häufig kleinräumig auf. Eine isolierte Betrachtung der einzelnen Gefahren greift zu kurz, da sich klimatische Belastungen häufig überlagern und auch gegenseitig verstärken können. Vor diesem Hintergrund gewinnt eine integrierte geodatenbasierte Risikozonierung zunehmend an Bedeutung.

Methodisch werden ausgewählte georeferenzierte Satellitendaten und terrestrische Daten miteinander kombiniert, um die erforderlichen Informationen zu generieren und Zonen mit Handlungsbedarf zu identifizieren. Maßgebliche räumliche Einflussgrößen wie Versiegelungsgrad, Flächennutzung, Vegetationsstruktur, Topografie, Bodenbeschaffenheit und hydrologische Rahmenbedingungen werden systematisch zusammengeführt. Der gezielte Einsatz offener Datenquellen ermöglicht eine transparente, reproduzierbare und breit anwendbare Analyse und stellt zugleich die Anschlussfähigkeit an kommunale Planungsprozesse sicher.

Für den österreichischen Kontext stehen zahlreiche offene Datensätze zur Verfügung, die eine differenzierte Abbildung klimarelevanter Gefährdungen erlauben. Dazu zählen unter anderem Überflutungsflächen unterschiedlicher Wiederkehrintervalle, Informationen zu gravitativen und hydrologischen Prozessen, hydrologische Einzugsgebiete, digitale Höhenmodelle sowie Daten zur Landbedeckung und Bodenversiegelung, wie BEV Land Cover. Diese Datensätze weisen eine hohe planerische Relevanz auf, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer räumlichen Auflösung und Aktualität.

Das österreichische Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) veröffentlichte im Dezember 2024 den ersten flächendeckenden, hochauflösenden BEV Land Cover Datensatz für das gesamte Bundesgebiet. Der Datensatz enthält eine österreichweit homogene Klassifizierung von Informationen zur Bodenbedeckung und ermöglicht eine detaillierte Einteilung in sechs Bodenbedeckungsklassen: Hohe, mittlere und niedrige Vegetation, Gebäude, Bodenflächen und Gewässer.¹

Ergänzend zu amtlichen Geodaten spielen frei verfügbare Satellitendaten eine zentrale Rolle bei der Analyse klimarelevanter Einflussfaktoren. NASA Landsat liefert seit 1972 ununterbrochene Aufzeichnungen über die

¹ <https://www.bev.gv.at/Services/Produkte/Land-Cover/Land-Cover.html>

Von Klimarisiken zu Planungsentscheidungen. Konzeptionelle Ansätze für geodatenbasierte Klimawandelanpassung, entwickelt im GreenGEO-Projekt

Landbedeckung der Erde. Seine unterstützende Rolle für die Stadtplanung wurde bereits veröffentlicht (Landsat Science 2021). Das europäische Copernicus-Erdbeobachtungsprogramm nutzt reale und Modellierungsdaten für die Naturraumüberwachung, Atmosphären- und Klimamonitoring und Krisenmanagement bei Naturkatastrophen (Demuzere et al. 2022). Die vergleichsweise hohe Aufnahmefrequenz satellitengenerierter Datensätze ermöglicht es, Klimarisiken nicht nur statisch zu erfassen, sondern auch zeitliche Veränderungen und Entwicklungstendenzen abzubilden. Die Kombination multispektraler, thermaler und radargestützter Sensoren ermöglicht eine differenzierte Analyse von Prozessen wie Verdunstung, Wärmeabstrahlung oder Wasserverfügbarkeit, die die Bewertung klimatischer Risiken im Siedlungsraum unterstützen (Coutts et al. 2016).

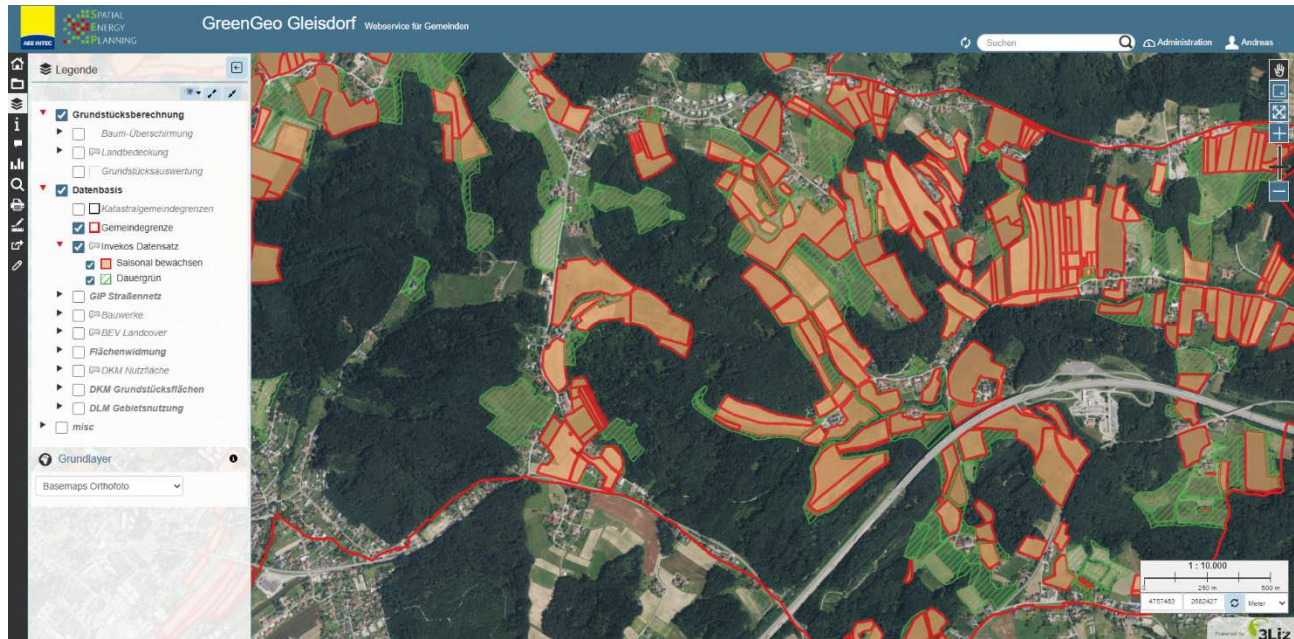


Abbildung 2: Weiterentwicklung der prototypischen WebGIS-Applikation mit dem bearbeiteten InVEKoS-Datensatz.² Dauergrüne und saisonal begrünte landwirtschaftlich genutzte Flächen können nun unterschieden werden, um bessere Aussagen zum lokalen Hitzerrisiko treffen zu können. (Andreas Stöger, AEE INTEC, 2025)

Ein wesentlicher Mehrwert der integrierten, georeferenzierten Datennutzung liegt in der Identifikation räumlicher Schwerpunkte, in denen mehrere klimatische Belastungen zusammenwirken. Solche Mehrfachbelastungen treten insbesondere in dicht bebauten Siedlungsräumen auf, in denen hohe Versiegelungsgrade, geringe Vegetationsanteile und eingeschränkte Versickerung bzw. Wasserretention zusammentreffen. In der Planungspraxis müssen derzeit jedoch Informationen aus vielen unterschiedlichen Quellen manuell überlagert und fachlich interpretiert werden, um daraus standortbezogene Handlungsempfehlungen abzuleiten. Eine integrierte, GIS-gestützte Ableitung lokaler Klimarisikozonen stellt daher einen wesentlichen Schritt dar, um die vorhandene Datenbasis gezielt für planerische Entscheidungsprozesse nutzbar zu machen.

Nach der sorgfältigen Harmonisierung der Datenquellen hinsichtlich räumlicher Auflösung und zeitlicher Abdeckung werden neu entwickelte Algorithmen zu deren Kombination angewendet, um detaillierte Aussagen zu vorhandener GBI zu treffen und Risikozonen für spezifische Klimarisiken abzuleiten. Diese Informationen sind dann für jede Gemeinde und Adresse in einem Dashboard abrufbar. Sie bilden die Grundlage für Planungsentscheidungen und ermöglichen Vergleiche zwischen frei gewählten Betrachtungsbereichen.

6 EFFEKTIVE GRÜN-BLAUE ANPASSUNGSMASSNAHMEN IN DER RAUM-UNDLANDSCHAFTSPLANUNG

Die wirksame Anpassung an klimawandelbedingte Belastungen im Siedlungsraum erfordert Maßnahmen, die nicht nur ökologisch effektiv, sondern auch planerisch umsetzbar und rechtlich verankerbar sind. Grün-blaue

² Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem zur Umsetzung und Administration der einheitlichen gemeinsamen Agrarpolitik der EU-Länder.

Infrastrukturen haben sich in den letzten Jahren als zentrales Instrument zur Minderung klimatischer Risiken und zur Stärkung ökologischer Funktionen etabliert. Gleichzeitig zeigt sich, dass GBI-Maßnahmen ihren größten Beitrag dann leisten, wenn sie nicht punktuell, sondern im Rahmen eines koordinierten räumlichen Ansatzes umgesetzt werden.

Grün-blaue Anpassungsmaßnahmen umfassen ein breites Spektrum vegetations- und wasserbezogener Interventionen, die gezielt natürliche Prozesse nutzen, um klimatische Belastungen zu mindern und gleichzeitig Biodiversität, Gesundheit und Lebensqualität im Siedlungsraum zu fördern. Dazu zählen unter anderem Entsiegelungsmaßnahmen, Baumpflanzungen, die Qualifizierung öffentlicher Grün- und Freiräume, Dach- und Fassadenbegrünungen, Versickerungs- und Retentionsflächen sowie die ökologische Aufwertung von Gewässerstrukturen. Ihre Wirkung beruht auf gut etablierten Mechanismen wie Verschattung, Verdunstung, Temperatursgleich, Regenwasserrückhalt und verzögerter Abflussbildung (Tran & Hoang 2025). Für die Raum- und Landschaftsplanung ist jedoch entscheidend, dass diese Maßnahmen standortspezifisch betrachtet werden. Die konkrete Wirksamkeit grün-blauer Anpassungsmaßnahmen entfaltet sich in Abhängigkeit vom räumlichen Kontext, etwa von Bebauungsdichte, Versiegelungsgrad, vorhandener Vegetation, topografischer Lage oder funktionaler Nutzung. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Maßnahmen standortbezogen einzuordnen und zu priorisieren, um ihre Wirkung gezielt dort zu entfalten, wo sie einen hohen Beitrag zur Minderung der Klimawandelrisiken leisten können (Reinwald et al., 2023).

Die systematische Zusammenstellung grün-blauer Anpassungsmaßnahmen im Projekt ermöglicht deren vergleichende Bewertung und transparente Zuordnung zu spezifischen räumlichen Situationen (van de Ven et al. 2016). Sie basiert auf wissenschaftlicher Evidenz und planerischer Erfahrung und berücksichtigt zentrale Kriterien wie Wirksamkeit, Kosten, Umsetzbarkeit, Zielkonflikte sowie Pflege- und Nutzungsperspektiven als Grundlage für die Priorisierung von Anpassungsoptionen im Siedlungsraum.



Abbildung 3: Beispielhafte Darstellung eines Bereichs einer möglichen Transformationsfläche in Weiz (Markus Karner, RaumRegionMensch, 2026)

Ein Fokus liegt zudem auf der Zuordnung der unterschiedlichen grün-blauen Anpassungsmaßnahmen zu den Instrumenten der örtlichen Raum- und Landschaftsplanung. Diese Zuordnung ermöglicht es, den Weg in die Umsetzung zu strukturieren. Die Maßnahmenmatrix fungiert damit als Schnittstelle zwischen datenbasierter Risikobetrachtung und der operativen Anwendung der Instrumente der örtlichen Raum- und Landschaftsplanung.

Die Zuordnung der Maßnahmen erfolgt dabei zu folgenden Ebenen: Das Örtliche Entwicklungskonzept bzw. das Räumliche Entwicklungskonzept, in dem langfristige Zielsetzungen zur Siedlungsentwicklung, Freiraumstruktur und Klimawandelanpassung festgelegt werden, der Flächenwidmungsplan, der die Möglichkeit bietet, Nutzungen räumlich zu steuern und Flächen für GBIs zu sichern oder klimaangepasste Nutzungsformen festzulegen. Der Bebauungsplan erlaubt eine parzellenscharfe Konkretisierung, etwa durch Vorgaben zu Begrünungsanteilen, Versiegelungsgrenzen oder zur Ausgestaltung von Frei- und Zwischenräumen. Ergänzend eröffnet die Vertragsraumordnung zusätzliche Handlungsspielräume, um GBIs auch auf privatem Grund verbindlich umzusetzen.

fid	Risikozone	Instrument	Widmungsstatus	Eigentumsstatus	Maßnahme
6	HTL, HW, ER	BBPL	BLB, BLU	P, G, OE	Festlegung eines maximalen Versiegelungsgrades
11	HTL, HW, ER	BBPL	BLU	P, G, OE	Festlegung von versiegelungsfreien Freiflächen innerhalb großer Baulandflächen
21	HTL, HW	BBPL	BLB, BLU, VF	P, G, OE	Die Versickerung von Oberflächenwässern ist auf Eigengrund zu gewährleisten.
29	HTL	BBPL	BLU, BLB	P, G, OE	Vorschreibung von Dach- und/oder Fassadenbegrünung
30	HTL	BBPL	BLU, GL	P, G, OE	Festlegung eines Grünflächenanteils (inkl. Vorgaben für gärtnerische Ausgestaltung)
40	HTL, HW, ST, ER	BBPL	BLU, BLB	P, G	Bebauungsfreie Zonen festlegen
51	HTL	BBPL	BLU	P, G, OE	Vorschreibung eines verpflichtenden Bepflanzungskonzepts für Mehrfamilienhäuser (inkl. Monitoring)

Tabelle 1: Maßnahmenliste auf Ebene des Bebauungsplans für den in Abbildung 3 dargestellten Transformationsbereich.

Neben formellen Planungsinstrumenten kommt begleitenden Maßnahmen eine zentrale Rolle in der Umsetzung grün-blauer Anpassungsstrategien zu. Raum- und Landschaftsplanung ist nicht ausschließlich ein technischer Steuerungsprozess, sondern ein sozialer und politischer Aushandlungsprozess, der im alltäglichen Lebensraum der Bevölkerung wirksam wird. Klimawandelanpassung erfordert daher Maßnahmen, die über rechtliche Festlegungen hinausgehen und den Dialog zwischen Verwaltung, Politik und Gesellschaft aktiv unterstützen.

Begleitende Maßnahmen umfassen unter anderem Informations- und Kommunikationsangebote, sichtbare Interventionen im öffentlichen Raum, Beteiligungs- und Dialogformate sowie die Zusammenarbeit mit lokalen Akteurinnen und Akteuren. Sie tragen dazu bei, Klimawandelanpassung im Alltag erfahrbar zu machen, lokales Wissen in Planungsprozesse einzubinden und Akzeptanz für langfristige Veränderungen zu schaffen. Ebenso wichtig ist der Aufbau kommunikativer Strukturen innerhalb der Gemeinden, etwa durch klare Ansprechpersonen, kontinuierliche Informationsformate und niederschwellige Rückmeldemöglichkeiten. In ihrer Gesamtheit stärken solche Maßnahmen die Schnittstelle zwischen Planung und Umsetzung und erhöhen die Wirksamkeit von GBIs im Siedlungsraum.

7 DATENBASIERTE PLANUNGsalgorithmen FÜR KLIMAWANDEL-ANPASSUNGSMASSNAHMEN

Datenbasierte Planungsalgorithmen bilden die verbindende Ebene zwischen räumlich differenzierter Klimarisikoanalyse und der Anwendung von GBIs in der örtlichen Raum- und Landschaftsplanung. Ihr Beitrag liegt darin, heterogene Informationen systematisch zu verknüpfen und in eine strukturierte Entscheidungslogik zu überführen, die planerisch interpretierbar und unmittelbar nutzbar ist. Damit wird es möglich, die Auswahl und Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen nicht ausschließlich qualitativ oder subjektiv erfahrungsbasiert vorzunehmen, sondern auf einer konsistenten, reproduzierbaren Entscheidungslogik aufzubauen (Roest et al. 2023). Der Vorteil dieses Ansatzes liegt in seiner Transparenz: Entscheidungswege sind explizit nachvollziehbar und können fachlich überprüft, angepasst und weiterentwickelt werden.

Im Mittelpunkt stehen Datenmodelle, die lokalisierte Klimarisikozonen automatisiert mit geeigneten, nach anzuwendendem Planungsinstrument kategorisierten GBIs in Beziehung setzen. Diese Modelle integrieren unterschiedliche Datentypen, darunter kontinuierliche Variablen wie Versiegelungsgrad, Oberflächentemperatur oder Abflussneigung sowie kategoriale Informationen wie Flächennutzungen, Schutzkategorien oder planungsrechtliche Festlegungen. Durch diese Kombination können komplexe Konstellationen abgebildet werden, die in manuellen Planungsprozessen nur eingeschränkt systematisch erfassbar sind. Durch die Integration gewichteter Bewertungsparameter wie Wirksamkeit, Umsetzbarkeit, Kosten, potenzielle Zielkonflikte oder soziale Effekte können Maßnahmen zudem in Relation zueinander gesetzt werden. Dadurch entsteht eine priorisierte Auswahl von Anpassungsoptionen, die standortspezifische Anforderungen ebenso berücksichtigt wie planerische Rahmenbedingungen. Die algorithmische Struktur ersetzt dabei keine planerischen Entscheidungen, sondern schafft eine konsistente Grundlage für fundierte Abwägungen.

Die Ergebnisse der algorithmischen Verknüpfung sind so ausgestaltet, dass sie direkt an die Instrumente der örtlichen Raum- und Landschaftsplanung anschließen. Maßnahmenempfehlungen werden räumlich verortet und den jeweiligen Planungsebenen zugeordnet, etwa dem Örtlichen Entwicklungskonzept beziehungsweise Räumlichen Entwicklungskonzept, dem Flächenwidmungsplan, dem Bebauungsplan oder der Vertragsraumordnung. Dadurch wird frühzeitig sichtbar, welche planungsrechtlichen Schritte mit ihrer Umsetzung verbunden sind.

Projektziel ist die Entwicklung geodatenbasierter Algorithmen für lokal verortete Planungsvorschläge zu effektiven GBIs als Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel mit Fokus auf der örtlichen Raumplanung. Am Projektende soll der Funktionsnachweis für ein WebGIS-basiertes Visualisierungstool erbracht werden, das eine spezifische, geodaten- und konsensbasierte Entscheidungsunterstützung bei der Umsetzung von GBIs für lokale Raumplanungsbehörden Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger bietet. Als Ergebnis des Projekts wird zunächst eine deutlich vertiefte und konsolidierte Datengrundlage zur klimabezogenen Risikozonenberechnung und -ausweisung erwartet, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf der systematischen Nutzung und Einbindung von Satellitendaten liegt. Diese werden mit bestehenden, georeferenzierten Informationen zur grünen Infrastruktur verknüpft, um räumlich differenzierte Aussagen zu Klimarisikoprofil, Vulnerabilitäten und Anpassungspotenzialen im Siedlungsraum zu ermöglichen. GreenGEO verfolgt einen möglichst niederschweligen Zugang zum Ziel, für den ausschließlich frei zugängliche Datenquellen und einfache Berechnungsmethoden ohne Erfordernis für teure Simulationssoftware verwendet werden sollen, die die Realisierung von Anpassungsmaßnahmen in Gemeinden weiter verzögern können. Darauf aufbauend wird eine parameterspezifisch priorisierbare Maßnahmenliste entwickelt, die unterschiedliche Klimarisiken, räumliche und rechtlich-planerische Rahmenbedingungen sowie Wirkungszusammenhänge berücksichtigt. Zur Unterstützung planerischer Entscheidungsprozesse werden Entscheidungsalgorithmen konzipiert, die auf Basis des berechneten Risikoprofils (semi-)automatisierte, standortbezogene Maßnahmenvorschläge generieren. Die Ergebnisse werden in eine erweiterte WebGIS-Umgebung integriert, die eine nutzerfreundliche Visualisierung, Analyse und Auswahl von Anpassungsoptionen erlaubt. Der Vorteil der angestrebten WebGIS-Plattform liegt in der zentralen Datenverwaltung und der dezentralen Verfügbarkeit. Jede:r kann auf die Plattform zugreifen, gleichzeitig erfolgt die Aufbereitung des Datenmaterials zentral, was den Verwaltungsaufwand minimal hält.

Eine intensive Einbindung relevanter Stakeholder begleitet alle Projektphasen und stellt die Praxisrelevanz sowie die Anschlussfähigkeit an bestehende Planungsprozesse sicher. Die Funktionalität und Anwendbarkeit des Gesamtansatzes werden abschließend anhand von Realdatentests in den österreichischen Klimapionierstädten Klagenfurt und Gleisdorf validiert.

8 AUSBLICK UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die rapide steigende Anzahl an frei verfügbaren Geodaten ermöglicht es, dass Planungsempfehlungen für Klimawandelanpassungsmaßnahmen in Zukunft auf dieser Datengrundlage automatisiert, nachvollziehbar und transparent erstellt werden können. Die intelligente Verknüpfung unterschiedlich kombinierter Datengrundlagen mit einer priorisierbaren Maßnahmenliste für grün-blaue Anpassungsmaßnahmen erlaubt dabei eine gezielte, standortspezifische Vorauswahl, die auch die rechtliche Ebene der Raumplanungsinstrumente berücksichtigt. Datenbasierte Planungsalgorithmen fungieren damit als strukturierende Schnittstelle zwischen Analyse und Umsetzung. Sie übersetzen komplexe räumliche Informationslagen in klar nachvollziehbare Entscheidungsoptionen und unterstützen die Raum- und Landschaftsplanung dabei, Klimawandelanpassungsmaßnahmen gezielt, priorisiert und instrumentenspezifisch zu integrieren. Ihr Beitrag liegt weniger in der Automatisierung von Entscheidungen als in der systematischen Aufbereitung von Entscheidungsgrundlagen, die eine evidenzbasierte und kontextsensitive Planung ermöglichen.

9 LITERATURVERZEICHNIS

- ALMAAITAH, Tamer; Appleby, Madison; Rosenblat, Howard; Drake, Jennifer; Joksimovic, Darko (2021): The potential of Blue-Green infrastructure as a climate change adaptation strategy: a systematic literature review, *Blue-Green Systems*, Vol. 3 (1). Online verfügbar unter <https://doi.org/10.2166/bgs.2021.016>
- BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (2017): Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 2 – Aktionsplan. Aktualisierte Fassung, Jänner 2017, Wien. Online verfügbar unter https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:d2c3bcd1-98d4-4e88-9e64-f17bfad1399f/NAS_Aktionsplan2017.pdf
- CHING, Jason; Mills, Gerald; Bechtel, Benjamin; See, Linda; Feddersen, Hendrik; Wang, Xiaomeng; Ren, Chao; Burchard, Helge; Brunetti, Massimiliano; Hurtado, Patricia; Kottmeier, Christoph; García-Díez, Marcos; Bley, Stefan; Hollander, Maarten; Bocquet, Marc; Mariani, L.; Lehner, Matthias; Schlünzen, Klaus H.; Linden, Paul; Heusinkveld, Bert; Stewart, Ian D.; Oke, Tim R. (2018): WUDAPT: An Urban Weather, Climate, and Environmental Modeling Infrastructure for the Anthropocene. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 99 (9). Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0236.1>
- COUTTS, Andrew M.; Harris, Richard J.; Phan, Thu; Livesley, Stephen J.; Williams, Nicholas S.G.; Trapper Nigel J. (2016): Thermal infrared remote sensing of urban heat: Hotspots, vegetation, and assessment of techniques for use in urban planning. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 186, pp. 637-651. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.09.007>
- DEMUZERE, Matthias; Kittner, Jonas; Martilli, Alberto; Mills, Gerald; Moede, Christian; Stewart, Iain D.; van Vliet, Jasper; Bechtel, Benjamin: A global map of local climate zones to support earth system modelling and urban-scale environmental science, *Earth System Science Data*, Vol. 14 (8), pp. 3835 – 3873. <https://doi.org/10.5194/essd-14-3835-2022>
- EUROPEAN COMMISSION (2013): Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions: Green Infrastructure (GI) Enhancing Europe's Natural Capital. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0249>
- EUROPEAN COMMISSION (2021): Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions: Forging a climate-resilient Europe – the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2021:82:FIN>
- EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL (2007): Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj/eng>
- HUPPMANN, Daniel; Keiler, Margreth; Riahi, Keywan; Rieder, Harald (eds.). *Second Austrian Assessment Report on Climate Change (AAR2): APCC*, Austrian Academy of Sciences Press, pp. 186 ff., Vienna, Austria, 2025. Online verfügbar unter <https://aar2.ccca.ac.at/download-en>
- KNOLL, Bente; Renkin, Agnes; Doppeide, Ralf; Knasmillner, Elisabeth; Karner, Markus; Fleischmann, Michael et al. (2022): Raum & Grün. Möglichkeiten zur Integration von Begrünung ins Regelwerk der österreichischen Raumordnung. Hg. v. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 45). Online verfügbar unter <https://www.b-nk.at/bericht-raum-gruen>
- KNOLL, Bente; Meier, Arne; Majcen, Martina; Karner, Markus; Doppeide, Ralf (2025): RaumGrün & Gemeinden. Pilottest: Begrünung als integraler Bestandteil der örtlichen Raumplanung in Österreich. Hg. v. Klima- und Energiefonds (Energy Transition 2025). Online verfügbar unter <https://www.b-nk.at/bericht-raum-gruen-gemeinden>
- LANDSAT SCIENCE (2021): Factsheet: Landsat's Critical Role in Urban Planning. Online verfügbar unter <https://science.nasa.gov/mission/landsat/benefits/urban-development/>

- REINWALD, Florian; Schindelegger, Arthur; Weichselbaumer, Roswitha; Damyanovic, Doris (2023): Anpassung an den Klimawandel in der Raumplanung und Raumordnung. Ein Leitfaden für die Praxis. Online verfügbar unter https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H85000/H85400/Projekte/GreenAdapt/GreenAdaptation_Massnahmenkatalog.pdf
- ROEST, Allard Hans; Weitkamp, Gerd; van den Brink, Margo; Boogaard, Floris (2023): Mapping Spatial Opportunities for Urban Climate Adaptation Measures in Public and Private Spaces Using a GIS-Based Decision Support Model, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 96, 104651. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104651>.
- TRAN, Van-Duc; Hoang, Nhat-Duc (2025): Machine Learning Insight into the Cooling Intensity of Urban Blue-Green Spaces During Heatwaves, *Sustainability*, Vol. 17 (21). Online verfügbar unter <https://doi.org/10.3390/su17219824>.
- VAN DE VEN, Frans H. M.; Snep, Robbert P. H.; Koole, Stijn; Brolsma, Robert; van Buuren, Arwin; Biesbroek, Robbert (2016): Adaptation of Planning Support Toolbox: Measurable Performance Information Based Tools for Co-Creation of Resilient, Ecosystem-Based Urban Plans with Urban Designers, Decision-Makers and Stakeholders, *Environmental Science & Policy*, Vol. 66, pp. 427-436. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.010>