
Biota GmbH, Bützow; Universität Rostock

GIS-BASIERTES ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNGSSYSTEM FÜR DIE PROSPEKTIVE SYNERGISTISCHE PLANUNG VON ENTWICKLUNGSOPTIONEN IN REGIOPOLEN AM BEISPIEL DES STADT-UMLAND-RAUMS ROSTOCK

Tim Hoffmann, Dietmar Mehl, Jannik Schilling, Siling Chen, Jens Tränckner, Matthias Hinz, Ralf Bill

Zusammenfassung: Der Beitrag befasst sich mit der Entwicklung eines GIS-basierten Entscheidungsunterstützungssystems (GIS-EUS) zur Unterstützung von räumlichen Planungsprozessen in Stadt-Umland-Räumen auf der Maßstabsebene der Flächennutzungsplanung nach BauGB. Das GIS-EUS soll einen Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit der Ressource Land ermöglichen und in praxis- und anwendungsorientierter Form zur Umsetzung der Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen beitragen. Neben den hard- und softwaretechnischen und strukturellen Belangen wird auf drei fachliche Schwerpunkte eingegangen: (1) ein modelltechnisch umgesetzter Ökosystemleistungsansatz zur Bewertung der Veränderung von Flächennutzungen und damit zur Optimierung des Ressourcenschutzes, (2) modelltechnisch umgesetzte Prüf- und Bewertungsroutinen zur Kapazitätsbewertung in den wasserwirtschaftlichen Feldern Trinkwasser, Abwasser sowie Hochwasserschutz sowie (3) ein modelltechnisch umgesetzter Prüf- und Auswertalgorithmus zur optimalen räumlichen Positionierung von Wertstoffhöfen als Beitrag in der Kreislauf-/Abfallwirtschaft. Für ein konkretes fiktives Beispiel der Flächennutzungsplanung werden die entwickelten Werkzeuge getestet.

Schlüsselwörter: GIS-gestütztes Entscheidungsunterstützungssystem, interkommunal, Stadt und Umland, räumliche Entwicklungsoptionen, kommunale Flächennutzungsplanung, Ökosystemleistungen, Wasserwirtschaft, Kreislaufwirtschaft, Abfallwirtschaft

A GIS-BASED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE PROSPECTIVE SYNERGISTIC PLANNING OF DEVELOPMENT OPTIONS IN REGIONAL CENTRES USING THE EXAMPLE OF ROSTOCK AND ITS PERI-URBAN AREA

Abstract: The article describes the development of a GIS-based decision support system (GIS-EUS) to support spatial planning processes in urban-rural areas at the scale level of zoning planning according to the German Federal Building Code (BauGB). The GIS-EUS is intended to contribute to the sustainable use of land as a resource and, in a practical and application-oriented form, also enable the implementation of the United Nations Sustainable Development Goals. In addition to the hardware, software and structural concerns, three technical focal points are addressed: (1) a model-based ecosystem service approach for evaluating changes in land use and thus optimising resource protection, (2) model-based testing and evaluation routines for capacity evaluation in the water management fields of drinking water, wastewater and flood protection, and (3) a model-based testing and evaluation algorithm for the optimal spatial positioning of recycling centres as a contribution to recycling/waste management. The developed tools are tested for a concrete example of land use planning.

Keywords: GIS-based decision support system, inter-municipal, urban and peri-urban, spatial development options, municipal land use planning, urban and peri-urban, ecosystem services, water management, system of recycling, waste management

Autoren

Dr. Tim Hoffmann
 Dr. Dr. Dietmar Mehl
 M. Sc. Siling Chen
 biota – Institut für ökologische Forschung und
 Planung GmbH
 Nebelring 15
 D-18246 Bützow
 E: tim.hoffmann@institut-biota.de
 dietmar.mehl@institut-biota.de
 siling.chen@institut-biota.de

M. Sc. Jannik Schilling
 Prof. Dr.-Ing. Jens Tränckner
 Universität Rostock
 Professur für Wasserwirtschaft
 Satower Straße 48
 D-18059 Rostock
 E: jannik.schilling@uni-rostock.de
 jens.traenckner@uni-rostock.de

M. Sc. Matthias Hinz
 Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
 Universität Rostock
 Professur für Geodäsie und Geoinformatik
 Justus-von-Liebig-Weg 6
 D-18059 Rostock
 E: matthias.hinz2@uni-rostock.de
 ralf.bill@uni-rostock.de

1 EINLEITUNG UND MOTIVATION**1.1 NOTWENDIGKEIT UND HERAUSFORDERUNGEN FÜR EINE SYSTEM- UND RAUMÜBERGREIFENDE PLANUNG VON STADT-UMLAND-RÄUMEN**

Die sektorenübergreifende, integrale Entwicklung von großen Städten und ihres Umlands ist zunehmend zur Kernfrage für die Zukunftsfähigkeit von Regionen geworden. Dies gilt umso mehr für Regiopolen, welche außerhalb der großen Wirtschaftsregionen mit eher agrarisch geprägtem Umland liegen. Gerade diese müssen zur Sicherung des Wirtschaftsstandorts attraktive Bedingungen für Gewerbe und Lebensqualität bieten und als Motor für wirtschaftliche und sozioökonomische Entwicklung weit in das Umland ausstrahlen. Gleichzeitig bieten diese Regionen vielfach aber noch eine hohe Ausstattung mit naturnahen Kulturlandschaften, verbunden mit einem hohen Maß an Ökosystemleistungen für den Einzelnen und die Gesellschaft. Ein konsequent wissensbasierter Ausgleich zwischen wirtschaftlich und sozioökonomisch bedingten Interessen und dem Erhalt essenzieller Landschaftsfunktionen ist damit entscheidend für die Zukunftsfähigkeit solcher Regionen.

Im Zentrum steht dabei der möglichst sparsame Umgang mit der Ressource Land (§ 1 a Absatz 2 BauGB, Bock et al. 2011). Die Abhängigkeit von Prozessen räumlicher Entwicklung der Urbanisierung und verstärkt auch der Suburbanisierung ist dabei extrem hoch. Der Begriff „Land“ wird durch die Gesellschaft grundsätzlich nutzungsbezogen interpretiert. Der Nutzen bzw. Wert bildet sich aber nur teilweise in

der ökonomischen Bewertung ab (z.B. Marktpreis für Grund und Boden). Für das Gemeinwohl wichtige Funktionen und Leistungen der Ressourcen Land, Boden und Gewässer werden deshalb immer noch vorrangig durch gesetzliche Normative im Sinne von Verboten, Geboten, Grenzwerten und anderen Konventionen bestimmt (z.B. VRRRL, FFH-RL, BNatSchG, BBodSchG, WHG, UVPG, ROG, BBauG). Dies führt bei der Frage einer geplanten konkreten Flächennutzung häufig zu sektoralen und räumlich begrenzten Prüfungen einzelner Landschaftsfunktionen und ihrer möglichen Beeinträchtigung, was eine konsistente system- und raumübergreifende Planung des Stadt-Umland-Raums erschwert.

Rechtlich bestimmend ist die Bauleitplanung entsprechend §§ 1 ff. BauGB und die parallele Landschaftsplanung gemäß § 9 Absatz 1 BNatSchG. Als strategischem Bauleitplan kommt dem Flächennutzungsplan eine Schlüsselrolle zu (s. hierzu ausführlich bei Mehl et al. 2021), weshalb hier der ebenfalls strategische Ansatz des (unterstützenden) GIS-EUS erfolgen soll.

1.2 UNTERSUCHUNGSGEBIET UND KOOPERATIONSSTRUKTUREN: DER STADT-UMLAND-RAUM ROSTOCK

Die o.g. Herausforderungen gelten auch für den raumordnerisch bestimmten Stadt-Umland-Raum der Hanse- und Universitätsstadt Rostock (EM M-V 2016). Administrativ sind der Stadt-Umland-Region die Hanse- und Universitätsstadt Rostock mit ca. 210.000 Einwohnern sowie 18 Umland-Gemeinden mit starker räumlicher Verflechtung zur Kernstadt und ca. 50.000

Einwohnern zugeordnet (Abbildung 1). Der Stadt-Umland-Raum Rostock ist der sozio-ökonomische Kern der Regiopoleregion Rostock (www.regiopoleregion-rostock.de) und steht exemplarisch für Regiopolen des Norddeutschen Tieflands mit charakteristischen landschaftlich-naturräumlichen, wirtschaftlichen und sozio-demografischen Verhältnissen. In naturräumlicher und landschaftlicher Sicht ist die Region Rostock bestimmt durch die glaziale Landschaftsgenese und die postglaziale Entwicklung einschließlich der anthropogenen Landschaftsveränderungen. Das wichtigste landschaftsprägende Talsystem bildet die Warnow mit ihrem Talmoor, die in Rostock in das Unterwarnow-Ästuar übergeht. Natürliche und naturnahe Flächen (insbesondere Feuchtgebiete und Niedermoore) sind im Regelfall als geschützte Bio- und Geotope nach BNatSchG bzw. NatSchAG M-V ausgewiesen. Zudem besteht im Raum eine bedeutsame NATURA-2000-Gebietskulisse.

Rostock und der umgebende Landkreis weisen nach erheblichen Bevölkerungsverlusten in den 1990er-Jahren inzwischen eine leichte aber stabile Zuwanderung mit räumlich differenzierten Gradienten auf. Die begrenzte Verfügbarkeit von bezahlbarem Wohnraum und Gewerbeflächen mit guter Verkehrsanbindung und bedarfsgerechter infrastruktureller Ausstattung wird durch den regionalen Planungsverband als Risikofaktor für das Wirtschaftswachstum wahrgenommen. Insbesondere in Rostock wird die zunehmende bauliche Verdichtung und Erschließung neuer Flächen zum Problem für die Stadtnatur sowie die Verkehrs- und leitungsgebundene Infrastruktur. Parallel werden in den Umlandgemeinden zum Teil umfangreiche Gewerbeansiedlungen

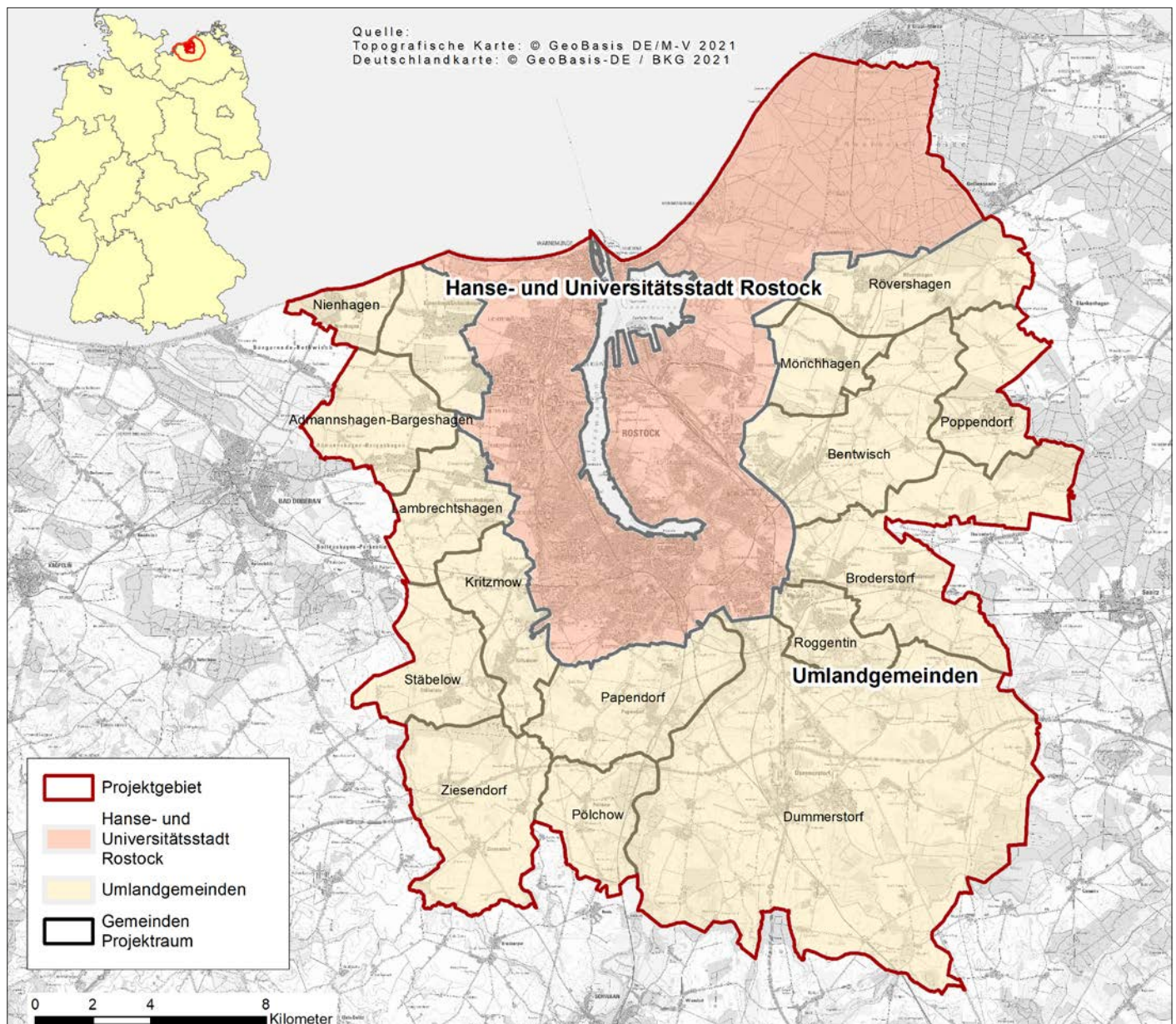


Abbildung 1: Stadt-Umland-Raum Rostock

gen und Wohngebietsausweisungen vorangetrieben, mit entsprechendem Druck auf naturnahe und landwirtschaftlich genutzte Flächen, Ver- und Entsorgungsstrukturen und die Gewässersysteme.

Bis heute ist Rostock die einzige deutsche Stadt, welche ihr Trinkwasser direkt aus der „fließenden Welle“ eines Flusses (Warnow) entnimmt, verbunden mit erheblichem technologischem Aufbereitungsaufwand und einer grundsätzlich hohen Vulnerabilität dieser Ressource. Die großräumige Trinkwasserschutzzone wird gleichzeitig von einigen betroffenen Gemeinden als Entwicklungshindernis wahrgenommen. Entsprechend existieren seit Jahren Überlegungen zur Nutzung des nur begrenzt verfügbaren Grundwasserdargebots in der Region.

Auch die zentrale Rostocker Kläranlage liegt bereits deutlich über der ursprünglichen Bemessungsgröße. In Verbindung mit der ebenfalls hoch ausgelasteten Netzinfrastruktur und begrenzten Aufnahmekapazität der Fließgewässer ergeben sich auch wasserwirtschaftlich begründete Raumwiderstände, die kooperativ erarbeitete Entwicklungskonzepte erfordern.

Ebenso sind im Bereich der Abfall-/Kreislaufwirtschaft strategische Weichenstellungen erforderlich, insbesondere zur Umsetzung gesetzlicher Anforderungen zur flächendeckenden Erfassung und Verwertung von Bioabfällen sowie für die Wertstoffverwertung und -nutzung. Aktuell agieren die Aufgabenträger der Hansestadt Rostock und des umgebenden Landkreises getrennt

und bedienen sich verschiedener Betriebsführer. Effektive und nachhaltige Abfallwirtschaftskonzepte bedürfen einer verbesserten Kooperation. Mit den gesplitteten Verantwortlichkeiten geht auch eine entsprechende heterogene Datenhaltung und -verarbeitung einher.

1.3 KONKRETE ZIELSTELLUNGEN

Die o. g. Herausforderungen lassen sich nur durch eine wissensbasierte, regions- und akteursübergreifende Zusammenarbeit lösen. Hierfür haben sich im vom BMBF geförderten Projekt PROSPER-RO (Prospektive synergistische Planung von Entwicklungsoptionen in Regiopolen – am Beispiel des Stadt-Umland-Raums Rostock) maßgebliche Verwaltungseinheiten des Stadt- und des Landkreises

ses, wasserwirtschaftliche Aufgabenträger, Forschungsgruppen der Universität Rostock und privatwirtschaftliche Planungs-/Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen. Ein entscheidendes Projektziel ist dabei die konsistente Zusammenführung, fachbezogene Aufbereitung und modellgestützte Bewertung der verteilten Datenbestände in einem GIS-basierten Entscheidungsunterstützungssystem (GIS-EUS). Das System soll alle planungsrelevanten Daten in einer einheitlichen Geodatenstruktur verwalten, wichtige topologische und funktionale Zusammenhänge sachgerecht abbilden und die Auswirkung von Planungsalternativen durch effektive Bewertungsalgorithmen bewerten. Schwerpunkt bilden hier fachliche Werkzeuge in den drei Bereichen Ökosystemleistung/Flächennutzungsplanung, Wasserwirtschaft und Kreislaufwirtschaft. Da die Endnutzer des GIS-EUS in den Planungs- und Verwaltungseinheiten häufig nicht über vertiefte GIS-Kenntnisse verfügen, soll das GIS-EUS webbasiert über eine nutzerfreundliche Oberfläche bedient werden können. Angesprochen wird entsprechend dem Forschungskonzept nur ein regionaler Nutzerkreis im oben genannten Sinne, der einen Online-Zugang erhält. Gegen ein vollständig offen verfügbares System spricht das notwendige Fachwissen, welches für die Nutzung eines solchen Systems unabdingbar ist, um Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Gerade im Bereich der Regionalplanung ist ein einheitlicher Bewertungsmaßstab der Ressource Land erforderlich. Deshalb sollen in PROSPERO die nicht handelbaren Funktionen der Ressourcen Land und Gewässer für das Gemeinwohl über das Konzept der Ökosystemleistungen erfasst und bewertet werden. Auch eine monetäre Bewertung ist vorgesehen und könnte den zuvor erläuterten Widerspruch zu den marktwirtschaftlich bewerteten Nutzungsaspekten auflösen helfen. Dies erfordert die Entwicklung und Kalibrierung entsprechender Bewertungsalgorithmen, welche konsequent an die Informationen des GIS-EUS gekoppelt werden.

Das GIS-EUS mit dem eingebetteten Bewertungsansatz für maßgebliche Ökosystemleistungen und den Planungswerkzeugen wird nun nach der dreijährigen Erforschungs- und Entwicklungsphase in einer zweijährigen Umsetzungsphase bei den Praxispartnern (Umweltämter, Regio-

nal Planungsverband, Wasser-/Abwasserzweckverband, Planer u. a.) getestet und weiterentwickelt. Langfristiges Ziel ist eine nachhaltige Nutzung und Weiterentwicklung auf der beschriebenen strategischen Planungsebene bei allen Beteiligten.

2 STAND DER FORSCHUNG UND TECHNIK

Konzepte für ein nachhaltiges Land- und Flächenmanagement werden insbesondere seit Veröffentlichung des Brundtland-Reports seit mehreren Jahrzehnten entwickelt und breit diskutiert (WCED 1987). Eine entscheidende Basis hierfür sind die Berücksichtigung und der Ausgleich verschiedenster Akteure und Interessensvertreter („Stakeholder“), (Diller 2010, Schwilch et al. 2012). Hierfür wurden verschiedene methodische und wertvolle Konzepte entwickelt, unter anderem auch im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahmen „Perspektiven für das Land. Dies betrifft innovative Systemlösungen für ein Nachhaltiges Landmanagement“ (BMBF 2016), auf welche auch PROSPERO aufbauen kann. Diese fokussieren aber meist auf fachliche klar abgrenzbare Fragestellungen (Forst, Bioenergie, Abwasser) oder Standortspezifika (Moorstandorte). Angesichts der Komplexität der Einflussgrößen und Wirkungen von Nutzungen erfordern möglichst ganzheitliche Lösungen System-, Akteurs- und Fachdisziplin-übergreifende Informationen und Auswertungen. National und international wurden in den letzten Jahren zahlreiche interessante GIS-basierte Lösungen entwickelt, welche z.T. auch für PROSPERO nutzbar sind (Azura et al. 2017, Grêt-Regamey et al. 2017, Hemidat et al. 2017, Hiloidhari et al. 2017, Karimi et al. 2017, Wuestemann et al. 2017). Auch im Rahmen von BMBF-Vorhaben wurden bereits GIS-Algorithmen entwickelt, deren Nutzbarkeit für die weitere Bearbeitung gezielt zu prüfen ist (z.B. „Regioprojektcheck“, „Null-Emissions-Gemeinden“). Wertvolle Planungsinstrumente und beispielhafte Lösungen wurden auch durch das REFNA-Vorhaben (Bock et al. 2011) erarbeitet, u.a. ein indikatorbasierter Bewertungsrahmen für strategische Standortplanung (Kötter et al. 2009) und Fernerkundungsverfahren zur teilautomatisierten Erfassung der Flächennutzung. Parallel laufen gerade Forschungsarbeiten im Rahmen des FO-

NA-Vorhabens „Umsetzung der Leitinitiative Zukunftsstadt“ zur nachhaltigen Entwicklung urbaner Siedlungs- und Raumstrukturen an. Die hier zu untersuchenden prioritären Innovationsfelder (BMBF 2015) gelten grundsätzlich analog für die Kernstädte der Regiopolen, müssen aber auf die Strukturen und Bedarfe des ländlichen Umlandes erweitert werden und die besonderen Anforderungen zum Erhalt der wertvollen Kultur- und Naturlandschaften berücksichtigen. Dies erfordert sowohl die Entwicklung angepasster oder sogar neuer Planungs- und Bewertungswerkzeuge als auch innovative, möglichst synergistische Systemlösungen, welche wiederum nur über einen Satz vergleichbarer Indikatoren für multiple Wirkungen gefunden werden können.

2.1 ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

Das Konzept der Ökosystemleistungen hat in den 1980er-Jahren Einzug in den Mainstream der Umweltökonomik gefunden und wurde vor allem im englischsprachigen Raum angewandt und methodisch weiterentwickelt (Costanza et al. 1997, Daily 1997, Pearce et al. 2006, Freeman et al. 2014). Je nach zu bewertender Ökosystemleistung (ÖSL) stehen verschiedene Bewertungsmethoden zur Verfügung. Grundsätzlich wird unterschieden zwischen marktpreisbasierten und kostenbasierten Methoden sowie Methoden, die direkt Zahlungsbereitschaften für ÖSL messen. Zur Bewertung von Ökosystemleistungen, die nicht auf Märkten gehandelt werden, werden seit ca. 20 Jahren „Stated preferences“ Methoden genutzt (Bateman et al. 2002). Nach anfänglicher Kritik im Hinblick auf die Validität dieser umfragebasierten Methoden mit hypothetischen Entscheidungen (Diamond & Hausman, 1994) sind die Methoden mittlerweile weiterentwickelt worden und lassen bei richtiger Anwendung valide Ergebnisse erwarten (Johnston & Duke 2009, Haab et al. 2013). Der Ökosystemleistungsansatz wird inzwischen auch in Deutschland in verschiedenen Projekten, insbesondere mit Bezug auf die Wasserwirtschaft (z. B. BMBF-Projekte RESI, FLUSSHYGIENE, InStrömung, KOGGE) sowie Landmanagement (Weller et al. 2014, Hirschfeld et al. 2017, Sagebiel et al. 2017) genutzt.

Teilweise wurden auch landnutzungsbedingte Stoffflüsse (z. B. Nahrungsmittel, Biomasse, Schadstoffe) quantifiziert und

ökonomisch bewertet (Hirschfeld et al. 2017). Auch das TEEB-Projekt hat diese Stoffflüsse breit diskutiert und Bewertungsansätze zusammengetragen (TEEB 2010, 2016a, b).

Eine wichtige Dimension der ökonomischen Bewertung ist der Raum. Werte variieren räumlich aufgrund verschiedener Faktoren, wie geologischen oder hydrologischen Gegebenheiten, Status quo der Ausstattung an ÖSL oder auch administrativen Grenzen, Abstand zur bewerteten ÖSL oder der Anzahl von Substituten (Brouwer et al. 2010, Sagebiel et al. 2017). Diese Einflussgrößen müssen bei der räumlich differenzierten Bewertung von ÖSL und der Aggregation von ökonomischen Werten berücksichtigt werden. Die Einbeziehung der räumlichen und zeitlichen Dimension für die Analyse und ökonomische Bewertung von Daten wurde bisher nur teilweise systematisch verfolgt. Konsequentermaßen raumbezogen und mit einheitlichem Zeitschritt bei ÖSL-Fragestellungen des Gewässer- und Auenschutz agierten aber z.B. Mehl et al. (2018) oder Podschun et al. (2018). Aktuell gibt es auf nationaler und europäischer Ebene Bemühungen zur Vereinheitlichung und Weiterentwicklung entsprechender Methoden, wozu PROSPER-RO einen wissenschaftlichen Beitrag leisten kann.

2.2 RÄUMLICHE ENTSCHEIDUNGS- UNTERSTÜTZUNGSSYSTEME

Räumliche Entscheidungsunterstützungssysteme (SDSS) können Raumplanern helfen, Situationsanalysen durchzuführen und angemessene Entscheidungen zu treffen. SDSS sind definiert als „interaktive computergestützte Systeme, die einen Benutzer oder eine Gruppe von Benutzern bei der Erreichung einer höheren Effektivität der Entscheidungsfindung während der Lösung eines halbstrukturierten räumlichen Entscheidungsproblems unterstützen sollen“ (Malczewski 1999). In diesem Zusammenhang ist ein „semi-strukturiertes“ Problem ein Problem, dessen Kriterien nicht a priori gut definiert sind, z.B. aufgrund mangelnden Wissens oder weil verschiedene Beteiligte unterschiedliche Ziele haben. SDSS kombinieren räumliche und nicht-räumliche Daten sowie die Analyse- und Visualisierungsfunktionen von GIS und Entscheidungsmodellen in bestimmten Domänen (Crossland 2008, Keenan & Jankowski 2018). Nach Sugumaran & DeGroote (2011) besteht ein

SDSS in der Regel aus fünf Komponenten, darunter ein Geoinformationssystem, eine Modellmanagementkomponente, eine Dialogmanagementkomponente, eine Wissensmanagementkomponente (einschließlich einer Wissensdatenbank und einer Inferenzmaschine) und eine Stakeholder-Komponente (einschließlich Methoden und Werkzeugen, die die Beteiligung von und die Kommunikation zwischen verschiedenen Akteuren unterstützen).

Ein entscheidender und anspruchsvoller Schritt zur Lösung eines räumlichen Entscheidungsproblems ist daher die Entwicklung eines mathematischen Modells, das die Kriterien des Problems in Form von Beschränkungen und potenziell konkurrierenden Zielen formalisiert. Ein weiterer Schritt ist die Berechnung eines optimalen Kompromisses zwischen diesen Zielen unter Berücksichtigung der Randbedingungen des Problems. Darüber hinaus wird die räumliche Entscheidungsfindung in der Regel als ein iterativer Prozess betrachtet, z.B. da eine Bewertung der Lösung die Notwendigkeit einer Überarbeitung des Modells aufzeigen kann.

Die Arten von Entscheidungsproblemen, die mit SDSS adressiert werden, beinhalten die Standortzuweisung von Ressourcen (z.B. eine Entscheidung über die Zuteilung von Land zur Realisierung eines Bauprojekts), Netzwerkrouting und Erreichbarkeit (z.B. der beste Pfad von A nach B oder Versorgungsgebiete), Entscheidungen über den Zustand von Ressourcen (z.B. eine Entscheidung über den Zeitpunkt der Ernte eines Felds) und politische Entscheidungen (z.B. eine Entscheidung über Subventionen zur Förderung von Windenergie) (Keenan & Jankowski 2018).

2.3 GEODATENLAGE

2.3.1 RAHMENBEDINGUNGEN INSPIRE UND OPEN DATA

Der Zugang zu qualitativ hochwertigen Geodaten, deren Austausch und Nutzungspotenzial werden durch den Trend zu Open Data und die Umsetzung der INSPIRE-Direktive zur Schaffung einer europäischen Geodateninfrastruktur stetig verbessert. Mit einer Frist zum 17. Juli 2021 hat die Novellierung der PSI-Richtlinie 2019/1024 (EU 2019) europaweit den Druck auf öffentliche Verwaltungen erhöht, hochwertigen Geodaten zur kostenlosen

und freien Nutzung maschinenlesbar zu veröffentlichen. In Deutschland gibt es mit der Geodatennutzungsverordnung GeoNutzV sowie mit § 11 des Geodatenzugangsgesetzes GeoZG Regelungen für Geodaten des Bundes. Auf Ebene der Bundesländer ist der Zugang zu Geodaten jedoch unterschiedlich geregelt. Während u.a. die Bundesländer Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg, Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen bereits ähnlich freizügige Gesetze erließen und umsetzen, stellen andere Bundesländer bislang nur vereinzelte Geodaten zur freien Nutzung bereit. Gegenwärtig müssen hochauflösende Geobasisdaten wie ALKIS, DGMs und Gebäudemodelle in Mecklenburg-Vorpommern bis auf Ausnahmeregelungen für Forschungszwecke i.d.R. käuflich erworben werden. Öffentlich verfügbar, jedoch nutzungsbeschränkt, sind in Mecklenburg-Vorpommern u.a. Digitale Orthophotos als Webservice (DOP 20). Mit ORKa.MV (<https://www.orka-mv.de/>) stellen die Landkreise und kreisfreien Städte in Mecklenburg-Vorpommern auch eine offene Regionalkarte auf Basis von Katasterdaten und OpenStreetMap-Daten bereit.

Das Projekt OpenGeoEdu hat bislang etwa 100 kommunale Datenportale in Deutschland erfasst (<https://portal.opengeoedu.de/>), die neben Bund und Ländern zumindest teilweise offene Daten oder Geodaten veröffentlichen. Dazu gehört auch das Open Data Portal der Hansestadt Rostock OpenData.HRO (<https://www.opendata-hro.de/>) als eine relevante Datenquelle für das GIS-EUS.

2.3.2 GEODATEN IN PROSPER-RO

Die Basisdaten des GIS-EUS wurden teilweise für PROSPER-RO neu erhoben, teilweise aus vorhandenen Datensätzen abgeleitet. Neben den vorher genannten offenen Geodaten, z.B. aus OpenStreetMap und OpenData.HRO, sind dies Geobasisdaten des Landes Mecklenburg-Vorpommern sowie Daten der Projektpartner und mittels fachlicher Auswertungen selbst erstellte Daten. Die Aufbereitung der Geodaten erfolgte hauptsächlich mit dem Open-Source-GIS „QGIS“ (QGIS 2021). Zusätzlich wurden für das EUS zentrale Datensätze vorprozessiert.

Die Datenbasis umfasst:

- ▶ Realnutzungskartierung inkl. Flächenversiegelung,
- ▶ Digitales Geländemodell (DGM),
- ▶ Flächennutzungspläne (F-Pläne) mit Flächenkategorien nach PlanZV,
- ▶ Digitales Gewässer- und Feuchtgebietskataster (Chen et al. 2021),
- ▶ Wasserrechtliche Erlaubnisse / Einleitgenehmigungen,
- ▶ Abwasserinfrastruktur, Schmutzwasser aufkommen (Mehl & Hoffmann 2017, Schilling & Tränckner 2020),
- ▶ Hydrologisch-hydraulische Modelle (Kachholz & Tränckner 2020),
- ▶ Trinkwasserschutzzonen und weitere Schutzgebiete,
- ▶ Lage und Ausstattung von Recyclinghöfen (Vettermann et al. 2020, 2021),
- ▶ Verkehrsnetz,
- ▶ Abfallaufkommen und Abfallpotenziale (Vettermann et al. 2020, 2021),
- ▶ Versorgende, regulative und kulturelle Ökosystemleistungen (Mehl et al. 2021).

3 GIS-BASIERTES ENTSCHEIDUNGS- UNTERSTÜTZUNGSSYSTEM

Das GIS-EUS ermöglicht es Planern und Entscheidungsträgern der regionalen Verwaltung und der Ver- und Entsorgungsbran-

che, die Auswirkungen von geplanten oder szenarienhaft entworfenen Landnutzungsänderungen auf Infrastrukturen und Ökosystemfunktionen sowie -leistungen auf der Raum- und Maßstabebene von Flächennutzungsplänen (F-Plänen) abzuschätzen. Die räumliche Differenzierung ergibt sich auf Basis der planerisch zugeordneten Flächennutzungskategorien nach PlanZV.

Zu diesem Zweck wurde das GIS-EUS als Webanwendung entwickelt (Abschnitte 3.1 und 3.2). Diese ermöglicht autorisierten Nutzern eingegebene Flächeninformationen und vorprozessierte Geodaten (Abschnitt 2.3) durch eigens entwickelte Bewertungsfunktionen zu verarbeiten, welche den Themenbereichen Ökosystemleistungen, Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft zugeordnet werden können. Auf Basis dieser Bewertungsfunktionen und der zugrunde liegenden methodischen Ansätze (Abschnitt 3.3) können Erkenntnisse gewonnen werden, die planerische Entscheidungen unterstützen und im Beitrag anhand fiktiver Szenarien verdeutlicht werden (Abschnitt 3.4).

3.1 BENUTZEROBERFLÄCHE

In der Startansicht des GIS-EUS (siehe Abbildung 2) ist der Projektraum als topographische Karte dargestellt. Im linksseitigen

Menü können Orthophotos oder Grundlagenkarten der Fachbereiche Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Ökosystemleistungen als zusätzliche Layer hinzugefügt werden. Über interaktive Schallflächen rechts der Karte kann der Nutzer Planobjekte einzeichnen, ihre Geometrien bearbeiten bzw. Geometrien per Upload von Shapefiles in einer Zip-Datei in die Karte einfügen. In den darunterliegenden Dropdown-Menüs werden die vorgesehene Flächennutzung sowie ggf. Maßnahmen und Details zur Flächengestaltung (z. B. Dachbegrünung, Baum-Rigolen etc.) als Attribute hinzugefügt. Die gewünschten Auswertungsfunktionen werden durch Auswahl der entsprechenden Checkboxes aktiviert.

Nach dem Ausführen der Bewertungsroutinen öffnet sich die Ergebnisansicht als neues Browserfenster. Die einzelnen Ergebnisdaten lassen sich für die lokale Weiterverarbeitung exportieren. Sie werden zudem über eine eindeutige Session-ID auf dem Server zwischengespeichert, sodass die Berechnung beim nächsten Aufruf noch zur Verfügung steht.

Die Benutzeroberfläche wurde unter Berücksichtigung der Ansprüche zukünftiger Nutzer in Abstimmung mit der Umweltverwaltung der Hanse- und Universitäts-

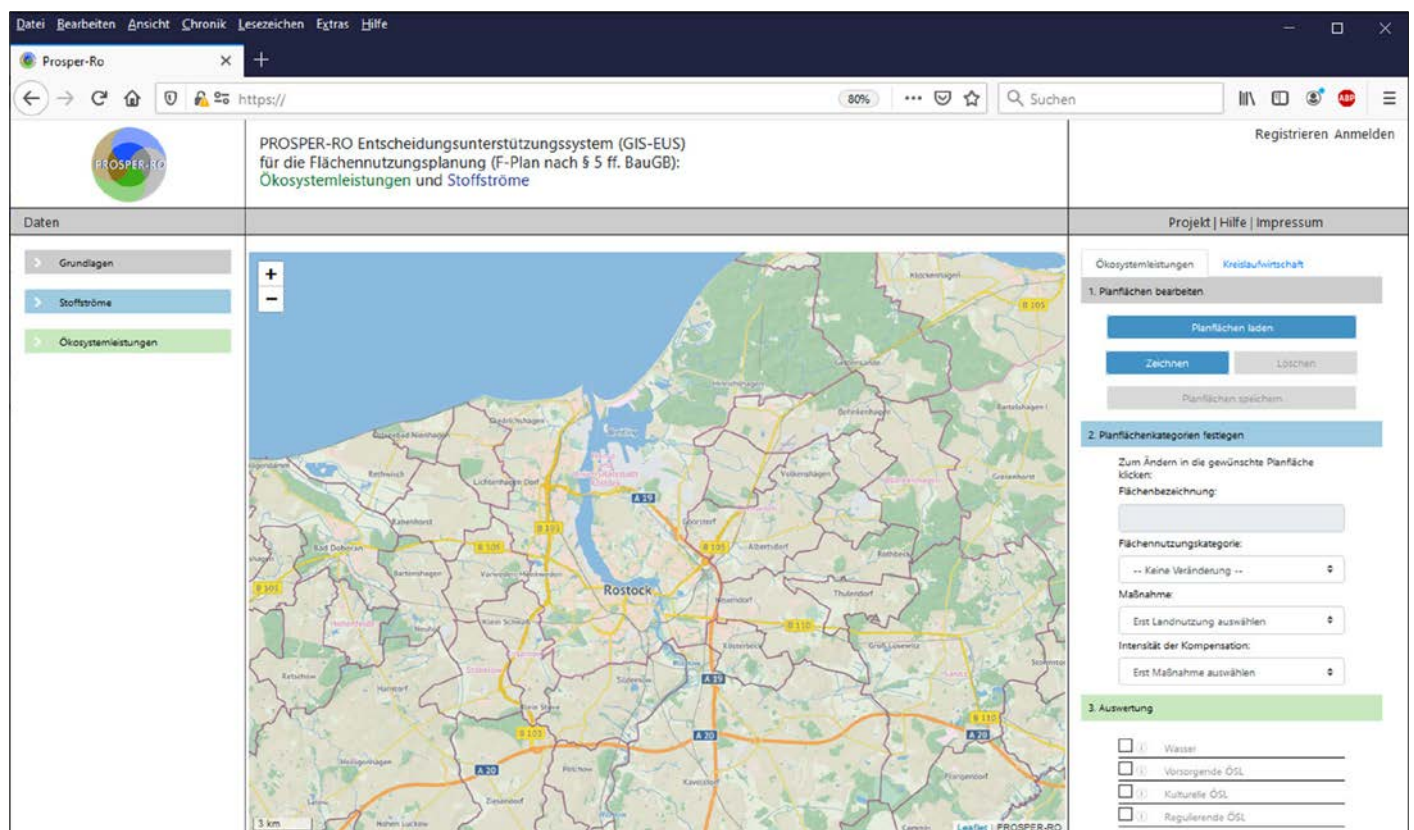


Abbildung 2: Startansicht des GIS-EUS mit zentraler Web-GIS-Oberfläche

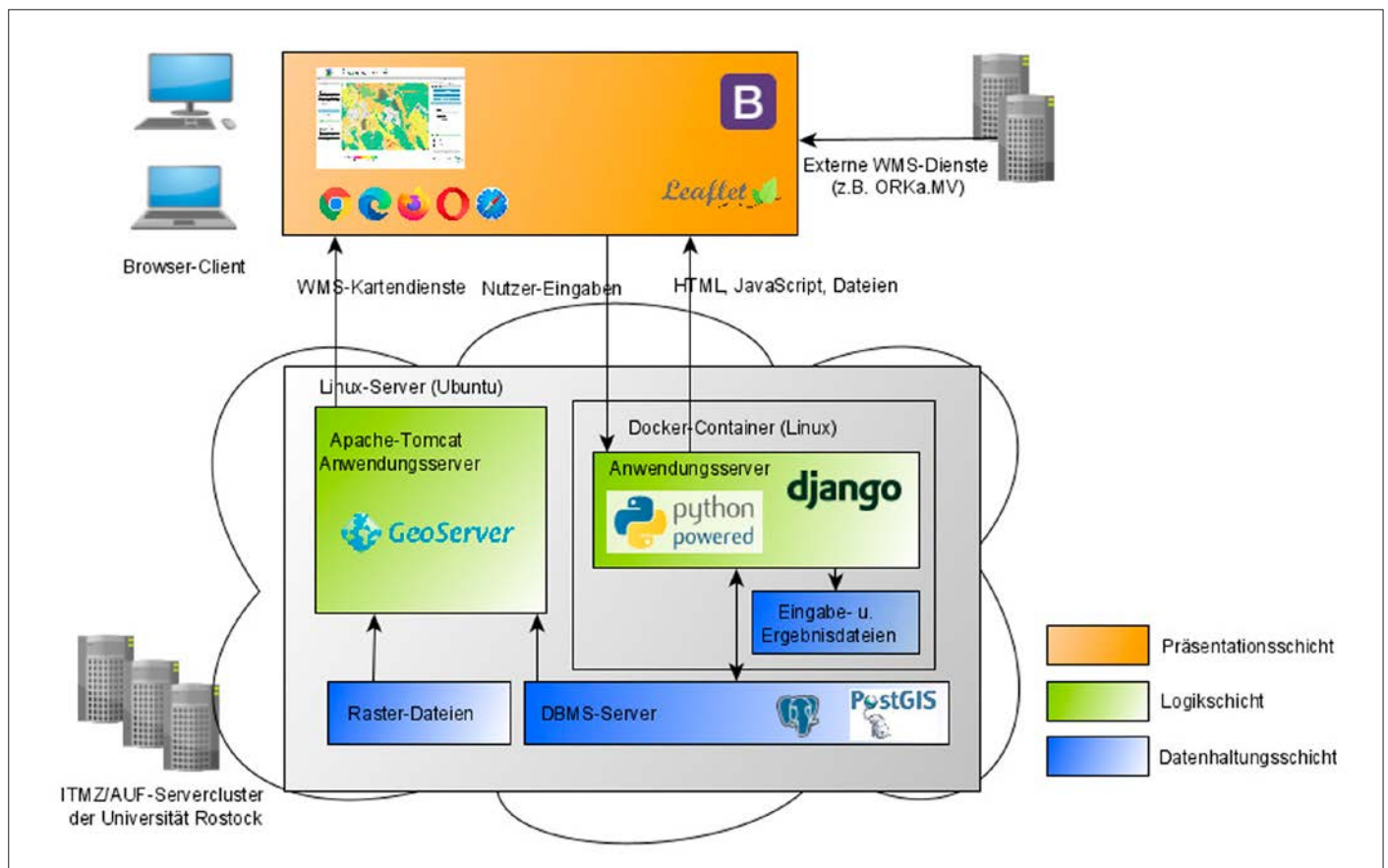


Abbildung 3: Grundsätzlicher Aufbau des GIS-EUS

stadt und des Landkreises Rostock entworfen und umgesetzt und wird in der weiteren Projektphase optimiert. Im bisherigen Entwicklungsprozess wurden neue Funktionen regelmäßig allen Beteiligten zum Testen auf einem Demo-Server bereitgestellt und in Meetings sowie in schriftlicher Korrespondenz diskutiert, wodurch die Entwickler konstantes Feedback erhielten.

3.2 TECHNISCHE UMGEBUNG

Das GIS-EUS ist als Client-Server-System aufgebaut. Wie in Abbildung 3 erkennbar, liegt dem System eine Dreischichtenarchitektur zugrunde mit aufeinander aufbauenden, technisch unabhängigen Datenschicht-, Logik- und Präsentationsschichten. Die Funktionen des EUS sind für den Anwender direkt im eigenen Webbrowser (Client/Präsentationsschicht) nutzbar.

Das allgemeine Layout der Webseiten basiert auf CSS und den JavaScript-Bibliotheken Bootstrap (Otto et al. 2020) und JQuery (OJF 2021). Zur Visualisierung von Geodaten und zum Einbinden von WMS-Services wurde die JavaScript-Bibliothek Leaflet (Agafonkin 2020) mit verschiedenen Erweiterungen benutzt. Die Verbin-

dung aus Leaflet und proj4js (proj4js 2021) ermöglicht Darstellungen nach ETRS89/UTM Zone 33N (EPSG:25833), dem offiziellen Koordinatenreferenzsystem u.a. von Mecklenburg-Vorpommern für großmaßstäbige konforme Kartenabbildungen. Die JavaScript-Bibliotheken DataTables (SpryMedia Ltd 2021), Chart.js (CjC 2021) und plot.ly (Plotly Inc. 2021) gestatten moderne, teils interaktive Visualisierungen von Daten als Tabellen und Diagramme.

Als Teil der Logikschicht werden die Aufgaben Authentifizierung, Geoprozessierung und Datenhaltung auf dem Server durchgeführt. Die Implementierung dieser Logik basiert auf der Programmiersprache Python (PSF 2020) und dem Web-Framework Django (DSF 2020) mit der Erweiterung GeoDjango. Mit dynamischen HTML-Templates und einer Vielzahl wiederverwendbarer Website-Bausteine bildet Django das Bindeglied zwischen serverseitiger Prozessierung (PostGIS, Python) und der browserbasierten Nutzungsoberfläche. Django unterstützt den Zugriff auf diverse Datenbanken, hier PostgreSQL (The PostgreSQL Global Development Group

2021); GeoDjango unterstützt zudem die Verwaltung und Verarbeitung räumlicher Daten mit der PostgreSQL-Erweiterung PostGIS. Die Python-Serveranwendung und zugehörige Dateien sind in einen Docker-Container eingebettet. Dieser isoliert einerseits den Anwendungsserver von anderen Systemkomponenten und trägt somit zur IT-Sicherheit bei. Andererseits kann mit Docker und Docker-Compose die Laufzeitumgebung, bestehend aus vielen untereinander abhängigen Python-Bibliotheken, verwaltet durch pip und conda, leichter reproduziert oder neu erstellt werden. Durch ein Git-Repository werden die Versionsverwaltung, externe Back-ups und kollaborative Weiterentwicklung des EUS ermöglicht.

Neben der Python-Anwendung existiert serverseitig auch eine Instanz der Open-Source-Software Geoserver (OSGEO 2020), welche der Verwaltung der projekteigenen Geobasis- und Geofachdaten dient und abgeleitete Webkarten als OGC-konforme Web Map Services (WMS) und Web Feature Services (WFS) bereitstellt. Diese werden clientseitig in das EUS eingebunden und können in verschiedenen Webkarten-Ansichten interaktiv aus- und eingeblen-

det werden. Vereinzelt sind im EUS auch externe WMS-Dienste eingebunden, wie z. B. die Offene Regionalkarte Mecklenburg-Vorpommern (ORKa.MV) als Grundkarte. Die Geoserver-Instanz und die Python-Anwendung greifen teilweise auf dieselben Komponenten aus der Datenhaltungsschicht zu, insbesondere auf eine gemeinsame PostgreSQL DBMS-Instanz.

Für den projektinternen Datenaustausch wurde eine webbasierte Geodateninfrastruktur (GDI) aufgebaut (Koldrack et al. 2016, 2017), in der Metadaten, Geodaten, Dienste und Zugriffsregelungen organisiert werden und die auf die Konformität von OGC-Diensten, ISO-Normen und INSPIRE setzt. Diese nutzt CKAN (CKAN 2021), eine offene webbasierte Datenkatalog-Software, sowie GeoNetwork als serverseitige Metainformationssoftware, eine PostgreSQL-Datenbank mit verteilten Zugriffsrechten zum Speichern und Abrufen

der Geodaten und GeoServer zur zentralen Datenhaltung für das EUS.

3.3 AUSWERTUNGSFUNKTIONEN

Die durch den Nutzer eingegebenen Flächeninformationen werden für das Geoprocessing an den Server übergeben. Die in Python implementierten Auswertungsfunktionen nutzen als Basisbibliotheken GeoPandas (Jordahl et al. 2020), Georasters (Özak 2020), Rasterio (Mapbox 2018), Rasterstats (Rasterstats 2021) und Shapely (Adair et al. 2021).

Bislang sind in das GIS-EUS Auswertungsfunktionen für die Bewertung der Veränderung von Ökosystemleistungen sowie für die Fachbereiche Wasserwirtschaft und Kreislaufwirtschaft integriert.

3.3.1 ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN (ÖSL)

Die gewählten Ansätze bei der Auswertung von Ökosystemleistungen werden bei

Mehl et al. (2021) erläutert. Im Programm wird jeweils die Veränderung einer ÖSL des vorgegebenen Planzustands im Vergleich zum nach Mehl et al. (2021) vorprozessierten Istzustand (Abbildung 4) auf Rasterbasis mit einer Auflösung von 10 x 10 m bewertet. Die relevanten Indikatoren, Analyse-/Klassifizierungsmethoden bzw. Modellkonzepte und diesbezügliche Datengrundlagen für die Analyse und Bewertung der einzelnen Ökosystemleistungen (s. u.) sind bei Mehl et al. (2021) im Überblick dargestellt. Alle ÖSL werden qualitativ mithilfe einer ordinalen 6-stufigen Skala bewertet (s. hierzu Mehl et al. 2021). Klasse 0 entspricht einer „äußerst geringen/fehlenden“ und Klasse 5 einer „sehr hohen“ Leistung. Für eine Reihe von ÖSL steht zudem eine monetäre Bewertung der Veränderung zur Verfügung, z. B. für die Landschaftsästhetik über eine Präferenzanalyse.

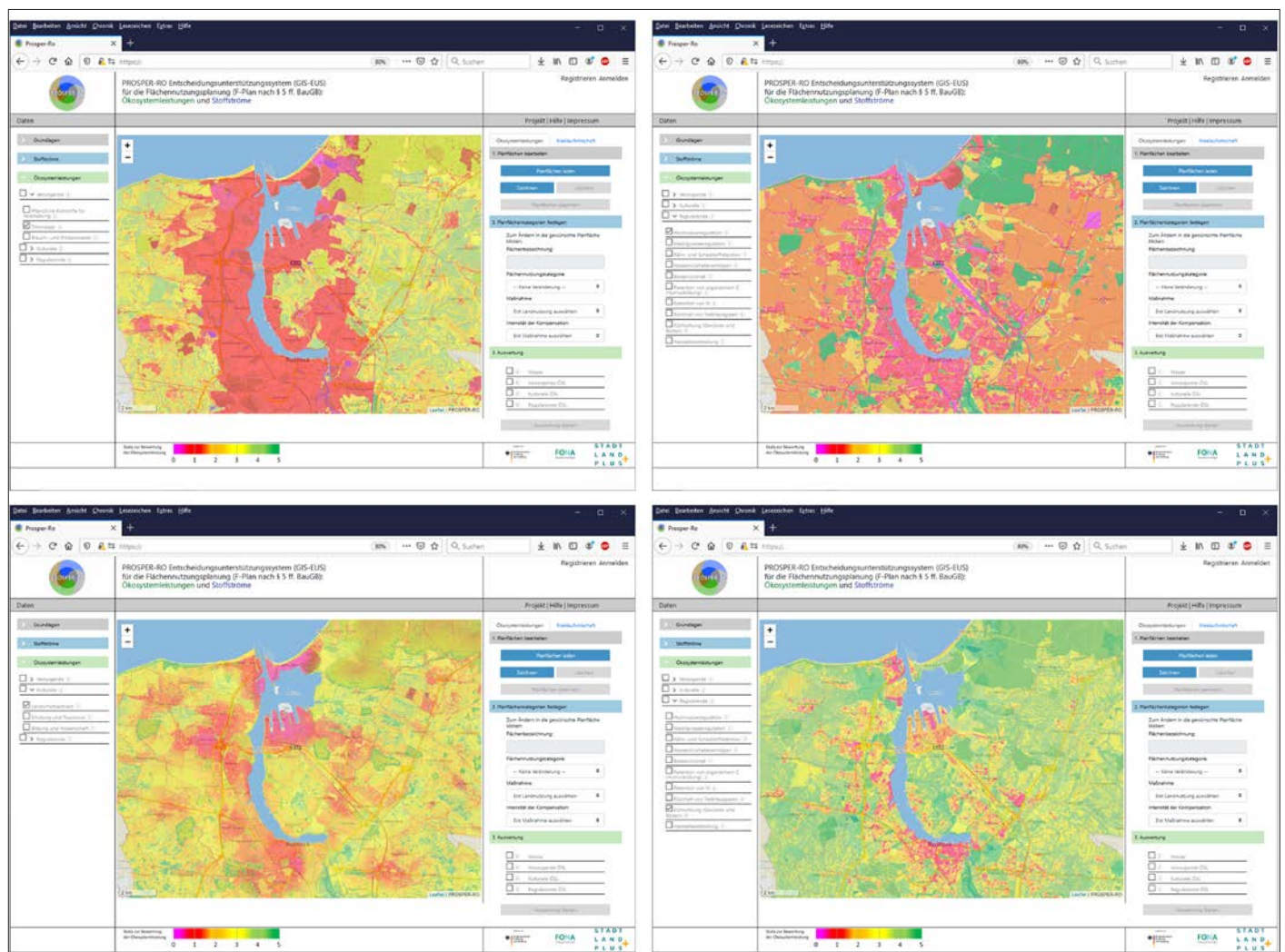


Abbildung 4: Potenzialdarstellungen einer Auswahl von vorprozessierten Ökosystemleistungen (Bereitstellung von Trinkwasser, l. o., Hochwasserregulation, r. o., Landschaftsästhetik, l. u., Kühlwirkung, r. u.)

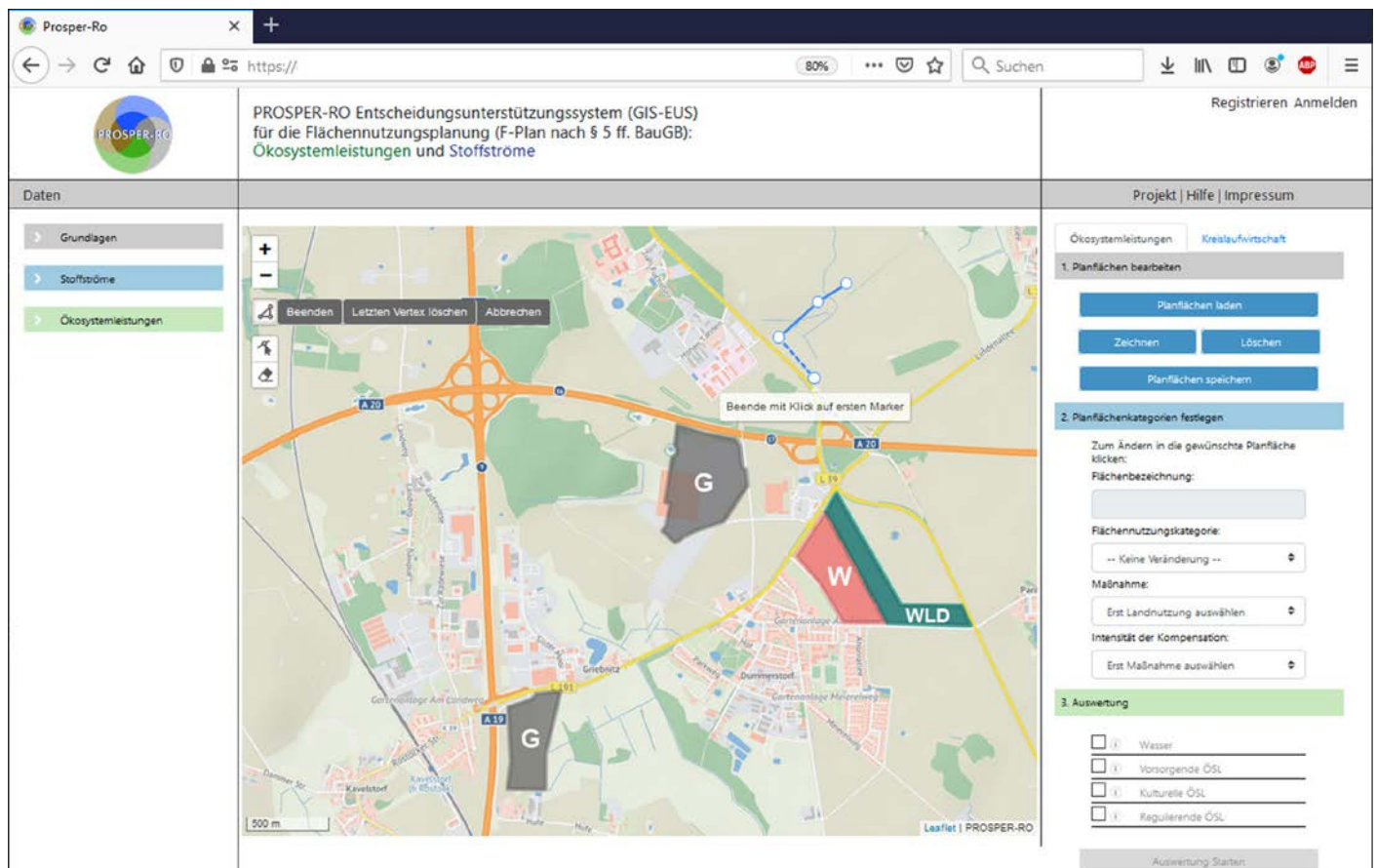


Abbildung 5: Fiktives Planszenario in der Gemeinde Dummerstorf mit der Ausweisung von Gewerbe (G), Wohn- (W) und Waldflächen (WLD)

Die methodischen Grundlagen finden sich bei Mehl et al. (2018) sowie Podschun et al. (2018); inhaltlich entspricht dies grundsätzlich der in Leitfäden der Europäischen Union angewendeten 6-stufigen Skala von Burkhard & Maes (2017). Das Maximum an Ökosystemleistung (100% Leistung) wird nach dem gewählten Ansatz unter der Maßgabe abgeleitet (berechnet oder abgeschätzt), dass es sich um die im gesamten Untersuchungsraum des Stadt-Umland-Raums beste Ausprägung handelt (vgl. Hartsch & Sandner, 1991).

Die Berechnung der Leistungen für einzelne Plan-Flächen basiert derzeit noch auf einer initialen Experteneinschätzung. Aktuell werden diese Beurteilungen anhand der vorprozessierten ÖSL und digitaler F-Pläne des Untersuchungsraums kalibriert. Betrachtet werden aktuell die folgenden ÖSL (vgl. Mehl et al. 2021):

► Versorgende ÖSL

- Pflanzliche Rohstoffe für Verarbeitung, pflanzliche Energierohstoffe aus Landwirtschaft, Kurzumtriebsplantagen, Holzwirtschaft, Bereitstellung von Kulturpflanzen

- Bereitstellung von Trinkwasser
- Bereitstellung von Brauch- und Prozesswasser

► Regulative ÖSL

- Hochwasserregulation
- Niedrigwasserregulation
- Nähr- und Schadstoffregulation
- Wasserrückhaltevermögen
- Bodenrückhalt
- Retention von organischem Kohlenstoff (Humusbildung)
- Retention von Stickstoff (Denitrifizierung)
- Rückhalt von Treibhausgasen
- Kühlwirkung (Gewässer und Böden)
- Habitatbereitstellung

► Kulturelle ÖSL

- Landschaftsästhetik
- Erholung und Tourismus
- Bildung und Wissenschaft

3.3.2 WASSERWIRTSCHAFT

Das GIS-EUS stellt mehrere voneinander unabhängige Auswertungsfunktionen aus dem Bereich Wasserwirtschaft zur Verfügung, welche jeweils die Auswirkungen

von Planungsentscheidungen in einer der folgenden Sachgebiete verdeutlichen.

Schmutzwasser

Für Planflächen im EUS wird entsprechend ihrer Nutzungsart ein zu erwartendes, mittleres tägliches Schmutzwasseraufkommen berechnet. Dieses wird an das nächstgelegene Abwassernetz übergeben. Ein Routing-Algorithmus ermittelt den Fließweg im vorhandenen Abwassernetz von der Planfläche bis zur Kläranlage. Über eine eindeutige Identifikationsnummer der Kanalisationsabschnitte können die entlang des Fließwegs passierten Pumpwerke ermittelt und deren Auslastung bewertet werden (Schilling & Tranckner 2020).

Trinkwasserbedarf

Analog zum Schmutzwasseraufkommen lässt sich die künftige Trinkwasserversorgung in einem Planungsszenario bewerten. Der berechnete Trinkwasserbedarf ist abhängig von der Flächengröße und Nutzungsart. Anhand des Trinkwassernetzes werden jedem Wasserwerk Versorgungsgebiete zugewiesen. Für jede Planfläche kann so abgeschätzt werden, ob die Ver-

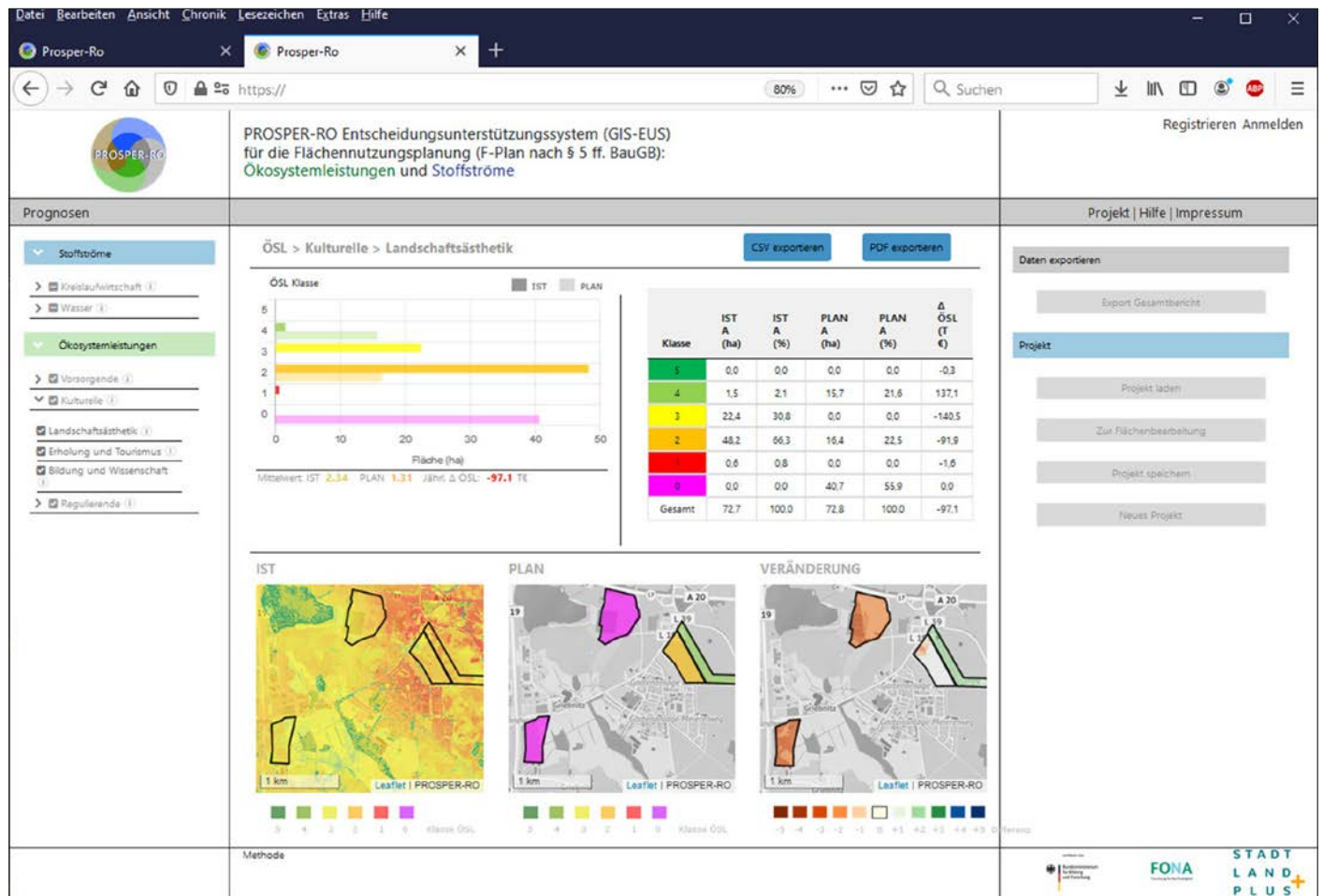


Abbildung 6: Ergebnisansicht Ökosystemleistungen

sorgungskapazität eines Wasserwerks ausreicht, um die zukünftig benötigte Trinkwassermenge bereitzustellen.

Regenwasser

Die Neuerschließung von Gewerbe- und Bauflächen geht mit einer Zunahme der Flächenversiegelung einher. In der Folge nehmen Oberflächenabflüsse nach Niederschlagsereignissen zu. Aufbauend auf hydraulisch-hydrologischen Modellen (Kachholz et al. 2020) wird im GIS-EUS das durch eine Planfläche veränderte Abflussgeschehen abgebildet, um bereits in frühen Planungsstadien auf notwendiges Regenwassermanagement hinzuweisen. Für ein durch den Nutzer ausgewähltes Niederschlagsereignis berechnet der Algorithmus den Spitzenabflussbeiwert einer Planfläche. Das Produkt aus Spitzenabflussbeiwert und maximaler Regenspense ergibt die zusätzliche Abflussspende im Planzustand. Aus der Differenz zwischen der künftigen und der bisherigen Abflussspende kann die Veränderung des Oberflächenabflusses der jeweiligen Planfläche berechnet

werden. Diese zusätzliche Wassermenge wird anhand der Gewässereinzugsgebiete einem Gewässerabschnitt zugeordnet. Optional lassen sich auch Einleitzpunkt und erwartete Einleitmenge manuell eingeben. Nun wird entlang des Fließwegs geprüft, ob die freie Abflusskapazität (= Durchfluss, den das Querprofil bei Maximaldurchfluss noch zusätzlich aufnehmen könnte) aller Gewässerabschnitte unterhalb ausreicht, um die Wassermenge aufzunehmen.

Überschneidung mit Trinkwasserschutzzonen

Oberflächen- oder Grundwasserressourcen werden durch ausgewiesene Trinkwasserschutzzonen vor qualitativen und quantitativen Beeinträchtigungen geschützt. Zu diesem Zweck sind Einschränkungen bzw. Auflagen für die Landnutzung innerhalb der Schutzgebiete nötig. Im GIS-EUS wird daher durch Überschneidungsabfragen geprüft, ob sich eine der Planflächen innerhalb einer oder mehrerer Schutzzonen befindet. Ist dies der Fall, wird in der Ergebnisansicht der Anteil der betroffenen Planfläche ausgegeben.

3.3.3 ABFALLWIRTSCHAFT

Das GIS-EUS kann anhand der Lage von Wertstoffhöfen und mithilfe von Infrastruktur- und Bevölkerungsdaten nachfolgend beschriebene Informationen über deren Erreichbarkeit und Abfallaufkommen gewinnen. Planer haben außerdem die Möglichkeit, im GIS-EUS neue Wertstoffhöfe zu setzen, die daraus resultierende Lage-situation zu bestimmen und sie mit dem vorangegangenen Zustand zu vergleichen.

Erreichbarkeit und Abfallaufkommen von Wertstoffhöfen

Im Projektgebiet befinden sich 14 Recycling- bzw. Wertstoffhöfe, die durch die Stadtentsorgung Rostock GmbH (im Auftrag der Hansestadt Rostock, zuständig für das Stadtgebiet, vier Recyclinghöfe) und den Eigenbetrieb Abfallwirtschaft Landkreis Rostock (zehn Wertstoffhöfe) bewirtschaftet werden. Die Lage der Wertstoffhöfe ist als Punktdaten erfasst. Anhand des auf OpenStreetMap-Daten basierenden Verkehrsnetzes des Projektraums werden Erreichbarkeitsisochronen im Einzugsgebiet

der Wertstoffhöfe berechnet. Diese geben näherungsweise an, wie schnell (in Zeitintervallen) ein Wertstoffhof mit einem Pkw erreichbar ist. Ein Overlay der von den Isochronen umschlossenen Einzugsgebiete mit räumlichen Bevölkerungsdaten bestimmt die Anzahl der Einwohner, welche bei gegebener Erreichbarkeit als mögliche Nutzer des jeweils nächstgelegenen Wertstoffhofs infrage kommen. Für genauere Auswertungsergebnisse wurden die auf Stadtteil- bzw. Gemeindeebene verfügbaren Bevölkerungszahlen auf die Fläche von Hausumringen aus ALKIS-Daten disaggregiert. Wird ein einwohnerspezifischer Umrechnungsfaktor zugrunde gelegt, kann zukünftig auch ein Schätzwert für das potenzielle Abfallaufkommen bestimmt werden. Diesbezüglich ist das Berechnungsmodell bisher jedoch noch nicht kalibriert.

3.4 ERGEBNISSE

Bereits in der Entwicklungsphase des GIS-EUS wurden die vorgestellten Werkzeuge anhand von Planflächen auf Flächennutzungsplanebene getestet. Ein fiktives Anwendungsbeispiel zur Erläuterung der Funktionalität besteht aus zwei vor Kurzem ausgewiesenen Gewerbeflächen in der im Süden von Rostock gelegenen Gemeinde Dummerstorf. Zu Demonstrationszwecken wurden weitere Planflächen in Form eines Wohn- und eines Waldgebiets dem hier vorgestellten Planungsszenario hinzugefügt (Abbildung 5). Spezielle Kompensationsmaßnahmen für Ökosystemleistungen wur-

den in diesem Beispiel nicht betrachtet. Dem Planzustand liegt eine Entwicklungszeit von 20 Jahren zugrunde, Näheres beschreibt Mehl et al. (2021).

Die im Szenario angenommene Änderung der Flächennutzung betrifft fast ausschließlich ursprünglich landwirtschaftliche Ackerflächen und wurde hinsichtlich der Veränderungen von Ökosystemleistungen und wasserwirtschaftlichen Anforderungen bewertet und ausgewertet.

Nach dem Start der Auswertungsroutinen wird ein neuer Browser-Tab aufgerufen, in dem die nach Fachthemen geordneten Ergebnisse angezeigt werden. Je nach Fortschritt der Berechnungen auf dem Server werden entweder Statusanzeigen zu laufenden Prozessen oder Ergebnissen angezeigt und jeweils in Echtzeit aktualisiert. Der Nutzer muss nicht auf den Abschluss aller Berechnungen warten, sondern kann einzelne Teilergebnisse bereits vorab analysieren, während im Hintergrund die zeitlich aufwendigeren Prozesse abgeschlossen werden. Für das fiktive Beispielszenario benötigt das System bei geringer Serverauslastung für die Gesamtauswertung ca. 15 s.

3.4.1 AUSWIRKUNGEN AUF ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

Nach Aufruf einer ÖSL-spezifischen Ergebnisansicht erscheinen unterschiedliche Anzeigeformen für den Vergleich von Ökosystemleistungen der vorgegebenen Flächen im Ist- und Planzustand. In einem Diagramm

und einer Tabelle werden den quantitativen Klassen der 6-stufigen Skala zugeordnete Flächenanteile und in drei passenden Kartenausschnitten die flächenhaften Ausprägungen der ausgewählten ÖSL sowie deren Veränderungen wiedergegeben (Abbildung 6).

Im konkreten Beispiel weisen die ursprünglichen Ackerflächen vor allem hohe Leistungen bei der Bereitstellung von Kulturpflanzen, Nähr- und Schadstoffregulation und Kühlwirkung auf. Im Planzustand verringern sich viele Ökosystemleistungen aufgrund des hohen Anteils von geplanten Gewerbe- und Wohnflächen ohne ausreichende Kompensationsmaßnahmen. Eine Steigerung tritt beim (versiegelungsbedingten) Bodenrückhalt und beim Rückhalt von Treibhausgasen, bei der Habitatbereitstellung und bei Bildung und Wissenschaft aufgrund der hier angenommenen Neuanpflanzung von Wald auf (Tabelle 1).

3.4.2 AUSWIRKUNGEN AUF DIE WASSERWIRTSCHAFT

Die Flächeninanspruchnahme durch die Gewerbegebiete hätte eine steigende Bodenversiegelung und einen erhöhten Oberflächenabfluss zur Folge, der nicht ohne geeignete Bewirtschaftung in die anliegenden Fließgewässer gelangen dürfte. Die Auswertung der Planungssituation im EUS zeigt für verschiedene Niederschlagszenarien eine deutliche prozentuale Steigerung des Abflusses. Besonders bei Regenernissen mit hoher Jährlichkeit (z. B. Wie-



Abbildung 7: Ergebnisansicht Regenwasser/Fließgewässer (räumlicher Ausschnitt)

derkehrintervall 100 Jahre, Abbildung 7) würden die prognostizierten Abflussspitzen die Abflusskapazität zahlreicher Abschnitte im weiteren Verlauf des Gewässers übersteigen. Für den im EUS prognostizierten Trinkwasserbedarf könnte die Kapazität der bestehenden Trinkwasserinfrastruktur teilweise überschritten sein. Insbesondere das Verbundnetz der Wasserwerke Reez, Bandelstorf und Niekrenz sowie die Nähe zum Trinkwassernetz des Wasserwerks Rostock bieten jedoch insgesamt eine gute Versorgungssicherheit, um den Bedarf zu decken (Abbildung 8). Weiterhin zeigt sich im EUS durch den Anschluss an die bereits bestehende Abwasserinfrastruktur eine mögliche Überlastung mehrerer Pumpwerke auf dem Fließweg bis zur zentralen Kläranlage in Rostock (Abbildung 9). Zudem befinden sich die Flächen des Planungsszenarios innerhalb der Trinkwasserschutzzone der Warnow. Hier kann das EUS bereits in einer frühen Planungsphase auf potenzielle Konflikte hinweisen, die eine Abstimmung mit wasserwirtschaftlichen Aufgabenträgern erforderlich machen. Die Ergebnisse ermög-

lichen beispielsweise der zuständigen Wasserbehörde eine erste Einschätzung der Abflusssituation als Vorbereitung erforderlicher (hydrologisch-hydraulischer) Machbarkeitsstudien oder vergleichbarer ingenieurfachlicher Nachweise.

3.4.3 AUSWIRKUNGEN AUF DIE ABFALLWIRTSCHAFT

In Abbildung 10 sind beispielhaft die Isochronen für die Erreichbarkeit der Wertstoffhöfe innerhalb der Stadtgrenzen von Rostock abgebildet, welche, wie in Abschnitt 3.3.3 erläutert, durch das EUS berechnet wurden. Es ist erkennbar, innerhalb von wie vielen Minuten ein Pkw von den abgebildeten Flächen aus den nächstgelegenen Wertstoffhof (bzw. Recyclinghof) erreichen kann. Tabelle 2 zeigt ferner an, wie viele Einwohner insgesamt innerhalb der Erreichbarkeitsisochronen von 3, 6, 9 oder 12 Minuten liegen (Bezugsjahr 2019) und inwiefern sich diese Erreichbarkeit mit einem neuen, fiktiven Wertstoffhof in Warnemünde verändern würde. In den Spalten Neu und Alt sind jeweils die Vertei-

lung der Bevölkerung nach absoluten Einwohnerzahlen gegenübergestellt. In der Spalte Neu ist zudem, soweit vorliegend, die prozentuale Veränderung gemessen an der Gesamteinwohnerzahl Rostocks angegeben. Demzufolge wäre für insgesamt 17.306 Einwohner der neue Wertstoffhof schneller zu erreichen als der bisher nächstgelegene Hof in Lütten-Klein. Entsprechend könnte dies die Auslastung der Höfe sowie die Attraktivität des Angebots an Wertstoffhöfen für die Bevölkerung beeinflussen. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich bei dem in Tabelle 2 dargestellten fiktiven Fall noch nicht um kalibrierte Modellwerte handelt. Die Werte dienen vorerst nur der Veranschaulichung.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Entwicklung eines GIS-basierten Entscheidungsunterstützungssystems (GISEUS) für eine system- und raumübergreifende Planung des Stadt-Umland-Raums am Beispiel der Regiopole Rostock ist zunächst eine wissenschaftliche Fragestellung. In

Ökosystemleistung	Istzustand	Planzustand*	Veränderung
Versorgende Ökosystemleistungen			
Bereitstellung von Kulturpflanzen	3,7	1,1	-2,7
Bereitstellung von Trinkwasser	3,1	1,5	-1,6
Bereitstellung von Brauch- und Prozesswasser	3,2	1,5	-1,6
Regulative Ökosystemleistungen			
Hochwasserregulation	2,5	1,5	-0,9
Niedrigwasserregulation	3,2	1,5	-1,6
Nähr- und Schadstoffregulation	4,7	2,8	-1,9
Wasserrückhaltevermögen	0,7	0,7	0,0
Bodenrückhalt	1,3	4,2	2,9
Retention von organischem Kohlenstoff (Humusbildung)	2,0	1,1	-0,9
Retention von Stickstoff (Denitrifizierung)	2,1	2,0	-0,1
Rückhalt von Treibhausgasen	1,0	1,5	0,5
Kühlwirkung (Gewässer und Böden)	3,9	2,1	-1,8
Habitatbereitstellung	1,2	2,1	1,0
Kulturelle Ökosystemleistung			
Landschaftsästhetik	2,3	1,3	-1,0
Erholung und Tourismus	2,7	1,3	-1,4
Bildung und Wissenschaft	1,2	1,5	0,4

Tabelle 1: Mittlere quantitative Ökosystemleistungen auf einer Skala von 0 (äußerst geringe/fehlende ÖSL) bis 5 (sehr hohe ÖSL) für das fiktive Planungsszenario in Dummerstorf (*unkalibrierter Planzustand)



Abbildung 8: Ergebnisansicht Schmutzwasser (räumlicher Ausschnitt)

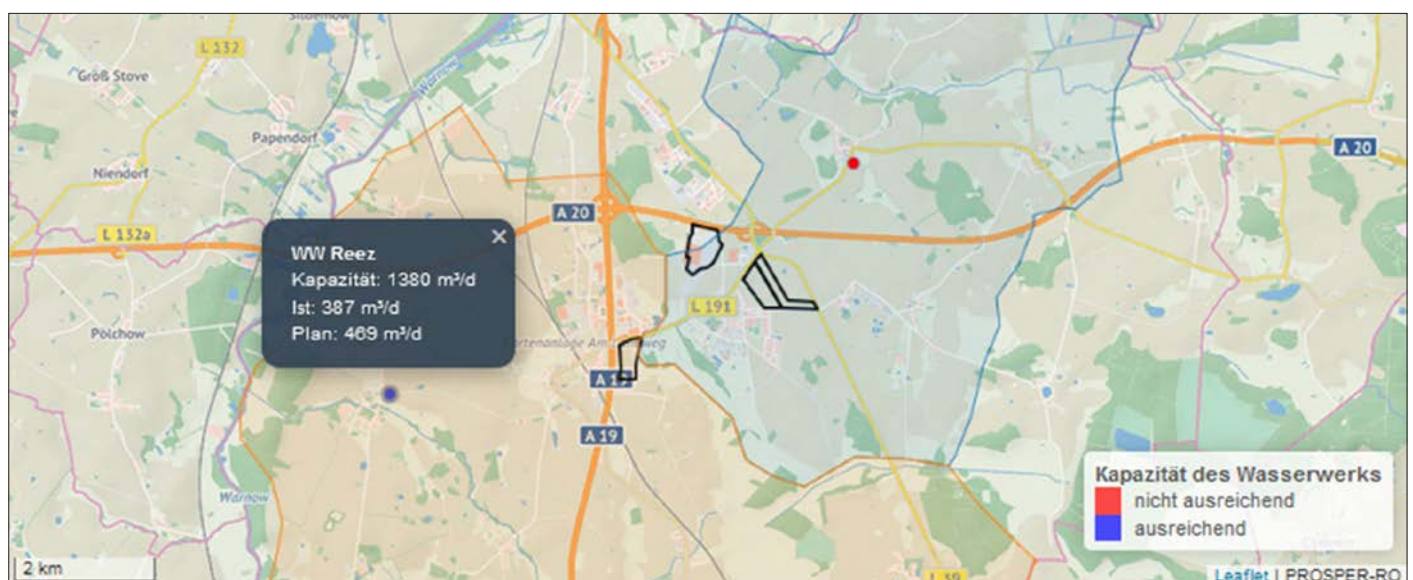


Abbildung 9: Ergebnisansicht Trinkwasser/Wasserwerke (räumlicher Ausschnitt)

praktischer Hinsicht wird das Ziel verfolgt, eine Stärkung der Zusammenarbeit von Akteuren aus Verwaltung und Verbänden in Stadt und Umland zu erreichen.

Die hier vorgestellten drei Module des GIS-EUS zielen auf folgende Optimierungen räumlicher Planung:

1. Berücksichtigung von Ökosystemleistungsansätzen in der Bauleitplanung nach BauGB (hier beim Flächennutzungsplan) und damit Erweiterung der Entscheidungsgrundlagen, um einen integralen Ressourcenschutz zu befördern.
2. Frühzeitige Berücksichtigung von wasserwirtschaftlichen Aspekten in den Feldern Trinkwasser, Abwasser sowie

Hochwasserschutz bereits bei der strategischen Bauleitplanung (Flächennutzungsplan).

3. Berücksichtigung kreislauf- bzw. abfallwirtschaftlicher Aspekte (Wertstoffhöfe). Der abschätzende Charakter aller Bewertungen ist zu betonen, was primär eine Frage des Analyse- bzw. Bearbeitungsmaßstabes ist.

Nach einer Entwicklungszeit von drei Jahren ist nun das erste Etappenziel realisiert, eine lauffähige und umfangreich fachlich-inhaltlich „gefüllte“ Testumgebung der Anwendung GIS-EUS. Dem System liegt ein quellenoffener, modularer Aufbau auf Basis verbreiteter Open-Source-Software-

pakete zugrunde. Dabei ist die Nutzung ohne lokale Installation niedrigschwellig über den Browser möglich. Datengrundlagen können dank der implementierten Server-Client-Struktur zentral und teilweise automatisiert aktualisiert werden (Harvesting). Insofern ist das System für die kommende Testphase geeignet, in der weitere Anpassungen erfolgen sollen. So werden z.B. die bisher expertengestützt ermittelten ÖSL-Bewertungen für den Istzustand aktuell für alle Flächenkategorien nach PlanZV unter Zuhilfenahme statistischer Methoden kalibriert. Später sollen auch Möglichkeiten implementiert werden, Verluste an ÖSL durch entsprechende Kompensationsmaß-

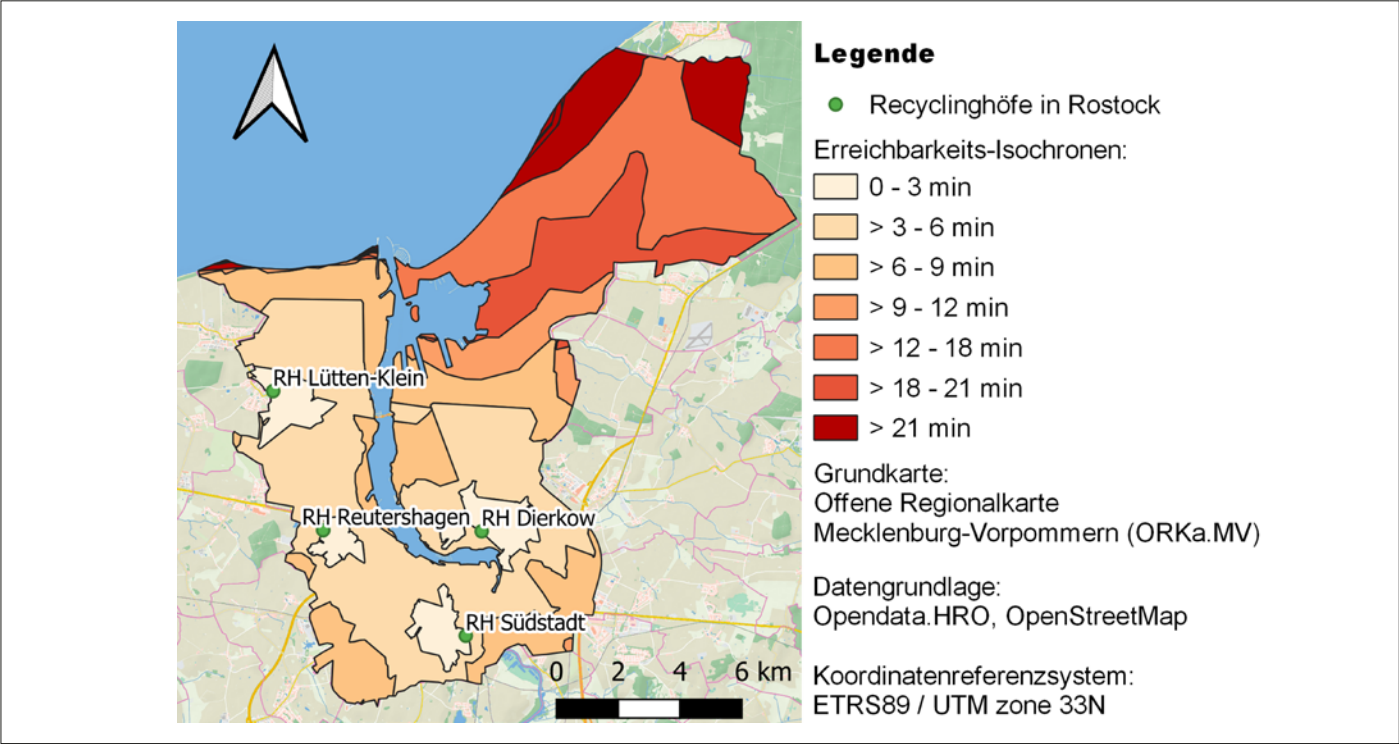


Abbildung 10: Erreichbarkeits-Isochronen der bestehenden Recyclinghöfe in Rostock unter Berücksichtigung der administrativen Grenzen

	Abdeckung 0 – 3 min		Abdeckung > 3 – 6 min		Abdeckung > 6 – 9 min		Abdeckung > 9 – 12 min	
Hofname	Alt	Neu	Alt	Neu	Alt	Neu	Alt	Neu
Warnemünde (fiktiv)	0	5.734 (+2.74 %)	0	9.538 (+4.55 %)	0	2.034 (0.97 %)	0	0
Dierkow	15.110	15.110	25.322	25.322	5.026	5.026	131	131
Reutershagen	7.176	7.176	24.854	24.854	1.791	1.791	0	0
Lütten-Klein	16.653	16.653	44.287	35.040 (-4.41 %)	11.121	3.062 (-3.85 %)	0	0
Südstadt	13.046	13.046	38.472	38.472	4.757	4.757	0	0

Tabelle 2: Anzahl der Einwohner innerhalb von Erreichbarkeitsisochronen der jeweils nächstgelegenen Wertstoffhöfe der Hansestadt Rostock und errechnete Veränderung für einen fiktiven Wertstoffhof in Warnemünde

nahmen ausgleichen zu können. Auch differenzierte Authentifizierungsmechanismen sowie die Einführung von Benutzerrollen sind unterstützend angedacht.

DANKSAGUNG

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Vorhaben „StadtLand-Plus-Verbundprojekt PROSPER-RO: Prospektive synergistische Planung von Entwicklungsoptionen in Regiopolen am Beispiel des StadtUmland-Raums Rostock“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 033L212

gefördert (weitere Informationen: <https://prosper-ro.auf.uni-rostock.de>). Wir danken dem BMBF für die gewährte Förderung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Unser Dank gilt ebenso den Projektpartnern Amt für Raumordnung und Landesplanung Region Rostock, Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt (Mittleres Mecklenburg), Hanse- und Universitätsstadt Rostock – Senatsbereich Bau und Umwelt, Landkreis Rostock – Umweltamt, Warnow-Wasser- und Abwasserverband, Eigenbetrieb Abfallwirtschaft des Landkreises

Rostock, Professur Bodenphysik und Ressourcenschutz der Universität Rostock, BN Umwelt GmbH sowie Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH Berlin.

Literatur

- Adair, A.; Blakey, A.; Freeland, A. et al. (2021): Shapely. Manipulation and analysis of geometric objects in the Cartesian plane. <https://shapely.readthedocs.io/en/latest/project.html> (Zugriff 05/2021).
- Agafonkin, V. (2020): Leaflet – an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. <https://leafletjs.com> (Zugriff 05/2021).
- Azuara, G. G.; Palacios, R. E.; Garcia-Ferrer, A.; Montesinos, B. P. (2017): Multi-Objective Spatial Optimization: Sustainable Land Use Allocation at Sub-Regional Scale. In: *Sustainability*, 9 (6). doi:10.3390/su9060927.
- Bateman, I. J.; Carson, R. T.; Day, B.; Hanemann, M.; Hanley, N.; Hett, T. (2002): *Economic valuation with stated preference techniques: a manual*. Cheltenham.
- BMBF (2015): *Zukunftsstadt – Strategische Forschungs- und Innovationsagenda*. <https://www.fona.de/medien/pdf/Zukunftsstadt.pdf> (Zugriff 05/2021).
- BMBF (2016): *Perspektiven für das Land*. In: *Innovative Systemlösungen für ein Nachhaltiges Landmanagement*. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin.
- Bock, S.; Hinzen, A.; Libbe, J. (Hrsg.) (2011): *Nachhaltiges Flächenmanagement – Ein Handbuch für die Praxis*. Ergebnisse aus der REFINA-Forschung. Berlin.
- Brouwer, R.; Martin-Ortega, J.; Berbel, J. (2010): Spatial Preference Heterogeneity: A Choice Experiment. In: *Land Economics*, 86 (3), S. 552-568.
- Burkhard, B.; Maes, J. (Hrsg.) (2017): *Mapping Ecosystem Services*. Sofia.
- Chart.js Contributors (CjC) (2021): *Chart.js – Simple yet flexible JavaScript charting for designers & developers*. <https://www.chartjs.org/> (Zugriff 05/2021).
- Chen, S.; Hoffmann, T. G.; Mehl, D. (2021): *Digitale Gewässerkataster*. Grundlage von system- und prozessorientierter Raumanalyse und -planung. In: *Raumplanung*, 2/2021, S. 49-56.
- CKAN (2021): *CKAN open source data management system*. <https://ckan.org/> (Zugriff 05/2021).
- Costanza, R.; Arge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Han-Non, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; Oneill, R. V.; Paruelo, J.; Raskin, R. G.; Sutton, P.; Vandenbelt, M. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. In: *Nature*, 387 (6630), S. 253-260.
- Crossland, M. (2008): *Spatial Decision Support System*. In: Shekhar S.; Xiong H. (Eds): *Encyclopedia of GIS*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-35973-1_1264.
- Daily, G. C. (1997): *Nature's Services – Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC, Island Press.
- Diamond, P. A.; Hausman, J. A. (1994): *Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number?* In: *Journal of Economic Perspectives*, 8 (4), S. 45-64.
- Diller C. (2010): *Methoden in der Praxis der deutschen Raumplanung: Überlegungen zur Systematisierung und Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage in Raumplanungsinstitutionen*. In: *disP – The Planning Review*, 46 (182), S. 36-49.
- Django Software Foundation (DSF) (2020): *Django – the web framework for perfectionists with dead-lines*. <https://www.djangoproject.com> (Zugriff 05/2021).
- EU (2019): *Richtlinie (EU) 2019/1024 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors*. <http://data.europa.eu/eli/dir/2019/1024/oj> (Zugriff 05/2021).
- EM M-V – Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern (2016): *Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern*. Schwerin.
- Freeman, A. M. I. F.; Herriges, J. A.; Kling, C. L. (2014): *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. Routledge. <http://econdse.org/wp-content/uploads/2016/07/Freeman-Herriges-Kling-2014.pdf> (Zugriff 05/2021).
- GrêtRegamey, A.; Altwegg, J.; Siren E. A.; van Strien, M. J.; Weibel, B. (2017): *Integrating ecosystem services into spatial planning – A spatial decision support tool*. In: *Landscape and Urban Planning*, 165, S. 206-219.
- Haab, T. C.; Interis, M. G.; Petrolia, D. R.; Whitehead, J. C. (2013): *From Hopeless to Curious? Thoughts on Hausman's "Dubious to Hopeless" Critique of Contingent Valuation*. In: *Applied Economic Perspectives and Policy*, 35 (4), S. 593-612.
- Hartsch, I.; Sandner, E. (1991): *Analyse und Bewertung des Rekreatationspotentials*. In: Haase, G. (Hrsg.): *Naturraumerkundung und Landnutzung: Geochorologische Verfahren zur Analyse, Kartierung und Bewertung von Naturräumen*. Berlin, S. 302-309.
- Hemidat, S.; Oelgemoeller, D.; Nassour, A.; Nelles, M. (2017): *Evaluation of Key Indicators of Waste Collection Using GIS Techniques as a Planning and Control Tool for Route Optimization*. In: *Waste and Biomass Valorization*, 8 (5), S. 1533-1554.
- Hiloidhari, M.; Baruah, D. C.; Singh, A.; Kataki, S.; Medhi, K.; Kumari, S.; Ramachandra, T. V.; Jenkins, B. M.; Thakur, I. S. (2017): *Emerging role of Geographical Information System (GIS), Life Cycle Assessment (LCA) and spatial LCA (GIS-LCA) in sustainable bioenergy planning*. In: *Bioresource Technology*, 242, S. 218-226.
- Hirschfeld, J.; Weller, P.; Sagebiel, J.; Elsasser, P. (2017): *Ökonomische Bewertung von Ökosystemleistungen der Landnutzung*. In: Fick, J.; Gömann, H. (Hrsg.): *Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel*. Springer, Heidelberg. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-18671-5> (Zugriff 05/2021).
- Johnston, R. J.; Duke, J. M. (2009): *Willingness to Pay for Land Preservation across States and Jurisdictional Scale: Implications for Benefit Transfer*. In: *Land Economics*, 85 (2), S. 217-237.
- Jordahl, K.; Van den Bossche, J.; Fleischmann, M. et al. (2020): *geopandas/geopandas: v0.8.1 (Version v0.8.1)*. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3946761>.
- Kachholz, F.; Tränckner, J. (2020). *Long-Term Modelling of an Agricultural and Urban River Catchment with SWMM Upgraded by the Evapotranspiration Model UrbanEVA*. In: *Water*, 12, 3089. <https://doi.org/10.3390/w12113089>.

- Karimi, M.; Mesgari, M. S.; Sharifi, M. A.; Pilehforooshha, P. (2017): Developing a methodology for modelling land use change in space and time. In: *Journal of Spatial Science*, 62 (2), S. 261-280.
- Keenan, P.; Jankowski, P. (2018): Spatial Decision Support Systems: Three decades on. In: *Decision Support Systems*, 116, S. 64-76, doi.org/10.1016/j.dss.2018.10.010.
- Koldrack, N.; Seip, C.; Bill, R. (2016): Marine Forschungsdateninfrastrukturen in Deutschland – Übersicht, Bewertungsrahmen und Vergleich. In: *gis.Science*, 4/2016, S. 126-138.
- Koldrack, N.; Vettermann, F.; Bill, R. (2017): Modernes Geodatenmanagement in der Forschung. In: Bill, R.; Golnik, A.; Zehner, M. L.; Lerche, T.; Schröder, J.; Seip, S. (Hrsg.): *GeoForum MV 2017 – Mit Geoinformationen planen!* Gito, Berlin, S. 103-110.
- Kötter, T.; Liu, H.-L. (2009): How can nature resources be protected in settlement? Impact Regulation under the nature protection law" as a case. Paper International Conference on Land Policy and Law. Dortmund.
- Malczewski, J. (1999): Visualization in multicriteria spatial decision support systems. *Geomatica*. <https://doi.org/10.5623/geomat-1999-0022>.
- Mapbox (2018): Rasterio: access to geospatial raster data. <https://rasterio.readthedocs.io> (Zugriff 05/2021).
- Mehl, D.; Hoffmann, T. G. (2017): GIS-Grundlagen einer integrierten Bewertung urbaner Gewässer und Feuchtgebiete am Beispiel der Hansestadt Rostock. In: *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 10 (5), S. 292-299. doi: 10.3243/kwe2017.05.004.
- Mehl, D.; Hoffmann, T. G.; Chen, S.; Iwanowski, J.; Mehl, C. (2021): Entwicklung eines GIS- und ökosystemleistungs-basierten Entscheidungs-Unterstützungs-Systems zur Bewertung von räumlichen Entwicklungsoptionen in Stadt- und Stadt-Umland-Räumen. In: *Raumforschung und Raumordnung* (eingereicht).
- Mehl, D.; Hoffmann, T. G.; Iwanowski, J.; Lüdecke, K.; Thiele, V. (2018): 25 Jahre Fließgewässerrenaturierung an der mecklenburgischen Nebel: Auswirkungen auf den ökologischen Zustand und auf regulative Ökosystemleistungen. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 62 (1), S. 6-24. doi: 10.5675/HyWa_2018,1_1.
- Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) (2020): GeoServer is an open source server for sharing geospatial data. <http://geoserver.org> (Zugriff 05/2021).
- OpenJS Foundation (OJF) (2021): What is jQuery? <https://jquery.com/> (Zugriff 05/2021).
- Otto, M.; Thornton, J.; Rebert, C.; Xhmikos, R.; Lauke, P. H.; Mazovetskiy, G. S. J. (2020): Build fast, responsive sites with Bootstrap. <https://getbootstrap.com> (Zugriff 05/2021).
- Özak, Ö. (2020): ozak/georasters: v0.5.20 (Version v0.5.20). Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4058463>.
- Pearce, D. W.; Atkinson, G.; Mourato, S. (2006): Cost-benefit analysis and the environment: recent developments. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. <http://eprints.lse.ac.uk/2867/> (Zugriff 05/2021).
- Plotly Inc. (2021): Plotly Python Open Source Graphing Library. <https://plotly.com/python/> (Zugriff 05/2021).
- Podschun, S. A.; Thiele, J.; Dehnhardt, A.; Mehl, D.; Hoffmann, T. G.; Albert, C.; von Haaren, C.; Deutschmann, K.; Costea, G.; Pusch, M. (2018): Das Konzept der Ökosystemleistung – eine Chance für integratives Gewässermanagement. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 62 (6), S. 453-468. doi: 10.5675/HyWa_2018.6_7.
- proj4js (2021): Proj4js. JavaScript library to transform coordinates from one coordinate system to another, including datum transformations. <http://proj4js.org/> (Zugriff 05/2021).
- PSF Python Software Foundation (2020): Python. <https://www.python.org> (Zugriff 05/2021).
- QGIS (2021): QGIS: Ein freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem. <https://qgis.org/de/site/index.html> (Zugriff 05/2021).
- Rasterstats (2021): Python module for summarizing geospatial raster datasets. <https://pythonhosted.org/rasterstats/> (Zugriff 05/2021).
- Sagebiel, J.; Glenk, K.; Meyerhoff, J. (2017): Spatially explicit demand for afforestation. In: *Forest Policy and Economics*, 78, S. 190-199.
- Schilling, J.; Tränckner, J. (2020): Estimation of Wastewater Discharges by Means of OpenStreetMap Data. In: *Water* 2020, 12 (3), S. 628. <https://doi.org/10.3390/w12030628>.
- Schwilch, G.; Bachmann, F.; Valente, S.; Coelho, C.; Moreira, J.; Laouina, A.; Chaker, M.; Adgerhal, M.; Santos, P.; Reed, M. S. (2012): A structured multi-stakeholder learning process for Sustainable Land Management. In: *Journal of Environmental Management*, 107, S. 52-63.
- SpryMedia Ltd (2021): datatables – Add advanced interaction controls to your HTML tables the free & easy way. <https://datatables.net/> (Zugriff 05/2021).
- Sugumaran, R.; Degroote, J. (2011): *Spatial Decision Support Systems – Principles and Practices*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10322>.
- TEEB (2010): Die Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität: Die ökonomische Bedeutung der Natur in Entscheidungsprozesse integrieren. Ansatz, Schlussfolgerungen und Empfehlungen von TEEB – eine Synthese. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- TEEB (2016a): Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Berlin, Leipzig.
- TEEB (2016b): Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Grundlage für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung, Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Berlin, Leipzig.
- The PostgreSQL Global Development Group (2021): PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. <https://www.postgresql.org> (Zugriff 05/2021).
- Vettermann, F.; Nastah, S.; Larsen, L.; Bill, R. (2020): Kreislaufwirtschaft in Rostock – Analyse der Stadt-Umland-Beziehung zwischen der Hanse- und Universitätsstadt Rostock und dem Landkreis Rostock hinsichtlich ihrer Stoffströme. In: *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik*, 6-2020, S. 37-45.
- Vettermann, F.; Nastah, S.; Larsen, L.; Bill, R. (2021): Circular Economy in the Rostock Region. A GIS and Survey Based Approach Analyzing

Material Flows. In: Kamilaris, A.; Wohlgemuth, V.; Karatzas, K.; Athanasiadis, I. N. (Eds.): Advances and New Trends in Environmental Informatics. Springer Nature (Progress in IS), S. 53-65.

WCED (1987): World Commission on Environment and Development, Our Common Future. Oxford University Press, Oxford, UK.

Weller, P.; Oehlmann, M.; Mariel, P.; Meyerhoff, J. (2014): Stated and inferred attribute non-attendance in a design of designs approach. In: Journal of Choice Modelling, 11, S. 43-56.

Wuestemann, H.; Kalisch, D.; Kolbe, J. (2017): Access to urban green space and environmental inequalities in Germany. In: Landscape and Urban Planning, 164, S. 124-131.

IMPRESSUM // PUBLICATION INFORMATION

gis.Science – Die Zeitschrift für Geoinformatik
ISSN 1869-9391

Redaktion:

Gerold Olbrich,
olbrich@vde-verlag.de,
Tel.: +49(0)69-840006-1121

Hauptschriftleiter:

Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill,
ralf.bill@uni-rostock.de,
Tel.: +49(0)381-498-3216

Editorial Board:

Prof. Dr. Lars Bernard, TU Dresden; Dr. Andreas Donaubauer, TU München; Prof. Dr. Max Egenhofer, University of Maine Orono; Prof. Dr. Manfred Ehlers, Universität Osnabrück; Prof. Dr. Klaus Greve, Universität Bonn; Dr. Stefan Lang, Universität Salzburg; Prof. Dr. Stephan Nebiker, Fachhochschule Nordwestschweiz; Prof. Dr. Josef Strobl, Universität Salzburg

Internet:

www.gisPoint.de

Anzeigen:

Katja Hanel,
VDE VERLAG GMBH,
Tel.: +49(0)69/840006-1341,
hanel@vde-verlag.de

Verlag:

Wichmann Verlag im VDE VERLAG GMBH,
Bismarckstraße 33, 10625 Berlin,
Tel.: +49(0)30/34 80 01-0,
Fax +49(0)30/34 80 01-9088,
www.vde-verlag.de

Geschäftsführung:

Dr.-Ing. Stefan Schlegel

Verlagsleiter Zeitschriften:

Dipl.-Ing Ronald Heinze

Druck:

Druck- und Verlagshaus Thiele & Schwarz GmbH, Kassel

Anschrift für Zeitschriftenabonnements:

Vertriebsunion Meynen GmbH & Co. KG,
Große Hub 10, 63344 Elville am Rhein,
Tel.: +49(0)61 23/92 38-234,
Fax +49(0)61 23/92 38-244,
vde-leserservice@vuservice.de

Erscheinungsweise:

10 x jährlich, davon 4 Ausgaben gis.Science,
6 Ausgaben gis.Business

Jahresabonnement (4 Hefte):

135,00 EUR zzgl. Versandkosten, Studenten/
Auszubildende 63,00 EUR zzgl. Versandkosten,
Mitglieder des Deutschen Dachverbands
für Geoinformation e. V. (DDGI) erhalten das
Abo im Rahmen ihrer Mitgliedschaft

Bezugszeitraum:

Ein Abonnement gilt für mindestens ein Jahr
und verlängert sich jeweils um weitere 12 Mo-
nate, wenn es nicht bis spätestens 6 Wochen
vor Ablauf des Bezugszeitraums gekündigt

wurde. Reklamationen für nicht erhaltene Hefte
können nur innerhalb von drei Monaten nach
Erscheinen angenommen werden.

© 2021 VDE VERLAG GMBH, Berlin ·
Offenbach. Alle in gis.Science erscheinenden
Beiträge, Abbildungen und Fotos sind urhe-
berrechtlich geschützt. Reproduktion, gleich
welcher Art, können nur nach schriftlicher
Genehmigung des Verlags erfolgen.

Die gis.Science ist seit 2004 in der internati-
onalen Zitationsdatenbank Scopus gelistet.