

## Flächennutzungsmonitoring XIV: Beiträge zu Flächenmanagement, Daten, Methoden und Analysen

Meinel, Gotthard (Ed.); Krüger, Tobias (Ed.); Behnisch, Martin (Ed.); Ehrhardt, Denise (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerk / collection

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Meinel, G., Krüger, T., Behnisch, M., & Ehrhardt, D. (Hrsg.). (2022). *Flächennutzungsmonitoring XIV: Beiträge zu Flächenmanagement, Daten, Methoden und Analysen* (IÖR Schriften, 80). Berlin: Rhombos-Verlag. <https://doi.org/10.26084/14dfns-buch>

### Nutzungsbedingungen:

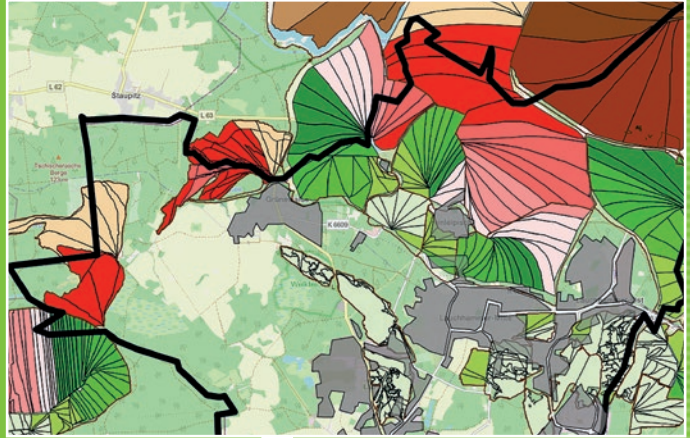
Dieser Text wird unter einer CC BY Lizenz (Namensnennung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

### Terms of use:

This document is made available under a CC BY Licence (Attribution). For more information see: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Leibniz-Institut  
für ökologische  
Raumentwicklung



Gotthard Meinel, Tobias Krüger,  
Martin Behnisch, Denise Ehrhardt (Hrsg.)

## Flächennutzungsmonitoring XIV

Beiträge zu Flächenmanagement,  
Daten, Methoden und Analysen



**IÖR Schriften**

**Herausgegeben vom  
Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung**

**RHOMBOS-VERLAG BERLIN**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet abrufbar über <https://portal.dnb.de>

## **Impressum**

### **Herausgeber der Publikationsreihe IÖR Schriften**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR)  
Direktor: Prof. Dr. Marc Wolfram  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
Tel.: (0351) 4679-0  
Fax: (0351) 4679-212  
E-Mail: [info@ioer.de](mailto:info@ioer.de)  
Homepage: <https://www.ioer.de>

### **Verlag**

RHOMBOS-VERLAG  
Kurfürstenstraße 15/16  
10785 Berlin  
E-Mail: [verlag@rhombos.de](mailto:verlag@rhombos.de)  
Homepage: <https://rhombos.de>  
VK-Nr. 13597

Druck: dbusiness.de GmbH, Berlin

Printed in Germany

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier Bio TOP 3

### **© 2022 RHOMBOS-VERLAG, Berlin**

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.

Kein Teil dieses Werkes darf außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

### **Titelbild:**

Stadtgebiet Lauchhammer mit Tagebaulflächen (grün: vor 1940, rot: 1941-1960, braun: 1961-2000) und Siedlungsgebieten (grau) –  
siehe Beitrag Josefine Petrenz & Laura Liepelt (Abb. 1, S. 95) (Ausschnitt, vektorisiert)

Satz/DTP: Natalija Leutert

**ISBN: 978-3-944101-80-4**

**IÖR Schriften Band 80 · 2022**

**Gotthard Meinel, Tobias Krüger,  
Martin Behnisch, Denise Ehrhardt (Hrsg.)**

## **Flächennutzungsmonitoring XIV**

**Beiträge zu Flächenmanagement,  
Daten, Methoden und Analysen**



## Vorwort

Der weltweite Verlust von natürlichen Böden durch Überbauung für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist nach wie vor hoch. Damit gehen auch immer mehr Flächen für die Landwirtschaft verloren. Derartige Böden werden aber bei weiter zunehmender Weltbevölkerung und dem erforderlichen Wandel zu einer ökologischen Landwirtschaft dringend gebraucht. Aber auch die Gewährleistung der Ernährungssicherheit, die Produktion gesunder Lebensmittel, die Regionalisierung von Kreisläufen, die Verhinderung der Zersiedelung und Landschaftszerschneidung sowie der Artenschutz zwingen uns, dem Flächenverbrauch den Kampf anzusagen.

Lösen lässt sich das Problem des Flächenverbrauchs letztlich nur durch eine vollständige Kreislaufwirtschaft von Siedlungs- und Verkehrsflächen, d. h. keine Inanspruchnahme von Freiraumflächen ohne Ausgleich. Dieses Netto-Null-Ziel bis 2050 zu erreichen, hat sich die EU und Deutschland gestellt. Das ist mit sehr großen Herausforderungen verbunden.

Neben der laufenden Umwidmung von Freiraum zu Siedlungs- und Verkehrsflächen belastet inzwischen die Energiewende die Freiräume nun zusätzlich. Windenergieanlagen, Freiflächen-Photovoltaik, Biogasanlagen und Hochspannungstrassen brauchen Fläche und beeinträchtigen das Landschaftsbild. Letzteres wird man wohl in Kauf nehmen und sich an zunehmend auch technologisch geprägte Landschaftsbilder gewöhnen müssen, sonst lässt sich mit den derzeitigen Technologien die notwendige CO<sub>2</sub>-freie Energiegewinnung nicht umsetzen.

Zudem führt die anhaltende Zersiedelung zu erhöhten Infrastrukturkosten und Verkehrsaufwendungen; neue Verkehrsstrassen zerschneiden die Landschaft mit einhergehendem Verlust an Biodiversität. In Deutschland und Europa ist der ungeminderte Flächenverbrauch auf weiter steigende Wohnflächenansprüche, immer neue Industrie- und Gewerbegebiete sowie Infrastrukturprojekte zurückzuführen. Inzwischen setzt sich zudem langsam die Erkenntnis durch, dass Bodenschutz durch Verzicht auf neue Siedlungs- und Verkehrsflächen mit der einhergehenden Bodenversiegelung auch Klima- und Landschaftsschutz bedeutet. Darum geht kein Weg daran vorbei, noch sparsamer mit der Ressource Fläche umzugehen als bisher. Eine verantwortliche Flächensparpolitik bedarf dabei vieler guter, kreativer Ideen, Instrumente, Maßnahmen und Umsetzungsakteure auf allen Entscheidungsebenen. Die Bedeutung informatorischer Instrumente ist hier von besonderer Bedeutung. Nur wenn der Zustand und die Veränderung der Flächennutzung sehr aktuell, hinreichend genau und durch Indikatoren in verlässlichen Zeitreihen beschrieben und die Entwicklung prognostiziert werden, können Steuerungsinstrumente zur Senkung der Flächeninanspruchnahme zielgenau eingesetzt und deren Erfolg bewertet werden.



Doch welche Eingangsdaten sind für die Flächennutzungsbeschreibung und das Monitoring von Flächennutzungsänderungen geeignet? Beschreiben die bekannten Indikatoren die verschiedenen Aspekte der räumlichen Veränderung genügend genau für eine der Nachhaltigkeit verpflichtete Flächenpolitik? Wie können robuste Zeitreihen aufgebaut werden, die Veränderungen verlässlich widerspiegeln? Sind die Indikatorwerte selbst bei unsicheren Eingangsdaten auch noch bis auf Gemeinde- und Ortsteilebene sicher? Wie können neben amtlichen Geodaten zunehmend auch nutzergenerierte Daten eingebunden werden und wie kann auf Grundlage einer gesicherten Informationsbasis ein effizientes Flächenmanagement realisiert werden?

Diese und ähnliche Fragen zu thematisieren, Lösungsansätze zu entwickeln und vorzustellen und mit Wissenschaft und Praxis zu diskutieren, ist das Ziel des alljährlichen Dresdner Flächennutzungssymposiums (DFNS).

Der vorliegende Band stellt die Beiträge des 14. DFNS vor, welches am 14./15. Juni 2022 stattfand. Neben der Flächenpolitik, dem Flächenmanagement und dem Flächenmonitoring waren 2022 offene Daten, neue Methoden und Tools Themenschwerpunkte. In der Podiumsdiskussion „Mehr nationale Autarkie bei knapper Fläche! Wie kann das gelingen?“ wurde diskutiert, welche zusätzlichen Anforderungen jetzt auf die Fläche und insbesondere die Freiräume zukommen und wie diese gelöst werden könnten.

Die Präsentationen des Symposiums sind unter <http://dfns2022.ioer.info/programm/> zu finden. Darunter befinden sich auch die Vorstellung neuer Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung ([www.ioer-monitor.de](http://www.ioer-monitor.de)) zur Flächenneuinanspruchnahme und den Flächenansprüchen zur Windenergiegewinnung.

Allen Autoren sei herzlich gedankt für die konstruktive Zusammenarbeit im Redaktionsprozess. Die Herausgeber wünschen bei der Lektüre interessante Erkenntnisse und Einsichten in diesem für eine nachhaltige Entwicklung so bedeutenden und sich dynamisch entwickelnden interdisziplinären Themenfeld.

Die Herausgeber

Gotthard Meinel, Tobias Krüger, Martin Behnisch und Denise Ehrhardt

Dresden, September 2022

# Inhaltsverzeichnis

## Flächenpolitik

Bauland- und Innenentwicklungspotenziale in deutschen Städten und Gemeinden – Ergebnisse einer bundesweiten Erhebung und Schlussfolgerungen <i>Andreas Blum, Fabian Dosch</i> .....	3
Gemeinwohlorientierte Flächenpolitik unter Zugzwang – Überblick und Einblicke in bottom-up Initiativen <i>Insa Theesfeld, Jarmila Curtiss</i> .....	13
Politik für den Freiraum – wovon hängt sie ab? Die Perspektive des Multiple-Streams-Ansatzes <i>Gerd Lintz</i> .....	23
Qualitative Nachverdichtungsberatung als Mittel zur Steigerung des Wohnraumangebots in Zeiten von steigenden Baulandpreisen <i>Florian Schöpflin, Thomas Prinz, Josef Reithofer</i> .....	35
Integrierte Siedlungs- und Mobilitätsentwicklung am Bayerischen Untermain – Synergieeffekte für Kommunen und regionale Akteure sichtbar machen <i>Sabine Müller-Herbers, Max Bohnet, Sandra Lanig</i> .....	43
Klimaanpassung und Schwammstadt als Querschnittsaufgabe der Stadtplanung <i>Arne Siemer</i> .....	51

## Flächenmanagement

Nachhaltige Siedlungsflächenentwicklung in prosperierenden Stadtregionen – Herausforderungen, Konzepte und Methoden der Modellierung <i>Mirko Blinn, Theo Kötter</i> .....	63
Projekt Nachhaltiges Flächenmanagement des Landes Schleswig-Holstein <i>Axel Hilker</i> .....	75
Wie viel wollen wir bauen? Ein konzeptioneller Ansatz zur Ermittlung des Wohnbauflächenbedarfs <i>Anna Dunkl, Manuela Lagrange, Thorben Sell</i> .....	81
Stadtentwicklung in Bergbaufolgelandschaften: Das Gesamtkonzept Lauchhammer <i>Josefine Petrenz, Laura Liepelt</i> .....	93

Die KFMplus: Integriertes kommunales Flächen- und Ressourcenmanagement <i>Stefan Fina, Alexander Weiß, Sabine Müller-Herbers, Sandra Lanig</i> .....	101
Potenzialflächenbewertung und -ranking zur nachhaltigen Entwicklung der Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler <i>Pascal Glass, Paul Goede, Tobias Henning, Alexander Stricker</i> .....	109
SAVE – Strategische Aktivierung und Verzinsung naturschutzfachlicher Ersatzflächen <i>Christian Günster</i> .....	119
Für mehr Zirkularität – Flächenbedarfe der Bauschutttaufbereitung als Grundlage zur Kreislaufführung mineralischer Bau- und Abbruchmaterialien <i>Georg Zinder, Daniel Kretzschmar, Tobias Buchwald</i> .....	127

## **Flächenmonitoring**

Innenentwicklung in Deutschland – ein Klassifizierungsansatz <i>Sebastian Eichhorn, Stefan Siedentop</i> .....	139
Flächenmonitoring im Spannungsfeld von Kontinuität und Innovation: Raumbeobachtung mit <i>incora-flaeche.de</i> <i>Stefan Fina, Silas Eichfuss, Guido Riembauer, Shaojuan Xu, Benjamin Scholz, Fabian Dosch</i> .....	149
Entwicklung der Flächenneuinanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen <i>Martin Schorcht, Jörg Hennersdorf, Tobias Krüger, Gotthard Meinel</i> .....	157
Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung – Entwicklung und Perspektiven des IÖR-Monitors <i>Gotthard Meinel</i> .....	167

## **Offene Daten**

Offene Geodaten in Raum- und Umweltwissenschaften – Stand und Potenziale <i>Ralf Bill</i> .....	185
Offen und effektiv? Kommunale Open-Data-Portale für die Stadtentwicklung am Beispiel Berlins <i>Mohit Kapoor, SaeBom Song, Mathias Jehling</i> .....	193
Digitale Geodaten in der Verwaltung – Relevanz und Durchdringung auf Landes- und Kommunalebene in Sachsen <i>Christoph Mengers, Christian Bender, Mario Hesse</i> .....	205

## Neue Methoden und Tools

Indikatoren für die Daseinsvorsorgeplanung: Wo stehen wir heute? <i>Sebastian Seisenberger, Denis Reiter</i> .....	217
Eine Methodik zur Ermittlung von Flächengerechtigkeit am Beispiel des Wrangelkiezes in Berlin <i>Johannes Roderer, Oliver Schwedes, Till Uppenkamp, Martha Vobruba</i> .....	227
Auf dem Weg zur klimaneutralen Stadt 2030 – Quantifizierung des urbanen Solarpotenzials der Landeshauptstadt Dresden <i>Martin Behnisch, Dirk Hladik, Markus Münzinger, Hanna Poglitsch</i> .....	239
Ableitung demographischer Indikatoren aus offenen Datenquellen <i>Dominik Visca, Max Hoppe, Pascal Neis</i> .....	251
„Klima-Isopren-Navigationssystem“ – Ein Tool für human-biometeorologisch angepasste Routenführungen <i>Lena Albert, Sascha Henninger</i> .....	259
Erfassung der Bodenversiegelung im Freistaat Sachsen <i>Bernd Siemer, Uwe Ferber, Karl Eckert</i> .....	267
KI-basierte Simulation des Einflusses von Flächennutzungsänderungen auf die städtische Luftqualität <i>Hendrik Herold, Thomas Meiers, David Reuschenberg, Lisanne Petry</i> .....	277
Modellierung regionaler Zeitreihen landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen <i>Friederike Naegeli de Torres, Tom Karras, Sebastian Semella</i> .....	285
Unplausibilitäten filtern: Ein Ansatz zur Verbesserung fernerkundungsbasierter Landbedeckungsdaten <i>Silas Eichfuss, Martina Hollen</i> .....	295
Automatische Extraktion von Brachflächen aus Luftbildern mittels eines neuronalen Netzes <i>Konrad Dürrbeck, Stefan Lippl-Seifert</i> .....	305
Erreichbarkeits- und Analyseinstrumente für die Daseinsvorsorgeplanung: Potenziale und Hindernisse <i>Robert Hecht, Benjamin Büttner, Ulrike Jehle, Manfred Klaus, Falko Krügel, Bartosz McCormick, Elias Pajares, Denis Reiter, Theodor Rieche, Sebastian Seisenberger, Mathias Jehling</i> .....	315

Anforderungen an innovative und praxistaugliche Methoden,  
Informationen und Tools für die urbane Hitzeanpassung  
*Juliane Wright, Hendrik Herold* .....321

## **Analysen**

Analyseergebnisse zur Flächennutzung in Naturschutz- und FFH-Gebieten  
Deutschlands  
*Lisa Eichler, Gotthard Meinel* .....329

Raumzeitliche Muster und Determinanten der COVID-19-Ausbreitung  
in Deutschland  
*Nguyen Xuan Thinh, Kerstin Malcher* .....339

Kartierung theoretischer Biomassepotenziale in Europa  
*Susann Günther, Sebastian Semella* .....347

**Autorenverzeichnis**.....353

## Flächenpolitik



# Bauland- und Innenentwicklungspotenziale in deutschen Städten und Gemeinden – Ergebnisse einer bundesweiten Erhebung und Schlussfolgerungen

Andreas Blum, Fabian Dosch

## Zusammenfassung

Für ein nachhaltiges Flächenmanagement, das die Bereitstellung von Bauland und die Verminderung der Flächenneuanspruchnahme zusammendenkt, braucht es belastbare Grundlagendaten. Ziel der „Baulandumfrage“ war die Erhebung aktueller Daten und Informationen zu Baulandreserven und Innenentwicklungspotenzialen. Dabei wurden zudem Status, Methoden und Instrumente der Baulanderfassung und -mobilisierung erfasst. Ausgewertet wurden 692 validierte Datensätze von Städten und Gemeinden. Bundesweit hochgerechnet resultieren mindestens 84 000 ha Innenentwicklungspotenziale. Diese können einen erheblichen Beitrag zur Erreichung des 30-ha-Ziels leisten. Werden weitere baureife Baulandreserven mit gesicherter Erschließung hinzugerechnet, ergeben sich 99 000 ha Gesamtbaulandpotenzial, davon 55 % direkt oder kurzfristig mobilisierbar. Auf dem für Wohnen kurzfristig verfügbaren Anteil können je nach Dichteanahmen zwischen rund 900 000 und gut 2 Millionen Wohnungen gebaut werden. Bei der Innenentwicklung sind zugleich Grün- und Freiflächen zu sichern. Insgesamt trägt eine systematische Flächenerfassung, die immer mehr Kommunen durchführen, zur Transparenz von Potenzialflächen bei. Ein wesentlicher Engpassfaktor sind fehlende (Personal-) Kapazitäten der Kommunen.

**Schlagwörter:** Baulandreserven, Innenentwicklungspotenziale, Flächenerfassung, Flächenmobilisierung, Wohnungsbau

## 1 Einführung

Zwei wesentliche Themen bestimmen die Diskussion zur Flächennutzung im Rahmen der Siedlungsentwicklung: einerseits die Begrenzung der Flächenneuanspruchnahme und der Schutz des Bodens als zentrale Ziele einer nachhaltigen Entwicklung, andererseits der Bedarf einer vielerorts verstärkten und beschleunigten Bereitstellung von Bauland.

Die Bundesregierung hat als wichtigstes baulandpolitisches Ziel den Bau von 400 000 Wohnungen pro Jahr im Koalitionsvertrag verankert – das ist im Einklang mit dem Flächenverbrauchsziel fast nur auf Bestandsflächen zu schaffen, was schon die Baulandkommission 2019 (DV 2019) erkannt hatte.



Die Frage nach „zu viel oder zu wenig“ Bauland ist nicht neu. „Bauland“ als kommunale Schätzgröße lässt sich am besten über Umfragen ermitteln. Solche Umfragen haben eine lange Tradition im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) bzw. der früheren Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR). Baulandberichte schufen Transparenz über Baulandpotenziale: episodisch, die letzte Erhebung von 2012, die aber nur zu Innenentwicklungspotenzialen (IEP) durchgeführt wurde (BBSR 2014). Damals gab es schon Analysen, andere Datenquellen und die Überlegung, automatisierte Verfahren zur Identifikation von Baulücken und Nachverdichtungspotenzialen zur IEP-Abschätzung zu nutzen: etwa über Satelliten- und Luftbilder, Gebäudegrundrisskarten aus Geobasisdaten (ATKIS, ALKIS), 3D-Gebäudemodelle und Bilddienste. Zudem wurde 2015 in Folgeprojekten der Aufbau von Potenzialflächenkatastern ausgelotet. 2020 war davon auszugehen, im Zeitalter hochauflösender Fernerkundung und Verknüpfung von Geodaten KI-gestützt Bauland und Brachen automatisiert zu detektieren, wie es z. B. der Deutsche Brownfield Verband DEBV für Nordrhein-Westfalen in einer Pilotstudie darlegt (DEBV 2022 sowie Dürrbeck, Lippl-Seifert in diesem Band).

Wozu also eine Umfrage initiieren? Bauland ist eine Flächenwidmung, also Planungskategorie und keine Landbedeckung. Ihr Umfang beruht auf der zwar faktengestützten, im Detail aber interpretationsfähigen Einschätzung baulandbereitstellender Fachleute in den Kommunen. Zudem zielte die Umfrage 2020 auf Wohnungsbaupotenziale, für die auch Kleinstflächen relevant sind, die durch automatisierte Verfahren nicht hinreichend erfasst werden. Um Entwicklungen abbilden zu können, sollten zudem die Ergebnisse 2020 mit jenen der genannten Umfrage aus 2012 zu den IEP verglichen werden.

Vor diesem Hintergrund war das Hauptziel der „Baulandumfrage“ die Erhebung aktueller Daten und Informationen zu Baulandreserven und Innenentwicklungspotenzialen. Dabei wurden zudem Status, Methoden und Instrumente der Baulanderfassung und -mobilisierung erfasst. Die Durchführung des Projektes erfolgte im Auftrag des Bundesbauministeriums und des BBSR durch das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) in Kooperation mit dem Institut der deutschen Wirtschaft (IW).

## **2 Bundesweit repräsentative Fragebogenerhebung**

### **2.1 Methodisches Vorgehen**

Der Fragebogen zur Baulandumfrage wurde, aufbauend auf frühere bundesweite Umfragen, als Onlinefragebogen im Portal „SoSci Survey“ (Leiner 2019) realisiert. Die Erhebung erfolgte mit Unterstützung des Deutschen Städtetages und des Deutschen Städte- und Gemeindebundes. Zur Teilnahme eingeladen wurden knapp 3 000 Städte und Gemeinden (Bruttostichprobe) aller Gemeindegrößenklassen. Angeschrieben wurden alle Kommunen mit mindestens 10 000 Einwohnerinnen und Einwohnern (EW)

sowie eine Zufallsauswahl von knapp 50 % der Gemeinden mit 5 000 bis 9 999 EW und knapp 10 % der Gemeinden mit weniger als 5 000 EW. Die unterschiedliche Ausschöpfung der jeweiligen Grundgesamtheit in den drei Stichprobenschichten wurde bei der Auswertung durch entsprechende Gewichtung der Ergebnisse ausgeglichen. Der Versand des Links zum Fragebogen erfolgte im Juli 2020 per E-Mail. Nach verschiedenen Nachfassaktionen und mit Ausnahme einzelner Nachläufer wurde die Erhebung mit Ende des Jahres 2020 abgeschlossen. Nach Abschluss der Befragung umfasste die Rücklaufdatei 1 084 Roh-Datensätze, aus denen nach Qualitäts- und Plausibilitätsprüfungen 692 validierte Fragebögen gewonnen werden konnten. Damit entspricht die Nettostichprobe insgesamt 6,4 % der Grundgesamtheit bzw. 23,1 % der Bruttostichprobe. Die folgenden Darstellungen beschränken sich auf wesentliche Ergebnisse. Ausführliche und differenziertere Informationen können den frei verfügbaren Projektveröffentlichungen entnommen werden<sup>1</sup>.

## 2.2 Ergebnisse

### 2.2.1 Flächen- und Wohnungsbaupotenziale

Der flächenbezogene Untersuchungsrahmen der Umfrage umfasst die drei Hauptkategorien Innenentwicklungspotenziale, weitere baureife Baulandreserven mit gesicherter Erschließung sowie zusätzliche langfristige Baulandpotenziale (Rohbauland und Bauerwartungsland). Abbildung 1 zeigt die erhobenen Flächenpotenziale im Überblick.

#### Innenentwicklungspotenziale

Aus den Angaben der Befragten lassen sich IEP von bundesweit mindestens rd. 84 000 ha hochrechnen. Bezogen auf EW entspricht das insgesamt rd. 10 m<sup>2</sup>/EW bzw. bezogen auf die Siedlungsfläche rd. 4 % der Siedlungsfläche für Wohnen, Industrie und Gewerbe (WIG). Im Vergleich mit den im Ergebnis der Erhebung von IEP im Jahr 2012 als Untergrenze hochgerechneten rd. 120 000 ha (BBSR 2014) bedeutet der aktuelle Wert einen Rückgang um rd. 36 000 ha. Von den ermittelten rd. 84 000 ha IEP entfallen ähnlich wie 2012 knapp 40 % auf Brachflächen und gut 60 % auf Baulücken. Dabei liegen die Angaben der Befragten zu IEP auf Grundlage vorliegender Daten tendenziell höher als bei geschätzten Angaben. Unter der Annahme, dass auf Grundlage vorliegender Daten gültigere Angaben gemacht wurden, lässt sich durch eine Korrekturschätzung ein oberer Schätzwert für IEP von ca. 106 000 ha ermitteln. Dieser Wert lag 2012 bei ca. 165 000 ha. Vor diesem Hintergrund kann die Nutzung von IEP durch die Städte und Gemeinden als ein Teil der Erklärung des Rückgangs der Flächenneuanspruchnahme von durchschnittlich 74 ha/Tag bzw. rd. 27 000 ha jährlich im Jahr 2012 auf 54 ha/Tag

<sup>1</sup> BBSR Projekt-Homepage: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwost/Studien/2019/baulandumfrage/01-start.html?pos=3> (Zugriff: 08.08.2022).

oder knapp 20 000 ha jährlich 2020<sup>2</sup> angenommen werden. Zugleich wird damit deutlich, dass die in absoluten Zahlen reduzierten IEP zumindest in der Relation zur heute ebenfalls reduzierten Flächenneuanspruchnahme eine grundsätzlich vergleichbare und durchaus relevante Größenordnung aufweisen.

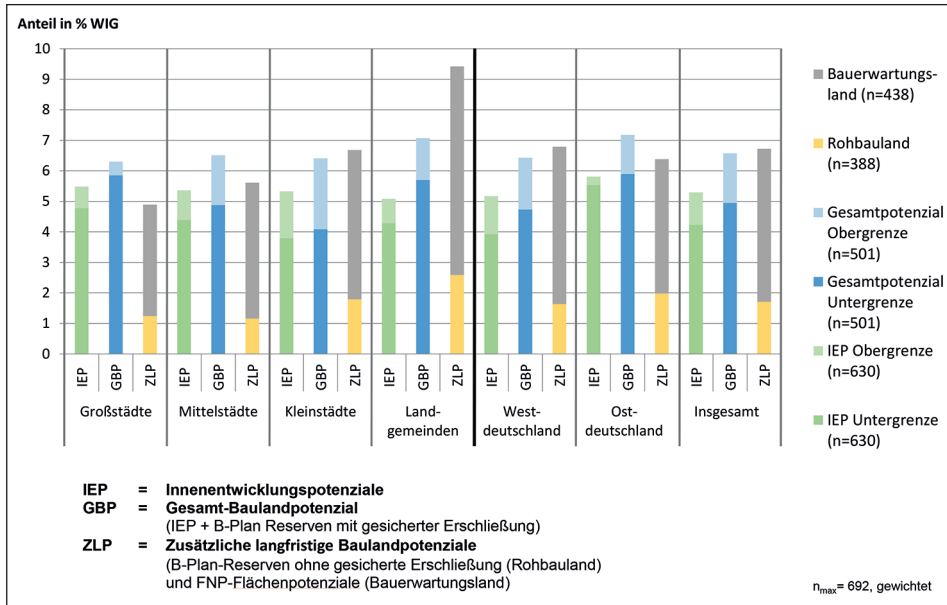


Abb. 1: Die erhobenen Flächenpotenziale nach Kategorien in Prozent der Siedlungsfläche Wohnen, Industrie und Gewerbe (WIG) nach Gemeindegrößenklassen und im großräumigen Vergleich (Quelle: Baulandumfrage 2020, Berechnungen und Darstellung IÖR)

## Weitere baureife Baulandreserven

Ergänzend zu den IEP wurden weitere baureife Baulandreserven mit gesicherter Erschließung erhoben. In aggregierter Hochrechnung von IEP und weiteren baureifen Baulandreserven ergeben sich rd. 99 000 ha Gesamtbaulandpotenzial als validierte Untergrenze. Der obere Schätzwert liegt bei insgesamt rd. 132 000 ha. Rund 55 % dieses Gesamtbaulandpotenzials werden von den Städten und Gemeinden insgesamt als direkt nutzbar oder kurzfristig mobilisierbar eingeschätzt. Zur Mobilisierung weiterer Flächenpotenziale ist nach Einschätzung der Kommunen die Mitwirkungsbereitschaft der Flächeneigentümer und -eigentümerinnen zentral. Bei den vorgesehenen Nutzungen steht Wohnen auf rd. 65 % der Flächen an erster Stelle, gefolgt von Gewerbe auf knapp 25 % der Flächen. Flächen für Grün und Erholung sind nur auf rd. 3,5 % der Flächen vorgesehen, somit deutlich weniger, als deren aktueller Anteil von über 10 % an der Siedlungs- und Verkehrsfläche vermuten ließe. Der Rest entfällt auf sonstige oder unbekannte Nutzungen. Berücksichtigt man in einer konservativen Schätzung nur den direkt nutzbaren oder

<sup>2</sup> Quelle: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/flaechenindikator\\_aktuell.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/flaechenindikator_aktuell.html) (Zugriff: 08.08.2022).

kurzfristig mobilisierbaren Anteil des Gesamtbaulandpotenzials von 99 000 ha, lassen sich nach Hochrechnungen des Projektpartners IW auf dem für Wohnen vorgesehenen Flächenanteil theoretisch zwischen knapp 900 000 Wohneinheiten (WE) und gut 2 Millionen WE realisieren. Zusätzlich kann das Wohnungsbaupotenzial je nach Annahmen – z. B. Bezug auf oberen Schätzwert, Berücksichtigung längerfristiger Potenziale, Annahme höherer Dichten – theoretisch auf mehr als 4 Millionen WE steigen. Dies würde jedoch einen erheblichen Wandel aktueller Planungsrealitäten und Nachfragepräferenzen erfordern. Eine differenzierte Darstellung realisierbarer Wohneinheiten für die verschiedenen Flächenpotenziale sowie nach unterschiedlichen Berechnungsmethoden zeigt Tabelle 1.

Tab. 1: Abschätzung realisierbarer Wohneinheiten (WE) unter unterschiedlichen Annahmen (Pauschale Dichteannahme (Methode 1), differenzierte Dichteannahmen nach BBSR-Kreistypen (Methode 2) bzw. nach Gemeindegrößenklassen (Methode 3)) (Quelle: Baulandumfrage 2020, Berechnungen und Darstellung IW)

	Flächenpotenzial	Methode (1) 25 WE/ha	Methode (2) BBSR-Kreistyp	Methode (3) GGK
Potenzialtyp↓	Hektar (gesamt)	WE in Mio.	WE in Mio. Min–Max	WE in Mio. Min–Max
Innenentwicklungspotenziale (IEP)	84 400	1,407	1,750-3,500	1,439-2,878
Gesamtpotenzial (IEP + weiteres baureifes Bauland)	98 900	1,648	2,065-4,130	1,647-3,294
...hiervon direkt oder kurzfristig nutzbar	52 700	0,879	1,117-2,234	0,898-1,796

### Zusätzliche langfristige Baulandpotenziale

Mit Blick auf die dritte erhobene Flächenkategorie zusätzlicher „langfristiger Baulandpotenziale“ summieren sich die Angaben der Befragten auf rd. 34 000 ha zusätzliche BPlanPotenziale (Rohbauland; ohne gesicherte Erschließung) sowie rd. 100 000 ha zusätzliche FNP-Potenziale (Bauerwartungsland). Dabei sind für insgesamt knapp 70 % der B-Plan-Potenziale und knapp 40 % der FNP-Potenziale Prozesse zur Schaffung von Baurecht eingeleitet. Diese langfristigen Potenziale sind in der obigen Abschätzung möglicher Wohnraumpotenziale nicht enthalten, können diese aber erhöhen.

In der direkten Gegenüberstellung des ermittelten Gesamtbaulandpotenzials mit regionalen Bedarfen zeigt sich ein schwach negativer Zusammenhang zwischen Bedarfen und Potenzialen. Diese Unterschiede sind allerdings nur graduell. Während in Kreisen mit sehr niedrigen Bedarfen rd. 45 % der befragten Städte und Gemeinden hohe oder sehr hohe Potenziale aufweisen, sind es in den Kreisen mit sehr hohen Bedarfen nur knapp 40 %.

Soweit die Städte und Gemeinden Angaben zu den über das existierende Gesamtbaulandpotenzial hinausgehenden zusätzlichen Flächenbedarfen gemacht haben, fällt der durchgängig höhere Flächenbedarf für die Wohnform Ein- und Zweifamilienhaus gegenüber den Flächenbedarfen im Geschosswohnungsbau auf: Rund drei Viertel des angegebenen zusätzlichen Flächenbedarfes für Wohnen entfällt auf die Wohnform Ein- und Zweifamilienhaus, nur ein Viertel auf Geschosswohnungsbau.

### 2.2.2 Flächenerfassung

Zumindest mit Blick auf die 2012 erhobenen Kategorien Brachflächen, Baulücken und Leerstände zeigen sich deutliche Fortschritte bei der Verbreitung von Maßnahmen zur Flächenerfassung. So geben beispielsweise für die am häufigsten erfasste Kategorie „Baulücken“ aktuell insgesamt rd. 50 % der Kommunen eine flächendeckende Erfassung an, 2012 waren es nur rd. 30 %. Bei gemeinsamer Betrachtung der erhobenen Kategorien „Flächendeckende Erfassung“ und „Erfassung für Teilgebiete“ liegen insgesamt Baulücken, FNP-Potenziale (Bauerwartungsland), baureife Baulandreserven und B-Plan-Potenziale (Rohbauland) mit jeweils über 50 % der Kommunen an der Spitze der Erfassungsaktivitäten. Diese Kategorien stehen zugleich auch bei der Fortschreibung der Daten an der Spitze. Zwischen rd. 40 % (Baulücken) und rd. 30 % (FNP-Potenziale) der erfassenden Kommunen geben hier eine regelmäßig jährliche Fortschreibung an. Soweit eine systematische Flächenerfassung noch nicht oder nur teilweise erfolgt, werden fehlende (Personal-) Kapazitäten als zentraler Engpassfaktor angegeben.

### 2.2.3 Flächenentwicklung

Mit Blick auf Instrumente der Wohnbaulandentwicklung wurde die Bedeutung rechtlicher Instrumente und grundsätzlicher Strategien abgefragt. Bei den rechtlichen Instrumenten messen die Befragten qualifizierten Bebauungsplänen die höchste Bedeutung zu. Gut 50 % der Befragten sehen hier einen großen, weitere rd. 30 % einen relevanten Beitrag. Auf den Plätzen 2 und 3 folgen der Bebauungsplan der Innenentwicklung gemäß § 13a BauGB sowie das beschleunigte Verfahren für Außenbereichsflächen nach § 13b BauGB mit rd. 18 % bzw. rd. 20 % der Städte und Gemeinden, die einen großen Beitrag sehen. Dabei wird Maßnahmen nach § 13b BauGB insbesondere von den Kleinstädten und Landgemeinden große oder relevante Bedeutung zugemessen, während solche Maßnahmen in den Großstädten eher nachrangige Bedeutung haben.

Bei den allgemeineren Strategien der Wohnbaulandentwicklung wird insbesondere der klassischen Angebotsplanung große Bedeutung zugeschrieben. Über 70 % der Kommunen sehen hier einen großen oder relevanten Beitrag. Die Entwicklung gemeindeeigener Flächen durch die Gemeinde sowie privater Flächen durch private Akteure aufgrund eines städtebaulichen Vertrages oder eines vorhabenbezogenen B-Plans folgen in der

Bedeutung mit rd. 45 % bzw. rd. 35 % der Städte und Gemeinden, die einen großen oder relevanten Beitrag sehen. Fast gar keine Rolle spielt die Wohnbaulandentwicklung im Rahmen interkommunaler Kooperationen.

Über die Frage nach Instrumenten und Strategien hinaus wurde zusätzlich das Zutreffen verschiedener grundsätzlicher bodenpolitischer Orientierungen abgefragt. Hier wird am häufigsten eine bedarfsorientierte Baulandentwicklung angegeben. Dieser Ansatz trifft in rd. 35 % der Kommunen „voll und ganz“ zu. Eine klare quantitative Begrenzung der Flächenausweisung sowie ein explizites Bekenntnis zum Vorrang der Innenentwicklung („trifft voll und ganz zu“) geben zwar nur rd. 23 % bzw. rd. 20 % der Gemeinden an. Jedoch zeigt sich eine gegenüber der IEP-Studie von 2012 gestiegene Bedeutung von Maßnahmen der Innenentwicklung. Der damals ähnlich gefassten Aussage „Brachflächen und Baulücken werden vorrangig vor Neuausweisungsflächen entwickelt“ stimmten 2012 nur gut 10 % „voll und ganz“ zu. Auf der anderen Seite hat zugleich das Thema „doppelte Innenentwicklung“ gegenüber 2012 in einer Hinsicht an Bedeutung verloren. Die Einschätzung von Brachflächen und Baulücken als großes Potenzial zur nichtbaulichen Entwicklung (Renaturierung, Grün-/Erholungsflächen usw.) trifft heute nur in rd. 6 % (2012: 10 %) der Kommunen „voll und ganz“ zu.

### 3 Fazit und Ausblick

Insgesamt liegt mit den Ergebnissen der Baulandumfrage 2020 ein repräsentativer Überblick zu Größenordnungen von Flächenreserven und potenzialen sowie hinsichtlich Flächenerfassung und -management in den Städten und Gemeinden Deutschlands vor. Insbesondere wird durch den grundsätzlich gleichen methodischen Ansatz ein Vergleich mit der Innenentwicklungsstudie aus dem Jahr 2012 möglich.

Mit mindestens 99 000 ha Gesamtflächenpotenzial lassen sich unter konservativen Annahmen auf dem für Wohnen vorgesehenen und kurzfristig mobilisierbaren Flächenanteil theoretisch zwischen knapp 900 000 WE und gut 2 Mill. WE realisieren. Allein diese unmittelbar verfügbaren Potenziale entsprechen rund 60-133 % eines auf Grundlage des Wohnungsbedarfsmodells des IW (Henger, Voigtländer 2021) bis zum Jahr 2025 angenommenen Wohnraumbedarfes von etwa 1,5 Millionen WE. Zudem sind in diesen Potenzialen versteckte, aber umfassende Wohnbaupotenziale im Immobilienbestand von vergleichbarer Größenordnung nicht enthalten: etwa durch Dachgeschossausbau, Aufstockung von Büro- und Verwaltungsgebäuden, Umwandlungspotenzial aus Gewerbe- und Bürogebäuden oder Wohnraumpotenzial nicht genutzter Wohnungen.

Vor dem Hintergrund dieser insgesamt existierenden erheblichen Flächen- und Umbaupotenziale ist die weitere grundsätzliche Orientierung auf den Vorrang der Innenentwicklung mit Blick auf das Ziel, die tägliche Flächenneuinanspruchnahme bis 2030 auf unter 30 ha zu begrenzen, nicht nur notwendig, sondern in vielen Städten und

Gemeinden auch nach wie vor eine realistische Option. So kann viel Wohnraum geschaffen werden, insbesondere durch Mehrfamilienhausbau. Dabei ist jedoch auch die Grün- und Freiraumentwicklung als gleichrangiger Bestandteil einer „doppelten Innenentwicklung“ voranzubringen. Gerade durch Corona-Pandemie und Klimawandel ist die Bedeutung von wohnortnahen Frei- und Erholungsflächen fast überall erlebbar geworden. Künftig sind verdichtetes Bauen und multifunktional gestaltete Grün- und Freiflächen verstärkt miteinander zu verzahnen.

Eine umfassende Kenntnis der vorhandenen Flächenpotenziale verbessert das nachhaltige Flächenmanagement. Die Ergebnisse der Umfrage legen nahe, dass Städte und Gemeinden mit entsprechender Datenerfassung ihre Flächenpotenziale vollständiger im Blick haben. Um hier den bestehenden Kapazitätsproblemen insbesondere kleinerer Städte und Gemeinden abzuhelpfen, erscheint die Unterstützung übergeordneter Initiativen und Angebote der Bauland- und Flächenerfassung sinnvoll. Dazu gehört auch die Bekanntmachung entsprechender Flächenmanagement-Tools und die Aufklärung über Vorteile, die mit einer einheitlichen Verwendung dieser Tools einhergehen, wie etwa die Einsparung eigener Entwicklungsanstrengungen. Dabei müssen entsprechende Instrumente allerdings auch auf dem inhaltlich und technisch aktuellsten Stand gehalten werden. Hinweise aus den ergänzend zur Umfrage durchgeführten Fallstudienuntersuchungen legen nahe, dass statt vorhandener übergreifender Anwendungen andernfalls eigene aktuellere und gegebenenfalls auch leistungsfähigere lokale Lösungen bevorzugt werden.

Ein wichtiger Aspekt der Weiterentwicklung betrifft den Ausbau von Schnittstellen zu anderen Datenbeständen und Einrichtungen einschließlich der Entwicklung übergreifender Standards. Solange entsprechende bundesweit vergleichbare Daten nicht vorliegen, bleibt das Instrument der Baulandumfrage auch zukünftig die einzige Möglichkeit zur Gewinnung einer umfassenden Orientierung zu existierenden Flächenpotenzialen sowie zum Status Quo von Flächenerfassung und Flächenmanagement in deutschen Städten und Gemeinden.

Dass die Erkenntnisse von zentraler Bedeutung für eine informierte Flächenpolitik und -entwicklung sind, zeigt das große Interesse, das dem Projekt Baulandumfrage bereits während der Bearbeitung entgegengebracht wurde, obwohl Bauen im Bestand aufwendiger erscheint als auf der „Grünen Wiese“. Projektbegleitend konnten die Autoren in einem intensiven Prozess mit Vertreterinnen und Vertretern des Bauministeriums sowie externen Fachleuten Zwischenergebnisse kommunizieren und diskutieren.

Großes Interesse auch in den Medien fand die Vorstellung der zentralen Ergebnisse und Bewertung durch die Bundesministerin für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Frau Geywitz, in der Bundespresskonferenz zum Projektabschluss, die zugleich den Auftakt eines Abschlussworkshops am 29. März 2022 mit knapp 600 Teilnehmenden

(online und in Präsenz) bildete. Hierbei wurde erneut die Notwendigkeit eines zeitreihenfähigen und nach einheitlichen Qualitätskriterien ausgerichteten Potenzialflächenkatalogers deutlich. Der Weg zu dessen Realisierung ist aber lang, nicht alle wollen (Markt-) Transparenz über ihre Baulandbestände. Und doch stellt es die zentrale Grundlage der Schaffung bedarfsgerechten, klimafreundlichen Wohnraums im Bestand dar, der im Rahmen des „Bündnisses bezahlbarer Wohnraum“ angestrebt wird (BMWSB 2022). Tatsächlich sind 2021, dem zweiten Corona-Jahr, weniger als 300 000 Wohnungen fertiggestellt worden. Auch wenn andere Gründe wie Material- und Personalengpässe dafür mitursächlich sind – es bedarf weiterer Bau-, Umbau-, Investitions- und Innovationsoffensiven sowie Planungsbeschleunigung, im Einklang mit einer durchgrüntem, klimawandelgerechten Freiraumentwicklung.

## 4 Literatur

- BBSR – Bundesinstitut für Bau- Stadt und Raumforschung (Hrsg.) (2014): Innenentwicklungspotenziale in Deutschland – Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage und Möglichkeiten einer automatisierten Abschätzung. Bonn. Bearbeitung: Schiller, G.; Blum, A.; Hecht, R.; Meinel, G.; Oertel, H.; Ferber, U.; Petermann, E.
- BMWSB – Bundesministerium für Wohnen Stadtentwicklung und Bauwesen (2022): Pressemitteilung – Auftakt „Bündnis bezahlbarer Wohnraum“. <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2022/04/buendnis-bezahlbarer-wohnraum.html> (Zugriff: 16.08.2022).
- DEBV – Deutscher Brownfield Verband (2022): Machbarkeitsstudie zur automatisierten Erstellung eines flächendeckenden Brownfieldkatasters. Fraunhofer IIS, Spacedatists im Auftrag des DEBV, unveröff., Vortragsfolien für die DEBV Mitgliederversammlung 2022.
- DV – Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e. V. (Hrsg.) (2019): Kommission „Nachhaltige Baulandmobilisierung und Bodenpolitik“ (Baulandkommission) – Handlungsempfehlungen und Dokumentation der Beratungen. Berlin.
- Henger, R.; Voigtländer, M. (2021): Weiterhin hohe Wohnungsbedarfe – vor allem in Großstädten. Aktuelle Ergebnisse des IW-Wohnungsbedarfsmodells. Gutachten für die Deutsche Reihenhaus AG, Köln.
- Leiner, D. J. (2019): SoSci Survey (Computer Software; Version 3.1 06). <https://www.soscisurvey.de> (Zugriff: 05.07.2022).





# Gemeinwohlorientierte Flächenpolitik unter Zugzwang – Überblick und Einblicke in bottom-up Initiativen

*Insa Theesfeld, Jarmila Curtiss*

## Zusammenfassung

Knapp über die Hälfte der Fläche Deutschlands wird landwirtschaftlich genutzt. Zunehmende Konkurrenz um die Fläche, die auch durch den zunehmenden Flächenbedarf anderer Sektoren angetrieben wird, spürt man im landwirtschaftlichen Sektor deutlich. Steigende Bodenpreise treiben den landwirtschaftlichen Strukturwandel an. Eine bottom-up Antwort darauf sind gemeinwohlorientierte Organisationen gemeinschaftlicher Governance für landwirtschaftliche Flächen, die dem Markt zunächst Fläche entziehen und diese langfristig zu ertragsangemessenem Marktzins meist ökologisch wirtschaftenden kleineren Betrieben wieder zur Verfügung stellen. Basierend auf einer deutschlandweiten erstmaligen empirischen Untersuchung verzeichnen diese bottom-up Initiativen zwar noch eine geringe absolute Flächenausbreitung, jedoch ein deutliches Wachstum bei der Anzahl ihrer Mitglieder, Kleininvestoren und Spender. Eine breite Ausdifferenzierung an Organisationsformen ist entstanden, diese gelten als Nukleus der sozialen Entwicklung. Betriebsleiter\*innen von landwirtschaftlichen Partnerbetrieben solcher gemeinschaftlichen und gemeinwohlorientierten Organisationen, genau wie Beteiligte und Kapitalgeber\*innen aus der breiten Gesellschaft, haben eine Nachfrage und einen Bedarf an gemeinsamer Verantwortung und Mitbestimmung über das Management und den Umgang mit landwirtschaftlichen Flächen sowie der Ressource Boden.

Die empirische Datenerhebung im Projekt „Neue Organisationsformen des gemeinschaftlichen Landeigentums“ (Curtiss et al. 2022) zeigte einige positive ökonomische Vorteile für Partnerbetriebe, ohne im großen Stil den Bodenmarkt zu verzerren, und relativ stabile Rahmenbedingungen, um ökologische Zielsetzungen langfristig abzusichern. Darüber hinaus konnten als gemeinwohltiftende Auswirkungen soziale Einflüsse auf und für die ländliche Bevölkerung verdeutlicht werden.

Die landwirtschaftliche Bodengesetzgebung muss sich auf Länderebene zu diesen Organisationen positionieren. Eine gemeinwohlorientierte Flächenpolitik bezüglich des Eigentumsverkehrs landwirtschaftlicher Flächen wäre ein Novum.

**Schlagwörter:** Flächenpolitik, gemeinwohlorientierte Organisationen, gemeinschaftliche Flächengovernance, Eigentumsverkehr landwirtschaftlicher Flächen

## 1 Einführung in aktuelle Entwicklungen

Knapp über die Hälfte der Gesamtfläche Deutschlands (51 %) wird als landwirtschaftliche Nutzfläche bezeichnet (Abb. 1). Diese ca. 17 Mio. ha werden von 262 776 landwirtschaftlichen Betrieben bewirtschaftet (Statistisches Bundesamt 2022). Die tägliche Flächeninanspruchnahme durch andere Nutzungsarten, besonders der Flächenzuwachs für Siedlung und Verkehr mit aktuell 52 ha/Tag (BMEL 2022), wirken sich deutlich auf die Landwirtschaft aus. Rechnet man Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sowie andere Umwidmungen dazu, so wird der tägliche Flächenverlust, der sich für die Landwirtschaft ergibt, mit 120 ha/Tag angegeben (BMEL 2022). In den vergangenen 30 Jahren summiert sich dies auf 1,42 Mio. ha (BMEL 2022). Aktuell kommen vermehrt Ansprüche für die Energiegewinnung (Energiepflanzen, Photovoltaikanlagen) und für den Erhalt der Artenvielfalt hinzu. Beides reduziert zusätzlich die Fläche für die Lebensmittelproduktion.

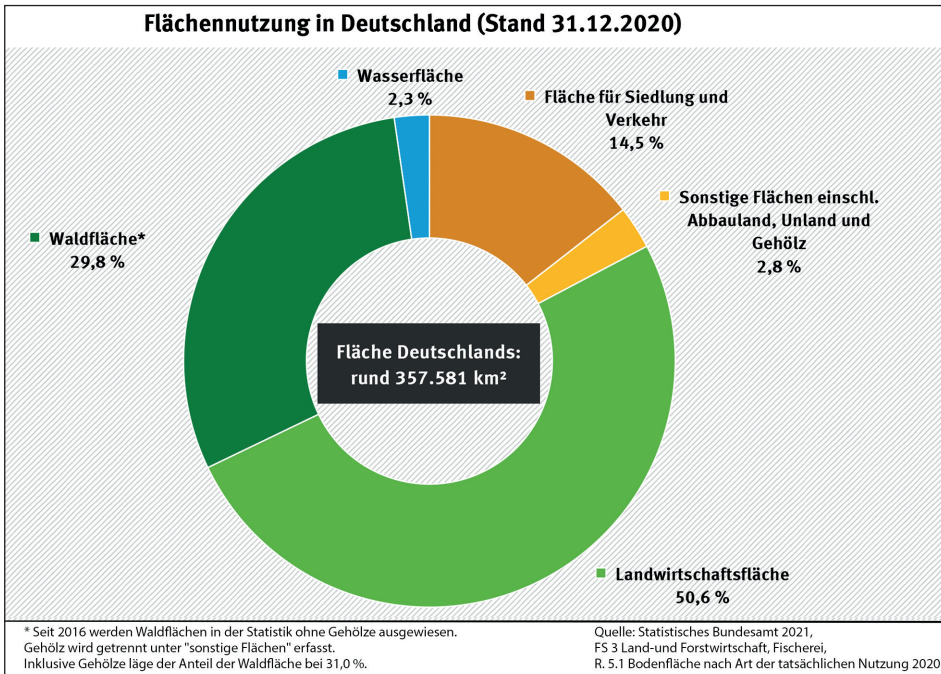


Abb. 1: Flächennutzung in Deutschland 2020 (Quelle: BMEL 2022)

Tabelle 1 zeigt die Entwicklung der Betriebsgrößen und den Eigenlandanteil landwirtschaftlicher Betriebe in West- und Ostdeutschland. Durch die Annäherung der Entwicklung in Ost- und Westdeutschland geht man derzeit von einem gesamtdeutschen Pachtanteil von 65 % aus.

Tab. 1: *Flächenausstattung landwirtschaftlicher Betriebe in Deutschland (Quelle: Agrarpolitischer Bericht, 2019: 137; Statistisches Bundesamt 2021)*

	Westdeutschland	Ostdeutschland
Flächenausstattung im Ø pro Betrieb	41 ha (2010) 47 ha (2020)	227 ha (2010) 221 ha (2020)
Eigenlandanteil	47 % (2010) 44 % (2020)	26 % (2010) 32 % (2020)

Tabelle 2 zeigt für den Anstieg der durchschnittlichen Kaufpreise landwirtschaftlicher Flächen eine Verdreifachung und einen deutlichen Anstieg der Pachtentgelte für Gesamtdeutschland. Die regionalen Unterschiede sind allerdings sehr groß. Die gesamtdeutschen Durchschnittswerte geben aber bereits einen Eindruck, welche Triebkräfte auf dem Bodenmarkt in den letzten 15 Jahren wirkten.

Tab. 2: *Kaufpreis- und Pachtentgeltentwicklung landwirtschaftlicher Betriebe in Deutschland (Quelle: BMEL 2022; Statistisches Bundesamt 2021)*

	2005	2020
Kaufwertentwicklung für landwirtschaftliche Flächen (BRD gesamt)	8 692 Euro/ha	26 777 Euro/ha
	2010	2020
Pachtentgelte (BRD gesamt)	203 Euro/ha	329 Euro/ha

Die stark steigenden Bodenpreise in Kombination mit einem hohen Anteil Pachtflächen, auf dem die Landwirte wirtschaften, ergeben ein Spannungsfeld zwischen Flächenkaufoptionen, Möglichkeiten für Zupacht und Gefahr des Flächenverlustes. Genau an diesen Herausforderungen setzen die im Folgenden beschriebenen neuen Organisationen an. Das Modell der gemeinwohlorientierten Organisationen gemeinschaftlichen Bodeneigentums, das Flächen zunächst aufkauft und dann langfristig an Landwirte verpachtet, setzt an bekannten Markttransaktionen an und passt in die vorherrschende Pacht-Eigentumsstruktur landwirtschaftlicher Betriebe.

## 2 Neue gemeinwohlorientierte bottom-up Organisationen als Antwort

Die gemeinwohlorientierten bottom-up Organisationen, die wir hier beschreiben, sind Organisationen gemeinschaftlichen Landeigentums (Bodengovernance und Bodenkauffinanzierung) mit Beteiligung der Zivilgesellschaft verschiedenster Rechtsformen, aktiv am Bodenmarkt aber oft entkoppelt von der Bodenbewirtschaftung. Menschen in Gemeinschaft übernehmen Verantwortung für die Nutzung und den Erhalt des Bodens. Dabei nehmen sie in Kauf, dass ihre Eigentumsrechte der Gewinnerzielung und

der Bodenveräußerung stark eingeschränkt werden. Die Beteiligung der Kapitalgeber findet ohne Gewinnmaximierungsabsicht – gemeinwohlorientiert – statt. Sie bauen oft auf ursprünglich alternativen Ansätzen auf. Diese reichen bspw. von kurzen Lebensmittel-Lieferketten bis hin zu gemeinschaftlich organisiertem Angebot von ökologisch erzeugten Produkten oder alternativer Wirtschaftspraktiken wie im solidarischen Landwirtschafts-Modell. Was die neuartigen Organisationen von diesen Ansätzen primär unterscheidet, ist der Schritt zu gemeinschaftlicher Verwaltung oder dem Erwerb von Boden bzw. zu seiner gemeinschaftlichen Finanzierung. Der Kurzbegriff „gemeinschaftliches Landeigentum“ ist im engeren Sinne so nicht korrekt, denn es geht nicht um Eigentümer, die ins Grundbuch eingetragen werden. Deshalb benutzen wir den Begriff gemeinschaftliche Bodengovernance. Es geht um die Übernahme bestimmter Bündel an Rechten und Pflichten und – je nach Organisationsform – verschiedener Grade an gemeinsamer Mitgestaltung. Das Spektrum reicht von der größten Flächeneigentümerin, der BioBoden eG mit 4 104 ha, zu zahlreichen kleinen Trägerorganisationen von gemeinnützigen Höfen mit ca. 30 ha landwirtschaftlicher Fläche. Mehr als die Hälfte der Organisationen besitzen weniger als 50 ha. Charakteristisch ist der Erwerb von landwirtschaftlichen Flächen, um sie für lokale Betriebe mit nachhaltiger Bewirtschaftungsform zu sichern. Solche Partnerbetriebe definieren sich als landwirtschaftliche Betriebe, die von den neuen Organisationsformen, zumeist unter vorgegebenen Nutzungsbedingungen, landwirtschaftliche Flächen pachten.

Es sind vor allem drei Triebkräfte, die diese neuen Organisationsformen haben entstehen lassen. 1) die zunehmende Konkurrenz um die landwirtschaftliche Fläche und die daraus entstehende Flächenknappheit für die landwirtschaftliche Primärproduktion, verbunden mit 2) dem starken Anstieg der Kauf- und Pachtpreise (siehe Kapitel 1). Die Angst vor Flächenverlusten führt dazu, dass von Seiten der Landwirte nach solchen alternativen Modellen gefragt wird, die Ihnen den Zugang zu Flächen weiterhin und zu bezahlbaren Konditionen ermöglichen. Hinzu kommt 3) der Bedarf in der Gesellschaft bei der Entscheidung, wie mit der Ressource Boden umgegangen werden soll, mitzubestimmen. Die Unzufriedenheit bezüglich Artensterben, Landschaftsbildern mit Monokultur, Bodenfruchtbarkeitszerstörung und Grundwasserbelastung, aber auch Berichte über Landwirte, die sich ihre Flächen nicht mehr leisten können, all das führt von Seiten der Gesellschaft zu einer bottom-up Bewegung, bei der sich Menschen ohne Gewinnerzielungsabsicht einbringen und finanziell solche „Bodenfonds“ ermöglichen. Der kapitalintensive Erwerb von Grund und Boden, unter dem Druck der hohen Investorennachfrage und Flächenverknappung, bedurfte auch innovativer Lösungen, die schnelle Kapitalmobilisierung ermöglichen und zugleich die Gemeinwohlziele sichern. Deshalb bedienen sich die neuen Organisationen teilweise Formen der sozialen Unternehmung oder des Crowdfundings. Daraus entstehen Organisationen, bei denen das Regionalprinzip aufgehoben ist und die Kapitalgeber keine regionale Einheit mehr mit dem Partnerbetrieb bilden.

### **3 Das „Boden in Gemeinschaft“ Forschungsprojekt**

#### **3.1 Projekthintergrund und Ziele**

Das Forschungsprojekt „Neue Organisationsformen des Landeigentums – Boden in Gemeinschaft“ war ein Entscheidungshilfeprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Es wurde von 2020-2022 von einem interdisziplinären Team aus Agrarökonom\*innen und Jurist\*innen an der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg bearbeitet. Das Vorgehen war transdisziplinär, da nichtwissenschaftliche Akteure aus Politik und Verwaltung sowie Vertreter und Initiatoren der neuen Organisationen im Projektablauf involviert waren und diesen durch ihre Beteiligung mitgestalten konnten.

#### **3.2 Empirische Datenbasis**

Das Projekt hat eine Datenbank erstellt, die aktuell 88 Organisationen gemeinschaftlicher Bodengovernance mit 197 Partnerbetrieben beinhaltet. Diese zeigt die große Ausdifferenzierung in den Rechts- und Organisationsformen, Zielen, Gründungsjahren, Formen der Kapitalmobilisierung, Größen, Regeln der Beteiligung oder der Ausprägung des regionalen Bezugs.

Um zu erkennen, ob Strukturen geschaffen wurden, die die gemeinwohlorientierten Ziele als langfristig stabil umgesetzt einordnen lassen, haben wir fünf kontrastierende Fallstudien durchgeführt: Kulturland eG, Grundstiftung am Schloss Tempelhof, Landbauschule Dottenfelderhof e.V., Regionalwert AG Hamburg, AllmendeLand-Projekt eG & Co. KGaA.

Die Schaffung einer empirischen Datenbasis stand im Zentrum des Projektes. Mit allen vier Akteursgruppen (Initiatoren, Partnerbetrieben, Kapitalgebern und der Umkreisbevölkerung) wurden zugeschnittene Befragungen durchgeführt. Die Hinzunahme der Umkreisbevölkerung war dabei eine Erweiterung gegenüber klassischen agrarökonomischen Impact-Studien. Diese ermöglichte, die Auswirkungen über den landwirtschaftlichen Sektor hinaus, in das soziale Gefüge der ländlichen Regionen hinein zu analysieren.

Für die bundesweite Umfrage der landwirtschaftlichen Partnerbetriebe wurden 53 Betriebe laut Zufallsprinzip aus der Datenbasis ausgewählt. Für die Kapitalgeber wurden alle Mitglieder der Kulturland eG angesprochen und ein Rücklauf von 173 Fragebögen (18 %) konnte für diese Akteursgruppe ausgewertet werden.

Durch den Fokus des Projektes, auch über die sozialen Auswirkungen der neuen Organisationsformen im ländlichen Raum eine Aussage treffen zu können, nahm die standardisierte Bevölkerungsbefragung den größten Raum ein. In drei Regionen von Partnerbetriebs-Clustern: Müncheberg (Brandenburg), Hamburg & Lüneburg (Niedersachsen),

Kassel-Frankfurt (Hessen) haben sich 216 Menschen im Umkreis von Partnerbetrieben (bis max. 10 km Entfernung) beteiligt. Ein Papierfragebogen mit persönlicher Ansprache und eine Onlinebefragung kamen zum Einsatz (Papier 650: Rücklauf 24 %; 900 Flyer-Onlinefragebogen, Rücklauf 7 %). Methodisch wurde mit der Bevölkerungsbefragung indirekt der Einfluss der Partnerbetriebe gemessen. Dies folgt der Annahme, dass Landwirtschaft in der Nähe der Partnerbetriebe anders bewertet wird als in weiterer Entfernung zu den Partnerbetrieben der neuen Organisationen.

## 4 Initiativen bieten mehr als Absicherung am Bodenmarkt

Direkt anknüpfend an die Entwicklungen am Bodenmarkt (Kapitel 1), die zunächst zur Ausweitung des Phänomens der gemeinschaftlichen gemeinwohlorientierten Boden-governance führten, stellen sich vor allem Fragen nach den ökonomischen, agrarstrukturellen und ökologischen Auswirkungen. Ergebnisse des Projektes zeigen einige positive ökonomische Vorteile für Partnerbetriebe – ohne überregional den Bodenmarkt zu verzerren und relativ stabile Rahmenbedingungen, um ökologische Leistungen langfristig abzusichern. Die neuen Organisationen sind auch am Bodenpachtmarkt als stabilitätsfördernd einzuschätzen, was bei dem vorherrschenden hohen Pachtanteil entscheidend ist (siehe Tab. 1). Die Organisationen zielen auf eine Dauerhaftigkeit des Bodeneigentums ab. Die zukünftige Allokation dieses Bodens an höchstzahlende (gewinnmaximierende) Betriebe findet nicht mehr statt.

Interessanterweise hat die strukturierte Umfrage mit Bewirtschafter\*innen und Partnerbetriebsleiter\*innen gezeigt, dass die gemeinschaftlichen Kooperationsmodelle auch aus Sicht der Landwirte nicht primär aus einer wirtschaftlichen Notlage heraus entstanden sind, sondern aus kollektiven und gemeinwohltiftenden Motiven (Curtiss et al. 2022). Deshalb möchten wir in diesem Beitrag die positiven sozialen Einflüsse auf und für die ländliche Bevölkerung herausgreifen. Die Stärkung des sozialen Zusammenhalts im ländlichen Raum ist ein Aspekt des Gemeinwohls, zu dem diese Organisationsformen beitragen. Er ist empirisch sehr schwer und nur durch Daten- und Methodentriangulation zu erfassen, bildet aber ein starkes Argument in der politischen Diskussion zur Unterstützung dieser neuen Organisationsformen, z. B. bei Reformen der Bodenmarkt-gesetzgebung.

## 5 Steigerung des sozialen Zusammenhalts

Veränderungen im sozialen Zusammenhalt der Bevölkerung sind selten direkt messbar und erfordern eine Vielzahl an Proxies, um Effekte abbilden zu können. Kausalitäten bei sozialen Veränderungen sind gleichzeitig sehr komplex und Veränderungen im landwirtschaftlichen Sektor stellen immer nur einen Aspekt dar, der Veränderungen antreibt. Im Folgenden stellen wir exemplarisch drei Befragungsansätze vor, die in dieser Studie zum

Einsatz kamen, um den Einfluss der Veränderungen im landwirtschaftlichen Sektor auf soziale Verhaltensweisen der ländlichen Bevölkerung zu isolieren.

Die sozialen Auswirkungen der gemeinschaftlichen Governance landwirtschaftlicher Flächen wurden konzeptionell in direkte und indirekte Auswirkungen unterschieden. Die direkten Auswirkungen beziehen sich auf die partnerschaftsbedingten Änderungen des Verhaltens der landwirtschaftlichen Partnerbetriebe. Die Partnerbetriebe wurden direkt befragt, ob sie ihr Verhalten geändert haben. Ein Anteil von 30 % der Betriebe gab an, ihr soziales Engagement und Freizeitangebot aufgrund der Partnerschaft mit der neuen Organisationsform gesteigert zu haben<sup>1</sup>. Das letztere ermöglicht als Konsequenz mehr Teilhabe der ländlichen oder interessierten Bevölkerung. Fast ein Drittel der Betriebe haben weiterhin angegeben, dass sie aufgrund der Partnerschaft mehr lokal aktiv wurden und ihre Produktvermarktung regionalisiert haben. Auch dies steigert den regionalen Bezug und sozialen Kontakt mit der Umkreisbevölkerung.

Indirekte Auswirkungen wurden gemessen mittels subjektiver Betriebsvergleiche durch Menschen, die die Partner- oder gemeinschaftlich geführten Betriebe und andere Betriebe in ihrem Umkreis kennen bzw. besuchen (Abb. 2). Hierbei handelt es sich um Methodentriangulation, da die zweite Akteursgruppe – die Umkreisbevölkerung – nun die Partnerbetriebe einschätzt. Es zeigte sich, dass im Vergleich mit anderen landwirtschaftlichen Betrieben die Partnerbetriebe auch durch die Bevölkerung im Umkreis (und nicht nur in der Eigenwahrnehmung) als Betriebe bewertet wurden, die sich mehr im Dorf und in der Gemeinschaft engagieren und mehr Menschen anziehen (Abb. 2). Hierbei handelt es sich um eine subjektive Einschätzung, ob und wie sich der Partnerbetrieb im Verhältnis zu anderen landwirtschaftlichen Betrieben im Umkreis sozial verhält.



Abb. 2: Unterschied soziokultureller Auswirkungen des Partnerbetriebs und anderer Betriebe: Daten aus der Befragung der Umkreisbevölkerung in Niedersachsen und Hessen, N = 113 (Quelle: Curtiss et al. 2022: 94)

<sup>1</sup> Wichtig dabei ist zu beachten, dass ein deutlicher Teil der Betriebe Existenzgründungen sind oder bei denen die Partnerschaft mit Hofübernahme mitgetragen wurde – bei diesen ist ein Vor- und Nachpartnerschaftsvergleich nicht möglich.



Der Kontakt mit dem Partnerbetrieb wurde gleichzeitig von einem bedeutenden Teil der Befragten als sich sozial positiv auswirkend wahrgenommen (Abb. 3). Im Sinne der Datentriangulation handelt es sich bei dieser Frage um eine Selbsteinschätzung des eigenen Verhaltens. Bei einem Befragten-Anteil von 30 % sind aufgrund des Kontakts mit dem Hof, ihre sozialen Netzwerke, Bekanntschaften im Ort oder ihr Gefühl einer Zugehörigkeit zu einer Gemeinschaft als Komponente des sozialen Zusammenhalts gewachsen (Curtiss et al. 2022: 96).

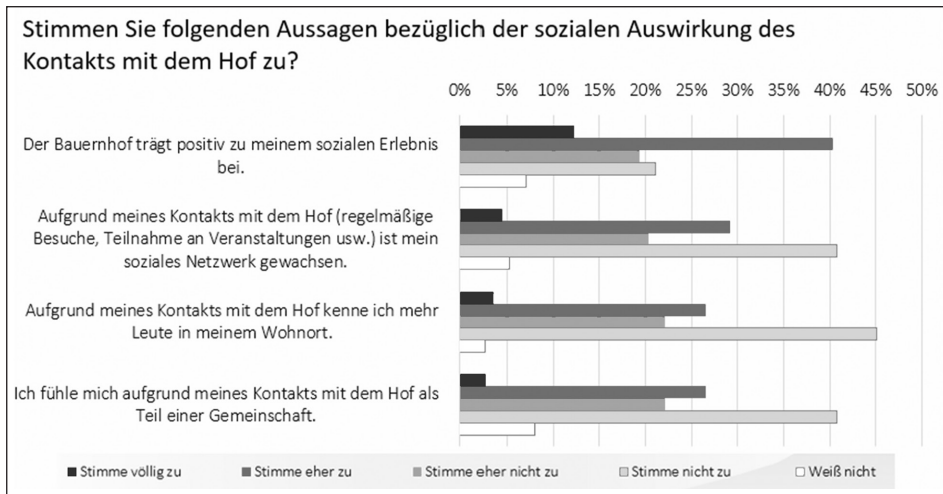


Abb. 3: Effekt des persönlichen Kontakts mit dem Partnerbetrieb auf den sozialen Zusammenhalt: Daten aus der Befragung der Umkreisbevölkerung in Niedersachsen und Hessen, N = 113 (Quelle: Curtiss et al. 2022)

## 6 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Bodengesetzgebung zu diesen bottom-up Initiativen positionieren muss. Lässt man sie nicht in das Reformstreben im Zuge der Anpassungen des Grundstücksverkehrsgesetzes (GrdstVG<sup>2</sup>) mit ein, so sind sie in der Flächenpolitik gegenüber Landwirten benachteiligt.

Das GrdstVG von 1961 soll zur Verbesserung der Agrarstruktur und zur Sicherung land- und forstwirtschaftlicher Betriebe beitragen. Nach § 2 des GrdstVG bedarf der Verkauf eines landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Grundstücks grundsätzlich einer Genehmigung. Diese darf nur aus bestimmten Gründen versagt werden: 1. Ungesunde Verteilung von Grund und Boden, 2. Unwirtschaftliche Verkleinerung, 3. Grobe Preis-Missverhältnisse (> 150 %). Unter einer ungesunden Verteilung versteht man den Verkauf an einen Nichtlandwirt, der dann in der Genehmigungspraxis oft untersagt wird.

<sup>2</sup> <https://www.gesetze-im-internet.de/grdstvg/BJNR010910961.html>

Gemeinschaftliche und gemeinwohlorientierte Bodenorganisationen sind in den meisten gewählten Organisationsformen keine Landwirte und müssen durch verschiedenartige juristische Konstrukte die Einschränkung, um am Bodenmarkt agieren zu können, umgehen. Das geht oft mit hohen administrativen Transaktionskosten einher.

Aktuell wird in einigen Bundesländern diskutiert bzw. wurden bereits entsprechende Landtagsbeschlüsse gefasst, das Grundstücksverkehrs- und Landpachtverkehrsrecht auf der Grundlage agrarstruktureller Leitbilder der Länder landesrechtlich neu zu regeln (Agrar-Europe 2019). Dabei wird unter anderem – wie bisher auch in dem Agrarpolitischen Bericht der Bundesregierung (BMEL 2015) – auf das Ziel der breiten Eigentumsstreuung und der Stärkung der regionalen Wertschöpfung Bezug genommen. Vermehrt wird in der Diskussion die Entwicklung des ländlichen Raumes, auch die sozialen Auswirkungen von Landwirtschaft, als Argument einbezogen (BMEL 2019; Laschewski, Tietz 2019) – egal, ob es nun darum geht, bestimmte Investitionen einzuschränken oder andere zu fördern.

Bei einer rein formalen Betrachtung würden die neuen Organisationsformen auf jetziger Rechtsgrundlage als auch mit Blick auf derzeit diskutierte Reformbestrebungen in einigen Bundesländern zur Abwehr von renditeorientierten, nichtlandwirtschaftlichen Investoren vom landwirtschaftlichen Bodenmarkt mit diesen gleichgesetzt werden. Gemeinwohlorientierte Flächenpolitik müsste hingegen Überlegungen anstellen, wie eine Prüfung der Stabilität der Gemeinwohlausrichtung gelingen kann, um den Zugang zum Bodenmarkt für die Organisationen nicht zu behindern.

## 7 Literatur

- Agrar-Europe (2019): Bericht der „Bund-Länder-Initiative Landwirtschaftlicher Bodenmarkt“, Dokumentation-Länderberichte Agrar Europe 43/19, 21. Oktober 2019. [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Landwirtschaft/Flaechennutzung-Bodenmarkt/Bodenmarkt-Abschlussbericht-Bund-Laender-Arbeitsgruppe.html](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Flaechennutzung-Bodenmarkt/Bodenmarkt-Abschlussbericht-Bund-Laender-Arbeitsgruppe.html) (Zugriff: 28.08.2022).
- Curtiss, J.; Theesfeld, I.; Schmidt-De Caluwe, R.; Wähler, T.; Höhl, J.; Lang, K.; Dreyer, P. (2022): Neue Organisationsformen des Landeigentums – Boden in Gemeinschaft. Forschungsbericht im Auftrag des BMELs (Forschungsvorhaben Nr.: 2817HS015). Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle.
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2015. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Berlin. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/agrarpolitischer-bericht/> (Zugriff: 29.08.2022).

- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2019, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Berlin.  
<https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/agrarpolitischer-bericht/>  
(Zugriff: 29.08.2022).
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2022): Hintergrundvermerk zum Bodenmarkt. BMEL, Referat 432, 08.04.2022.
- Laschewski, L.; Tietz, A. (2019): „Landwirtschaft und ländliche Gemeinden. Ein Verhältnis im Wandel. Eine Fallstudie.“ Vortrag anlässlich der 59. Jahrestagung der GEWISOLA: Landwirtschaft und ländliche Räume im gesellschaftlichen Wandel“ Braunschweig, 25. bis 27. September 2019 Braunschweig.  
[https://ageconsearch.umn.edu/record/292299/files/A4-165-Laschewski-landwirtschaft%20und%20l%C3%A4ndliche%20Gemeinden%20Ein%20Verh%C3%A4ltnis\\_c.pdf](https://ageconsearch.umn.edu/record/292299/files/A4-165-Laschewski-landwirtschaft%20und%20l%C3%A4ndliche%20Gemeinden%20Ein%20Verh%C3%A4ltnis_c.pdf) (Zugriff: 28.08.2022).
- Statistisches Bundesamt (2021): Wem gehört die Landwirtschaft? Bedeutung von Unternehmensgruppen erstmals untersucht. Pressemitteilung vom 20. Juli 2021.  
[https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21\\_N047\\_41.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_N047_41.html) (Zugriff: 29.08.2022).
- Statistisches Bundesamt (2022): Landwirtschaftszählung 2020.  
[https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftszaehlung2020/\\_inhalt.html;jsessionid=8948FCED75BCBF673EC5FDE0B481193D.live722](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftszaehlung2020/_inhalt.html;jsessionid=8948FCED75BCBF673EC5FDE0B481193D.live722) (Zugriff: 29.08.2022).
- UBA – Umweltbundesamt (2022): [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2\\_abb\\_flaechennutzung-d\\_2021-11-11.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_flaechennutzung-d_2021-11-11.pdf).  
(Zugriff: 29.08.2022).

# Politik für den Freiraum – wovon hängt sie ab? Die Perspektive des Multiple-Streams-Ansatzes

Gerd Lintz

## Zusammenfassung

Es gehört zu den bisher eher weniger untersuchten Fragen, wie und warum politisch-planerische Entscheidungen zuweilen auch aktiv zugunsten des Schutzes und der Entwicklung von Freiräumen getroffen werden. Der vorliegende Beitrag betrachtet diese Frage erstmals aus der Perspektive des etablierten politikwissenschaftlichen Multiple-Streams-Ansatzes von John W. Kingdon in Bezug auf die regionale Freiflächenpolitik. In einer ersten Annäherung wird der Ansatz vorgestellt; die Illustration kann anhand der umfangreichen Darstellung der Entstehung und Entwicklung des Regionalparks Rhein-Main des ehemaligen leitenden Planers Lorenz Rautenstrauch erfolgen. Dies deutet auf eine Eignung des Ansatzes für die Analyse der regionalen Freiraumpolitik hin. Der Erfolg von Freirauminitiativen hängt dem Multiple-Streams-Ansatz nach vom Zusammenkommen von drei eigendynamischen Strömen ab, die sich vereinfacht als relativ starker Problemdruck, attraktive Handlungsoption und günstige Neigung der Entscheidungsträger charakterisieren lassen. Es bietet sich aus der Sicht der Wissenschaft an, die Potenziale und Grenzen des Ansatzes durch empirische Studien weiter auszuloten. Aus der Sicht des Freiraumschutzes sind zwei Schlussfolgerungen zu ziehen. Einerseits ist es dem Multiple-Streams-Ansatz folgend prinzipiell denkbar, dass – trotz großer Bemühungen – eine nachhaltige Freiraumpolitik unverwirklicht bleibt, wenn im Zeitverlauf die drei Ströme nicht zusammenfinden. Andererseits bietet der Multiple-Streams-Ansatz Orientierungspunkte für die Gestaltung von notwendigerweise komplexen Strategien.

**Schlagwörter:** Regionale Freiflächenpolitik, politisch-planerische Entscheidungen, Multiple-Streams-Ansatz, Regionalpark RheinMain

## 1 Einführung

Eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von Strategien, Instrumenten und Maßnahmen für den Schutz und die Entwicklung von Freiräumen sind Untersuchungen zu den Ursachen der Flächeninanspruchnahme. Neben der Nachfrage von Haushalten und Unternehmen nach Bauflächen spielt dabei auch die Politik und Planung der verschiedenen politisch-administrativen Ebenen eine Rolle (z. B. Colsaet et al. 2018; Siedentop, Meinel 2020; auch Wende et al. 2020). Wie allerdings flächenrelevante politisch-planerische Entscheidungen auf diesen Ebenen genau zustande kommen, wurde bislang nur unzureichend untersucht. Der vorliegende Beitrag betrachtet diese Frage erstmals

aus der Perspektive des etablierten politikwissenschaftlichen Multiple-Streams-Ansatzes von Kingdon (1984) in Bezug auf die regionale Freiflächenpolitik. Der steuerungs-skeptische Ansatz postuliert, dass es drei verschiedene, mit einer Eigendynamik ausgestattete Ströme gibt, die in einem Policy Window zusammentreffen müssen, damit eine bedeutsame Politikentscheidung zustande kommt. In einer ersten Annäherung wird im Folgenden das Grundmodell des Multiple-Streams-Ansatzes vorgestellt. Die Illustration kann anhand der verblüffend passenden Darstellung der Entstehung und Entwicklung des Regionalparks RheinMain des ehemaligen leitenden Planers Lorenz Rautenstrauch (2015) erfolgen, wobei sich eine Eignung des Ansatzes für diesen spezifischen Politikbereich andeutet. Es folgt eine kritische Diskussion der Vorgehensweise, der Eignung des Ansatzes für die Untersuchung der regionalen Freiraumpolitik und der Implikationen für die Politik. Der Beitrag schließt mit einem Fazit ab.

## 2 Multiple-Streams-Ansatz und Regionalpark RheinMain

### 2.1 Überblick

Der Multiple-Streams-Ansatz wurde von John W. Kingdon (1984) im Kontext einer Studie zur US-amerikanischen Bundespolitik im Gesundheits- und Verkehrsbereich entwickelt und zielt auf die Erklärung von bedeutenden politischen Entscheidungen bzw. Politikänderungen ab. Er wendet sich gegen das traditionelle, eine ausreichende Rationalität unterstellende Modell des Politikmachens (Rüb 2014). Dieses Modell nimmt an, dass, wie etwa in dem in Deutschland populären akteurzentrierten Institutionalismus (Scharpf 2000), politische Akteure systematisch Probleme wahrnehmen und entsprechende Lösungen entwickeln und umsetzen.

Kingdon greift viele bekannte Elemente auf, ordnet sie demgegenüber aber drei Strömen zu, die in einem Policy Window bzw. Möglichkeitsfenster zusammenkommen müssen, damit eine bedeutende Entscheidung getroffen werden kann: der Problem Stream, der Policy Stream und der Politics Stream. Darüber hinaus gibt es Policy Entrepreneure, die versuchen, die drei Ströme im Sinne der von ihnen vertretenen Handlungsoption bzw. Policy zusammenzuführen. Entscheidend ist, dass die Ströme eine Eigendynamik aufweisen, so dass das Zustandekommen der Entscheidung wesentlich mit vom Zufall abhängt. Die Eigendynamik ist darin begründet, dass die Ströme von teils unterschiedlichen Akteuren getragen werden und in verschiedenen institutionellen Kontexten entstehen. Der vorliegende Beitrag kann nur das Grundmodell des Multiple-Streams-Ansatzes vorstellen und stützt sich dabei insbesondere auf die Originalquelle sowie die Einführungen von Herweg et al. (2018) und Rüb (2014). Nach kurzen Ausführungen zum Regionalpark RheinMain werden nacheinander die zentralen Elemente des Ansatzes angesprochen.

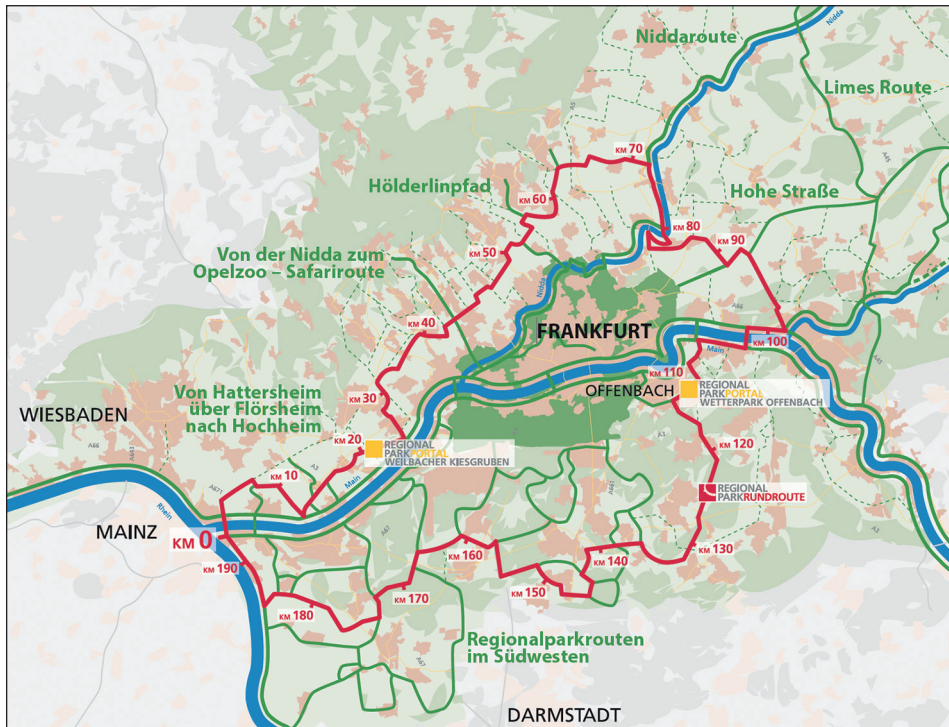


Abb. 1: Das Routenkonzept des Regionalparks RheinMain (Quelle: Regionalpark Ballungsraum RheinMain GmbH, bearbeitet durch IÖR)

Der Regionalpark RheinMain gehört zu den prominentesten und von der Umsetzung her erfolgreichsten Beispielen regionaler Freiraumpolitik in Deutschland; in ihm kooperieren zurzeit sieben Landkreise und sechs kreisfreie Städte (KORG 2020). Lorenz Rautenstrauch hat die Geschichte des Parks in verschiedenen verantwortlichen Positionen aus nächster Nähe miterlebt und mitgestaltet (Rautenstrauch 2015: 119). Er legte eine umfangreiche Darstellung der Entstehung und Entwicklung des Parks vor, die vom Ende der 1980er Jahre bis zum Jahr 2015 reicht. Dabei beschreibt der Autor als Zeitzeuge nicht nur die inhaltliche Politik, z. B. welche planerischen Konzepte diskutiert und angewandt wurden. Er stellt auch ausführlich dar, wie die politisch-planerischen Entscheidungen zu den Inhalten sowie zur Organisation des Parks und seiner Finanzierung im regionalen Kontext zustande kamen. Der Park beruht auf einem Routenkonzept (Abb. 1); allein die Hauptroute (in rot) umfasst 190 km Wegstrecke. Träger ist die Regionalpark Ballungsraum RheinMain GmbH. Der Park, wie er sich heute darstellt, beruht auf einer Serie aufeinander aufbauenden bedeutenden politischen Entscheidungen; teils mussten, wenn der Park massiv in Frage gestellt wurde, auch Entscheidungen zu seiner Erhaltung und Weiterführung getroffen werden.

## 2.2 Problem Stream

Beim Problem Stream geht es um reale Entwicklungen, die als Probleme interpretiert werden und einen Problemdruck auslösen (siehe Überblick in Abb. 1). Da es aber sehr viele Probleme gibt, die um die Aufmerksamkeit der Politiker konkurrieren, werden nur solche Probleme als zu lösend wahrgenommen, die mit einem *relativ* großen Problemdruck verbunden sind. Hier steht dem Verlust an Grünflächen z. B. der Wohnungsmangel gegenüber. Kingdon nennt drei Wege, wie Politiker auf Probleme aufmerksam werden können. Erstens spielt die Entwicklung von Indikatoren aus der laufenden Statistik oder speziellen Studien eine Rolle. Zweitens können Ereignisse wie Krisen und Katastrophen Aufmerksamkeit auslösen (Focusing Events). Schließlich ist es auch möglich, dass das Feedback zu bereits implementierten Strategien und Maßnahmen Aufmerksamkeit erzeugt.

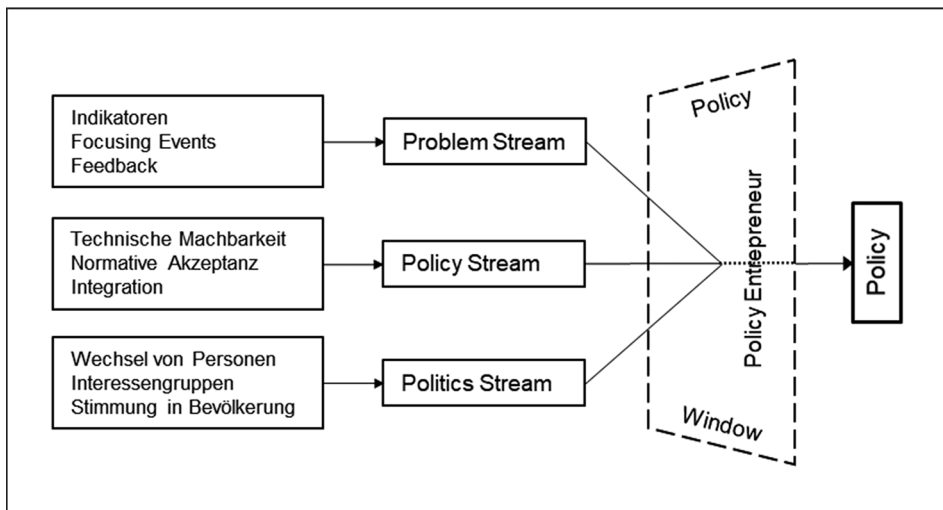


Abb. 2: Überblick zum Multiple-Streams-Ansatz (Quelle: eigene Darstellung nach Kingdon 1984 und Rüb 2014)

Bei Rautenstrauch (alleinstehende Seitenzahlen beziehen sich auf sein Buch) finden sich kaum direkte Hinweise zum Problem Stream. Allerdings fällt die Beschreibung der Landschaft der Region recht negativ aus. So ist die Rede von „eingezäunten Pestizid-Testflächen“, von „lieblosen Landschaften“, einer „tostlosen Gegend“ und vom „zersiedelten Ballungsraum“ (S. 7). Demgegenüber sieht er eine Sehnsucht der Stadtbewohner nach schönen Landschaften, die vor der Haustür geschaffen werden könnten. Dies sei der Treibsatz für den Regionalpark gewesen (S. 7). Wie dieser Treibsatz genau gewirkt hat, wird nicht ausgeführt.

## 2.3 Policy Stream

Der Policy Stream besteht aus angebotenen Problemlösungen und wird insbesondere mit Experten und Planern in Verbindung gebracht. Ob eine vorgeschlagene Handlungsoption als Idee oder ausgearbeitetes Konzept Chancen der Umsetzung hat, hängt nach Kingdon von deren Qualität ab. Hier werden Faktoren wie die technische Machbarkeit, die Kosten sowie die normative Akzeptanz bei den „Politikentwicklern“, den Politikern, der Fachöffentlichkeit und den Wählern genannt. Oft braucht eine Idee auch einen gewissen Vorlauf, damit sie Chancen bekommt. Eine gute Integration der „Policy Community“ gilt als hilfreich für eine bessere, integrierte Politik.

Die Entwicklung des Regionalparks kann als eine Strategie verstanden werden, die sich dem wahrgenommenen Mangel an schöner Landschaft entgegen setzen lässt. Rautenstrauch weist auf den Vorlauf hin, dass der Park als Thema durch die IBA Emscher Park<sup>1</sup> und den Frankfurter GrünGürtel<sup>2</sup> schon „vorgewärmt“ war (S. 8). Es wird in den Ausführungen auch deutlich, dass die Idee Schritt für Schritt gereift ist, etwa beginnend mit einem Zeitungsartikel, in dem die Option, wohl noch aus Vorsicht, als Utopie bezeichnet wurde. Es folgten auf ein erstes dreiseitiges Arbeitspapier viele Weiterentwicklungen des Konzeptes und Umsetzungsschritte. Die Qualität der Regionalparkidee wird von Rautenstrauch dadurch beschrieben, dass er ohne Detailanalyse von der „Strahlkraft der Vision“ (S. 16) oder dem „Charme der Idee“ (S. 56) spricht. Immer wieder wird das Bemühen um geschickte Lösungen hervorgehoben, die beim Aufkommen von Konflikten zwischen den vielen betroffenen Akteuren erforderlich wurden. Hier waren kreative Experten und Planer gefragt.

## 2.4 Politics Stream

Im Politics Stream spiegeln sich etwa Diskontinuitäten bei den Akteuren, der Einfluss von Interessengruppen und die Stimmung in der Bevölkerung wider. Zunächst ist hier zu fragen, wer die letztlich auf Mehrheiten beruhende Entscheidungsmacht hat und welche grundsätzliche Neigung diese Akteure etwa im Hinblick auf Freiflächenschutz und -entwicklung haben. Kingdon hebt hervor, dass es hier häufig personelle Wechsel gibt, etwa im Bereich der Regierungen und Kommunalverwaltungen sowie den Parlamenten und Gemeinderäten. Einbezogen sind ebenso Ausschüsse, Kommissionen, Arbeitsgruppen und ähnliche Gremien. Auch dies findet sich in den Ausführungen von Rautenstrauch wieder, z. B. wenn ein Wechsel des Verbandsdirektors, eines Landrats oder der Landesregierung als positiv oder negativ für die Entwicklung des Regionalparks hervorgehoben wird. Sogar in Bezug auf einzelne Sitzungen von Gremien zeigt er auf, wie die An- oder Abwesenheit bestimmter Personen wichtige Entscheidungen beeinflussen konnte.

<sup>1</sup> Siehe allgemein: <https://www.internationale-bauausstellungen.de/geschichte/1989-1999-iba-emscher-park-zukunft-fuer-eine-industrieregion/>

<sup>2</sup> Siehe allgemein: <https://frankfurt.de/themen/umwelt-und-gruen/orte/gruenguertel>



Kingdon weist auf zwei weitere Faktoren hin. Zum einen sind es die Interessengruppen, die Einfluss auf die Entscheidungsträger entfalten können. Im Falle des Regionalparks haben sich nach Rautenstrauch Naturschützer und Landwirte dagegen engagiert (S. 26 f.), was das Projekt nicht verhindert, aber am Ende verträglicher mit Naturschutz und Landwirtschaft gemacht hat. Möglicherweise haben bei den Entscheidungen für den Regionalpark aber auch indirekt Proteste gegen Bauvorhaben in der Region, wie etwa dem Ausbau des Flughafens, eine Rolle gespielt. Dazu würde passen, dass die Fraport AG den Park mit erheblichen Finanzmitteln unterstützt hat. Weitere gewichtige Akteure der Wirtschaft haben sich für den Park eingesetzt (S. 114). Es gibt jedoch keinen Hinweis auf eine allgemeine Initiative zur Förderung des Regionalparks. Zum anderen spielt im Multiple-Streams-Ansatz die nationale bzw. die allgemeine Stimmung der Bevölkerung eine Rolle. Während bei Rautenstrauch nur die Sehnsucht nach schöner Landschaft hervorgehoben wird, finden sich zum Beispiel für die Region Stuttgart konkretere Hinweise. So berichten Hemberger & Kiwitt (2018), dass im prosperierenden Stuttgarter Umland eine breitere Bevölkerung gegen den Verlust von Grünflächen eingestellt ist.

## 2.5 Kopplung der Ströme im Policy Window

Es ist eine zentrale Annahme des Multiple-Streams-Ansatzes, dass eine bedeutende politisch-planerische Entscheidung dann am wahrscheinlichsten ist, wenn alle drei Ströme zur gleichen Zeit günstig sind, oder wenn, wie Kingdon einen Befragten zitiert, ‚die Sterne richtig stehen‘ (Kingdon 1984: S. 174). Kingdon beschreibt dabei eine Kopplung so: „Solutions become joined to problems, and both of them are joined to favorable political forces.“ (Kingdon 1984: S. 21). Diese Phase der Chance bzw. dieses Policy Window hängt jedoch stark vom Zufall ab, weil die Ströme der erwähnten Eigendynamik unterliegen: sie entwickeln sich „largely independently of one another“ (Kingdon 1984: S. 93). Es ist hervorzuheben, dass damit die im traditionellen Politikmodell angenommene Rationalität der Entscheidung in Frage gestellt wird. Wie Rüb formuliert, wird der „Konnex von Problem und Lösung systematisch unterbrochen“ (2014: S. 375), was er als „beunruhigend“ beschreibt (ebenda: S. 373).

In Bezug auf die Kopplung der Ströme und das Policy Window findet sich bei Rautenstrauch die pointierteste Übereinstimmung mit dem Multiple-Streams-Ansatz. Hier lohnt sich ein längeres Zitat aus dem Fazit seines Buches: „Viele gute Ideen sind schon daran gescheitert, dass sie zur Unzeit aufgetaucht sind. Die Regionalparkidee tauchte Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre auf, als sich ein „Zeitfenster“ öffnete, eine Frist, in der sich ungeplant und unplanbar eine Bedingungskonstellation einstellte, in der für eine gewisse Zeit etwas möglich wurde“ (S. 114). Darüber hinaus benutzt Rautenstrauch für eine bestimmte Phase, passend zum genannten Zitat bei Kingdon, auch den Begriff der „Sternstunde“ (S. 56, 59 f.). Die Interpretation im Sinne des Multiple-Streams-Ansatzes liegt auf der Hand: Es kamen Politikidee, Problemwahrnehmung und

günstige Neigung der Entscheidungsträger zusammen. Einen großen Anteil daran hatte auch ein Policy Entrepreneur.

## 2.6 Policy Entrepreneur

Kingdon identifiziert in seiner Studie die Rolle des Policy Entrepreneurs. Dieser versucht unter Einsatz von Ressourcen, Entscheidungsträger von einer bestimmten, von ihm favorisierten Lösung für ein bestimmtes Problem zu überzeugen. Damit ist er als Person ein weiterer Faktor für die Kopplung der Ströme. Für einen Erfolg ist er nicht nur von der Existenz eines Policy Windows abhängig. Er muss auch die Qualität besitzen, sich gegen viele andere Policy Entrepreneure verschiedener Politikfelder durchzusetzen. Die politischen Unternehmer können aus verschiedenen Akteursgruppen stammen und verschiedene Strategien nutzen. Dazu gehören die entsprechende Interpretation von Problem und Lösung (Framing) sowie die Emotionalisierung und die Symbolisierung. Zudem ist im Hinblick auf den erwähnten, oft erforderlichen Vorlauf ein langfristiges Vorgehen erforderlich.

Aus den Ausführungen von Rautenstrauch wird seine eigene zentrale Rolle für den Regionalpark deutlich, auch wenn er seinen Namen nicht in den Vordergrund stellt. Er brachte die Idee zunächst in seiner Funktion als leitender Planer beim Umlandverband ein, dann trieb er die Entwicklung in verschiedenen Positionen bis 2012 voran. Es drängt sich auf, Rautenstrauch als einen, vielleicht den entscheidenden Policy Entrepreneur des Regionalparks zu charakterisieren. In seinen Ausführungen wird ein geschicktes Vorgehen beschrieben, das sich allerdings nicht im Einzelnen Rautenstrauch zuordnen lässt. Es ist die Rede von „Überzeugungsarbeit“, „Netzwerken“, Schaffen von Bildern, „Werbeauftritten auf allen Bühnen“ und „Missionsarbeit“. Es wird auch in beeindruckender Weise über mehrere organisierte Exkursionen mit unterschiedlichen Entscheidungsträgern zu schönen Gegenden innerhalb und außerhalb der Region berichtet. Die Organisatoren setzten auf die „Verzauberung durch den Ort“ (S. 78), gute Verpflegung und eine positive Gruppendynamik. Letztere wurde z. B. dadurch bewusst gefördert, dass bei einer Exkursion des Regionalpark-Aufsichtsrats zur Zeit der Fußballweltmeisterschaft 2006 das gemeinsame Schauen eines Spiels der deutschen Mannschaft organisiert wurde (S. 77).

## 3 Diskussion

Im Hinblick auf die vorangegangene Darstellung ist zunächst zu fragen, ob die Empirie zum Regionalpark RheinMain in Form des Praktiker-Berichts von Rautenstrauch geeignet ist, den Multiple-Streams-Ansatz abzubilden. Es fällt auf, dass er kaum etwas zum Problem Stream sagt. Dennoch wird insgesamt deutlich, dass sich die Ausführungen in erstaunlich guter Weise mit dem Ansatz decken. Die freiraumpolitische Realität scheint

gut erfasst und erklärt zu werden. Auch wenn die Analyse im Wesentlichen auf nur einer empirischen Quelle basiert, so ist sie mit ihren 119 DIN-A-4-Seiten doch eine ungewöhnlich ausführliche, offene und glaubhafte Aussage eines Zeitzeugen, die selten zu finden ist. Das Buch wurde drei Jahre nach dem Ausscheiden von Rautenstrauch aus der Mitwirkung im Regionalpark von der Regionalpark Ballungsraum RheinMain GmbH herausgegeben. Enthalten sind zudem acht inhaltlich passende, ein- bis zweiseitige Einschübe von verschiedenen, mit dem Regionalpark verbundenen Autoren. Auch wenn eine gewisse einseitig positive Darstellung vorliegen mag, dürfte dies im Hinblick auf die Übereinstimmungen mit dem Multiple-Streams-Ansatz keine große Rolle spielen. Rautenstrauch benutzt keinen expliziten theoretisch-konzeptionellen Rahmen und bietet keine Literaturangaben. Die Idee des Policy Windows war allerdings schon länger populär, wie ein Blick in die Literatur belegt. So findet sich diese auch bei Fürst (2008: S. 65), wobei kein Bezug zum Multiple-Streams-Ansatz hergestellt wird.

Aus der Sicht der erklärenden Wissenschaft spricht die Übereinstimmung zwischen theoretischem Ansatz und Fallbeispiel für die Relevanz und potenzielle Nützlichkeit dieses Ansatzes für die Analyse regionaler Freiraumpolitik. Der Multiple-Streams-Ansatz ist breit angelegt, anpassungsfähig und relativ leicht verständlich. Deshalb erscheint hier eine eigenständige empirische Untersuchung mehrerer Fallbeispiele angeraten, um eine breitere empirische Basis zu generieren. Entgegen früherer Kritik ist der Multiple-Streams-Ansatz inzwischen in vielfacher Weise besser konzeptualisiert worden. Es gibt viele gelungene empirische Studien, und Wege der Erweiterung des Grundmodells wurden bereits aufgezeigt (Herweg et al. 2018). Für die Untersuchung regionaler Freiraumpolitik sind darauf aufbauende konzeptionelle Spezifizierungen und gegebenenfalls Erweiterungen sowie eine entsprechende Operationalisierung der zentralen Begriffe erforderlich.<sup>3</sup>

Die Frage der Implikationen des hier nur anekdotisch bekräftigten Multiple-Streams-Ansatzes für die Gestaltung der (Freiraum-)Politik ist nicht einfach und hier ohnehin nur vorläufig zu beantworten. Insgesamt impliziert der Multiple-Streams-Ansatz aufgrund seines starken Zufallselements eine deutliche Skepsis gegenüber der Möglichkeit einer rationalen politischen Steuerung. So ist es dem Multiple-Streams-Ansatz folgend prinzipiell denkbar, dass – trotz großer Bemühungen – eine nachhaltige Freiraumpolitik unverwirklicht bleibt, wenn die Ströme nicht zusammenfinden. Hier sei daran erinnert, dass das betrachtete positive Fallbeispiel des Regionalparks RheinMain eher als eine von wenigen Ausnahmen anzusehen ist, bei dem eben „ungeplant und unplanbar“, wie Rautenstrauch schreibt, günstige Umstände zusammen kamen. Dabei sollte der Regionalpark in seiner Bedeutung für die Freiflächensituation in der Region auch nicht überschätzt werden. Zugleich aber, und im Einklang mit der fortschreitenden

<sup>3</sup> Kurz nach dem Dresdner Flächennutzungssymposium hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft ein einschlägiges Projekt des Autors bewilligt. Der Titel lautet: Freiraum, Politik, Planung, Zufall. Aktive regionale Freiraumpolitik besser verstehen mithilfe des Multiple-Streams-Ansatzes.

Flächenneuanspruchnahme, sind in vielen anderen Fällen wahrscheinlich wichtige Initiativen am fehlenden Zusammentreffen günstiger Faktoren gescheitert. Nicht zuletzt wird mit dem Multiple-Streams-Ansatz auch die Möglichkeit der dringend notwendigen, umfassenden Nachhaltigkeitstransformation in Frage gestellt.

Was lässt sich vor diesem Hintergrund für eine aktive Politik der Nachhaltigkeit ableiten? Zunächst ist festzuhalten, dass Maßnahmen einer nachhaltigen Flächenpolitik eben auch nicht ausgeschlossen sind. Sollten die Umstände schon relativ günstig sein, ist es denkbar, dass engagierte und möglichst koordinierte Akteure die Kenntnis des Multiple-Streams-Ansatzes nutzen, um den letzten nötigen Anstoß für eine politische Entscheidung zugunsten des Freiraums zu erwirken. Immerhin ist der Ansatz inspirierend, was die einzelnen Faktoren und deren Zusammenwirken anbelangt. So könnte z. B. abgeschätzt werden, wo ein Engagement den größten Effekt erzielt. Zugleich wird deutlich, dass bei der Konkurrenz sehr vieler Probleme und Lösungsansätze eine klare Fokussierung von Vorteil ist.

Dass Umweltakteure in Kenntnis des Multiple-Streams-Ansatzes besser strategisch innerhalb der gegebenen institutionellen Rahmenbedingungen agieren können, dürfte schon sehr hilfreich sein. Eine weitergehende Strategie der Freiraumpolitik und der Nachhaltigkeitstransformation müsste nichts weniger anstreben, als in der politischen Praxis den Multiple-Streams-Ansatz zu widerlegen bzw. die zugrunde liegenden Zufalls-Mechanismen zu überwinden. Insofern bräuchte es für die Sicherung einer genügenden politisch-ökologischen Rationalität eine Strategie, die wesentlich komplexer ist als alle bisherigen Strategien. Sie müsste vermutlich auch grundlegende institutionelle Änderungen beinhalten. Für deren Durchsetzung sind gegebenenfalls aber wiederum politische Sternstunden nötig, die ein Quantum glücklichen Zufalls erfordern. Auch bei der Entwicklung einer solchen höchst anspruchsvollen Strategie hat die Wissenschaft einen Beitrag zu leisten.

## 4 Fazit und Ausblick

Der Beitrag stellt den Multiple-Streams-Ansatz als einen konzeptionellen Rahmen für die Analyse und Erklärung der regionalen Freiraumpolitik vor. Dass sich der Ansatz mit seinen vielen Teilfaktoren gut mit dem umfangreichen Praktiker-Bericht zum Regionalpark RheinMain illustrieren lässt bzw. sich weitgehend mit diesem deckt, spricht für die einschlägige Relevanz des Ansatzes. Die freiraumpolitische Realität scheint damit gut erfasst und erklärt zu werden. Der Multiple-Streams-Ansatz ist breit angelegt, anpassungsfähig und relativ leicht verständlich. Deshalb liegt es aus der Sicht der erklärenden Wissenschaft nahe, die Möglichkeiten und Grenzen des Multiple-Streams-Ansatzes für die Analyse der Freiraumpolitik anhand von vertiefenden empirischen Studien weiter auszuloten.

Aus der anwendungsbezogenen Sicht wird deutlich, wie sehr anspruchsvoll das Erreichen einer nachhaltigen Freiraumpolitik ist. Es sind zwei Schlussfolgerungen zu ziehen. Einerseits ist es dem steuerungs-skeptischen Multiple-Streams-Ansatz folgend prinzipiell denkbar, dass – trotz großer Bemühungen – eine nachhaltige Freiraumpolitik unverwirklicht bleibt, wenn im Zeitverlauf relativer Problemdruck, das Angebot einer guten Handlungsoption und günstige politische Kräfte nicht zusammenfinden. Andererseits ist ein freiraumpolitischer Erfolg auch nicht ausgeschlossen. Hier bietet der Multiple-Streams-Ansatz Orientierungspunkte für die Gestaltung von Strategien, die insbesondere im Hinblick auf das Zusammenwirken von Akteuren und das Vorgehen in aufeinander aufbauenden Schritten anspruchsvoll und komplex sein müssen.

## Danksagung

Mein Dank gilt Franziska Ehnert und Mathias Jehling für wertvolle Kommentare zu früheren Manuskriptversionen sowie den Herausgebern für das hilfreiche Lektorat.

## 5 Literatur

- Colsaet, A.; Laurans, Y., und Levrel, H. (2018): What drives land take and urban land expansion? A systematic review. *Land Use Policy* 79: 339-349.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.017>
- Fürst, D. (2008): Planung als politischer Prozess. In: Fürst, D.; Scholles, F. (Hrsg.): *Handbuch der Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung*. Dortmund: 48-69.
- Hemberger, Chr.; Kiwitt, Th. (2018): Gute Bremsen, aber kein Gaspedal! Zur Koordinationswirkung der Regionalplanung, Akademie für Raumforschung und Landesplanung, *Nachrichten der ARL*, 01/2018, 48. Jg.: 33-35.
- Herweg, N.; Zahariadis, N.; Zohlnhöfer, R. (2018): The Multiple Streams Framework: Foundations, Refinements, and empirical applications. In: Weible, Chr.; Sabatier, P.A. (eds.): *Theories of the policy process*, 4th ed., Boulder/Colorado: 17-54.
- Kingdon, J. W. (1984): *Agendas, alternatives, and public policies*. Boston.
- KORG – Konferenz der Regionalparks und Grünen Ringe (Hrsg.) (2020): *Landschaft zum Leben. Stadtreregionale Freiraumstrategien*.
- Rautenstrauch, L. (2015): *Regionalpark RheinMain – Die Geschichte einer Verführung. Bericht aus einer Werkstatt der Region. Regionalpark Ballungsraum RheinMain GmbH (Hrsg.): Flörsheim*.
- Rüb, F. W. (2014): Multiple-Streams-Ansatz: Grundlagen, Probleme und Kritik. In: Schubert, K.; Bandelow, N. C. (Hrsg.): *Lehrbuch der Politikfeldanalyse*, 3. Aufl., München: 373-406.

- Scharpf, F. W. (2000): Interaktionsformen: Akteurzentrierter Institutionalismus in der Politikforschung. Wiesbaden.
- Siedentop, S.; Meinel, G. (2020): 30-Hektar-Ziel erreicht? Wie flächensparend haben sich deutsche Stadtregionen entwickelt? In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XII mit Beiträgen zum Monitoring von Ökosystemleistungen und SDGs. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 78: 85-94. <https://doi.org/10.26084/12dfns-buch>
- Wende, W.; Walz, U.; Stein, C. (2020): Evaluating municipal landscape plans and their influence on selected aspects of landscape development – An empirical study from Germany. *Land Use Policy* 99, 104855: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104855>



# Qualitative Nachverdichtungsberatung als Mittel zur Steigerung des Wohnraumangebots in Zeiten von steigenden Baulandpreisen

*Florian Schöpflin, Thomas Prinz, Josef Reithofer*

## Zusammenfassung

Viele Problemfelder beschäftigen derzeit Städte bei der Wohnraumschaffung. Zum einen stehen sie vor der Herausforderung, dem steigenden Siedlungsdruck trotz der begrenzten Flächenverfügbarkeit entgegenzuwirken und den Wohnungsbedarf zu decken. Darüber hinaus gibt es in vielen Städten einen hohen Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern und eine damit verbundene ineffiziente Flächennutzung. Aufgrund dieser Ausgangssituation und durch den akuten und stetigen Anstieg der Preise für Bauland und Baumaterialien sind innovative Lösungen hinsichtlich der zusätzlichen Schaffung von Wohnraum gefragt.

Eine Möglichkeit bietet die Mobilisierung und Ausschöpfung vorhandener Nachverdichtungspotenziale in den Städten. Das Projekt BONUS setzt genau hier an und integriert zusätzlich, neben energieeffizienten Sanierungsmaßnahmen, mit den Themenfeldern Grün- und Freiraum sowie Mobilität weitere Aspekte in die Nachverdichtung. Somit sollen negative Begleiterscheinungen von Nachverdichtungsprozessen wie die Reduzierung von qualitativen Grünraum oder die Steigerung des privaten PKW-Verkehrs verringert werden.

Durch den modularen Aufbau der BONUS-Nachverdichtungsberatung in zwei Beratungsstufen kann individuell auf die Vorstellungen und Wünsche der Eigentümer\*innen eingegangen werden. Den Eigentümer\*innen bietet sich so die Möglichkeit im Vergleich zum Neubau, beispielsweise Familienmitgliedern eine kostengünstigere Alternative zum Einfamilienhaus zu bieten. Unterstützt werden die Nachverdichtungsberater\*innen von unterschiedlichen Beratungswerkzeugen wie einem Fragebogen oder einem Datenblatt mit Informationen zum Grundstück, wie dem potenziellen Nachverdichtungspotenzial. Grundlage dafür bilden eine innovative Datenbasis und innovative GIS-Methoden, die auf andere Gemeinden übertragbar sind und den Berater\*innen eine optimale Vorbereitung für die Beratungstermine bieten.

**Schlagwörter:** Nachverdichtung, Grünraum, Mobilität, Beratung, Energieeffizienz

## 1 Problemstellung

Städte und Gemeinden werden aktuell mit einer Vielzahl an Problemstellungen konfrontiert. Eines der größten Problemfelder ist dabei der steigende Bevölkerungsdruck in den



Städten und den damit einhergehenden Flächenverbrauch (Statistik Austria 2022). Nahezu 70 % aller Wohngebäude in Salzburg sind Ein- und Zweifamilienhäuser (Statistik Austria 2011), was die ineffiziente Nutzung von Flächen durch den hohen Flächenverbrauch pro Person weiter verstärkt. Freie Flächen und insbesondere freies Bauland sind in den meisten Städten ein sehr knappes Gut, welches effizient genutzt werden muss. Dies hat zur Folge, dass die Preise für Bauland ständig ansteigen und somit das Wohnen in Städten teurer wird. Zusätzlich angetrieben wird dieser Trend durch eine ansteigende Inflation sowie Baustoffknappheit. Um dennoch zusätzlichen und bezahlbaren Wohnraum in den Städten zu schaffen, sind Entscheidungsträger\*innen auf der Suche nach innovativen Ansätzen und Lösungen. Eine Möglichkeit bietet die bauliche Nachverdichtung (BBSR o. J.). Nachverdichtungen bringen jedoch nicht nur Vorteile wie zusätzlichen Wohnraum, sondern auch Nachteile mit sich, die teilweise die Akzeptanz der Maßnahmen bei den Bewohner\*innen im Quartier verringern. Durch den Zuzug von weiteren Personen auf ein Grundstück können auch die Anzahl der privaten PKW sowie das allgemeine Verkehrsaufkommen ansteigen. Durch bauliche Erweiterungen wird zudem der Grünanteil weiter verringert und beispielsweise Bäume gefällt, die eine klimatische Wirkung (z. B. durch Beschattung) haben können. Um diese negativen Begleiterscheinungen (Schubert et al. 2019, 20) zu reduzieren und die Akzeptanz der Bevölkerung hinsichtlich Nachverdichtungsmaßnahmen zu erhöhen, ist es wichtig, den Nachverdichtungsprozess in Städten nicht dem Zufall zu überlassen. Durch den Einsatz geschulter Berater\*innen können qualitative Nachverdichtungsberatungen ein möglicher Lösungsansatz sein, um die Themen nachhaltige Mobilität, energieeffiziente Sanierung, Biodiversität und Klimawandelanpassung ganzheitlich zu denken und den Eigentümer\*innen von Ein- und Zweifamilienhäusern zu vermitteln.

Im Forschungsprojekt „BONUS – Bestand optimal nutzen – Umwelt stärken“<sup>1</sup> wird genau diese Thematik aufgegriffen und eine ganzheitliche integrative Nachverdichtungsberatung entwickelt, welche die negativen Begleiterscheinungen von Nachverdichtungsmaßnahmen reduzieren und somit die soziale Akzeptanz erhöhen soll. In den nachfolgenden Kapiteln werden die einzelnen Methoden und Maßnahmen, die bei der Entwicklung und Gestaltung der Beratungsdienstleistung notwendig sind, erläutert sowie der Aufbau der finalen Beratung beschrieben.

## 2 Lösungsansatz: Qualitative Nachverdichtungsberatung im Forschungsprojekt BONUS

Im Rahmen des Forschungsprojektes „BONUS – Bestand optimal nutzen – Umwelt stärken“ wird eine gesamtheitliche integrative Nachverdichtungsberatung entwickelt und in den beiden Pilotstädten Salzburg (Land Salzburg) und Feldkirch (Vorarlberg) getestet und weiterentwickelt, um die Praxistauglichkeit der Dienstleistung zu gewährleisten.

<sup>1</sup> <https://projekte.ffg.at/projekt/3706003>

Bei der Entwicklung der Beratungsdienstleistung werden unterschiedliche Methoden angewandt und Beratungswerkzeuge entwickelt, von welchen Ausgewählte im Folgenden detaillierter vorgestellt werden.

## **2.1 Entwicklungsschritte und Werkzeuge der Nachverdichtungsberatung**

Zur Umsetzung des Forschungsprojektes „BONUS“ mit dem Ziel eine gesamtheitliche und integrative Nachverdichtungsberatung zu entwickeln, welche in Folge eine qualitativ hochwertige Nachverdichtung in den Quartieren anstoßen soll, sind verschiedene Entwicklungsschritte notwendig.

Zu Beginn stand die Herausforderung, mögliche Ansprachestrategien zu entwickeln. Um auf verschiedene Zielgruppen und Situation zugeschnittene Strategien parat zu haben, wurde ein Katalog zusammengestellt, welcher verschiedenste Möglichkeiten beinhaltet, um mit potenziellen Beratungskund\*innen in Kontakt zu treten und das Interesse an der Nachverdichtungsberatung zu wecken. Beispielsweise können hier eine anonymisierte Postwurfsendung, Stadtteilveranstaltungen oder Pressemeldungen sowie Social Media Beiträge genannt werden.

Ein bedeutender Aspekt ist die soziale Akzeptanz der Maßnahmen, um die Verständlichkeit der Beratungsinhalte zu gewährleisten. Hierfür wurde in Kooperation mit einer Soziologin ein Fragebogen entwickelt, welcher Kernelemente der geplanten Beratung bei den Eigentümer\*innen abfragt und den Berater\*innen notwendige Vorinformationen vermittelt. Auch die Kommunikation und das Auftreten der Berater\*innen gegenüber den Eigentümer\*innen sowie das Verhalten in bestimmten Gesprächssituationen wurde in einem Leitfaden niedergeschrieben und den Berater\*innen im Rahmen einer Schulung vermittelt. Somit werden qualitative Standards gesichert und die Übertragbarkeit gewährleistet.

Als weiteres Werkzeug der Beratung kann das Beratungsprotokoll angeführt werden. Darin werden die Ergebnisse der Beratungen sowie die möglichen baulichen Maßnahmen und Empfehlungen zum Grundstück niedergeschrieben. Diese Protokolle werden den Eigentümer\*innen am Ende der Beratung überreicht und geben ihnen einen ersten Eindruck von den Potenzialen, die auf ihrem Grundstück vorliegen. Die Beratung selbst soll somit nicht den eigenen Planungsprozess ersetzen, jedoch ein erster Schritt sein, um die Mobilisierung der Potenziale und den Nachverdichtungsprozess anzustoßen.

## **2.2 Integration der Module Grün- und Freiraum sowie Mobilität**

Ein bedeutendes Element des Projektes „BONUS“ ist die Integration der Module Frei- und Grünraum sowie Mobilität, neben der energieeffizienten Sanierung, in die

Beratungsdienstleistung für eine Nachverdichtung. Essenziell ist hierbei zum einen die Übertragbarkeit in andere Regionen zu gewährleisten sowie die fachspezifischen Inhalte der Themen und möglichen Maßnahmen in einer Form aufzubereiten, damit diese für Laien leicht verständlich sind.

Um den Eigentümer\*innen der Ein- und Zweifamilienhäuser empfohlene Maßnahmen aus den Bereichen Grün-, Freiraum und Mobilität und energieeffizienter Sanierung vermitteln zu können, wurden Maßnahmenkarten entwickelt. Beispielhaft ist eine dieser Karten in Abbildung 1 (Vorderseite) und Abbildung 2 (Rückseite) dargestellt. Auf der Vorderseite der Karten werden ansprechende und zum Thema passende Bilder in Kombination mit einem griffigen Slogan dargestellt. Somit sollen das Thema und die Maßnahme auf den ersten Blick klar ersichtlich sein. Auf der Rückseite der Karte werden die Vorteile der Maßnahmen übersichtlich dargestellt sowie mit einem zusätzlichen Bild visuell greifbar gemacht. Als weiteren Hinweis gibt es zu jeder Karte einen kurzen wissenswerten Vermerk. In Summe wurden nach diesem Schema vierzehn Karten gestaltet und für die Beratungen gedruckt.



Abb. 1: Vorderseite einer Maßnahmenkarte (Quelle: Projekt BONUS)

Zusätzlich, neben räumlichen Indikatoren zur Lage der Grundstücke, des Gebäudebestands und den theoretischen Nachverdichtungspotenzialen, ist die Berechnung relevanter Kennzahlen zu den Themen Grünraum und Mobilität, welche die Berater\*innen dabei unterstützen geeignete Maßnahmen zu empfehlen, ein Kernelement bei der Integration der Module Frei- und Grünraum sowie Mobilität in die Beratungsdienstleistung. Hierbei war die Modellierung und Zusammenstellung einer innovativen GIS-basierten

Datenbasis notwendig. Wichtige Aspekte der Mobilität, wie Erreichbarkeiten von Orten des täglichen Bedarfs oder Schulzentren sowie von Haltestellen stellen den Mobilitätsaufwand und gleichzeitig das Potenzial alternativer Verkehrsmittel dar. Hinsichtlich des Grün- und Freiraums wird beispielsweise der Grünflächenanteil am Grundstück oder der Flächenanteil von Wärmeinseln in der unmittelbaren Umgebung des Grundstücks ermittelt. Neben den GIS-gestützten Indikatoren können auf Grundstücks- und Quartiers-ebene zusätzliche Empfehlungen hinsichtlich Biodiversität, Klimawandelanpassung oder Durchwegungen gegeben werden. Das hierfür notwendige Wissen zur Ableitung der Empfehlungen können einem zusätzlichen Leitfaden sowie dem Berater\*innenhandbuch entnommen werden.

**Wasserdurchlässige Oberflächen auf dem Grundstück ermöglichen ...**

- ✓ ... Versickerung von Regenwasser
- ✓ ... verbesserte Bodenfunktionen
- ✓ ... festen Untergrund und Pflanzenwuchs
- ✓ ... eine Kostenersparnis bei Bau und Unterhalt

---

**BONUS**  
Bestand optimal nutzen –  
Umwelt stärken

powered by **klima+  
energie  
fonds**

projekte.ffg.at



**Wissenswertes:**

Versiegelte Flächen sind unbelebt und ohne klimatische Funktionen. Wasserdurchlässige Beläge wie z. B. Rasengittersteine oder Ritzenplatten sind befahrbar und erhalten die ökologische Funktion des Bodens.



Fotos: @Stefan.Werner\_@s.caiger  
stock.adobe.com

Abb. 2: Rückseite einer Maßnahmenkarte (Quelle: Projekt BONUS)

Um den Berater\*innen die Inhalte der Module Grün- und Freiraum sowie Mobilität zu vermitteln, wurden Schulungen in beiden Pilotstädten Salzburg und Feldkirch von den jeweiligen fachspezifischen Projektpartnern durchgeführt. Hierbei wurden die Inhalte der Maßnahmenkarten, die qualitativen Empfehlungen sowie die Indikatoren erläutert. Um auch die Übertragbarkeit der Inhalte der Module und der Schulung auf andere Städte und Gemeinden zu gewährleisten, wurde ein Berater\*innenhandbuch verfasst. Darin werden die einzelnen Themen und darüber hinaus relevantes Wissen dargestellt.

### 3 Modularer Ablauf der gesamtheitlichen Nachverdichtungsberatung im Forschungsprojekt „BONUS“

Da auch die Struktur und der Aufbau der Beratung im Forschungsprojekt auf seine Praxistauglichkeit getestet und weiterentwickelt wurde, empfiehlt sich auch diese konzeptionell zu beschreiben und in einem Beratungsmodell festzuhalten. Hierbei werden neben dem Ablauf der eigentlichen Beratung auch die zur Vorbereitung notwendigen Schritte beschrieben. Die Beratung selbst lässt sich in zwei Stufen untergliedern: Zum einen das Modul „Basic“ und zum anderen in das Modul „Premium“. Der schematische Aufbau der Beratung ist in Abbildung 3 dargestellt.

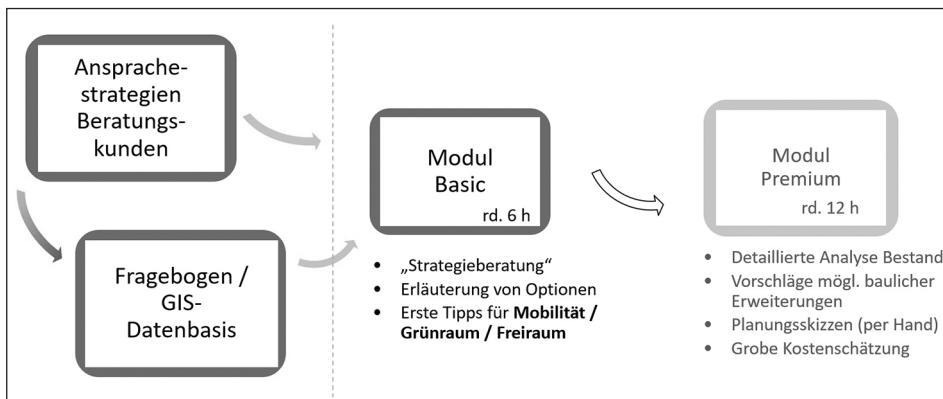


Abb. 3: Schematischer Aufbau der BONUS-Beratung (Quelle: Projekt BONUS)

Zu Beginn jeder Beratung steht die Ansprache der Eigentümer\*innen. Wie im vorherigen Kapitel bereits erläutert, wurden unterschiedliche Möglichkeiten gesammelt um eine, für die jeweiligen Gegebenheiten passende Strategie zu haben. Hiermit soll der Erstkontakt mit den Eigentümer\*innen hergestellt und das Interesse an der Thematik geweckt werden.

Vor der anschließenden Durchführung der Beratungen werden zunächst relevante Indikatoren und empfohlene Maßnahmen aus den Bereichen Grünraum und Mobilität für die jeweiligen Grundstücke inklusive Informationen zum Gebäudebestand und des modellhaft berechneten Nachverdichtungspotenzials (vgl. Prinz et al. 2018) in einem Indikatorendatenblatt zusammengetragen und den Berater\*innen zur Vorbereitung auf die Beratung übermittelt. Darüber hinaus wird, um die Wünsche und Absichten der Eigentümer\*innen bereits im Vorfeld abzufragen, der bereits beschriebene Fragebogen ausgesendet. Diese beiden Elemente bilden die Grundlage für den Beratungsablauf und ermöglichen eine von Beginn an möglichst individuell zugeschnittene Beratung.

Wie im schematischen Ablauf der Beratung aufgezeigt wird, untergliedert sich die Beratung in zwei aufeinander aufbauende Module. Im Modul „Basic“ werden mit den Eigentümer\*innen grundlegende Strategieberatungen durchgeführt und verschiedene Optionen erläutert. Zusätzlich werden bereits in diesem Schritt erste Hinweise und Tipps bezüglich der Themen Grünraum und Mobilität gegeben und die Maßnahmenkarten ausgehändigt. Hierbei kann beispielsweise die naturnahe Gestaltung des Gartens mit einheimischen Pflanzen hervorgehoben werden. Der zeitliche Umfang dieses Moduls beträgt in etwa sechs Stunden.

Im Modul „Premium“ erfolgt eine detaillierte Analyse des Bestandes. Darüber hinaus werden den Eigentümer\*innen in dieser Stufe Vorschläge hinsichtlich möglicher baulicher Erweiterungen vorgestellt. Hierbei werden den Eigentümer\*innen auch erste per Hand gefertigte Planungsskizzen präsentiert und überreicht. Um die baulichen Maßnahmen finanziell greifbarer und abschätzbar zu machen, erfolgt auch eine erste grobe und unverbindliche Kostenschätzung. Im Vergleich zu Modul „Basic“ ist der Aufwand in diesem Modul wesentlich höher und wird auf etwa zwölf Stunden geschätzt.

## 4 Fazit

Qualitative Nachverdichtungsberatungen können ein effektiver Weg sein, um vorhandene Potenziale in Städten und Gemeinden zu mobilisieren und zusätzlichen Wohnraum zu schaffen. Durch die Berücksichtigung interdisziplinärer Themen wie Freiraum und Mobilität wird dabei versucht, die Lebensqualität in den Quartieren zu erhalten oder sogar zu verbessern. Wie sich im Projekt „BONUS“ zeigt, ist die Resonanz auf die Dienstleistung und das Interesse der Eigentümer\*innen von Ein- und Zweifamilienhäusern groß.

Besonders die baulichen Möglichkeiten auf dem Grundstück der Eigentümer\*innen sind hierbei von Interesse. Wie sich bereits im Vorgängerprojekt „BONSEI – Bestand optimal nutzen, energieeffizient sanieren“ gezeigt hat, ist die Hauptintention hinter den Nachverdichtungsüberlegungen der Eigentümer\*innen, zusätzlichen Wohnraum für die eigenen Familienmitglieder zu schaffen. Bereits nach den ersten Beratungen im Rahmen des Projektes „BONUS“ zeigt sich ebenfalls das gleiche Muster. Die Beratungen können folglich dabei helfen, für die Familien, im Vergleich zum Neubau oder dem Erwerb einer Immobilie, günstigeren Wohnraum zu schaffen. Gleichzeitig dient der Familienzug auf das Grundstück als Sicherheit für die ältere Generation hinsichtlich der Pflege im zunehmenden Alter. Ein Transfer der Dienstleistung in andere interessierte Städte und Gemeinden wird zeigen, ob die Intentionen der Eigentümer\*innen ähnlich sind.

Eine wesentliche Aufgabe der Nachverdichtungsberatung ist zudem das Anstoßen des Nachverdichtungsprozesses. Auch wenn dieser im Regelfall nicht unmittelbar nach den Beratungen stattfindet, werden durch die Beratungen gewisse Hemmschwellen

reduziert. So kann es den Eigentümer\*innen im Nachgang beispielsweise leichter fallen, die Beratung eines Architekten in Anspruch zu nehmen, wenn bereits ein unverbindlicher Kontakt durch die Beratung hergestellt wurde.

## Danksagung

Die Autoren Florian Schöpflin und Dr. Thomas Prinz des RSA FG Research Studio iSPACE sowie der Autor Mag. Josef Reithofer der Stadt Salzburg bedanken sich für die Unterstützung bei der Universität Salzburg (PLUS) – IDA LAB sowie dem Zentrum für Alpines Bauen (<https://alpinesbauen.at/>).

## 5 Literatur

- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (o. J.): Städtebauliche Nachverdichtung im Klimawandel. Ergebnisse. Stand und Perspektive der Nachverdichtung. [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwest/Studien/2012/Nachverdichtung/01\\_Start.html?pos=3](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwest/Studien/2012/Nachverdichtung/01_Start.html?pos=3) (Zugriff: 14.07.2022).
- Prinz, T.; Gadocha, S.; Spitzer, W. (2018): Bestand optimal nutzen – GIS gestützte Modellierung von Entscheidungsgrundlagen zur energieeffizienten Nachverdichtung. In: Strobl, J.; Zagel, B.; Griesebner, G.; Blaschke, T. (Hrsg.): AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik. Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin: 326-331.
- Schubert, S.; Bunge, C.; Gellrich, A.; Schlippenbach, v. U.; Reißmann, D. (2019): Innenentwicklung in städtischen Quartieren: Die Bedeutung von Umweltqualität, Gesundheit und Sozialverträglichkeit. Umweltbundesamt (Hrsg.): Fachgebiet I 2.5. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-01-13\\_hgp\\_innenentwicklung\\_umweltqualitaet\\_gesundheit\\_sozialvertraeglichkeit\\_final\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-01-13_hgp_innenentwicklung_umweltqualitaet_gesundheit_sozialvertraeglichkeit_final_bf.pdf) (Zugriff: 14.07.2022).
- Statistik Austria (2011): Gebäude 2011 nach überwiegender Gebäudeeigenschaft, Eigentübertyp und Bundesland.
- Statistik Austria (2022): Volkszählungsergebnisse, RZ2011, Statistik der Standesfälle, Datenbank POPREG.

# Integrierte Siedlungs- und Mobilitätsentwicklung am Bayerischen Untermain – Synergieeffekte für Kommunen und regionale Akteure sichtbar machen

*Sabine Müller-Herbers, Max Bohnet, Sandra Lanig*

## Zusammenfassung

Die Siedlungsflächenentwicklung im Innen- und Außenbereich der Kommunen sowie die verfügbaren Mobilitätsangebote haben maßgebliche Auswirkungen auf Verkehrsmittelwahl und Verkehrsaufkommen in einer Region und damit auf die Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie eine flächensparsame Siedlungsentwicklung.

In vier Szenarien wurden in der Planungsregion Bayerischer Untermain auf Basis eines integrierten Verkehrsmodells die Siedlungsflächenentwicklung und bereits geplante sowie mögliche zukünftige Verkehrsmaßnahmen einschließlich Synergieeffekte bis 2035 modelliert und in Hinblick auf Verkehrsmittelwahl, Verkehrsleistung und verkehrsbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen beurteilt. Besonderer Wert wurde dabei auf Einbindung der zahlreichen, mobilitätsrelevanten Akteure in der Region wie z. B. Kommunen, Verkehrsträger, Verbände etc. sowie die Visualisierung der Modellierungs- und Diskussionsergebnisse gelegt. Mögliche Entwicklungspfade für die zukünftige Siedlungs- und Mobilitätsentwicklung konnten so als neue, qualifizierte Entscheidungsgrundlage veranschaulicht werden.

**Schlagwörter:** Verkehrsmodell, Siedlung, Mobilität, Szenarien, Online-Beteiligung

## 1 Einführung

Der Planungsverband Bayerischer Untermain bereitet die Fortschreibung des Regionalplans im Bereich Siedlung und Mobilität vor. Um raumbezogene Festlegungen von regional bedeutsamen Maßnahmen und Planungen im Verkehrsbereich abzuleiten sowie die Bedeutung unterschiedlicher Siedlungsentwicklungskonzepte beurteilen zu können, wurde deshalb von 2019 bis 2021 ein umfassendes Siedlungsflächen- und Mobilitätsentwicklungskonzept erstellt. Inhaltlich-fachliche und strategische Fragestellungen des Projekts wurden in der begleitenden AG REMOSI (Projektsteuerungsgruppe) mit der Regierung von Unterfranken, der Stadt Aschaffenburg, den Landkreisen Aschaffenburg und Miltenberg, den Nahverkehrsbeauftragten der beiden Landkreise sowie der IHK Aschaffenburg abgestimmt.

Ziel war es, mögliche Entwicklungspfade der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung inkl. Wechselwirkungen für die Region – korrelierend mit dem Anspruch verkehrlicher



Erreichbarkeit und der Stärkung umweltfreundlicher Mobilität – in Szenarien aufzuzeigen. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf einen umfassenden Kommunikationsprozess mit den mobilitätsrelevanten Akteuren in der Region gelegt und Kommunen, Verkehrsträger, Bürger und Verbände über interaktive Online-Plattformen beteiligt. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse aus dem REMOSI-Projekt vorgestellt (REMOSI 2021).

## 2 Die Region Bayerischer Untermain und Ist-Zustand

Der Bayerische Untermain liegt im Nordwesten Bayerns am Rande des Ballungsraums Rhein-Main. Er wird durch den Main geprägt, der die Region zunächst von Ost nach West und dann von Süd nach Nord durchfließt. Das Maintal ist dicht besiedelt, während der angrenzende Spessart und Odenwald eine geringere Siedlungsdichte aufweisen. Neben Aschaffenburg – dem Oberzentrum der Region – (69 000 Einwohner\*innen) gehören 64 Kommunen mit insgesamt 373 000 Einwohner\*innen zur Region.

Für das REMOSI-Projekt wurde ein intermodales Verkehrsmodell der Region aufgebaut, das die werktägliche Gesamtverkehrsnachfrage abbildet und für die Modellierung der Verkehrsströme über die Region hinausreicht, um auch Pendlerverflechtungen abzubilden. Das Verkehrsmodell integriert das vorhandene Straßennetzmodell des staatlichen Bauamts Aschaffenburg und das Landesverkehrsmodell Bayern (LVMBY). Der private Personenverkehr im Planungs- und Modellierungsraum wird mit dem aktivitätenbasierten Wegekettenmodell VISEM abgebildet. Abbildung 1 zeigt beispielhaft für den aktuellen Zustand die differierenden Erreichbarkeiten Aschaffenburgs mit dem ÖPNV je nach Standort und das stark reduzierte Angebot an Sonntagen, an denen keine Schüler\*innenbeförderung stattfindet.

Aktuell ist die verkehrliche Situation in der Region geprägt durch eine Überlastung der Straßen in der Hauptverkehrszeit in Richtung Rhein-Main-Gebiet. Entlastungsoptionen liegen im Öffentlichen Personenverkehr und im Radverkehr. Die bandartige Siedlungsstruktur entlang der Schienenachsen bietet sehr gute Potenziale für die Erschließung der Region, die allerdings bezüglich Haltestellendichte, Takt, Reisezeiten, Direktverbindungen und Elektrifizierung noch nicht ausreichend genutzt werden. Abseits der Schienenachsen bestehen außerhalb des Schülerverkehrs große Angebotslücken, sodass Mobilitätskonzepte zur Anbindung der Gemeinden abseits der Hauptachsen erforderlich sind. Viele Mittel- und Grundzentren sowie Arbeitsplatzschwerpunkte bieten prinzipiell gute Voraussetzungen für eine umweltfreundliche Nahmobilität, da die Wege in Fahrrad- oder Pedelec-Distanz liegen. Es besteht vor allem auch das Potenzial für Radschnellwege und -vorrangrouten.

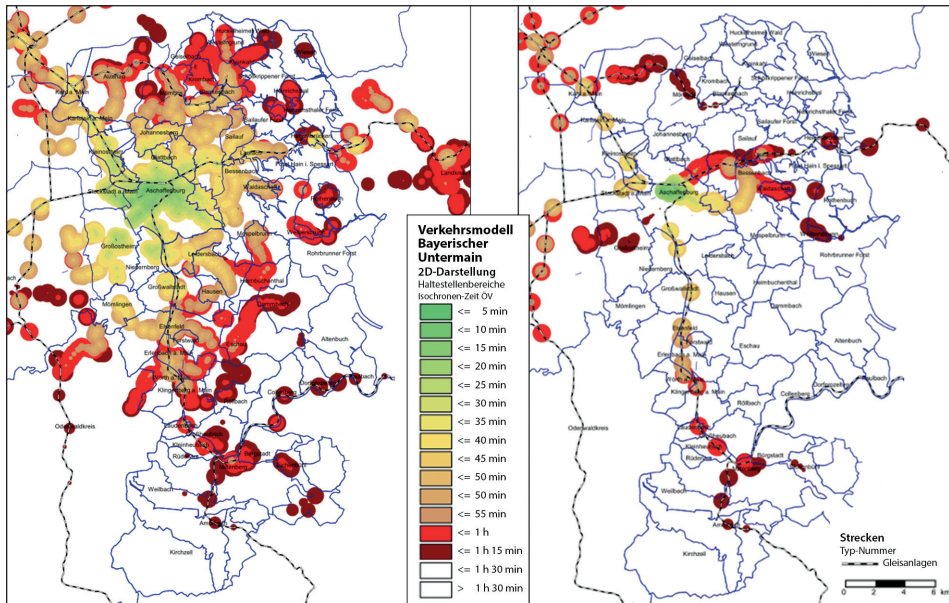


Abb. 1: Erreichbarkeit Aschaffenburgs mit dem ÖPNV, Ankunft Mo-Fr morgens (links) und Sonntagvormittag (rechts) (Quelle: Gertz Gutsche Rügenapp; Baader Konzept GmbH)

### 3 Online-Formate zur Beteiligung – Siedlungsflächenentwicklung in den Kommunen

Siedlungsflächen sind zusammen mit der Siedlungsdichte ein zentraler Input für die Erstellung des Verkehrsmodells und die Modellierung von Verkehrsströmen. Sie sind das Ziel von Verkehrsbewegungen bzw. induzieren die Bewohner\*innen der Siedlungsflächen Verkehr, um von ihrem Wohnstandort andere Ziele, wie z. B. den Arbeitsplatz, Versorgungseinrichtungen oder Freizeitziele zu erreichen. Zunächst wurde deshalb der mobilitätsrelevante Siedlungsbestand auf Grundlage der Daten des automatisierten Liegenschaftskatasters (ALKIS) und durch Verschneidung mit den Zensusdaten 2011 die Siedlungsdichten in Einwohner pro Hektar ermittelt. Für die Abbildung von möglichen Entwicklungspfaden der Siedlungs- und Mobilitätsentwicklung (Szenarien) sind jedoch auch die Absichten der Kommunen zur Entwicklung ihrer Innenentwicklungspotenziale (z. B. Baulücken, Brachflächen) sowie ihrer im Flächennutzungsplan ausgewiesenen Reserveflächen von Bedeutung. Die Informationen dazu liegen in den einzelnen Kommunen vor (Flächennutzungsplan) oder sind, wie bei den Innenentwicklungspotenzialen, im besten Fall in einem kommunalen Baulücken- oder Leerstandskataster erfasst. Diese Datenquellen erlauben jedoch wiederum keine Aussage zu den zukünftig, also bis 2035 voraussichtlich genutzten bzw. bebauten Flächen.

Für eine effiziente und komfortable Bestandsaufnahme wurde deshalb eine GIS-gestützte Online-Plattform mit Zugang für alle Kommunen in der Region aufgebaut (Abb. 2). Die Plattform bzw. Befragung wurde mit dem ArcGIS Collector und ArcGis Survey123 erstellt. Als kartographische Datengrundlage diente die ArcGIS Online Basemap, auf der die Flächennutzungsplanungen aus dem Raumordnungskataster (ROK) eingeblendet wurden. Das digitale ROK wird bei der Bezirksregierung von Unterfranken geführt. Die Aufbereitung der Daten setzte mehrere Analyseschritte und Verschneidungen mit den ALKIS-Daten voraus (Abgleich ROK und ALKIS-Daten). Es handelte sich um eine projektinterne, nicht öffentlich zugängliche Plattform mit den Zielen, je Kommune

- über das Projekt REMOSI zu informieren,
- die Innenentwicklungspotenziale (Baulücken, Brachflächen und Leerstände bei Wohngebäuden/Hofstellen) zu erfassen,
- die Entwicklung bei den FNP-Reserveflächen abzufragen (Aktualität der im Raumordnungskataster (ROK) dargestellten FNP-Reserveflächen prüfen, ggf. bereits überplante und/oder ergänzende Flächen vermerken)
- Aussagen zum Umfang der voraussichtlich bis 2035 aktivierten bzw. bebauten Flächen zu treffen sowie
- im Projekt bereits ermittelte mobilitätsrelevante Arbeitgeber und Versorgungsstandorte zu überprüfen und ggf. zu ergänzen.

Mit der Beteiligungs-Plattform betreten die Region ebenso wie die Kommunen Neuland, da erstmalig digitale Karten bereitgestellt wurden, anhand derer die Mitarbeiter\*innen der Städte und Gemeinden die dort dargestellten FNP-Reserveflächen bearbeiten (Aktualität, Umfang) sowie auch ggf. neue Flächen räumlich verorten konnten.

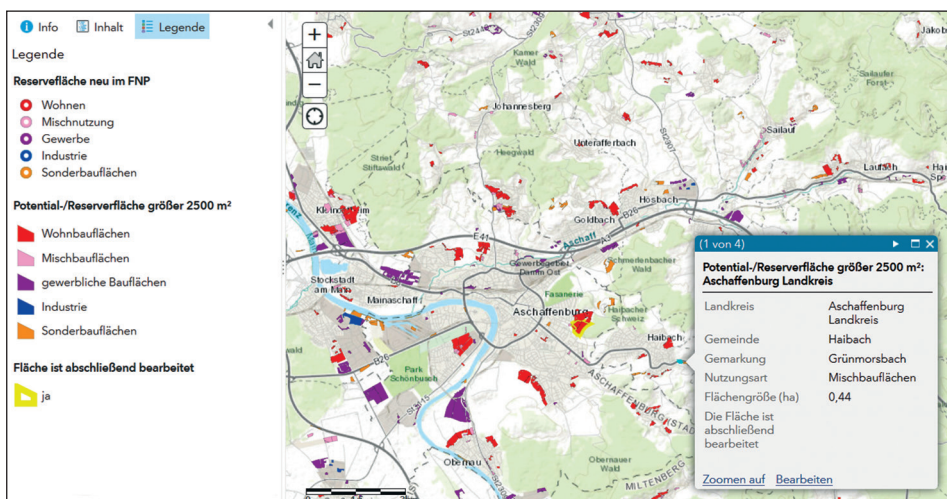


Abb. 2: Ausschnitt aus der Beteiligungsplattform zur Abfrage der FNP-Reserveflächen (Quelle: Gertz Gutsche Rümenapp; Baader Konzept GmbH; Online-Befragung Mena GmbH)

51 der insgesamt 65 Kommunen haben diese Möglichkeit genutzt, was einer Beteiligungsquote von 78 % entspricht. Von 19 Kommunen wurden zusätzlich neue FNP-Reserveflächen ergänzt. Den Fragebogenteil zur Erfassung der Innenentwicklungspotenziale haben 33 Kommunen in der Region bearbeitet und ihre Potenziale vermerkt (Beteiligungsquote 51 %). Insgesamt haben die Städte und Gemeinden 955 ha Fläche an Innenentwicklungspotenzialen zurückgemeldet. Es wird davon ausgegangen, dass von diesen Potenzialflächen 475 ha bis 2035 aktiviert sein werden (50 %). Zu den rund 1 666 FNP-Reserveflächen in der Plattform (regionalplanerisch bedeutsame Flächen > 2 500 m<sup>2</sup>, mobilitätsrelevant) wurde rückgemeldet, dass voraussichtlich 567 ha bis 2035 einer Bebauung zugeführt werden sollen, also mehr als 30 %.

Die online-gestützte Beteiligungs-Plattform hat sich aufgrund der guten Beteiligungs-raten bewährt und wurde im zweiten Schritt für die Durchführung der Mobilitätsbefragung in der Region genutzt (s. Kap. 4).

#### **4 Online-Formate zur Beteiligung – Befragung zu Mobilitätsaspekten**

Um den Blick der regionalen Akteur\*innen auf das Verkehrs- und Mobilitätsgeschehen in das Gutachten einbringen zu können, wurde eine online-gestützte Befragung zur Mobilität gestartet. Ziel der Befragung war es, regional bedeutsame Probleme zu Verkehr und Mobilität in der Region Bayerischer Untermain aus den Erfahrungswerten der Beteiligten zu ermitteln und gleichzeitig konkrete Lösungsideen sowie Maßnahmen-vorschläge zur Verbesserung der Mobilität bezogen auf die verschiedenen Verkehrsträger aufzunehmen. Dafür wurden in der Online-Befragung die Themenfelder Bus- und Bahnverkehr, Rad- und Fußverkehr, PKW-Verkehr, Güterverkehr, Verknüpfung der Verkehrsträger sowie neue, alternative Mobilitätsangebote unterschieden. Je Themenfeld gab es zwei Fragen: „Bitte benennen Sie aktuelle Defizite bei der Mobilität in der Region Bayerischer Untermain sowie Ihre Lösungsvorschläge und Ideen für die Zukunft.“

Insgesamt gab es 83 Rückmeldungen mit mehr als 230 Anregungen, die in einem Kartenwerk mit Übersichtskarten zur gesamten Region und zu detaillierten Rückmeldungen in den Teilregionen anschaulich visualisiert wurden (Abb. 3). Die meisten Hinweise gab es zum Bereich Bus- und Bahnverkehr sowie Rad- und Fußverkehr. Beteiligte waren vor allem die Kommunen sowie weitere mobilitätsaffine Akteur\*innen (u. a. ADFC Bayern e. V., ADAC Nordbayern e. V., Fuß e. V. Bayern, Bayerische Landeshafenverwaltung, Rhein-Main-Verkehrsverbund mbH).

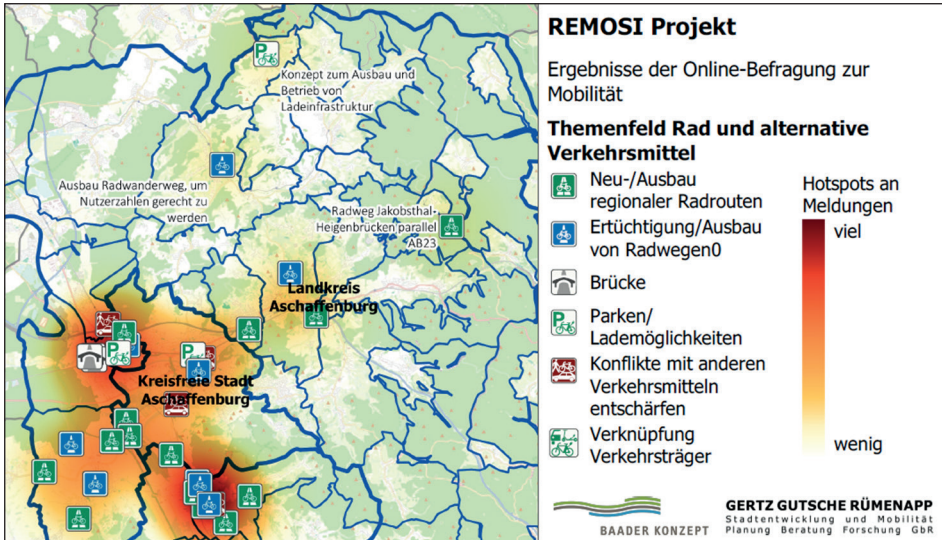


Abb. 3: Online-Befragung zur Mobilität – Visualisierung der Rückmeldungen (Ausschnitt)  
 (Quelle: Gertz Gutsche Rügenapp; Baader Konzept GmbH)

## 5 Szenarien der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung

Die umfangreichen Grundlagenarbeiten, die mit Unterstützung der Kommunen und der weiteren Beteiligten geleistet wurden, sind in die Diskussion um die Szenarienentwicklung eingeflossen. In vier Szenarien wurden Siedlungsflächenentwicklungen und bereits geplante sowie mögliche zukünftige Verkehrsmaßnahmen einschließlich deren Synergieeffekte modelliert und in Hinblick auf Verkehrsmittelwahl, Verkehrsleistung und verkehrsbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen beurteilt (Abb. 4).

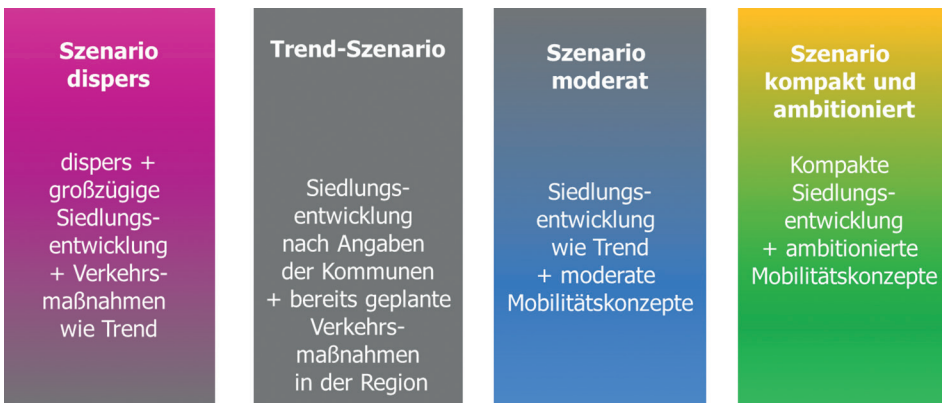


Abb. 4: Modellierte Szenarien zur Siedlungs- und Mobilitätsentwicklung in der Region  
 (Quelle: Gertz Gutsche Rügenapp; Baader Konzept GmbH)

Allein mit dem Szenario „kompakt und ambitioniert“, das anspruchsvolle und ehrgeizige verkehrliche Maßnahmen mit einer kompakten Siedlungsentwicklung an Mobilitätsknoten kombiniert, kann ein deutlicher Beitrag zur nachhaltigen, emissionsärmeren und flächensparsamen Entwicklung der Region geleistet werden. Das Szenario wurde vom Planungsausschuss einstimmig als Grundlage für die Regionalplan-Fortschreibung beschlossen und in der letzten Projektphase zum „REMOSI-Konzept“ weiterentwickelt.

Das „REMOSI-Konzept“ setzt auf eine Vielzahl von Maßnahmen, wie z. B. die Ausbildung regionaler und lokaler Mobilitätsknoten an bestehenden und zusätzlichen Haltepunkten des SPNV, den Ausbau des Radverkehrsnetzes mit Radvorrangrouten und Radschnellverbindungen inkl. neuer Mainbrücken und die Integration von On-Demand-Diensten im Busverkehr für den ländlichen Raum. Durch eine integrierende Modellierung im REMOSI-Modell konnten die Zusammenhänge und Synergieeffekte einer aufeinander abgestimmten Siedlungs- und Verkehrsmaßnahmenentwicklung aufgezeigt und in einem Erreichbarkeitsatlas für die Region visualisiert werden. Der Erreichbarkeitsatlas stellt für die gesamte Region die Chancen der Mobilitätsentwicklung des Szenarios „kompakt und ambitioniert“ im Überblick dar und veranschaulicht zudem Details für die verschiedenen Teilräume des Bayerischen Untermain. Was bedeuten die anvisierten verkehrlichen Maßnahmen und Mobilitätsangebote in Verbindung mit einer kompakten Siedlungsentwicklung, die stark auf Innenentwicklung setzt? Abbildung 5 zeigt hierzu beispielhaft die verbesserten Erreichbarkeiten durch den Bahnausbau und darauf abgestimmte Busverbindungen auf.

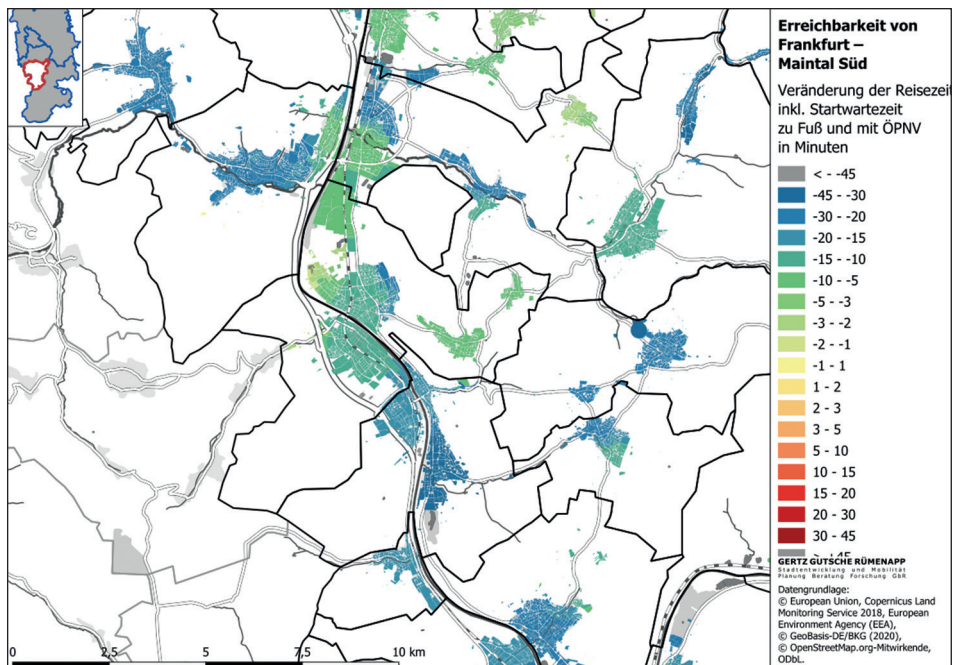


Abb. 5: Verbesserung der Erreichbarkeit durch ÖPNV-Ausbau und neue Haltepunkte als Mobilitätsknoten (Ausschnitt aus dem Erreichbarkeitsatlas) (Quelle: Gertz Gutsche Rümenapp; Baader Konzept GmbH)

## 6 Fazit und Ausblick

Die Realisierung einer zunehmend nachhaltigeren Mobilität in der Region in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Minderung, verbesserte Mobilitätsangebote im ländlichen Raum oder attraktive Dreh- und Angelpunkte der Mobilität und Versorgung (an Haltepunkten des ÖPNV/SPNV) setzt eine enge Abstimmung und Verzahnung von Siedlungsentwicklung und Maßnahmen der Verkehrsinfrastruktur voraus. Dafür ist die Organisation, Abstimmung und Umsetzung zahlreicher Maßnahmen im Bereich Verkehr und Mobilität sowie Siedlungsentwicklung nötig. Die Regionalplanung formuliert regionale Vorgaben sowie Zielrichtungen und sichert Flächen für die Umsetzung der Infrastrukturmaßnahmen. Für die Umsetzung der Verkehrs- und Mobilitätsmaßnahmen sind jedoch zahlreiche Institutionen wie die unterschiedlichen Aufgaben- und Baulastträger der Verkehrsinfrastruktur sowie die Kommunen zuständig. Auch die Siedlungsentwicklung sowohl im Innen- als auch im Außenbereich liegt in der Zuständigkeit der Städte und Gemeinden (kommunale Planungshoheit).

Das Aufzeigen der Veränderungen im Raum durch z. B. veränderte bzw. verbesserte Erreichbarkeiten, die Visualisierung der Hotspots von Mobilitätsproblemen oder die Bereitstellung interaktiv zu bearbeitender Karten kann hier einen wesentlichen Beitrag liefern, gerade auch um die Zusammenhänge und Wechselwirkungen im komplexen Handlungsfeld Siedlung und Verkehr sichtbar zu machen.

## 7 Literatur

Gertz Gutsche Rümenapp; Baader Konzept GmbH (2021): REMOSI – Regionales Mobilitäts- und Siedlungsgutachten für den Bayerischen Untermain. Abschlussbericht Stand 09.11.2021.

<https://www.landkreis-aschaffenburg.de/wer-macht-was/wirtschaftsverke/planungsverband/remosi/> (Zugriff: 29.07.2022).

Regierung von Unterfranken SG 24 (Hrsg.) (2021): Flächensparoffensive der bayerischen Staatsregierung. Umsetzung in Unterfranken. Newsletter 02/Juli 2021.

Regionaler Planungsverband Bayerischer Untermain (2019): Regionalplan Region Bayerischer Untermain. Stand 05.09.2019.

SMA und Partner AG; Intraplan Consult GmbH; VIA Consulting & Development GmbH (2021): Deutschlandtakt. Abschlussbericht zum Zielfahrplan Deutschlandtakt. Grundlagen, Konzeptionierung und wirtschaftliche Bewertung. 31.08.2021. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und Digitale Infrastruktur.

# Klimaanpassung und Schwammstadt als Querschnittsaufgabe der Stadtplanung

Arne Siemer

## Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag setzt sich mit den Themenschwerpunkten Klimaanpassung und Schwammstadt als Querschnittsaufgabe der Stadtplanung auseinander. Im Rahmen der Arbeit wird die Notwendigkeit der Integration dieser Aufgabe im urbanen Raum untersucht und im Kontext des aktuell sehr intensiv diskutierten Stadtentwicklungskonzeptes der Schwammstadt dargestellt. Ziel ist es, Klimaanpassung und das Konzept Schwammstadt als zentrale Aufgaben für die Stadtplanung zu untersuchen und anschließende Handlungsempfehlungen sowie bestehende Problematiken für die Stadtplanung aufzuzeigen.

**Schlagwörter:** Klimaanpassung, Schwammstadt, Stadtplanung

## 1 Hintergrund

Die projizierten Folgen des Klimawandels, unter anderen der Anstieg des Meeresspiegels, steigende Temperaturen und Trockenheit sowie Starkregen- und Hochwasserereignisse wirken sich immer intensiver auf die Gesellschaft und den städtischen Raum aus (Knieling, Roßnagel 2015: 9). Darüber hinaus zeigt der anthropogen bedingte Klimawandel bereits heute schwerwiegende Folgen und wird auch zukünftig zu weiteren unvermeidlichen Herausforderungen führen (Umweltbundesamt 2014: 8). Daher geht es in der Wissenschaft und Praxis nicht mehr nur allein um die Vermeidung des Klimawandels, sprich dem Klimaschutz, sondern auch um die notwendige Anpassung an die unvermeidbaren Veränderungen, um eine Klimaanpassung (Ginski, Klemme 2014: 129). Der vorliegende Beitrag setzt sich in diesem Rahmen mit dem urbanen Raum auseinander, welcher sich durch steigende Flächenversiegelung und den Mangel an innerstädtischen Freiräumen besonders stark mit den Folgen des Klimawandels konfrontiert sieht (Campe et al. 2015: 343). Die institutionelle Ebene der Stadtplanung ist daher für moderne Anpassungskonzepte und Klimapolitiken von zentraler Bedeutung und steht im Fokus dieses wissenschaftlichen Beitrages.

Wie bereits dargestellt spitzen sich diese Zustände in städtischen Räumen zu, da sich die klimatischen Bedingungen in Stadtgebiet und Umland deutlich unterscheiden (Orthengrafen 2014: 48; Campe et al. 2015: 343). Dementsprechend besteht der größte Anpassungsdruck in den Städten, da sich dort die Folgen und Auswirkungen des Klimawandels



überlagern (Knieling, Müller 2015c: 10). Die Herausforderungen sind auf allen gesellschaftlichen Ebenen spürbar, dementsprechend haben sie unmittelbare Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (Grewe/Blättner 2015: 108). Für die Reduzierung und Lösung der Klimafolgen in der Stadt ist eine enge Kooperation aller Akteur\*innen nötig (Wermter et al. 2014: 468). Wie bereits dargestellt erfolgen Veränderungen des Klimas regional und räumlich unterschiedlich. Daher wird zwischen verschiedenen Klimata wie Großklima, Regionalklima, Stadtklima, Lokalklima und Mikroklima unterschieden (Bundesamt für Naturschutz 2011: 25). Dieser Beitrag setzt sich primär mit den Klimafolgen im lokalen und städtischen Raum auseinander und stellt Prozesse heraus, die sich besonders auf das Stadtklima auswirken (Abb. 1).

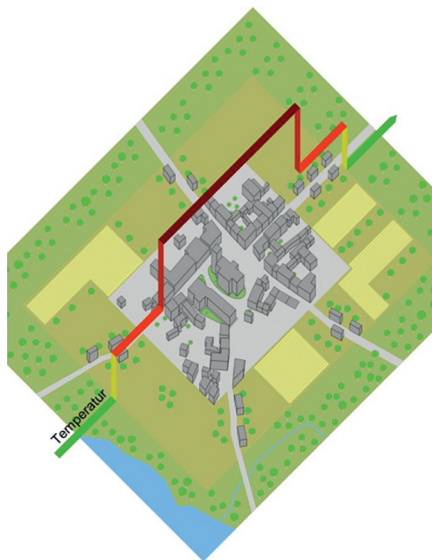


Abb. 1: Stadt und Lufttemperatur (schematisch) (Quelle: eigene Darstellung)

Durch zunehmende Starkregeneignisse sind auch Gebiete fernab von Überflutungsrisikogebieten durch Hochwasser- und Sturmflutereignisse gefährdet. Sommerhitze und Starkregen wechseln sich schnell aufeinanderfolgend ab, was für den städtischen Raum schwerwiegende Folgen haben kann (Wibbeler 2017: 153). Durch eine steigende Flächenneuanspruchnahme, primär in Form von Versiegelung und Abgrabung, weisen sowohl städtische Räume als auch der suburbane Raum einen beträchtlichen Mangel an Versickerungsflächen auf. Dementsprechend verringert sich auch der Wasserrückhalt durch Flächen, was im Falle eines Starkregeneignisses Gefahren für den städtischen Raum bedeutet.

Zusätzlich generieren starke Versiegelung und dichte Bebauung einen Mangel an Grüner und Blauer Infrastruktur und fehlende Kaltluftschneisen. In der Folge entstehen anthropozentrische Hitzeinseln und trockene Luft im urbanen Raum. Die zu lösende

Problematik lautet „Hitzeinseln in urbanen Räumen“ (Bundesamt für Naturschutz 2011: 13). Der Mangel sowie die komplett oder teilweise verhinderte Kühlleistung des Bodens durch Versiegelung verhindern Abkühlungsprozesse in der Stadt (Bundesamt für Naturschutz 2011: 25 ff.; LfULG 2021: 12).

Vor diesem Hintergrund wurden zwei Leitfragen formuliert, die im vorliegenden Beitrag diskutiert werden. Die erste Leitfrage umfasst die Auseinandersetzung mit der Thematik der Klimaanpassung sowie die Analyse, welche Position die Stadtplanung im Kontext der Klimaanpassung einnehmen sollte. Die theoretischen Grundlagen werden durch die Bearbeitung des Diskurses der Klimaanpassung dargelegt. Es erfolgt eine Auseinandersetzung mit dem Begriff der Klimaanpassung sowie deren potenziellen Beitrag für die deutschen Städte und die Gesellschaft. Ebenso werden Überlegungen angestellt, inwiefern die Klimaanpassung eine Antwort bzw. Lösung auf die zukünftigen Herausforderungen durch den Klimawandel in urbanen Räumen darstellt. Zusätzlich sollen die Rolle der Stadtplanung identifiziert und die zukünftigen Funktionen und Aufgaben der Stadtplanung benannt werden.

1. *Inwiefern kann Klimaanpassung zur Lösung ökologischer, sozialer und räumlicher Herausforderungen deutscher urbaner Räume beitragen? Welche Relevanz hat die Klimaanpassung urbaner Räume in einer zukünftigen Stadtplanung?*

Die zweite Leitfrage hat die Analyse des Stadtentwicklungskonzeptes im Kontext der Klimaanpassung und der Stadtplanung zum Ziel. Es soll das Zusammenspiel zwischen dem Konzept der Schwammstadt und der Strategie der Klimaanpassung erforscht werden. Auch hier soll die Rolle der Stadtplanung integriert und analysiert werden, wie auch die Frage, inwiefern das Konzept eine Möglichkeit bzw. ein Instrument der Stadtplanung darstellen kann.

2. *Welche Inhalte und Ziele der Klimaanpassung werden mit dem Konzept der Schwammstadt verfolgt und gebündelt? In welcher Form kann sich das Konzept der Schwammstadt als Instrument der Stadtplanung zur Umsetzung der Klimaanpassung in bestehenden Stadtstrukturen etablieren?*

Die Ergebnisse dieses Beitrages beruhen auf den Ergebnissen der Bachelorthesis „Klimaanpassung und Schwammstadt als Querschnittsaufgabe der Stadtplanung“ vom Autor dieses Textes (Siemer 2021).

## 2 Methodik

Die Bearbeitung des Forschungsgegenstandes erfolgt sowohl über ein analytisches als auch ein empirisches Vorgehen. Entsprechend stützen sich die aus der vorliegenden

Forschungsarbeit gezogenen Erkenntnisse und Argumentationen auf eine Literaturanalyse wissenschaftlicher Publikationen sowie zusätzlich auf die Auswertung qualitativer leitfadengestützter Expert\*inneninterviews.

Die Erarbeitung des Forschungsschwerpunktes der Klimaanpassung sowie der Klimaanpassung als Disziplin der Stadtplanung erfolgt durch ein analytisches Vorgehen. Hierzu wird die Datenerhebung und Datenanalyse von wissenschaftlichen Publikationen, institutionellen und politischen Veröffentlichungen und Handlungsempfehlungen sowie grauer Literatur genutzt.

Der zweite inhaltliche Schwerpunkt dieser Forschung stellt das Stadtentwicklungskonzept der Schwammstadt dar, welches mit Hilfe von empirischen Erkenntnissen untersucht wird. Qualitative leitfadengestützte Expert\*inneninterviews werden durchgeführt, analysiert und ausgewertet. Die Interviews mit den einzelnen Akteuren ermöglichen eine differenzierte Auseinandersetzung mit der Thematik und verhelfen zur Kontextualisierung und Verknüpfung der Thematik Schwammstadt mit dem gesamten Forschungsgegenstand. Es erfolgt ein detaillierter Einblick in die wissenschaftlichen Diskurse und die unterschiedlichen Disziplinen, die im Zusammenhang mit dem Begriff der Schwammstadt stehen, weshalb ein intensiverer Einblick in strukturelle, wissenschaftliche und institutionelle Zusammenhänge gegeben wird. Für eine anschließende Auswertung der Interviews erfolgt die Transkription und die Erstellung einer Untersuchungsmatrix. Die Untersuchungsmatrix wird nach dem Vorbild der Untersuchungsmatrix von Barbara Schönig (Schönig 2020: 1030 f.) mit einem dreistufigen Kriterien-System erstellt. Inhaltlich erfolgt die Wahl der Kategorien, Merkmale und Indikatoren durch ein induktives Vorgehen anhand der geführten Interviews und ein deduktives Vorgehen durch die vorherige Datenanalyse.

Als Ergänzung zur empirischen Vorgehensweise und als Input für die Erarbeitung der Thematik Schwammstadt dient die Teilnahme an der Aqua Urbanica 2021 Konferenz mit dem Titel „Schwammstadt – Versickerung 2.0?“. Die Konferenz der Universität Innsbruck und des Österreichischen Wasser- und Abfallverbandes fand vom 13. bis 14. September in Innsbruck statt und versammelte eine Vielzahl von Expert\*innen aus den Disziplinen Siedlungswasserwirtschaft, Umweltforschung und Planung aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. Schwerpunkt waren innovative Schwammstadtstrategien und -konzepte im europäischen Kontext.

Zusätzlich erfolgte die Datenanalyse spezifischer Publikationen zur Thematik Schwammstadt. Da der Begriff Schwammstadt häufig als umgangssprachlich betrachtet wird, werden für die Datenanalyse Synonyme und Stichworte genutzt. So werden neben dem Begriff der Schwammstadt unter anderem die Begriffe klimaangepasste Stadtentwicklung, wassersensible Stadtentwicklung und diverse internationale Synonyme für die Prinzipien des Schwammstadtkonzeptes genutzt, um ein breites Spektrum und die Gesamtheit des Konzeptes zu erfassen.

### 3 Klimaanpassung als Feld der Stadtplanung

Die Stadtplanung ist mit der Klimaanpassung mit konkreten Aufgaben, Herausforderungen und Zielen konfrontiert. Diese Aufgaben sind aber nicht durch die Stadtplanung und deren Akteur\*innen allein zu bewältigen, vielmehr kann eine an den Klimawandel angepasste Stadtentwicklung nur durch inter- und transdisziplinäres Agieren umgesetzt werden (Weingärtner et al. 2015: 171; DWA 2021: 7; Wermter et al. 2014: 468). Zusätzlich stehen Politik und Planungen vor der Herausforderung, dass ein reaktives Handeln nicht mehr ausreicht, sondern ein proaktives Handeln zur gezielten Minderung der Auswirkungen des Klimawandels nötig ist (Ginski/Klemme 2014: 114). Dementsprechend müssen von Seiten der Stadtplanung Vorsorgemaßnahmen getroffen werden (ebd.) und eine Kooperation zwischen Wissenschaft, Praxis und Politik forciert werden (Roßnagel 2015: 143).

Wie auch der Klimaschutz ist Klimaanpassung ausschließlich durch politischen Willen und politische Legitimation möglich (Matthes 2018: 136). Ein interdisziplinäres Zusammenarbeiten ist notwendig, um fachübergreifende klimapolitische Leitbilder und Anpassungsstrategien für alle Akteure\*innen zu erstellen (ebd.). Der Einbezug der Bevölkerung in Entscheidungs- und Planungsprozesse sowie die soziale Legitimation von Klimaanpassungskonzepten ist für die Akteure\*innen der Planung sowie für politische Akteur\*innen unabdinglich. Klimaanpassung muss in der Politik und der Planung als Querschnittsaufgabe betrachtet werden (Matthes 2018: 136). Auf politischer Ebene ist die Klimaanpassung ein Versuch einer neuen Art des Regierens, welche Elemente der Partizipation stärker einbindet (Bauriedl et al. 2015: 30). Politische Ebenen und Verwaltungen müssen flexibler zusammenarbeiten und bisherige Barrieren aufgebrochen werden (DWA 2021: 6).

### 4 Das Stadtentwicklungskonzept Schwammstadt

Das übergeordnete Ziel der Schwammstadt ist die Schaffung eines klimaangepassten Regenwassermanagements und einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung. Regenwasser soll durch möglichst naturnahe Maßnahmen in der Stadt zurückgehalten werden, d. h. Wasser soll im urbanen Raum gespeichert, verdunstet und gezielt wieder genutzt werden. Neben einem naturnahen Wasserhaushalt verfolgt die Schwammstadt, wie auch die Klimaanpassung, das Ziel der Vorbeugung und Reduzierung von Hitzeereignissen und Trockenheit. Auch die Reduzierung der Flächenversiegelung und die Förderung von Flächenentsiegelung und damit verbunden die Wiederherstellung natürlicher Bodenfunktionen in der Stadt und die Schaffung und Qualifizierung von Grüner und Blauer Infrastruktur stellen wichtige Faktoren des Stadtentwicklungskonzeptes dar.

Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass bereits ein breites Feld an Maßnahmen und Methoden im Rahmen der Schwammstadt besteht. Die Essenz der Umsetzung stellt

die interdisziplinäre und ebenenübergreifende Zusammenarbeit aller Akteur\*innen der Wissenschaft, Politik und Praxis in Bezug auf die Stadtentwicklung dar. Die primären Handlungsebenen der Schwammstadt sind die kommunale Ebene und die Quartiersebene. Zusätzlich bedarf es zur Umsetzung der Schwammstadt einer individuellen Betrachtung aller Flächen. Daher nimmt die Stadt- und Quartiersplanung eine zentrale Rolle in der Umsetzung des Schwammstadtprinzips ein (Abb. 2).

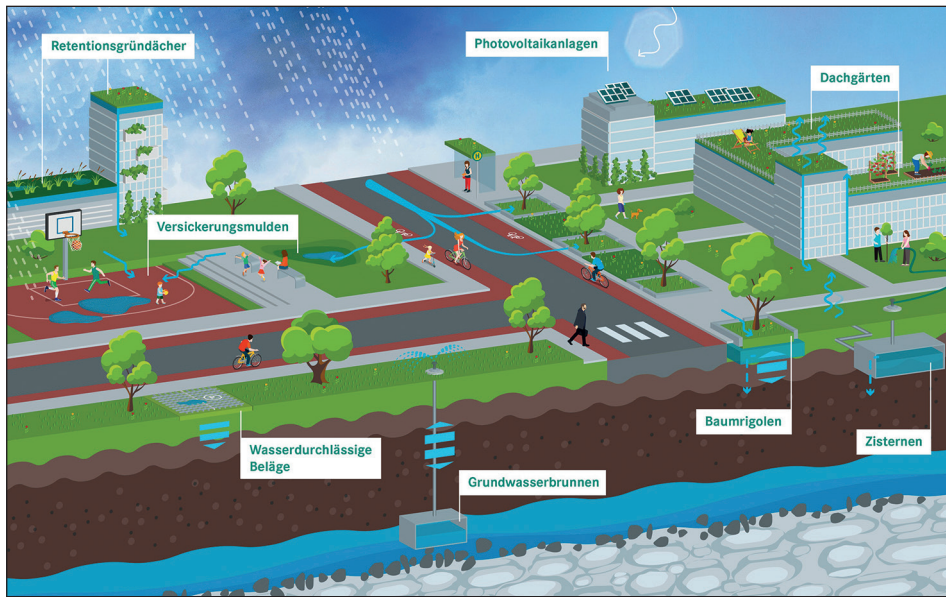


Abb. 2: Schwammstadtquartier

(Quelle: Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, o. J. [https://www.ufz.de/export/data/478/254931\\_Schwammstadt\\_Grafik%20UmweltPerspektiven\\_©Artkolchose.jpg](https://www.ufz.de/export/data/478/254931_Schwammstadt_Grafik%20UmweltPerspektiven_©Artkolchose.jpg))

In der Praxis müssen Kommunen bzw. Städte den Fachplanungen einen Rahmen geben, d. h. die Schwammstadtprinzipien in einem Masterplan, im Flächennutzungsplan oder einem Stadtentwicklungskonzept festschreiben. Generell muss das Schwammstadtprinzip in planerische und politische Abwägungs- und Entscheidungsprozesse einfließen.

Entsprechend einer Querschnittsaufgabe ist es einem alleinigen Akteur\*in nicht möglich, das Schwammstadtprinzip umzusetzen. Die Stadtplanung muss in diesem Zusammenhang eine vernetzende und federführende Rolle einnehmen, demnach möglichst frühzeitig alle Akteur\*innen zusammenbringen, um gemeinsame Strategien und Maßnahmen umzusetzen. In dieser Zusammenarbeit nimmt die Beteiligung der Zivilgesellschaft eine essenzielle Rolle ein. Akteur\*innen und Bewohner\*innen müssen miteinander kooperieren bzw. kommunizieren, um das Schwammstadtprinzip umzusetzen. Die aus der gesamtgesellschaftlichen Zusammenarbeit gewonnenen Erkenntnisse müssen anschließend in die Bauleitplanung und das Quartiersmanagement einfließen.

## **5 Diskussion der Ergebnisse**

Die Ergebnisse zeigen auf, dass Klimaanpassung und Klimaschutz separat voneinander betrachtet werden müssen. Beide Handlungsfelder benötigen unterschiedliche Strategien und Konzepte und müssen getrennt voneinander etabliert werden. Sie unterscheiden sich auf ihrer ausführenden Ebene in der Intention des Diskurses. Die Umsetzung der Klimaanpassung findet primär auf der kommunalen bzw. städtischen Ebene statt. Daher erweist sich die Stadtplanung mit ihren Handlungsfeldern für die Umsetzung einer Klimaanpassung als eine der relevantesten Akteur\*innen. Jedoch ist die Umsetzung und die Etablierung der Klimaanpassung durch die Stadtplanung allein nicht möglich, Klimaanpassung muss als Querschnittsaufgabe betrachtet werden. Es ist eine interdisziplinäre Kooperation und Kommunikation aller Akteur\*innen der Wissenschaft, Praxis, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft nötig. Klimaanpassung ist als eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe zu verstehen. Das übergeordnete Ziel ist es, Klimaanpassung in formelle und informelle Instrumentarien der Planung zu integrieren sowie weitere Instrumente zur Umsetzung der Klimaanpassung zu schaffen. Daher wird empfohlen, die Entwicklung von regionalen und kommunalen Klimaanpassungsstrategien zu fördern.

Ein Instrument bzw. ein Konzept, um die Inhalte der Klimaanpassung auf der kommunalen bzw. Quartiersebene im Bestand zu etablieren, stellt das Stadtentwicklungskonzept der Schwammstadt dar. Es bündelt die Inhalte der Klimaanpassung bezüglich des Schwerpunktes Umgang mit Wasser in urbanen Räumen und umfasst eine Vielzahl von Maßnahmen und Innovationen zur Umsetzung und Implementierung von Klimaanpassungskonzepten. Damit stellt das Stadtentwicklungskonzept Schwammstadt einen Teilbereich einer Klimaanpassungsstrategie dar.

Das Konzept der Schwammstadt muss zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt in Planungsprozesse eingebracht und durch die planenden Akteur\*innen mitgedacht werden. Dies sollte auch gesetzlich gefasst werden. Schwammstadt muss ein Teil der integrierten Stadtentwicklung werden. Entsprechend sollte durch die Akteur\*innen keine sektorale, sondern eine gesamtplanerische und gesamtäumliche Betrachtung erfolgen. Es sind Strategien in Form von informellen Planungsinstrumenten zu schaffen, die den Akteur\*innen aufzeigen, wie eine Stadt wassersensibel gestaltet werden kann. Ebenso muss eine Integration der Schwammstadt in formelle Planungsebenen und informelle Planungsdokumente erfolgen, um damit auch die institutionelle Einbindung in Bauleitverfahren, Stadtanierungen und Quartiersanierungen zu sichern. Neben einem Anreiz-System für die Zivilgesellschaft sollten auch gesetzliche und planungsrechtliche Festschreibungen erfolgen, um einer Kommune bzw. Stadt mehr Spielraum im Rahmen der Umsetzung sowie Forderung von Schwammstadtmaßnahmen zu geben. Es sind flexible und klare sowie interdisziplinäre und ebenenübergreifende Planungs- und Entscheidungsstrukturen erforderlich. In diesem Rahmen sollte die Stadtplanung eine vernetzende Rolle einnehmen.

Zusätzlich ist zu beachten, dass die Schwammstadt in der Wissenschaft nicht als das alleinige Konzept zur Lösung der klimatischen Herausforderungen bzw. zur Umsetzung der Klimaanpassung in der Stadt gesehen wird (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016: 12). Sie stellt aber eine effektive und potenzielle Möglichkeit dar.

## 6 Fazit

Aus den gewonnenen Erkenntnissen wird deutlich, dass die Stadtplanung als primäre Akteurin der Klimaanpassung fungieren muss. Sie hat damit einen direkten Einfluss auf das Mikro- und Stadtklima sowie das soziale Klima einer Stadt. Ebenso ist die gesamtgesellschaftliche Aufgabe der Klimaanpassung durch die Stadtplanung umzusetzen, da im Fokus der Schutz des Menschen sowie der Schutz seiner Umwelt steht. Dies verdeutlicht, dass die Klimaanpassung für die Stadtplanung eine der relevantesten Aufgaben des 21. Jahrhunderts darstellt. Dabei ist die fehlende gesetzliche und planungsrechtliche Fassung der Thematik Klimaanpassung eine große Herausforderung.

Ein Instrument bzw. ein Konzept, um Inhalte der Klimaanpassung auf der kommunalen bzw. Quartiersebene im Bestand zu etablieren, stellt das Stadtentwicklungskonzept der Schwammstadt dar. Es bündelt die Inhalte der Klimaanpassung bezüglich des Schwerpunktes "Umgang mit Wasser in urbanen Räumen" und umfasst eine Vielzahl von Maßnahmen und Innovationen zur Umsetzung und Implementierung von Klimaanpassungsaspekten.

Dementsprechend sind Klimaanpassung und Schwammstadt sich sehr stark überschneidende Diskurse, eine gezielte Umsetzung und die Integration der Schwammstadt in Planungen verlangt aber eine getrennte Betrachtung. Die vorliegende Arbeit verdeutlicht, dass durch einen Paradigmenwechsel in der Politik und Planung sowie durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Akteur\*innen eine gesamtstädtische Umsetzung der Ziele von Schwammstadt und Klimaanpassung erreichbar ist.

## 7 Literatur

- Bauriedl, S.; Baasch, S.; Görg, C. (2015): Anpassung im Interessenkonflikt. Klimawandel-Governance als Aushandlungsprozess vielfältiger Akteure. In: Knieling, J.; Roßnagel, A. (Hrsg.): Governance der Klimaanpassung Akteure, Organisation und Instrumente der Stadt und Region: 29-46.
- Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. Bonn/Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- Campe, S.; Katzschner, L.; Kupski, S. (2015): Klimafunktionskarten als Instrument der Klimaanpassung in der Bauleitplanung. In: Knieling, J.; Müller, B. (Hrsg.) (2015a): Klimaanpassung in der Stadt- und Regionalentwicklung. Ansätze, Instrumente, Maßnahmen und Beispiele: 343-354.

- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.) (2021): DWA-Positionen. Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte. Hessel: o. A.
- Ginski, S.; Klemme, M. (2014): Anpassung an klimatische Herausforderungen in der Stadt: Erfordernisse, Möglichkeiten und Hemmnisse aus Sicht Aachener Akteure. In: Altmann, U. et al. (Hrsg.): Die Anpassungsfähigkeit von Städten. Zwischen Resilienz, Krisenreaktion und Zukunftsorientierung: 111-128.
- Grewe, H.; Blättner, B. (2015): Klimawandel und Gesundheitsschutz. Möglichkeiten und Grenzen einer regionalen Anpassung des Gesundheitssystems. In: Knieling, J.; Roßnagel, A. (Hrsg.): Governance der Klimaanpassung. Akteure, Organisation und Instrumente für Stadt und Region: 105-124.
- Knieling, J.; Müller, B. (2015): Klimaanpassung in Städten und Regionen. Handlungsfelder und Fragestellungen aus Sicht der Stadt- und Regionalentwicklung. In: Knieling, J.; Müller, B. (Hrsg.): Klimaanpassung in der Stadt- und Regionalentwicklung. Ansätze, Instrumente, Maßnahmen und Beispiele: 9-24.
- Knieling, J.; Roßnagel, A. (2015): Welche Governance brauchen Städte und Regionen für die Anpassung an den Klimawandel? In: Knieling, J.; Roßnagel, A. (Hrsg.): Governance der Klimaanpassung. Akteure, Organisation und Instrumente für Stadt und Region: 9-26.
- LfULG – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) (2021): Bodenfunktionen in der Schwammstadt.
- Matthes, U. (2018): Vorrasschauen und mitdenken. Anpassungs-Strategien an den Klimawandel. In: Decken, O.; Herrmann, R. (Hrsg.): Kommunale Klimapolitik. Klimaschutz und Anpassungs-Strategien: 132-145.
- Othengrafen, M. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel: Das formelle Instrumentarium der Stadt- und Regionalplanung. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Roßnagel, A. (2015): Governanceinnovationen. Klimaanpassungsbeauftragte, Klimaanpassungsakademie und Umsetzungsverbände in Nordhessen. In: Knieling, J.; Roßnagel, A. (Hrsg.): Governance der Klimaanpassung. Akteure, Organisation und Instrumente für Stadt und Region: 141-157.
- Schönig, B. (2020): Paradigm Shifts in Social Housing after Welfare-State Transformation: Learning from German Experience. In: International Journal of Urban and Regional Research 44/6: 1023-1040.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) (2016): Berlin baut. Stadtentwicklungsplan Klima. KONKRET. Klimaanpassung in der wachsenden Stadt. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.
- Siemer, A. (2021): Klimaanpassung und Schwammstadt als Querschnittsaufgabe der Stadtplanung. Klimaanpassung. Klimaanpassung als Feld der Stadtplanung und Notwendigkeit für den urbanen Raum anhand des Stadtentwicklungskonzeptes Schwammstadt. Bachelor-Arbeit an der Bauhaus Universität Weimar, unveröffentlicht.
- Umwelt Bundesamt (Hrsg.) (2014): Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Starkregen, Hochwasser, Massenbewegung, Hitze, Dürre. Dessau-Roßlau: Umwelt Bundesamt.



- Weingärtner, D.; Schneider, J.; Kersting, M. (2015): Prozessunterstützung für die Umsetzung einer wassersensiblen Stadtentwicklung – von der Berechnung zur integralen Umsetzung. Kommunale Siedlungsentwässerung als Gemeinschaftsaufgabe. In: Bolle, F.-W.; Krebs, P. (Hrsg.): Siedlungswasserwirtschaft klimarobust gestalten. Methoden und Maßnahmen zum Umgang mit dem Klimawandel: 171-184.
- Wermter, P.; Schneider, J.; Schultze, J. (2014): Kompetenzen für die Klimawandelanpassung: Kooperative Entwicklung einer Regional Water Governance für den ländlichen Raum von dynklim. In: Kaden, S. et al. (Hrsg.): Wassermanagement im Klimawandel. Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen: 467-486.
- Wibbeler, H. (2017): Klimaanpassung: Neue Schritte zum Schutz vor Sturzfluten und Hochwasser. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hrsg.): Bemessung im Wasserbau – Klimaanpassung, Untersuchungen, Regeln, Planung, Ausführung. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 58. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik: 153-160.

# Flächenmanagement



# Nachhaltige Siedlungsflächenentwicklung in prosperierenden Stadtregionen – Herausforderungen, Konzepte und Methoden der Modellierung

*Mirko Blinn, Theo Kötter*

## Zusammenfassung

In den dynamischen Stadtregionen Deutschlands setzt sich das Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen insbesondere zulasten von Landwirtschaftsflächen nahezu unverändert fort. In dem Beitrag werden für die Stadtregion Köln einschließlich ihres linksrheinischen Umlands beispielhaft Szenarien für einen Perspektiven- und Paradigmenwechsel entwickelt und deren Auswirkungen kritisch bewertet. Im Fokus stehen die Erhaltung der Landwirtschaftsflächen unter Berücksichtigung ihrer vielfältigen strategischen Bedeutungen und Funktionen sowie eine nachhaltige, flächeneffiziente und klimasensible Landnutzung. Dafür wird ein Landnutzungsmodell der Siedlungsflächenentwicklung in den Städten und Gemeinden der Region entwickelt. Es werden Landnutzungsszenarien für potenzielle Entwicklungspfade für die gesamte Region aufgezeigt und mit einem konsistenten Indikatorensystem aus den Bereichen Wohnen, Landwirtschaft sowie Natur und Landschaft auf Basis von rasterbasierten raumbezogenen Daten bewertet. Der Ansatz liefert valide Entscheidungsgrundlagen für die Siedlungsentwicklung auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalenebenen.

**Schlagwörter:** Flächeninanspruchnahme, dynamische Stadtregionen, Landnutzungsmodellierung, Landnutzungsindikatoren, Agri-urbane Entwicklung

## 1 Landwirtschaftsflächen in Stadtregionen unter Stress

Die Phänomene des Urban Sprawl und der Siedlungsflächeninanspruchnahme sind in Stadtregionen seit Langem intensiv beforscht worden (z. B. Siedentop 2005), während die bedeutende Rolle der Landwirtschaft und der rasant fortschreitende Verlust an Landwirtschaftsflächen dabei bislang kaum thematisiert wurden.

Auf die Landwirtschaftsflächen in Deutschland entfällt derzeit noch ein Anteil von 50,5 % aller Flächen (Destatis 2022). Deren anhaltender Rückgang vollzieht sich überwiegend zugunsten der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) einschließlich des erforderlichen naturschutzrechtlichen Ausgleichsflächenbedarfs (BMEL 2022). Die SuV wächst derzeit um ca. 54 ha pro Tag, sodass bis zur Erreichung des 30 – x ha-Ziels für das Jahr 2030 noch erheblicher Handlungsbedarf besteht (UBA 2022; Bundesregierung 2021). Die Flächenneuinanspruchnahme konzentriert sich zunehmend auf hochverdichtete

Stadtregionen mit ihren hochwertigen Landwirtschaftsflächen (Goetzke et al. 2014). Die aktuelle Nachhaltigkeitsstrategie für Deutschland sieht zwar eine Erhaltung von Agrarflächen als eine zentrale Voraussetzung für die Ernährungssicherheit an, indessen fehlt es derzeit an einem z. B. dem Naturschutz vergleichbaren Schutzregime für landwirtschaftliche Flächen.

Der Landwirtschaft wird in den Stadtregionen und in der Zwischenstadt künftig eine wachsende strategische Bedeutung als (Mit-)Produzent von multicolorierten Kulturlandschaften zukommen (Sieverts 1997; Lohrberg 2001). Trotz der bekannten vielfältigen Serviceleistungen der Landwirtschaftsflächen haben die Nutzungskonflikte um die knappe Ressource Fläche in prosperierenden Stadtregionen an Schärfe zugenommen (Schmidt 2017). Deshalb gewinnen Agri-urbane Siedlungsmodelle für den Schutz, die Vernetzung, die Zugänglichkeit und das Erleben von Freiräumen und Grünflächen an Bedeutung.

Für die systematische Erfassung, Analyse und Bewertung der Leistungen von Landwirtschaftsflächen als Basis für Planungsentscheidungen ist daher eine Modellierung alternativer Landnutzungsszenarien als Grundlage für rationale Landnutzungsentscheidungen unverzichtbar. Dabei können eine verbrauchernahe Produktion und regionale Wertschöpfungsketten in der Lebensmittelwirtschaft als Teilziele einer nachhaltigen Entwicklung optimiert werden.

## 2 Das Modell der Landnutzungsmodellierung

Die Modellierung und Bewertung der potenziellen Landnutzungen wird anhand eines Indikatorensets durchgeführt (Abb. 1). Alle relevanten Daten und Indikatorenwerte stehen auf einem 100 m x 100 m Raster für die gesamte Region zur Verfügung, sodass sich z. B. Nutzungsänderungen gegenüber einem definierten Ausgangszustand quantitativ messen und abbilden lassen.

Die Indikatoren sind technisch in einer PostgreSQL-Datenbank mit Anbindung an QGIS-Desktop hinterlegt. Alle Projektpartner und Kommunen können die Indikatoren als einheitliche Basis kostenfrei u. a. für Flächennutzungsentscheidungen nutzen.

Zur Modellierung potenzieller Wohnbauflächen und zur Bewertung der Auswirkungen auf die Landwirtschaftsflächen sowie auf Natur und Landschaft in der Region werden von den 20 Indikatoren lediglich diejenigen genutzt, mit denen sich einerseits die Auswirkungen der Flächenumwidmung auf die Landwirtschaft und auf Natur und Landschaft sowie andererseits die Qualität der neuen Wohnbauflächenstandorte analysieren und beurteilen lassen. Dazu werden neben den fünf Einzelindikatoren des Handlungsfeldes Landwirtschaft zwei Indikatoren aus dem Bereich Natur und Landschaft sowie die SPNV<sup>1</sup>-Erreichbarkeit und die Versorgungsqualität von Siedlungsflächen ausgewählt.

<sup>1</sup> SPNV: Schienengebundener Personennahverkehr



Abb. 1: Indikatorenset für die Analyse und Bewertung der Landnutzung  
(Quelle: eigene Darstellung)

Mit dem Landnutzungsmodell soll die Frage beantwortet werden, welche alternativen Entwicklungspfade für die Siedlungsstruktur in der Region denkbar sind und welche Auswirkungen die damit einhergehenden Flächeninanspruchnahmen auf die räumliche Struktur und die Landwirtschaft, auf Natur und Landschaft sowie auf die Erreichbarkeit und Versorgungssituation der potenziellen neuen Siedlungsstandorte haben werden.

Die Grundidee des Landnutzungsmodells folgt dem Ansatz der Mikro-Makro-Modellierung. Hierbei wird die angenommene Entwicklung hinsichtlich des Bedarfs an zusätzlichen Wohnflächen auf der Makroebene auf Grundlage von Standortfaktoren räumlich verortet. Die Umsetzung von Bevölkerungswachstum in Wohneinheiten und Siedlungsfläche wird dabei von Annahmen für die Szenarien z. B. hinsichtlich des Anteils der Innenentwicklung und der Bebauungsdichte gesteuert. Die Verteilung auf der Mikroebene berücksichtigt ferner Standortfaktoren, deren Einfluss empirisch bestimmt wird. Das Landnutzungsmodell benutzt hierfür einen Random Forest Klassifikator (Breimann 2001). Die Verteilung der Wohneinheiten erfolgt einzeln für jedes Jahr des Untersuchungszeitraums. Das Modell wurde auf alle vier Szenarien (Tab. 1) angewendet.

Der Zusammenhang zwischen erklärenden Variablen und der Eignung einer Fläche wurde mittels eines Random Forest Modells hergestellt. Der Ansatz verwendet die Mehrheitsentscheidung einer Vielzahl von Entscheidungsbäumen zur Vorhersage. Die einzelnen Entscheidungsbäume werden jeweils mit einer Teilmenge der erklärenden Variablen und einer Stichprobe der Eingangsdaten geschätzt, was zu einer robusteren Vorhersage führt (van Asselen, Verbürg 2013). Das Modell wurde anhand von Trainingsdaten aus vorausgegangenen Landnutzungserhebungen parametrisiert. Für die Vorhersage wird je verfügbarer Gitterzelle die Eignung für die Umwandlung in Siedlungsfläche angegeben (Blinn et al. 2022a und 2022b). Die Ergebnisse werden anhand ihrer Eignung absteigend sortiert. Aufgrund dieser Reihung wird dann der vorgegebene Bedarf an Siedlungseinheiten je Jahr realisiert. Nach jedem Zeitschritt wird die Siedlungsfläche aktualisiert und

das Jahr der Umwandlung vermerkt. Die Modellparameter und die wesentlichen Ergebnisse der vier Szenarien sind in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 1: Modellparameter und Modellierungsergebnisse der Szenarien „Weiter so“ und „Agri-urban“ im Zeitraum 2018-2040 (Quelle: eigene Berechnungen)

Szenarien	„Weiter so“ niedrige Dichte	„Weiter so“ hohe Dichte	„Agri-urban“ niedrige Dichte	„Agri-urban“ hohe Dichte
<b>Modellparameter</b>				
• Anteil Innenentwicklung	30 %	30 %	30 %	30 %
• Dichte: WE/ha	30	50	30	50
• Flächenkulisse	Landwirtschaftsflächen außerhalb von NSG, FFH und HQ100-Gebieten <sup>2</sup>			
<b>Restriktion</b>			Ausschluss der höchstwertigsten Landwirtschaftsflächen (Indikator Landwirtschaft Stufe 5)	
<b>Ergebnisse</b>				
• Gesamtflächeninanspruchnahme 2018-2040	3 266 ha	1 978 ha	3 266 ha	1.978 ha
• darunter Inanspruchnahme von Flächen...				
...mit besonderer ökologischer Funktion (Stufe 4 und 5)	989 ha	480 ha	481 ha	264 ha
... mit Bedeutung für regionale Verantwortungsarten (Stufe 4 und 5)	1 245 ha	765 ha	1 207 ha	680 ha
... mit hoher Bedeutung für die Landwirtschaft (Gesamtindikator Stufe 5)	1 952 ha	1.056 ha	0 ha	0 ha
• Neue Wohneinheiten	97 980	98 900	97 980	98 900
• Anteil Wohneinheiten mit fußläufiger Erreichbarkeit des SPNV 2040 (2018: 69,6 %)	Gesamtregion: 67,2 % Neubau: 46,6 %	Gesamtregion: 67,7 % Neubau: 53,1 %	Gesamtregion: 66,5 % Neubau: 40,0 %	Gesamtregion: 67,1 % Neubau: 47,0 %
• Anteil Wohneinheiten mit Versorgungsindex 2040 Stufe 4 und 5 (2018: 64,0 %)	Gesamtregion: 61,1 % Neue Siedlungsflächen: 36,5 %	Gesamtregion: 61,0 % Neue Siedlungsflächen: 35,8 %	Gesamtregion: 59,9 % Neue Siedlungsflächen: 25,0 %	Gesamtregion: 60,5 % Neue Siedlungsflächen: 32,5 %

Die Modellierung der beiden Szenarien „Weiter so“ und „Agri-urban“ im Zeitraum 2018-2040 mit jeweils geringer Dichte (30 Wohneinheiten pro ha) und hoher Dichte (50 Wohneinheiten pro ha) soll Informationen über die Effekte unterschiedlicher qualitativer und quantitativer Ansätze für die Siedlungsentwicklung liefern. Dabei werden beim Szenario „Weiter so“ die bisherigen Ansätze der Siedlungsentwicklung auch in der Zukunft beibehalten, während beim Szenario „Agri-urban“ der Schutz der hochwertigsten

<sup>2</sup> NSG: Naturschutzgebiet; FFH: Fauna-Flora-Habitat-Gebiet; HQ100-Gebiet: Fläche, die im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren überflutet wird

landwirtschaftlichen Standorte und Flächen im Fokus steht. Die Bewertung erfolgt anhand von Indikatoren für die Kriterien gemäß Abbildung 1.

Die quantitative und qualitative Bewertung der Flächeninanspruchnahmen für Siedlungs- und Verkehrszwecke erfolgt nachfolgend hinsichtlich der räumlichen Verteilung sowie anhand der ausgewählten Indikatoren für die Handlungsfelder „Landwirtschaft“, „Natur und Landschaft“ und „Wohnen und Lebensqualität“.

### 3 Resultate der Landnutzungsmodellierung

#### 3.1 Potenzielle Siedlungsflächenmuster

Die räumlichen Muster und Verteilungen potenzieller Siedlungsflächen in den untersuchten vier Szenarien zeigen, dass das Modell entsprechend den normativ gesetzten Parametern die bisherigen räumlichen Planungsansätze für den Szenariozeitraum 2018-2040 adaptiert (Abb. 2).

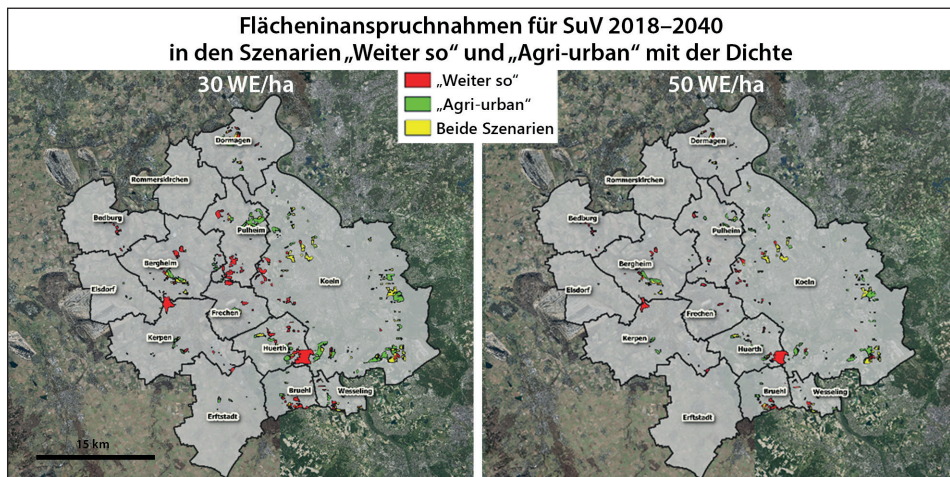


Abb. 2: Flächeninanspruchnahmen für SuV 2018-2040 in den Szenarien „Weiter so“ und „Agri-urban“ mit der Dichte 30 WE/ha und 50 WE/ha (Quelle: eigene Darstellung)

Erwartungsgemäß sinkt die Flächeninanspruchnahme in beiden Szenarien mit der Erhöhung der Wohndichte (WE/ha). Allerdings wirkt sich die Veränderung der Wohndichte zusätzlich auf die räumliche Allokation der neuen Siedlungsflächen aus.

Betrachtet man die Szenarien „Agri-urban“ mit dem Ausschluss landwirtschaftlicher Flächen mit dem Gesamtindikator Stufe 5 im Vergleich zu den „Weiter so“-Szenarien, so fallen zwei Unterschiede auf. Zum einen eine stärkere Fragmentierung der Siedlungsfläche über die gesamte Region, zum anderen der überproportionale Zuwachs an Siedlungsflächen im Stadtgebiet von Köln. Die Neuausweisung von Siedlungsflächen erfolgt



in diesen Szenarien vor allem auf Agrarflächen im rechtsrheinischen Bereich im südlichen und östlichen Stadtgebiet von Köln. Diese Effekte der Verlagerung und der weiteren Fragmentierung für die Region in den „Agri-urbanen“ Szenarien resultieren aus dem restriktiven Schutz der besonders hochwertigen Ackerflächen, die in diesen Szenarien nicht umgewidmet werden dürfen. Dadurch entfallen zahlreiche siedlungsnahe Standorte als mögliche Siedlungsflächen. Die neu ausgewiesenen Siedlungsflächen sind signifikant kleiner und damit zahlreicher sowie dezentraler in der Region verteilt als beim „Weiter so“-Szenario. Es ist daher festzustellen, dass ein restriktiver Schutz hochwertiger landwirtschaftlicher Flächen zu nachteiligen Auswirkungen auf die Landschaft führt und die Zersiedelung in der Region erheblich verstärkt.

### **3.2 Wirkungen für die Inanspruchnahme von Landwirtschaftsflächen**

Beim „Agri-urbanen“ Szenario werden die besonders bedeutsamen Flächen für die Landwirtschaft (Indikatorstufe 5) ausgeschlossen, sodass die negativen Effekte auf die Landwirtschaft geringer ausfallen. Trotz identischer Gesamtflächeninanspruchnahme (3 266 bzw. 1 978 ha) werden lediglich die Flächen mit der geringeren Wertigkeit aus Sicht der Landwirtschaft in Anspruch umgewidmet. Beim „Weiter so“-Szenario ist äußerst kritisch zu sehen, dass hier mit 1 952 ha rund 60 % der künftigen Siedlungsflächen bei geringer Wohnungsdichte von lediglich 30 WE/ha auf Flächen mit einer hohen Bedeutung für die Landwirtschaft entstehen. Im „Weiter so“-Szenario mit einer Dichte von 50 WE/ha sind es mit 1 056 ha immerhin noch knapp über die Hälfte der Flächen.

Angesichts der qualitativen Effekte der Flächeninanspruchnahme werden die Landwirtschaftsflächen nach Acker und Dauergrünland unterschieden. So führen die Szenarien mit „hoher Dichte“ gegenüber den weniger dichten Szenarien zu einer signifikanten Reduktion der Siedlungsflächenneuanspruchnahme auf Dauergrünlandflächen. Aufgrund der Bedeutung des Dauergrünlandes für den biotischen und abiotischen Ressourcenschutz und angesichts des bisherigen Verlustes dieses Flächentyps in den letzten 20 Jahren in NRW ist das Resultat als äußerst positiver Effekt zu beurteilen.

### **3.3 Effekte für Natur und Landschaft**

Um die Auswirkungen auf Natur und Landschaft darzustellen, wurden die Teilindikatoren „Flächen mit besonderer ökologischer Funktion“ sowie „Flächen mit Bedeutung für regionale Verantwortungsarten“ mit den jeweiligen prognostizierten Siedlungsflächen verschnitten (Blinn et al. 2022a u. 2022b). Generell gehen in allen Szenarien für Natur und Landschaft bedeutsame Flächen verloren. Bei den für regionale Verantwortungsarten bedeutsamen Freiflächen sind zwischen den Szenarien regional kaum signifikante Unterschiede festzustellen. Immerhin 34 % bzw. 39 % der neuen Siedlungsflächen entstehen auf derartigen Flächen, sodass in allen Szenarien eine Beeinträchtigung

schutzbedürftiger Tierarten zu erwarten ist. Bei der Inanspruchnahme von Flächen mit besonderer ökologischer Funktion für SuV lassen sich allerdings deutliche Unterschiede erkennen. So werden bei den „dichten“ Szenarien erheblich weniger ökologisch bedeutsame Flächen umgewidmet. Darüber hinaus sind die „Agri-urbanen“ Szenarien aus gesamtregionaler Sicht deutlich ökologisch verträglicher und nehmen im Vergleich zu den „Weiter so“-Szenarien lediglich halb so viele Flächen mit besonderer ökologischer Funktion in Anspruch.

Quantitativ fällt der Verlust von Flächen mit mittleren bis hohen ökologischen Werten (Stufen 3, 4 und 5 des Indikators „Besondere ökologische Funktion“) in Bezug auf die gesamte Region vergleichsweise gering aus. Allerdings ist die räumliche Verlagerung und damit der Zuwachs an potenziellen Siedlungsflächen in den beiden „Agri-urbanen“ Szenarien im rechtsrheinischen Bereich auf dem Stadtgebiet Kölns aus ökologischer Sicht kritisch zu beurteilen. Für die Metropole ist die Flächeninanspruchnahme sowohl aus quantitativer als auch aus qualitativer Sicht besonders schwerwiegend. Bei den möglichen neuen Siedlungsflächen der „Agri-urbanen“ Szenarien handelt es sich um wichtige Trittsteine innerhalb des lokalen und überregionalen Biotopverbundes und um Lebensraumbestandteile für Verantwortungsarten nach Anhang IV der FFH-Richtlinie sowie teilweise um die letzten verbliebenen hochwertigen Freiflächen in der Stadtregion. Anders stellt sich diese Situation in den „Weiter so“-Szenarien dar. Hier werden zwar mehr landwirtschaftlich hochwertige Flächen in Anspruch genommen, jedoch sind die Nutzungskonflikte regional gleichmäßiger verteilt und treten im Stadtgebiet von Köln lediglich in geringerem Umfang und weniger intensiv auf. Die grundsätzlichen ökologischen und landschaftlichen Wirkungen einer derartigen zunehmenden Fragmentierung der Landschaft sind seit Langem bekannt (statt vieler Jaeger et al. 2005). Welche lokalen negativen Effekte die fortschreitende Zersiedlung und Zerschneidungen der Landschaft in quantitativer und qualitativer Sicht haben, sollte indessen in weiteren Studien untersucht werden.

### **3.4 Erreichbarkeit und Versorgung der neuen potenziellen Wohnbauflächen**

Die Qualität der möglichen zukünftigen Wohnbauflächen wird bei allen vier Szenarien anhand der Indikatoren „Anteil Wohneinheiten mit fußläufiger Erreichbarkeit des SPNV“ und „Anteil Wohneinheiten mit Versorgungsindex Stufe 4 und 5“ analysiert und beurteilt. Beide Indikatoren basieren indessen hinsichtlich der SPNV-Infrastruktur und der Versorgungseinrichtungen auf dem Status quo, bilden also diesbezüglich den Ist-Zustand ab. Weder die Errichtung von zusätzlichen Einzelhandelsgeschäften oder Supermärkten noch der Ausbau des SPNV mit zusätzlichen Haltepunkten an den möglichen neuen Siedlungsstandorten über die derzeitigen Planungen bis etwa 2030 hinaus werden berücksichtigt.

Sowohl hinsichtlich der Versorgungsqualität als auch des Zugangs zum SPNV weisen beide „Agri-urbanen“ Szenarien niedrigere Indikatorwerte als die „Weiter so“-Szenarien auf. Ursache hierfür ist, dass die Siedlungsflächen in den „Agri-urbanen“ Szenarien aufgrund des Ausschlusses besonders bedeutsamer landwirtschaftlicher Flächen stärker fragmentiert und in größerer mittlerer Entfernung zu den bestehenden Siedlungen und damit auch zu den vorhandenen Einrichtungen liegen. Aufgrund der geringen Größe der einzelnen Flächenfragmente in den „Agri-urbanen“ Szenarien, insbesondere in den westlichen Bereichen der Projektregion, scheint eine nachträgliche Erschließung mit neuen SPNV-Haltestellen aus wirtschaftlichen Gründen nicht zweckmäßig zu sein. Aus diesem Grund wurde mit Hilfe der GTFS<sup>3</sup>-Daten des VRS (Verkehrsverbund Rhein-Sieg) grob geprüft, ob eine regelmäßige Erschließung mit sonstigen ÖPNV-Bedarfsträgern vorliegt. Dabei wurde festgestellt, dass einige potenzielle Siedlungsstandorte außerhalb der Hauptverkehrszeit im Umkreis von 2,5 km keine Haltestellen mit einer stündlichen Bedienung in der Woche oder einer mindestens zweistündlichen Bedienung am Wochenende aufweisen.

#### 4 Wesentliche Erkenntnisse und Ausblick

Das entwickelte Landnutzungsmodell liefert valide Entscheidungsgrundlagen für die Standorte künftiger Wohnsiedlungsflächen in der Region und für konkrete Flächenausweisungen in den Kommunen. Das Modell kann anhand geeigneter Trainingsdaten die Trends der Siedlungsflächenentwicklung der vergangenen Jahrzehnte daher offensichtlich plausibel abbilden und auch in die Zukunft extrapolieren. Die empirischen Ergebnisse des Landnutzungsmodells für das „Weiter so“-Szenario zeigen, dass sich die prognostizierten Siedlungsflächen tatsächlich an bisherigen planerischen Grundsätzen orientieren und daher im Sinne der gewählten Modellparameter des jeweiligen Szenarios realistisch verortet sind. Die räumliche Nähe zu bestehenden Verkehrsinfrastrukturen und Nahversorgungseinrichtungen spielt dabei eine zentrale Rolle.

Es wird deutlich, dass sich der Schutz einzelner natürlicher Ressourcen als ein wesentliches Ziel nachhaltiger Entwicklung durch entsprechende Restriktionen zwar erreichen ließe. Allerdings entstehen dadurch erhebliche neue Konflikte mit der nachhaltigen Landnutzung. Analog zum Pareto-Optimum ist es daher nicht möglich, den Schutz von Landwirtschaftsflächen zu verbessern, ohne zugleich andere natürliche Ressourcen oder nachhaltigkeitsrelevante Strukturen (z. B. Fragmentierungsgrad der Landschaft, Kompaktheit von Siedlungen) zu verschlechtern (Blinn et al. 2022a u. 2022b). Werden die Modellannahmen zugunsten eines Indikators verändert, so hat dies negative Auswirkungen auf die anderen Indikatoren. Der Schutz von hochwertigen landwirtschaftlichen Flächen führt zu erhöhter Fragmentierung und Zersiedelung und geht zu Lasten

<sup>3</sup> <https://gtfs.de/>

bedeutsamer Naturräume. Siedlungserweiterungen im „Weiter so“-Szenario erweisen sich trotz der wenig ausgeprägten dezentralen Konzentration im Vergleich zum „Agriurbanen“ Szenario zwar infrastrukturell effizienter, führen indessen aus umweltökonomischer Gesamtsicht ebenfalls zu erheblichen externen Kosten.

Es bedarf daher einer integrierten Gesamtbetrachtung bei der Auswahl und Setzung der Modellparameter. Zudem sind weitere konzeptionelle Ansätze und Szenarien zu entwickeln und hinsichtlich der Auswirkungen zu analysieren, um die negativen Auswirkungen notwendiger neuer SuV auf Landwirtschaftsflächen und auf Natur und Landschaft zu minimieren. Dazu gehören die Erhöhung der Wohndichte sowie die Forcierung der Innenentwicklung im Bestand. Beide Ansätze verringern den Neubedarf an SuV und damit neue Landnutzungskonflikte und -konkurrenzen.

Aus methodischer Sicht ist festzustellen, dass das Modell zur Unterstützung von Flächenentscheidungen auf der Ebene der Region und einzelner Kommunen verwendet werden kann. Es können die Auswirkungen alternativer planerischer Flächenentscheidungen und stadtentwicklungspolitischer Ziele für die Flächennutzung simuliert und visualisiert werden. Eine Beschränkung auf die mit den Kommunen abgestimmten relevanten Indikatoren und auf die frei verfügbaren raumbezogenen Daten für die Modellierung der Landnutzung, von denen je nach Szenario auch eine Auswahl verwendet werden kann, führt zu einer Robustheit des Modells und Nachvollziehbarkeit der Simulationsergebnisse. Hinzu kommen der Bezug der Daten auf ein flächendeckendes einheitliches räumliches Raster sowie die evidenten Modellannahmen zur Flächenumwidmung, die eine Modellierung unabhängig von kommunalpolitischen Grenzen erlauben. Diese Eigenschaften erhöhen die Praxistauglichkeit für die kommunale Anwendung wesentlich.

Die Anwendung des Landnutzungsmodells kann die Regionalentwicklung bei der Implementierung einer nachhaltigen Landnutzung auf regionaler Ebene erheblich unterstützen. So führen die Verwendung der gemeinsamen Datengrundlagen sowie eine zwischengemeindliche Vereinbarung gemeinsamer Standards (z. B. Schutzregime für ökologische Ressourcen) in diesem Modell zu einer interkommunal abgestimmten und damit impliziert zu einer integrierten Entwicklung der SuV und zugleich zum Schutz natürlicher Ressourcen und von Landwirtschaftsflächen im Sinne einer nachhaltigen Landnutzung. Ob diese Wirkungen eintreten, hängt freilich neben der Festlegung von Schutzregimen auch von konsistenten Planungsentscheidungen und vom stringenten Einsatz effizienter bodenpolitischer Instrumente ab.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass bereits die bisherigen Analyseergebnisse einen erheblichen Bedarf zur Weiterentwicklung vorhandener und zur Konzeption neuer landwirtschaftsflächen-sensibler Siedlungsformen in Agrarlandschaften erkennen lassen.

## 5 Literatur

- Blinn, M.; Fischer, A.; Lautenbach, S.; Weiß, D.; Grade, J.; Heyn, T.; Abraham, Th.; Lennartz, F.; Kötter, T. (2022a): Szenarien zur Landnutzung in dynamischen Stadtregionen – Ansätze und Potenziale für agri-urbane Entwicklungen am Beispiel der Region Köln. In: *zfv* 5/2022 147. Jg. (im Druck)
- Blinn, M.; Lautenbach, S.; Grade, J.; Lennartz, G.; Fischer, A.; Weiss, D.; Kötter, T. (2022b): How to grow? – Modelling land use change to develop sustainable pathways for settlement growth in the hinterland of Cologne, Germany, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-4/W1-2022: 67-72.  
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-67-2022>
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Landwirtschaftliche Flächenverluste.  
<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/flaechennutzung-und-bodenmarkt/flaechenverluste-landwirtschaft.html> (Zugriff: 01.07.2022).
- Breiman, L. (2001): Random Forests. In: *Machine Learning*, 45 (1): 5-32.
- Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021.  
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/nachhaltigkeitsstrategie-2021-1873560> (Zugriff: 01.07.2022).
- Burgdorf, M.; Krischausky, G.; Müller-Kleißler, R. (2015): Indikatoren zur Nahversorgung. Erreichbarkeit von Gütern und Dienstleistungen des erweiterten täglichen Bedarfs. Hrsg. v. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. BBSR-Analysen KOMPAKT 10/2015.
- Destatis (2022): Statistisches Bundesamt, Flächennutzung in Deutschland.  
[https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/_inhalt.html). (Zugriff: 21.09.2022).
- Goetzke, R.; Schlump, C.; Hoymann, J.; Beckmann, G.; Dosch, F. (2014): Flächenverbrauch, Flächenpotenziale und Trends 2030. Hg. v. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). BBSR-Analysen KOMPAKT 7/2014.
- Jaeger, J.; Grau, S.; Haber, W. (2005): Landscape dissection: From the identification of the problem to the handling of it. In: *GAIA: Ökologische Perspektiven in Natur-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften*, 14 (2): 81-81.
- Lohrberg, F. (2001): Stadtnahe Landwirtschaft in der Stadt- und Freiraumplanung. Ideengeschichte, Kategorisierung von Konzepten und Hinweise für die zukünftige Planung. Diss., Universität Stuttgart.  
[https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/31/1/part\\_1.pdf](https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/31/1/part_1.pdf). (Zugriff: 01.07.2022).
- Schmidt, C. (2017): Den Landschaftswandel gestalten... Nur wie? In: Wende, W.; Walz, U. (Hrsg.): *Die räumliche Wirkung der Landschaftsplanung*. Springer Spektrum, Berlin: 111-132.

- Siedentop, S. (2005): Urban Sprawl – verstehen, messen, steuern. Ansatzpunkte für ein empirisches Mess- und Evaluationskonzept der urbanen Siedlungsentwicklung. In: *disP – The Planning Review*, 41 (160): 23-35.
- Sieverts, T. (1997): *Zwischenstadt. Zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit, Stadt und Land*. Vieweg Verlag, Braunschweig.
- UBA – Umweltbundesamt (2022): *Flächensparen – Böden und Landschaften erhalten*. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten>. (Zugriff: 01.07.2022).
- Van Asselen, S.; Verburg, P. H. (2013): Land cover change or land-use intensification: simulating land system change with a global-scale land change model. *Global Change Biology* 19: 3648-3667.
- Weiß, D.; Grade, J.; Lennartz, G.; Toschki, A.; Blinn, M. (2020): Strategische Anwendung von Nachhaltigkeitsindikatoren für die Siedlungsentwicklung im Stadt Umland Netzwerk. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring XII mit Beiträgen zum Monitoring von Ökosystemleistungen und SDGs*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 78: 205-213.
- Weiß, D.; Rehorst, F.; Kötter, T. (2019): Nachhaltigkeitsindikatoren für die stadtregionale Entwicklung. In: *REAL CORP 2019 Proceedings*. [https://programm.corp.at/cdrom2019/papers2019/CORP2019\\_74.pdf](https://programm.corp.at/cdrom2019/papers2019/CORP2019_74.pdf) (Zugriff: 01.07.2022).



# Projekt Nachhaltiges Flächenmanagement des Landes Schleswig-Holstein

Axel Hilker

## Zusammenfassung

Die Landesregierung Schleswig-Holstein hat sich das Ziel gesetzt, die Neuinanspruchnahme von Freiflächen bis 2030 auf unter 1,3 Hektar pro Tag zu verringern. Diese Zielgröße ist im neuen Landesentwicklungsplan (Fortschreibung 2021) als Grundsatz der Raumordnung normiert.

Um den Landesentwicklungsplan mit konkreten Maßnahmen zu unterlegen, hat die Landesregierung das Projekt Nachhaltiges Flächenmanagement auf den Weg gebracht. Insgesamt 30 Millionen Euro und sieben Planstellen stehen bis Ende 2026 auf der Landesebene für das Projekt zur Verfügung. Ergänzt werden diese durch einen „Baulandfonds“ mit einem Kreditvolumen von bis zu 100 Millionen Euro bei der Investitionsbank Schleswig-Holstein. Das Projekt verfolgt drei strategische Ansätze: flächensparendes Bauen (Vermeidung), Aktivierung von Baulücken und Innenentwicklungspotenzialen (Mobilisierung) und verstärktes Recycling brachliegender Flächen (Revitalisierung) statt Neubau auf der grünen Wiese.

**Schlagwörter:** Nachhaltiges Flächenmanagement, Flächenrecycling, Innenentwicklung, Baulandfonds.

## 1 Einführung

Die Flächenneuanspruchnahme ist auch im Bundesland Schleswig-Holstein besorgniserregend. Seit 1992 sind hier rund 75 000 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche verloren gegangen. Im selben Zeitraum hat die Siedlungs- und Verkehrsfläche um 22 % zugenommen.

Am 8. September 2021 hat das Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein den jährlichen Bericht „Bodenflächen in Schleswig-Holstein nach Art der tatsächlichen Nutzung“ für das Jahr 2020 herausgegeben (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2021). Danach ist die Neuinanspruchnahme von Freiflächen deutlich angestiegen. Im Jahr 2019 betrug der gleitende Vierjahresdurchschnitt in Schleswig-Holstein 2,30 Hektar pro Tag. Im Jahr 2020 betrug der gleitende Vierjahresdurchschnitt in Schleswig-Holstein 3,51 Hektar pro Tag. Der jährliche Zuwachs von 2019 bis 2020 lag sogar bei 5,77 Hektar pro Tag. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche wuchs in diesem Zeitraum um insgesamt 2 105 Hektar. Wesentliche Treiber der Neuinanspruchnahme waren Wohnbauflächen, Gewerbe- und Industrieflächen sowie Straßenverkehrsflächen.



Die Landesregierung Schleswig-Holstein verfolgt das Ziel, die Flächenneuanspruchnahme deutlich zu senken und entsprechend seiner Flächengröße seinen Beitrag zum bundesweiten Nachhaltigkeitsziel zu leisten, die Flächenneuanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr auf bundesweit unter 30 Hektar pro Tag zu reduzieren. Dazu soll in Schleswig-Holstein bis 2030 die tägliche Flächenneuanspruchnahme durch Siedlungs- und Verkehrsflächen auf unter 1,3 Hektar pro Tag abgesenkt werden. Diese Zielgröße ist im neuen Landesentwicklungsplan (LEP, Fortschreibung 2021) als Grundsatz der Raumordnung normiert. Laut LEP soll langfristig bis 2050 eine Flächenkreislaufwirtschaft dazu führen, dass das Verhältnis von Siedlungs- und Verkehrsflächen in Bezug zu Freiflächen sowie land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen gleichbleibt.

Zur Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme gilt schon heute als Ziel der Raumordnung (und damit bindend für Regional- und Bauleitplanung) der Vorrang der Innen- vor der Außenentwicklung bei der Siedlungsentwicklung. Zur weiteren Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme bedarf es eines Bündels an Maßnahmen:

- Mobilisierung von Bauland und Gebäuden im Bestand,
- Begrenzung und Steuerung der Flächenneuanspruchnahme sowie
- Effizienzsteigerung der Flächennutzung.

Um die Flächenneuausweisung auf das erforderliche Mindestmaß zu reduzieren und den (Flächen-)Markt von permanentem Wachstum in Richtung einer weitgehenden Flächenkreislaufwirtschaft auszurichten, gilt es, kommunale Maßnahmen zur Revitalisierung bzw. Umstrukturierung von im Bestand befindlichen Flächen durch geeignete Anreizmaßnahmen zu unterstützen sowie Fehlanreize oder Hemmnisse für derartige Umstrukturierungen abzubauen.

Mit Kabinettsbeschluss vom 12. Januar 2021 hat die Landesregierung Schleswig-Holstein das Projekt Nachhaltiges Flächenmanagement auf den Weg gebracht, um den Landesentwicklungsplan mit konkreten Maßnahmen zu unterlegen. Insgesamt 30 Millionen Euro und sieben Planstellen stehen bis Ende 2026 auf der Landesebene für das Projekt zur Verfügung.

## 2 Handlungsstränge und Maßnahmen

Im Projekt Nachhaltiges Flächenmanagement bündelt und verstärkt das Land Schleswig-Holstein die – teilweise bereits seit vielen Jahren bestehenden – Aktivitäten für eine nachhaltige Flächennutzung. Um Doppelstrukturen zu vermeiden und sicherzustellen, dass Maßnahmen und Förderlinien ineinandergreifen, arbeiten Fachleute aus dem Innen-, Umwelt- sowie Wirtschaftsministerium im Projekt eng zusammen. Die Federführung für das Projekt liegt in der Abteilung Landesplanung und ländliche Räume. Aufgaben des Kernprojekts sind – neben der Projektkommunikation – die Koordinierung

der Teilprojekte aller beteiligten Ressorts und des noch aufzubauenden kommunalen Netzwerks Flächenmanagement.

Die Maßnahmen des Projekts richten sich vor allem an die Städte und Gemeinden des Landes. Sie sind die entscheidenden Akteure, um eine flächensparende Entwicklung vor Ort voranzubringen. Die Maßnahmen lassen sich den folgenden drei Handlungssträngen zuordnen.

## 2.1 Handlungsstrang Planung und Monitoring

Die Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme soll auf allen Planungsebenen eine stärkere Berücksichtigung finden. Der Landesentwicklungsplan wurde auf der Grundlage der Landesentwicklungsstrategie Schleswig-Holstein 2030 fortgeschrieben und die Berücksichtigung der Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme in der Planung gestärkt. Das Ziel der Landesregierung, den täglichen Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsflächen bis 2030 auf unter 1,3 Hektar pro Tag abzusenken, wurde im Teil A des Plans als erklärtes Ziel einer nachhaltigen Landesentwicklung festgeschrieben sowie im Teil B als Grundsatz der Raumordnung rechtlich normiert.

Um den Zielkonflikt zwischen Flächensparen und notwendigem Wohnungsbau zu lösen, setzt der Landesentwicklungsplan auf den Vorrang der Innenentwicklung (Kap. 3.9 Städtebauliche Entwicklung). Als Ziel der Raumordnung ist dort definiert: „Die Innenentwicklung hat Vorrang vor der Außenentwicklung. Vorrangig sind bereits erschlossene Flächen im Siedlungsgefüge zu bebauen. Bevor Kommunen neue, nicht erschlossene Bauflächen ausweisen, ist von ihnen aufzuzeigen, inwieweit sie noch vorhandene Flächenpotenziale ausschöpfen können. [...] Innenentwicklung umfasst zudem die Nutzung von Brachflächen und leerstehenden Gebäuden sowie andere Nachverdichtungsmöglichkeiten. Im Geltungsbereich wirksamer Flächennutzungspläne sind darüber hinaus Reserveflächen in städtebaulich integrierten Lagen zu überprüfen. [...]“ (LEP SH 2021: 145).

Der Landesentwicklungsplan ist Grundlage und Richtschnur für die darunterliegenden Planungsebenen. Mit der Bekanntgabe der Planungsabsichten am 21. Februar 2022 im schleswig-holsteinischen Amtsblatt sind Verfahren zur Neuaufstellung der drei Regionalpläne offiziell eingeleitet worden. Diese werden auch die Ziele und Grundsätze der flächensparenden Entwicklung berücksichtigen und für die kommunale Ebene konkretisieren.

Konkretes Flächenmanagement ist in erster Linie Aufgabe der Städte und Gemeinden, die als Trägerinnen der Planungshoheit Flächen ausweisen und Nutzungsformen bestimmen können. Im Rahmen eines nachhaltigen Flächenmanagements werden Baulücken, Brachen oder untergenutzte Flächen im Siedlungsgebiet systematisch erfasst,

hinsichtlich ihrer Potenziale für eine (Wieder-)Nutzung bewertet und dokumentiert. Die Übersicht der Potenzialflächen kann anschließend den Flächenbedarfen einer Kommune gegenübergestellt werden. Sie ist damit wesentlicher Bestandteil einer vorausschauenden kommunalen Boden(vorrats)politik. Als Grundlage der Bauleitplanung entstehen belastbare Konzepte für die Mobilisierung der erfassten Flächen, in denen kommunale Zielsetzungen mit privaten Vorstellungen in Einklang gebracht sind.

Ziel des Projektes ist es außerdem, ein landesweit einheitliches Flächenmanagement-Kataster (FMK) in Form einer Internet-Plattform aufzubauen, die vor allem Kommunen zur Verfügung stehen soll. Im FMK sollen bereits bestehende Ansätze zur Erfassung von Innenentwicklungspotenzialen, Brachflächen und Baulandreserven zusammengeführt und dort zukünftig in einheitlicher Art und Weise vervollständigt werden.

Die Zielerreichung und Maßnahmen zur Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme werden zukünftig fortlaufend überprüft und ggf. angepasst. Insbesondere wird ein Monitoring der Flächenneuanspruchnahme in Schleswig-Holstein erfolgen. Gemäß § 22 des Landesplanungsgesetzes wird die Landesregierung zudem dem Landtag – und damit zugleich der Öffentlichkeit – alle drei Jahre einen ausführlichen Bericht zur Flächenneuanspruchnahme vorlegen. Sollte der Flächenverbrauch im Berichtszeitraum nicht wie anteilig erforderlich zurückgehen, wird der Bericht um mögliche weitere Maßnahmen zur Reduktion des Flächenverbrauches ergänzt.

## **2.2 Handlungsstrang Information und Koordinierung**

Um zielgerichtet die verschiedenen Akteure zu erreichen, wird das Thema Flächenneuanspruchnahme gebündelt und verbessert kommuniziert. Informations- und Aufklärungsmaßnahmen, die sich an die breite Öffentlichkeit wenden, sind genauso notwendig wie die Förderung des Problembewusstseins politischer Entscheidungsträger und sonstiger wichtiger Akteure auf Bundes-, Landes- und vor allem kommunaler Ebene. Das Projekt „Nachhaltiges Flächenmanagement“ dient als zentraler Ansprechpartner für die Kommunen für Maßnahmen, Aktivitäten und Förderprogramme zur Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme.

Durch Initiierung eines Landesnetzwerks zum kommunalen Flächenmanagement soll noch stärker als bisher für die Notwendigkeit des Boden- und Flächensparens sensibilisiert werden. Das Land fördert Personal- und Sachkosten für Flächenmanager\*innen auf Kreisebene, die die Gemeinden unterstützen, Flächen zu erfassen, zu bewerten und zu mobilisieren.

Der Dialog mit den Akteuren wird für zielgerichtete Maßnahmen verstärkt und die Bildung eines Forums zur Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme unter Einbindung des Landes, der Kommunen, der Bau- und Immobilienwirtschaft, des Naturschutzes und der Landwirtschaft sowie weiterer Interessensvertretungen angestrebt.

## 2.3 Handlungsstrang Förderung

Das Erreichen der flächenpolitischen Ziele der Landesregierung erfordert eine kohärente und zielgerichtete Steuerung durch Mobilisierung von Flächen im Bestand und Steigerung der Effizienz der Flächennutzung. Dafür bedarf es weiterer Anreizmaßnahmen, damit die Steuerung der Flächenneuinanspruchnahme noch zielgenauer ausgestaltet werden kann.

Das Innenministerium fördert (anteilige) Sachkosten nicht-investiver Maßnahmen der Kommunen, insbesondere Drittleistungen, wie sie durch Planungsbüros erbracht werden, sofern diese nicht bereits gesetzlich verpflichtend sind oder aus anderen Förderprogrammen zuwendungsfähig wären. Gegenstand der Förderung können beispielsweise Aktivitäten zur digitalen Erfassung von Flächen im landesweiten Flächenmanagementkataster sein, Visualisierungen zur baulichen Nutzung von Innenentwicklungspotenzialen oder Moderationsprozesse in der informellen Bürgerbeteiligung.

Über einen sogenannten „Aktiven Baulandfonds“ sollen Kommunen unterstützt werden, sich auch an kostenintensive Projekte zur (Re-)Aktivierung von Flächen im Innenbereich heranzuwagen, also dort, wo bereits eine zusammenhängende Bebauung existiert und die Erschließung gesichert ist. Ziel ist die Schaffung von Wohnraum und gemischt genutzten Quartieren auf bisher brachliegenden oder untergenutzten Flächen.

Das Umweltministerium fördert die Altlastensanierung und die Flächenrevitalisierung insbesondere in stark überprägten urbanen Räumen. Ziel ist es, umweltschädliche Altlasten zu sanieren sowie versiegelte und mindergenutzte Flächen durch eine ökologische Aufwertung zu revitalisieren.

Das Wirtschaftsministerium fördert die Revitalisierung von Gewerbeflächen. Damit soll die Wiederherrichtung von brachliegendem Industrie- und Gewerbegebiete erreicht werden, um den Bedarf an neuen Gewerbeflächen zu verringern. Dies betrifft auch die Beseitigung von Altanlagen und Altlasten, soweit sie für eine wirtschaftliche Nachnutzung erforderlich und wirtschaftlich vertretbar ist.

## 3 Fazit

Im Projekt Nachhaltiges Flächenmanagement bündelt und verstärkt das Land Schleswig-Holstein die - teilweise bereits seit vielen Jahren bestehenden - Aktivitäten für eine nachhaltige Flächennutzung. Im Vordergrund stehen zwei Ziele:

- die messbare Reduzierung des Wachstums der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Land auf unter 1,3 Hektar pro Tag bis 2030 und
- die sichtbare Erhöhung des Umfangs des Flächenrecyclings in Schleswig-Holstein.

Beide Ziele sind ambitioniert, ihre Erreichung wird nicht selbstverständlich sein.

Der Erfolg des Flächensparens und Flächenrecyclings wird maßgeblich davon abhängen, ob es gelingt, die Kommunen für die nachteiligen Folgen eines hohen Flächenverbrauchs zu sensibilisieren und sie für die Vorteile und Chancen einer sparsamen Flächenpolitik zu motivieren.

Die Arbeitshypothese des Projekts lautet, dass die Flächenbedarfe des Landes für Wohnen, Gewerbe und Infrastruktur weitgehend (und langfristig vollständig) durch die Hebung von Innenentwicklungspotenzialen und durch Flächenrecycling befriedigt werden können. Ob sich diese Hypothese bewahrheitet, wird die Zukunft zeigen.

## 4 Literatur

Ministerium für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung Schleswig-Holstein (Hrsg.) (2021): LEP – Landesentwicklungsplan Schleswig-Holstein – Fortschreibung 2021.

[https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/planen-bauen-wohnen/landesentwicklungsplan/landesentwicklungsplan\\_node.html](https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/planen-bauen-wohnen/landesentwicklungsplan/landesentwicklungsplan_node.html)  
(Zugriff: 23.09.2022).

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2021): Bodenflächen in Schleswig-Holstein am 31.12.2020 nach Art der tatsächlichen Nutzung. Statistische Berichte, Kennziffer: A V 1 – j 20 SH.

[https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Statistische\\_Berichte/andere\\_statistiken/A\\_V\\_1\\_S\\_gebiet\\_flaeche/A\\_V\\_1\\_j20\\_SH.pdf](https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Statistische_Berichte/andere_statistiken/A_V_1_S_gebiet_flaeche/A_V_1_j20_SH.pdf) (Zugriff: 23.09.2022).

Schleswig-Holsteinischer Landtag (2021): Landesprogramm zum Schutz der Böden und zum nachhaltigen Flächenmanagement. Drucksache 19/3020.

<https://www.landtag.ltsh.de/infotehek/wahl19/drucks/03000/drucksache-19-03020.pdf> (Zugriff: 23.09.2022).

# Wie viel wollen wir bauen? Ein konzeptioneller Ansatz zur Ermittlung des Wohnbauflächenbedarfs

*Anna Dunkl, Manuela Lagrange, Thorben Sell*

## Zusammenfassung

Der Wohnbauflächenbedarf pro Kopf ist gerade in ländlich geprägten Gebieten hoch, was zu (künftigen) Wohnraumüberhängen führen kann. Für eine flächensparende Siedlungsentwicklung ist eine Steuerung inklusive regionaler Abstimmung zur Neuausweisung von Wohnbauflächen durch die Regional- und Landesplanung unerlässlich. Landesweite und regionale Raumordnungspläne weisen jedoch eine differenzierte Herangehensweise bei der Definition von Wohnbedarfen auf und legen nur in der Ausnahme maximale Werte für die zu schaffenden Wohneinheiten oder die zu versiegelnde Fläche fest.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts Interko2 „Integriertes Wohnbauflächenkonzept in großstädtischen Wachstumsräumen“ wurde daher ein Konzept zur Ermittlung des regionalen Wohnbauflächenbedarfs entwickelt. Dafür wurden zunächst die Komponenten der Eigenentwicklung und des wanderungsbasierten Zusatzbedarfes definiert und ein bausteinbasiertes Instrument zur Berechnung der jeweiligen Bedarfe erstellt.

Im Ergebnis werden die zukünftigen Wohnbedarfe in der Region nach regionalplanerischen Zielvorstellungen an gut versorgten und angebundenen Kernorten ermittelt. Durch Berechnung der Bedarfe in verschiedenen Dichtewerten wird der Vorteil einer flächensparenden Siedlungsentwicklung verdeutlicht.

**Schlagwörter:** Wohnbauflächenbedarf, Bedarfsberechnung, Siedlungsfläche, Eigenentwicklungsbedarf, Zusatzbedarf

## 1 Einführung

Für eine nachhaltige und insbesondere flächensparende Raumentwicklung haben Wohnbauflächen und deren Entwicklung aufgrund ihres hohen Anteils an der gesamten Siedlungs- und Verkehrsfläche (27 % im Jahr 2020) eine besondere Relevanz (Statistisches Bundesamt 2022a). Insbesondere in ländlich geprägten Räumen ist der Wohnbauflächenverbrauch pro Kopf, basierend auf der typischen Gebäudestruktur mit einer Dominanz von Einfamilienhäusern, immens (Grade 2022).

Wohnbauflächenneuausweisungen werden vielerorts mit der Deckung des Eigenentwicklungsbedarfs, der jeder Kommune zusteht, sowie in Wachstumsregionen mit wanderungsbedingtem Zusatzbedarf begründet. Einheitliche formelle Festlegungen zum Umfang der Eigenentwicklung existieren bislang ebenso wenig (Domhardt 2018: 458)

wie verbindliche Grundlagen zu regionalen Abstimmungen bei der Wohnbauflächenausweisung.

Dies kann vielfältige negative Auswirkungen mit sich bringen wie einen regionalen Überhang an Wohnbauflächen (BBSR 2019: 56) sowie hohe Folgekosten für die Kommunen und Regionen. Während die erhofften Steuereinnahmen durch neu hinzuziehende Einwohner\*innen überschätzt werden, insbesondere da der Umfang innergemeindlicher Umzüge in Neubauten vernachlässigt wird, werden die Kosten für technische und soziale Infrastruktur unterschätzt (Umweltbundesamt 2009: 95 f.). Eine ungesteuerte Wohnbauflächenausweisung über die tatsächlichen Bedarfe hinaus führt zu einer Verfehlung des im Rahmen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung festgelegten Ziels, die Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr auf 30-Hektar am Tag zu reduzieren (Die Bundesregierung 2020: 140). Denn: Im Jahr 2020 betrug der Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche 58 ha/Tag, wovon allein 40 ha auf Wohnbau, Industrie und Gewerbe sowie öffentliche Einrichtungen entfielen (Statistisches Bundesamt 2022b).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie ein Konzept aussehen kann, das die Wohnbauflächenbedarfe einer Region anhand ausgewählter Größen ermittelt und diese, sofern nötig, in einen regionalen Abstimmungsprozess auf geeignete Kommunen verteilt.

In diesem Beitrag wird ein solches Konzept vorgestellt, bei dem sowohl die Bedarfe aus der natürlichen Bevölkerungsentwicklung (= Eigenentwicklungsbedarf) als auch von Wanderungen (= Zusatzbedarf) Berücksichtigung finden. Konkrete Ausgestaltungen und erste Ergebnisse werden beispielhaft für die Region Leipzig-Halle skizziert. Dabei stützt sich der Beitrag auf die Erkenntnisse des Interko2-Projektes – maßgeblich auf die Publikationen zur Eigenentwicklung (Sell et al. 2022a) und zum Zusatzbedarf (Sell et al. 2022b).

## **2 Bestimmung des regionalen Wohnbauflächenbedarfes**

Im Folgenden werden Aussagen der Regional- und Landesentwicklungspläne bezüglich des Umfanges des künftigen Wohnraumbedarfes analysiert, um die bereits bestehenden Regelungen aufzugreifen und weiterzuentwickeln. Anschließend wird konkret auf die Berechnung des Eigen- und Zusatzbedarfes mit ihren Komponenten eingegangen.

### **2.1 Eigen- und Zusatzbedarf in der Landes- und Regionalplanung**

Ein Grundsatz der Raumordnung laut Raumordnungsgesetz ist, dass insbesondere durch quantifizierte Vorgaben die Neuinanspruchnahme von Flächen zu verringern ist (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG). In der Landes- und Regionalplanung sind zwei Faktoren bekannt, die eine Wohnbauflächenentwicklung bedingen: Die kommunale Eigenentwicklung und der wanderungsbasierte Zusatzbedarf.

In 11 von 13 aktuell gültigen landesweiten Entwicklungsplänen finden sich Festlegungen zur Eigenentwicklung (Briegel 2020: 28-29). In 8 der 11 Planwerke sind die Festlegungen zur Eigenentwicklung nach § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG verbindlich als Ziel festgesetzt, sodass eine Abweichung in der Praxis unter raumordnerischen Gesichtspunkten vertretbar sein muss (§ 6 Nr. 2 ROG). In 3 landesweiten Raumordnungsplänen werden sie als Grundsatz nach § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG formuliert und sind demnach lediglich zu berücksichtigen (ebd.). Die Begrifflichkeiten in den untersuchten Plänen variieren: Eigenentwicklung, Eigenbedarf, Bedarfsgerechte Siedlungsentwicklung, Örtlicher Bedarf oder Gemeindebezogener Bedarf (ebd.). Die Definition des Eigenbedarfs unterscheidet sich in den Planwerken, auch da sie nicht gesetzlich festgelegt ist (Briegel 2020: 21). Eigenentwicklung decke die Bedarfe aus „der natürlichen Bevölkerungsentwicklung“ oder der „ortsansässigen Bevölkerung“ (Briegel 2020: 39-42). In 4 der 11 Raumordnungspläne sollen wiederum im Rahmen der Eigenentwicklung auch aus Wanderungsgewinnen resultierende Wohnbedarfe gedeckt werden (ebd.).

Im Rahmen des Projektes Interko2 wurden 55 aktuell in Deutschland rechtskräftige Regionalpläne (REP) gesichtet. In 10 der REP werden Aussagen zur Mengensteuerung der Wohnbau(flächen)entwicklung getroffen. In einigen Planwerken wird dabei eine Obergrenze für Flächenausweisungen oder für die Schaffung von Wohneinheiten bis zu einem bestimmten Zeitraum festgelegt. Grundlagen bilden dabei Bevölkerungs- und Wohnungsbedarfsprognosen. Überwiegend wird in den REP nicht zwischen Eigenentwicklung und wanderungsbedingten zusätzlichen Bedarfen unterschieden.

Insgesamt zeigt sich bei den landesweiten Raumordnungs- und Regionalplänen eine differenzierte Herangehensweise bei der Definition der Bestandteile und den Berechnungen der Eigenentwicklung und des Zusatzbedarfes. Es zeigt sich, dass die Umsetzung der Eigenentwicklung in der Regionalplanung als Instrument zur Eindämmung des Flächenverbrauches nicht ausreicht (Schwabedal 2011: 17).

Deshalb wurden im Rahmen von Interko2 eine eigene Definition und Methodik entwickelt. Der gesamte Wohnbauflächenbedarf eines Betrachtungsgebietes (hier: die Region Leipzig-Halle) teilt sich in den Eigenentwicklungs- und Zusatzbedarf. Der Zusatzbedarf, welcher aus einem positiven Wanderungssaldo resultiert, verteilt sich auf sogenannte „Prüferte“ (s. Kap. 2.3.2): Gemeinden, die aus regionalplanerischer Sicht geeignet sind, zusätzliche Wohnbedarfe für einen Wanderungsüberschuss aufzunehmen. In allen Gemeinden kann eine Eigenentwicklung stattfinden.

## 2.2 Ansatz zur Ermittlung der Eigenentwicklung

Aufgrund der dargelegten Defizite bezüglich der Ermittlung von Eigenentwicklungsbedarfen erfolgt nachstehend ein Vorschlag zur Ermittlung dieser. Dabei wird unterschieden in Bedarfe, die sich als flächenwirksam darstellen und verschiedene Orientierungswerte bzw. Planungshilfen, die es im Zuge der Eigenentwicklung zu berücksichtigen gilt.



### 2.2.1 Flächenwirksame Bedarfe

Der Ersatzbedarf stellt eine Größe aus der Wohnungswirtschaft dar und drückt aus, welche Gebäude aufgrund ihres Alters, ihres Zustandes oder ihrer Qualität zu ersetzen sind. Dabei wird klassisch eine jährliche Ersatzquote vorgesehen. Der normative Bedarf liegt bei 0,3 % bis 0,5 % p. a. für das Mehrfamilienhaus (MFH)- und 0,1 % bis 0,3 % p. a. für das Ein- und Zweifamilienhaus (EZFH)-Segment (empirica 2018; BBSR 2010). Um qualifizierte Quoten zu ermitteln, wird vorgeschlagen, eine Analyse der Abbruchmuster in der Region vorzunehmen. Weiterhin wird empfohlen, die Abbruchmuster des Gebäudebestandes nach Gebäudealtersklassen (vor 1949; 1949-1990 und nach 1990) zu erheben, um den tatsächlichen Bedarf besser berechnen zu können. Die benötigten Daten lassen sich von den jeweiligen Landesämtern beziehen. So liegen die ermittelten Quoten im Projektgebiet deutlich unter den normativen Vorschlägen. In der Gebäudeklasse vor 1949 betragen die Quoten 0,07 % im EZFH- und 0,2 % im MFH-Segment. Bei der Klasse 1949-1990 sind es 0,05 % beim EZFH und 0,15 % beim MFH. Für die Klasse nach 1990 wurde keine Quote angesetzt, da hier kein nennenswerter Abbruch zu verzeichnen ist.

Der barrierefreie und -arme Bedarf trägt den sich verändernden Ansprüchen an Wohnraum Rechnung, besonders unter Berücksichtigung des demographischen Wandels (Neu 2009). Zur Ermittlung werden die Altersgruppen 60-69 Jahre, 70-75 Jahre und über 75 Jahre der Region rechnerisch auf Haushalte verteilt. Unter der Annahme, dass, sofern eine Pflegebedürftigkeit vorliegt auch eine barrierefreie oder -arme Wohnung benötigt wird, wird über die bundesweiten Pflegequoten ein theoretischer Bedarf der Altersgruppen abgeleitet. Grundsätzlich soll der barrierefreie und -arme Bedarf, so weit wie möglich bei den anderen Bedarfen wie dem Auflockerungsbedarf abgedeckt werden, sodass nur die Differenz als Neubaubedarf umzusetzen ist. Im Austausch mit regionalen Akteur\*innen wie z. B. dem Verband sächsischer Wohnungsgenossenschaften (VSWG), Wohnungsunternehmen und Bauamtsleiter\*innen wurde das Vorgehen zur Bedarfsermittlung bestätigt. Zudem ergab sich, dass die ermittelten Bedarfe im EZFH mit 10 % und im MFH mit bis zu 80 % als Neubaubedarf anzusetzen sind, da im EZFH die Bedarfe i. d. R. im Bestand abgedeckt werden. Diese Quoten sind bei einer Übertragung auf eine andere Region im regionalen Kontext zu eruieren.

Der Auflockerungsbedarf thematisiert den wachsenden Wohnflächenbedarf pro Kopf. Zur Ermittlung wird der kommunale Wohnungsbestand hinsichtlich der Größe analysiert und Wachstumsquoten gewählt, die über die Geltungsdauer des jeweiligen REP eine Annäherung an den bundesdeutschen Durchschnitt von 93,2 m<sup>2</sup> je Haushalt (EVS 2018) ermöglichen. Liegt der kommunale Durchschnitt bereits darüber, wird kein Wachstum im Zuge dieses Bedarfes vorgesehen. Weiterhin ist der Auflockerungsbedarf nur in Wohneinheiten im MFH-Segment darzustellen – EZFH weisen i. d. R. bereits entsprechende Größen auf. Dabei hat der Auflockerungsbedarf maßgeblich zum Ziel, fehlende

größere Wohnungsangebote in der Region zu decken. So wird aktuell ein Überhang an Ein-Raum-Wohnungen beschrieben, während größere Wohneinheiten (z. B. Vier-/Fünf-Raum-Wohnungen) fehlen. Abschließend muss berücksichtigt werden, dass der Anstieg auch mit einer negativen natürlichen Entwicklung einhergehen kann und somit je nach regionalem Kontext geprüft werden muss, ob es diesen Bedarf zu decken gilt.

Weiterhin werden Zuschläge gewährt für Kommunen, die eine zentralörtliche Funktion übernehmen oder eine wirtschaftliche Bedeutung in der Region aufweisen. Für Kommunen mit zentralörtlicher Funktion werden nach einem intensiven Austausch mit regionalen Akteur\*innen Quoten festgesetzt, die auf den Gesamtbestand gerechnet werden. Dies ist mit der Regionalplanung abzustimmen. Die wirtschaftliche Bedeutung wird regional über folgende Indikatoren erfasst: Einpendler\*innen je 1 000 EW, Arbeitsplätze je 1 000 EW sowie die Arbeitsplatzentwicklung (Zeitraum: fünf Jahre). Dabei werden je Indikator Quartile gebildet. Kommunen, die oberhalb des dritten Quartils liegen, erhalten je Indikator einen Zuschlag auf den Gesamtwohnungsbestand.

In Summe ergeben diese Bedarfe und Zuschläge die Eigenentwicklung pro Gemeinde. Über flexible Annahmen im Bereich Baudichte, Verteilung EZFH und MFH können unterschiedliche Entwicklungsoptionen dargestellt werden.

### 2.2.2 Orientierungswerte und Planungshilfen

Da infolge des demografischen Wandels ein Anstieg frei werdender Wohneinheiten zu erwarten ist, welcher bei eventuellen Neuplanungen berücksichtigt werden sollte, findet ergänzend eine Hochrechnung des Leerstandes auf Grundlage der Mortalität statt. Sofern keine aktuellen Leerstandszahlen vorliegen, kann eine Annäherung über das Verhältnis der Zahl der Wohneinheiten zu den tatsächlichen Haushalten gemacht werden, wie z. B. beim Dresdener Wohnungsmarktbericht (Landeshauptstadt Dresden 2018: 68).

Für die Schätzung der zukünftigen Leerstandsentwicklung als vereinfachte Hochrechnung werden die Mortalitätsraten nach Altersgruppen der landespezifischen Sterbetafeln in Ansatz gebracht und Annahmen für das daraus resultierende Leerfallen von Wohnungen getroffen. In der Projektregion zeigt sich, dass zukünftig vor allem die peripher gelegenen Kommunen stark vom Anstieg des Leerstandes betroffen sind – teilweise steigt die Leerstandsquote auf über 20 % (ungeachtet eines möglichen Zuzuges).

Da die Eigenentwicklung der ortsansässigen Bevölkerung Rechnung tragen soll, wird bei einer zu erwartenden negativen natürlichen Einwohner\*innenentwicklung eine Korrektur der Eigenentwicklung angeboten. Berücksichtigt man die Prognosen in der Projektregion, zeigt sich, dass in den meisten Kommunen rein rechnerisch kein Bedarf im EZFH-Segment festzustellen ist, da bestehende Bausubstanz leerfallen wird.

## 2.3 Wanderungsbedingter Zusatzbedarf

Der Zusatzbedarf ergibt sich aus der stattfindenden Zuwanderung der Region. Zur Ermittlung der Zuwanderung je Gemeinde gilt es, die raumstrukturellen Besonderheiten der Region zu berücksichtigen, geeignete Orte zur Aufnahme der Wanderung zu identifizieren und die Bedarfe in einem einheitlichen Schema darzustellen. Im Berechnungsansatz können dabei die Grundannahmen geändert und angepasst werden.

### 2.3.1 Raumtypen

Regionen sind oft von heterogenen Wanderungsströmen geprägt. Lange Zeit waren Großstädte die Gewinnerinnen beim Wettbewerb um Wanderungsüberschüsse, in den letzten Jahren profitiert jedoch das Stadtumland stärker (Wolff et al. 2022: 2). Zur Verteilung des Zusatzbedarfes sind zunächst ähnlich geprägte Räume u. a. hinsichtlich ihrer funktionalen Verflechtungen zu den Oberzentren in der Region abzugrenzen. Oft werden in Regionalplänen Gebietskategorien geschaffen, die zu diesem Zweck aufgegriffen werden können. In dem hier entwickelten Ansatz werden die Gemeinden basierend auf ihrer Lage zum (nächstgelegenen) Oberzentrum, ihrer Pendler\*innenverflechtung mit sowie ihren Wanderungsgewinnen aus dem Oberzentrum, ihrer zentralörtlichen Funktion und ihrer Arbeitsplatzdichte zusammengefasst. Für die Anwendungsregion ergeben sich neben den Oberzentren die Gebietskategorien Verflechtungsraum, Mittelzentraler Ring und Weiteres Umland (Abb. 1), die in dieser Reihenfolge eine abnehmende Bedeutung in der Verteilung des Zusatzbedarfes einnehmen.

### 2.3.2 Prüforteansatz

Die Analyse der 55 Regionalpläne zeigt, dass die Umsetzung von Zusatzbedarf oft nur in zentralen Orten möglich ist. Das Zentrale-Orte-Konzept ist jedoch nur bedingt in der Lage, die aktuellen Entwicklungen abzubilden, Entwicklungserfordernisse zu definieren und Versorgung in der Fläche nachhaltig zu sichern. Das Zentrale-Orte-System greift dabei oftmals zu kurz, da es die Gemeinden insgesamt (inklusive ihrer Ortsteile) betrachtet und raumstrukturelle Besonderheiten nicht ausreichend berücksichtigt werden. Im Projekt Interko2 wurde daher der Prüforteansatz als Ergänzung des Zentrale-Orte-Konzeptes entwickelt (Abb. 1). Bei diesem Ansatz wird jeder Versorgungs- und Siedlungskern der Region mittels eines einheitlichen additiven Indexes bewertet. Neben der zentralörtlichen Funktion sind die weiteren Kriterien die Erreichbarkeit (u. a. in Relation zum Oberzentrum), die Ausstattung (Grundversorgung – Bildung, Gesundheit, Nahversorgung) sowie die Bevölkerungszahl im Kernort (Kriterium zur Sicherung der Tragfähigkeit der Ausstattung). Im Ergebnis ergeben sich folgende Kategorien:

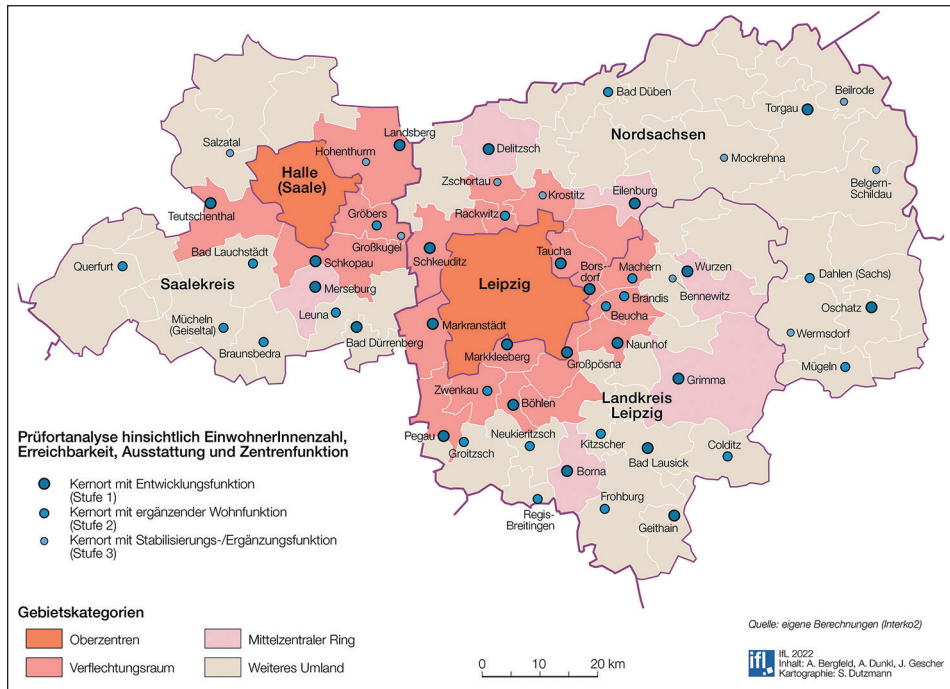


Abb. 1: Gebietskategorien und Prüforte hier am Beispiel der Region Leipzig-Halle (Quelle: eigene Darstellung)

- Prüfort Stufe 1 = Kernort mit Entwicklungsfunktion,
- Prüfort Stufe 2 = Kernort mit ergänzender Wohnfunktion,
- Prüfort Stufe 3 = Kernort mit Stabilisierung-/Ergänzungsfunktion oder
- Kein Prüfort = Eigenentwicklungsort.

Prüforte sind insofern Kernorte mit guter Ausstattung und guter ÖPNV-Erreichbarkeit, die sich in allen Gebietskategorien wiederfinden.

### 2.3.3 Berechnung und Verteilung des Zusatzbedarfs

Die konkrete Berechnung und Verteilung des Zusatzbedarfes erfolgt entsprechend der Gebietskategorien und des Prüforteansatzes. Aufgrund der regionsspezifischen Konzentrationen des Wachstums wird auf eine raumtypenabhängige Betrachtung abgestellt. Zunächst werden für jede Gebietskategorie Szenarien über den Umfang der künftigen Wanderungsgewinne erstellt. In der Untersuchungsregion Leipzig-Halle erfolgte dies in Workshops mit Expert\*innen aus der Regional- und Landesplanung sowie kommunalen Vertreter\*innen. Die Verteilung beginnt im Verflechtungsraum, der an das jeweilige Oberzentrum in einer Region angrenzt. Hier werden die ermittelten Bedarfe aus einem Szenario auf die Prüforte Stufe 1 entsprechend des prozentualen Anteils der

Einwohner\*innenzahl im jeweiligen Kernort und unter Beachtung der wirtschaftlichen Stärke der Kommunen verteilt. Im Anschluss werden die Bedarfe in benötigte Wohneinheiten je Haustyp (EZFH sowie MFH) umgerechnet. Dafür wird der Flächenbedarf jeweils in einer flächensparenden Variante sowie in einer Variante, die sich an den aktuellen flächenintensiven Baufertigstellungen orientiert, berechnet, um die Spannweite der Entwicklungen und Sparpotenziale aufzuzeigen. In einem letzten Schritt werden die ermittelten Flächenbedarfe den Potenzialflächen in den Prüforten gegenübergestellt (Abb. 2). Sollten die Flächen nicht ausreichen, um die Bedarfe zu decken, werden die offenen Bedarfe auf die Prüforte Stufe 2 bzw. im letzten Schritt auf die Stufe 3 verteilt. Reichen die Flächenpotenziale in der gesamten Gebietskategorie nicht aus, findet eine Übertragung der verbleibenden Bedarfe auf die nächste Gebietskategorie, in diesem Fall den Mittelzentralen Ring (Abb. 3), statt, wo die möglichen offenen Bedarfe mit den Bedarfen nach Szenario nach dem gleichen Vorgehen verteilt werden.



Abb 2: Aufteilung innerhalb der Raumtypen/Prüforte (Quelle: eigene Darstellung)

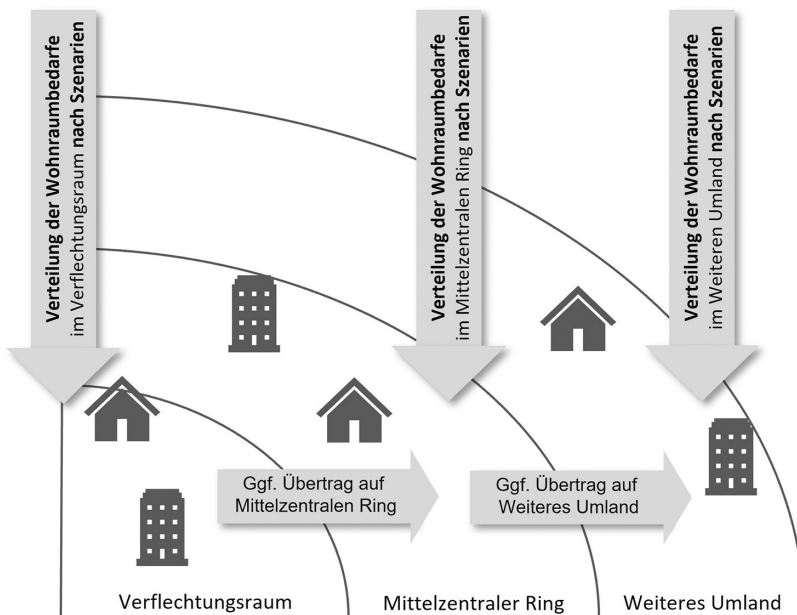


Abb. 3: Verteilung der theoretischen Bedarfe nach Raumtypen (Quelle: eigene Darstellung)

### 3 Fazit und Ausblick

Das vorgestellte Konzept zur Berechnung und Verteilung des Wohnbauflächenbedarfs am Beispiel der Region Leipzig-Halle stellt ein geeignetes Mittel dar, um Wohnraumbedarfe anhand statistischer Kenngrößen auf Ebene der Gemeinden sichtbar zu machen und somit eine fundierte Grundlage für regionale Aushandlungsprozesse zu schaffen. Die Darstellung unterschiedlicher Szenarien – flächensparend und an den aktuellen Baufertigstellungen orientiert – ermöglicht darüber hinaus eine datenbasierte Darlegung der Vorzüge einer flächensparenden Siedlungsentwicklung.

Das Konzept wurde in der Region Leipzig-Halle durch intensiven Austausch mit Vertreter\*innen aus Kommunen und der Regionalplanung erstellt. Für die Verstetigung sind weitere Aushandlungen und die Schaffung einer Verbindlichkeit für die Kommunen nötig. So gilt es, die Rolle der Regionalplanung im Aushandlungsprozess zu definieren, sodass das Modell eine zielführende verbindliche Umsetzung erfährt. Weiterhin läuft der Abstimmungsprozess, wie eine regelmäßige Pflege der Daten und ein damit nötiges Monitoring gewährleistet werden kann. Aktuell wird überprüft, inwieweit das Konzept in andere Regionen übertragen werden kann. Beim Konzept selbst gilt es zu klären, wie mögliche Redundanzen bei den Bedarfen der Eigenentwicklung vermieden werden und wie die Potenzialflächen für die Wohnbauflächenentwicklung im regionalen Kontext flächendeckend ermittelt werden können. Mit den Daten, die durch den Zensus 2022 zu erwarten sind und mit dem im Aufbau befindlichen Demografiemonitoring in den Landkreisen, kann zukünftig außerdem die ortsteilkonkrete Ebene adressiert werden.

Die Anwendung des Konzeptes auf die Projektregion belegt jedoch bereits jetzt, dass es dazu beiträgt, deutliche Flächensparpotenziale in der Region sichtbar zu machen, um einer dispersen Landnutzung entgegenzuwirken. Somit trägt es zur resilienten Entwicklung der Region bei und leistet einen wichtigen Beitrag, um die Flächenneuanspruchnahme zu minimieren, indem es die Entwicklungsoptionen aufzeigt und konkrete Bedarfe definiert.

### 4 Literatur

- Briegel, Daniela (2020): Festlegungen zur Eigenentwicklung in der Landes- und Regionalplanung – vergleichende Plananalyse und Empfehlungen zur Optimierung. In: Mangels, K.; Troeger-Weiß, G. (Hrsg.): Arbeitspapiere zur Regionalentwicklung. [https://regionalentwicklung-raumordnung.de/wp-content/uploads/2020/10/10\\_2020\\_AzR\\_E-Paper\\_Band-21.pdf](https://regionalentwicklung-raumordnung.de/wp-content/uploads/2020/10/10_2020_AzR_E-Paper_Band-21.pdf) (Zugriff: 11.07.2022).
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2010): Wohnungsmärkte im Wandel. [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/berichte-kompakt/2010/DL\\_1\\_2010.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/berichte-kompakt/2010/DL_1_2010.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff: 14.07.2022).

- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2019): Künftige Wohnungsleerstände in Deutschland.  
[https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2020/wohnungsleerstand-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2020/wohnungsleerstand-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=4)  
(Zugriff: 14.07.2022).
- Die Bundesregierung (Hrsg.) (2020): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021.
- Domhardt, H.-J. (2018): Eigenentwicklung. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover: 457-462.
- empirica (2018): Wohnungsmarktbericht Sachsen-Anhalt 2018.  
[https://izg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLV/MLV/Service/Publikationen/Wohnungsmarktbericht\\_Sachsen-Anhalt\\_2018.pdf](https://izg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLV/MLV/Service/Publikationen/Wohnungsmarktbericht_Sachsen-Anhalt_2018.pdf)  
(Zugriff: 15.07.2021).
- EVS – Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (2018): Wirtschaftsrechnungen.  
[https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Einkommen-Einnahmen-Ausgaben/Publikationen/Downloads-Einkommen/evs-einnahmen-ausgaben-privater-haushalte-2152604189004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Einkommen-Einnahmen-Ausgaben/Publikationen/Downloads-Einkommen/evs-einnahmen-ausgaben-privater-haushalte-2152604189004.pdf?__blob=publicationFile) (Zugriff: 17.07.2021).
- Grade, J. (2022): Sonderauswertung zur verfügbaren Wohnfläche in Deutschland.  
[https://www.empirica-regio.de/blog/220209\\_wohnflaeche/](https://www.empirica-regio.de/blog/220209_wohnflaeche/) (Zugriff: 12.07.2022).
- Landeshauptstadt Dresden (2018): Wohnungsmarktbericht.  
[https://www.dresden.de/media/pdf/stadtplanung/stadtplanung/DD\\_WMB\\_2018.pdf](https://www.dresden.de/media/pdf/stadtplanung/stadtplanung/DD_WMB_2018.pdf) (Zugriff: 09.08.2022).
- Neu, C. (2009): Daseinsvorsorge und territoriale Ungleichheit, In: Neu, C. (Hrsg.): Daseinsvorsorge. Wiesbaden: 80-96.
- Schwabedal, F. J. (2011): Das regionalplanerische Instrument Eigenentwicklung. Ein systematischer Vergleich der Festlegungen in den Raumordnungsprogrammen Niedersachsens. In: Raumforschung und Raumordnung 69: 17-28.
- Sell, T.; Braunschweig, B., Bergfeld, A.; Henn, S. (2022a): Bestandsaufnahme und alternative Konzeption der kommunalen Eigenentwicklung im Kontext Flächenmanagement: Das Beispiel der Region Halle-Leipzig. Raumforschung und Raumordnung.  
<https://rur.oekom.de/index.php/rur/article/view/176> (zugriff: 19.07.2022).
- Sell, T.; Dunkl, A.; Henn, S.; Bergfeld, A. (2022b): Konzeptionelle Ermittlung des Wohnbauflächenbedarfes unter Berücksichtigung kleinräumiger Wanderungsbewegungen – Das Beispiel der Region Halle-Leipzig. Noch nicht veröffentlicht.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) 2022a: Bodenfläche (tatsächliche Nutzung): Deutschland, Stichtag, Nutzungsarten.  
<https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (Zugriff: 12.07.2022).

Statistisches Bundesamt (Destatis) 2022b: Anstieg der Unterarten der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Jahreswerte).

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/anstieg-suv.html?nn=207576> (Zugriff: 12.07.2022).

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2009): Von der Außen- zur Innenentwicklung in Städten und Gemeinden. Das Kostenparadoxon der Baulandentwicklung.

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3858.pdf> (Zugriff: 18.07.2022).

Wolff, M.; Leibert, T.; Haase, A.; Rink, D. (2022): Neue Wanderungsdynamik durch die COVID-19 Pandemie? In: Nationalat las aktuell 16, 20.01.2022.





# Stadtentwicklung in Bergbaufolgelandschaften: Das Gesamtkonzept Lauchhammer

*Josefine Petrenz, Laura Liepelt*

## Zusammenfassung

Der Umgang mit Bergbaufolgen im Rahmen der Stadtentwicklung ist ein bisher wenig diskutiertes Thema. Die Stadt Lauchhammer im Lausitzer Braunkohlerevier im Süden Brandenburgs lebte über 100 Jahre vom Abbau und der Verarbeitung von Braunkohle. Infolgedessen entstanden Bergbaufolgeflächen, die weiträumig das Stadtgebiet in seinen Entwicklungsmöglichkeiten beeinflussen. Zusätzlich wirken weitere Einflussfaktoren wie Überschwemmungsflächen und naturschutzrechtlich ausgewiesene Schutzgebiete auf die Möglichkeiten der Stadtentwicklung. Die dargelegten Herausforderungen wurden im Rahmen eines Gesamtkonzeptes für die weitere Stadtentwicklung analysiert und bewertet. Anhand dieser Bewertung konnte eine räumliche Zonierung abgeleitet werden, welche die Flächen im Stadtgebiet eindeutig bzgl. ihrer weiteren Entwicklungsmöglichkeiten für die Stadtentwicklung definiert. Ergänzend dazu wurden Ziele und Handlungsfelder abgeleitet, die die Ergebnisse des Gesamtkonzeptes in bestehende städtische Zielformulierungen integriert.

**Schlagwörter:** Bergbau, Braunkohle, Stadtentwicklung

## 1 Einführung

Die Beendigung des Braunkohlebergbaus in Deutschland stellt eine vielseitige Herausforderung dar. Bisher wenig diskutiert wurden in diesem Kontext die Auswirkungen von Bergbaufolgen auf die Stadtentwicklung betroffener Kommunen.

Die Stadt Lauchhammer, im Lausitzer Braunkohlerevier, im Süden des Landes Brandenburg lebte jahrzehntelang vom Abbau und der Verarbeitung von Braunkohle. Dieser Abbau und die Verarbeitung beeinflussen noch heute zahlreiche Flächen im Stadtgebiet. Die Bergbaufolgeflächen wurden im Nachgang zum Teil mit Wohn- und Gewerbegebieten überbaut oder liegen unmittelbar neben bebautem Gebiet. Große Teile des meist unbebauten Stadtgebietes befinden sich unter Bergaufsicht und es stehen noch eine Vielzahl an Sanierungsmaßnahmen an. Zusätzlich wird die Stadtentwicklung durch den nach Einstellung des Bergbaus erfolgenden Wiederanstieg des Grundwasserspiegels, die Überschwemmungsflächen der Schwarzen Elster und die naturschutzrechtlich ausgewiesenen Schutzgebiete beeinflusst. Für die Stadtentwicklung, als Teildisziplin der Stadtplanung, stellt der Umgang mit diesen Einflussfaktoren eine ungewohnte Herausforderung dar.

Für den Umgang mit diesen Herausforderungen hat die Stadt Lauchhammer in den Jahren 2020 und 2021, in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung Brandenburg, dem Landkreis Oberspreewald-Lausitz, der LMBV und externen Planern ein städtisches Konzept im Schnittbereich von Bergbausanierung, Grundwasserwiederanstieg und Stadtentwicklung aufgestellt. Dieses Konzept wurde aufgrund des umfassenden räumlichen und inhaltlichen Umgriffs als Gesamtkonzept bezeichnet. Ziel des Gesamtkonzeptes ist die Ergänzung der bisherigen Zielformulierungen der Stadtentwicklung durch eigene aus der Analyse abgeleitete Ziele und Handlungsfelder, welche die besondere Situation der Einfluss- und Gefährdungsfaktoren im Stadtgebiet berücksichtigen. Der Stadt Lauchhammer erhält mit diesem Instrument erstmals eine Handlungsgrundlage in der für das gesamte Stadtgebiet sowohl Stadtentwicklung als auch Bergbaufolgen und weitere Einflüsse in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden.

Der Beitrag stellt die Ausgangssituation mit ihren Herausforderungen für die Stadtentwicklung vor und zeigt ihre Aufarbeitung im Rahmen des Instrumentes eines Gesamtkonzeptes.

## **2 Ausgangssituation und Bewertung der Einfluss- und Gefährdungssituation**

Nachfolgend wird zunächst die Ausgangssituation vorgestellt und die daraus abgeleitete Einfluss- und Gefährdungssituation. Anschließend erfolgt die Vorstellung der Ergebnisse für die weitere Stadtentwicklung.

### **2.1 Analyse**

Die Stadt Lauchhammer liegt im Lausitzer Braunkohlerevier, im Süden des Bundeslandes Brandenburg. Die Stadt wird seit rund 150 Jahren durch den Abbau und die Verarbeitung von Braunkohle bzw. anschließend den Sanierungsarbeiten geprägt. Durch die Braunkohleindustrie entstanden in der Stadt Gewerbe- und Wohngebiete sowie soziale Infrastrukturen. Infolge der politischen Wende 1989/1990 wurden die Tagebaue im Stadtgebiet stillgelegt und die damit verbundene Industrie geschlossen. Der Abbau der Braunkohleindustrie hatte enorme Schrumpfungsprozesse in Lauchhammer zur Folge. So wurden die Gewerbegebiete zu großen Teilen zurückgebaut, ebenso wie Wohngebiete. Diese Prozesse sind bis heute nicht vollständig abgeschlossen.

Zusätzlich zu den Schrumpfungsprozessen sieht sich die Stadt in ihrer Flächennutzung mit den Herausforderungen aus Bergbaufolgegebieten, Überschwemmungsgebieten, einem niedrigen Grundwasserflurabstand und naturschutzrechtlich ausgewiesenen Schutzgebieten konfrontiert. Der Bergbau stellt in diesem Rahmen die größte

Herausforderung dar. Aufgrund der großflächig vorliegenden Bergbaufolgeflächen, nicht nur am Siedlungsrand, sondern auch innerhalb von Wohn- und Gewerbegebieten (Abb. 1) bedarf es für die weitere Stadtentwicklung einer differenzierten Einschätzung des vorliegenden Gefährdungsgrades. Ergänzend zu den Bergbaufolgeflächen wurde der durch die Stilllegung des Bergbaus wieder angestiegene Grundwasserspiegel in der Analyse mitberücksichtigt. Dieser kann die Stabilität der Bergbaufolgeflächen beeinträchtigen.

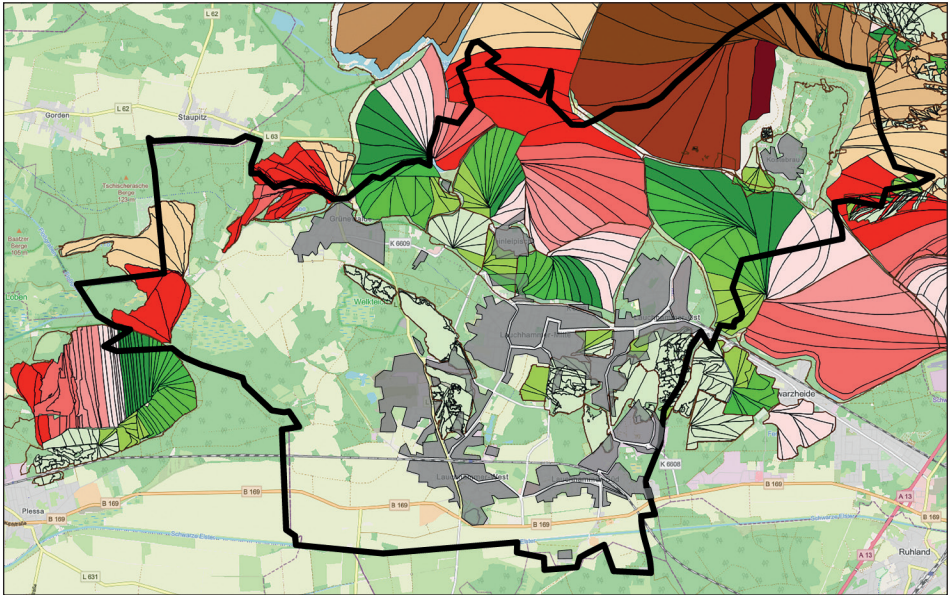


Abb. 1: Stadtgebiet Lauchhammer mit Tagebauflächen (grün: vor 1940, rot: 1941-1960, braun: 1961-2000) und Siedlungsgebieten (grau) (Quelle: eigene Darstellung 2022; Darstellung auf der Grundlage von Daten der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH 2022 in Verbindung mit © OpenStreetMap contributors 2022)

Als weiterer Einflussfaktor im Stadtgebiet beeinflussen die Überschwemmungsflächen der Schwarzen Elster die südlichen Flächen des Siedlungsgebietes von Lauchhammer. Sie reichen in den Stadtteilen Lauchhammer-Süd und Lauchhammer-West bis in die Wohngebiete hinein. Im Ergebnis der Analyse sind bauliche Maßnahmen in diesen Bereichen nicht zu empfehlen, allerdings auch nicht ausgeschlossen.

Der Einfluss von den naturschutzrechtlich ausgewiesenen Schutzgebieten im Stadtgebiet ist begrenzt. Die Gebiete konzentrieren sich im Norden und Westen des Stadtgebietes. Ihr Einfluss auf die Stadtentwicklung beschränkt sich auf Einzelfallentscheidungen.

## 2.2 Einfluss- und Gefährdungssituation

Alle vorliegenden Informationen zu den verschiedenen Einflussfaktoren Bergbau, Grundwasserflurabstand, Überschwemmungsflächen und naturschutzrechtlich ausgewiesenen

Schutzgebieten wurden zusammengeführt und hinsichtlich ihres Gefährdungsgrades für die weitere Stadtentwicklung bewertet (Abb. 2). Zusätzlich wurde differenziert, ob es sich bei den jeweiligen Flächen um den Außenbereich handelt (hellrot bzw. hellgelb dargestellt) oder um den Innenbereich (orange und dunkelrot).

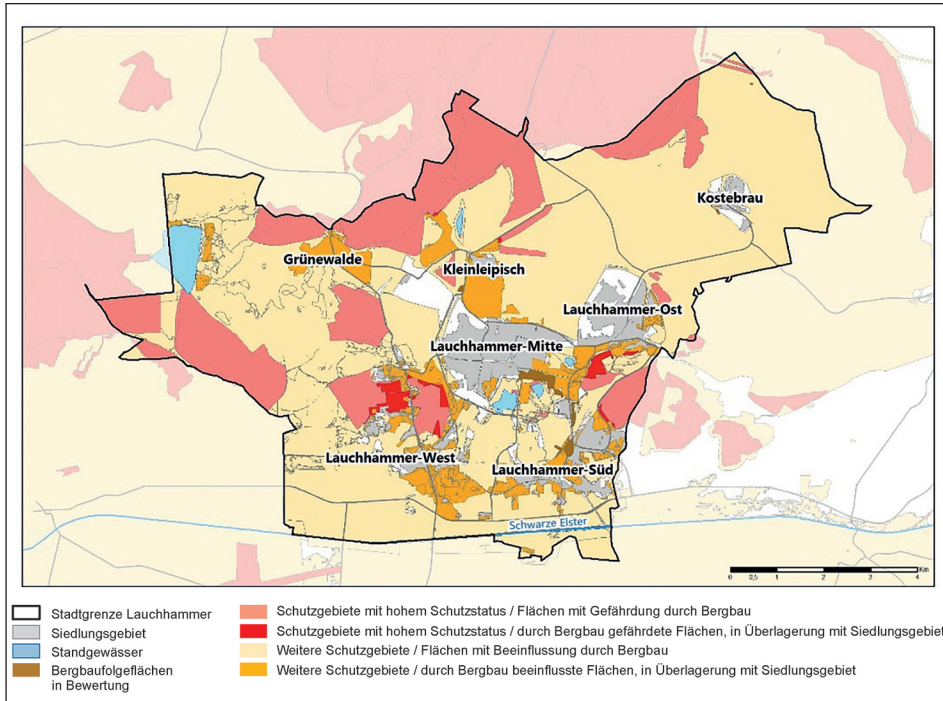


Abb. 2: Gefährdungssituation für das Stadtgebiet Lauchhammer (Quelle: eigene Darstellung 2021; Datengrundlage: GeoBasis-DE/LGB, Stand 01/2020; LfU Brandenburg 2020; LBGR 2021; LMBV 2021)

Für die Einschätzung des vorliegenden Gefährdungsgrades für die Stadtentwicklung auf einer Fläche wurde eine Differenzierung in ‚Beeinflussung‘ und ‚Gefährdung‘ vorgenommen:

- Beeinflussung: Durch geogene oder durch anthropogene Einflüsse wird die Entwicklung erschwert.
- Gefährdung: Gefährdung ist ein sich durch geogene oder durch anthropogene Veränderungen ergebender Zustand, welcher beim Zusammentreffen mit einem Schutzgut zur Gefahr wird und gegebenenfalls zu Schäden führen kann (in Anlehnung an EN ISO 12100-1:2003) (Meier 2006, 3).

Abbildung 2 zeigt, dass die Flächen im Stadtgebiet Lauchhammer weiträumig beeinflusst und teilweise gefährdet sind. Es ist überwiegend der Außenbereich betroffen, aber auch in einigen Teilen Wohn- und Gewerbegebiete. Flächen auf denen eine Gefährdung

vorliegt sind der Stadt Lauchhammer bekannt und werden unter Mitwirkung der entsprechenden Fachbehörden bearbeitet.

### 3 Ergebnisse für die Stadtentwicklung

Aufbauend auf den Ergebnissen zur Einfluss- und Gefährdungssituation wurden für die weitere Stadtentwicklung der Stadt Lauchhammer zum einen eine räumliche Zonierung und zum anderen Ziele, Handlungsfelder und Maßnahmen abgeleitet.

#### 3.1 Zonierung als Grundlage der zukünftigen Stadtentwicklung

Anhand der der Bewertung zu Beeinflussung und Gefährdung von Flächen im Stadtgebiet wurde eine Zonierung entwickelt (siehe Abb. 3), die eindeutige Aussagen für die weitere räumliche Stadtentwicklung enthält. Anhand von drei Zonierungsdefinitionen wird angegeben, ob Flächen uneingeschränkt von den Einfluss- und Gefährdungsfaktoren entwickelt werden können, Vorgaben wie beispielsweise Verhaltensanforderungen einzuhalten sind oder keine Nutzungen beziehungsweise ausschließlich Freiraumnutzungen umgesetzt werden können.

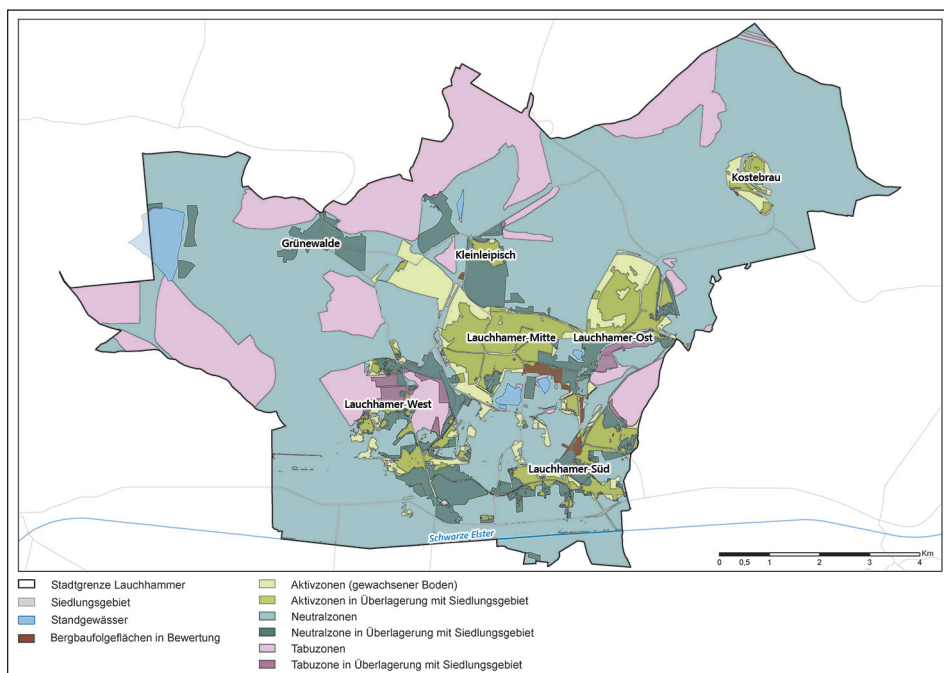


Abb. 3: Zonierung für das Stadtgebiet Lauchhammer (Quelle: eigene Darstellung 2021; Datengrundlage: GeoBasis-DE/LGB, Stand 01/2020; LfU Brandenburg 2020; LBGR 2021; LMBV 2021)

Nachfolgenden sind die drei Zonen der Zonierung vorgestellt.

**Aktivzonen:** „Alle bebauten und unbebauten Flächen, auf welchen eine Beeinflussung durch Folgen von Bergbau, Hochwasser, geringen Grundwasserflurabständen ( $\leq 2$  m) oder fachplanerisch festgesetzten Schutzgebieten ausgeschlossen ist. Im Betrachtungszeitraum des erstellten Gesamtkonzeptes sind auf diesen Flächen uneingeschränkt Nutzungen, in Bezug auf die vorgenannten Beeinflussungen, möglich.“ (Stadt Lauchhammer 2021: 76)

**Neutralzone:** „Konfliktbereiche in allen bebauten und unbebauten Flächen des Stadtgebietes, welche sich mit vormals bergbaulich genutzten Flächen, in ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten der Schwarzen Elster oder anderweitig fachplanerisch festgesetzten Schutzgebieten (Naturparks, Landschaftsschutzgebiete, Biotope gemäß § 30 BNatSchG) überschneiden. Im Einzelfall sind Nutzungen und bauliche Entwicklungen daher ausschließlich unter Beachtung von Restriktionen und behördlichen Auflagen, und im Falle von Kippenflächen unter Einhaltung der Verhaltensanforderungen, durchführbar. Diese Bereiche sind nicht für eine gezielte städtebauliche Entwicklung oder Freiraumentwicklung vorgesehen“ (Stadt Lauchhammer 2021: 77).

**Tabuzone:** „Alle bebauten und unbebauten Flächen, auf welchen derzeit und auch langfristig (mindestens im Geltungszeitraum des vorliegenden Konzeptes) rechtliche oder tatsächliche Hindernisse einer Nutzung entgegenstehen“ (Stadt Lauchhammer 2021: 77).

### 3.2 Ziele und Handlungsfelder

Ergänzend zur räumlichen Zonierung wurden für die weitere Stadtentwicklung Ziele, Handlungsfelder und Maßnahmen formuliert. Sie integrieren zum einen das Gesamtkonzept in die Vorgaben anderer bestehender städtischer Konzepte, wie das integrierte Stadtentwicklungskonzept und legen zum anderen konkrete Entwicklungsschwerpunkte fest.

So widmet sich Ziel 1 dem Umgang mit der bestehenden Gefährdungssituation bspw. durch eine verstärkte Kommunikation mit den Bürgern oder die Untersuchung zum Bedarf von Bestandssicherungen. Ziel 2 konzentriert sich auf die Integration von Zielen aus bestehenden städtischen Konzepten. Hier bildet die Entwicklung eines Tagebaurestloches zum zentralen Treffpunkt in der Stadtmitte den Schwerpunkt. Die Fortführung von Verkehrsinfrastrukturprojekten für eine intensivere Vernetzung der durch den Bergbau räumlich differenzierten Stadt wird durch das Ziel 3 thematisiert. Im Rahmen von Ziel 4 ist die Erarbeitung des Bergbaus als Teil der städtischen Identität von Lauchhammer vorgesehen. (Stadt Lauchhammer 2021: 78 f.).

Tab. 1: Ziele und Handlungsfelder (Quelle: Stadt Lauchhammer 2021)

Ziele	Handlungsfelder
Z1: Reduzierung von beeinflussenden und gefährdenden Faktoren	H 1.1: Bestandssicherung und Rückbau H 1.2: Begleitung von Gefährdungsfaktoren Betroffener
Z2: Innenorientierte Stadtentwicklung und Attraktivitätssteigerung	H 2.1: Anpassung planungsrechtlicher Grundlagen H 2.2: Fortführung der Konzentrationsprozesse auf den Innenbereich H 2.3: Siedlungsnaher Freiraumentwicklung
Z3: Weiterentwicklung der Verkehrsinfrastrukturen	H 3.1: Straßenverbindungen H 3.2: Ausbau der Radwegeverbindungen
Z4: Würdigung des Bergbaus und der Industriegeschichte als Identitätsgeber	H 4.1: Zeugnisse des Bergbaus identifizieren und sichtbar machen H 4.2: Kunstguss und Industriegeschichte erlebbar machen H 4.3: Baudenkmale der Industriekultur/-architektur sichern

## 4 Fazit

Die Bergbaufolgen ergänzt durch weitere Einflussfaktoren im Stadtgebiet Lauchhammer stellen eine ungewöhnliche Komplexität für die Stadtentwicklung dar und verlangen eine intensive Zusammenarbeit zwischen Kommune und den einzelnen fachlich verantwortlichen Ämtern und Behörden.

Durch die Zusammenführung der verschiedenen fachplanerischen Dokumente und der bestehenden Belange der Stadtentwicklung in einem Gesamtkonzept, konnten die einzelnen Einflussfaktoren erfasst und für die weitere Stadtentwicklung bewertet werden. Im Rahmen der Analyse erwies sich die Beurteilung der einzelnen Einfluss- und Gefährdungsfaktoren nach den zwei Kategorien Beeinflussung und Gefährdung als zielführend. Darauf konnte mit einer dreigeteilten Zonierung eine leicht verständliche, räumliche Übersicht abgeleitet werden. Die Ableitung von Zielen, Handlungsfeldern und Maßnahmen, integrieren das Gesamtkonzept in die bestehenden städtischen Planungen und Konzepte und ergänzen Schwerpunkte und Maßnahmen, um eine den vorliegenden Einfluss- und Gefährdungsfaktoren gerecht werdende Stadtentwicklung zu entsprechen.

Im Zuge der Beendigung des Braunkohlebergbaus bietet das Format des Gesamtkonzeptes Lauchhammer mit seinen räumlichen und inhaltlichen Zielformulierungen, das Potential auch für weitere Städte und Gemeinden von Interesse zu sein, um eine situationsabgestimmte räumliche Entwicklung zu formulieren.



## 5 Literatur und Kartengrundlagen

Meier, G. et al. (2006): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus“. In: Tagungsband 9. Altbergbau-Kolloquium, Leoben, 05.-07.11.2009, Anhang: 1-16, VGE Verlag GmbH, Essen 2009.

<http://docplayer.org/129556311-Empfehlung-geotechnisch-markscheiderische-untersuchung-und-bewertung-von-tagebaurestloechern-halden-und-kippen-des-altbergbaus.html> (Zugriff: 03.06.2022).

Landesamt für Umwelt Brandenburg (Hrsg.) (2022): Auskunftsplattform Wasser.

[https://apw.brandenburg.de/?th=FestUebGeblvorl\\_SichlUESG\\_dahme\\_&showSearch=false&feature=addressSearch&feature=legend](https://apw.brandenburg.de/?th=FestUebGeblvorl_SichlUESG_dahme_&showSearch=false&feature=addressSearch&feature=legend) (Zugriff: 06.06.2022).

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (Hrsg.) (2022): Geoportal Brandenburg. Themenkarte Schutzgebiete.

<https://geoportal.brandenburg.de/de/cms/portal/start/map/32>  
(Zugriff am 06.06.2022).

LMBV – Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (2021): LMBV-MapViewer.

<https://lmbv.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=64068d71103d40a9a0a07f6b0682db1c> (Zugriff: 30.09.2021).

LMBV – Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (2022): LMBV-MapViewer.

<https://lmbv.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=64068d71103d40a9a0a07f6b0682db1c> (Zugriff: 06.06.2022).

© OpenStreetMap contributors.

<https://www.openstreetmap.org/#map=13/51.4903/13.7696>  
(Zugriff: 01.06.2022).

Stadt Lauchhammer (Hrsg.) (2021): Gesamtkonzept für die Stadt Lauchhammer im Schnittbereich von Bergbausanierung, Grundwasserwiederanstieg und Stadtentwicklung.

<https://www.lauchhammer.de/seite/546200/gesamtkonzept.html>  
(Zugriff: 01.06.2022).

# Die KFMplus: Integriertes kommunales Flächen- und Ressourcenmanagement

*Stefan Fina, Alexander Weiß, Sabine Müller-Herbers, Sandra Lanig*

## Zusammenfassung

Mit Förderung aus dem BMBF-Programm „KMU innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz“ entsteht derzeit ein neues Werkzeug der digitalen Planungsunterstützung, die sogenannte KFMplus (Kommunales Flächen- und Ressourcenmanagement plus). Die KFMplus führt Aufgaben des Flächenmanagements mit stadttökologischen, sozialräumlichen und städtebaulichen Aspekten zusammen. Auf Basis von OpenSource-Technologien und modernen Visualisierungsmethoden erhalten Kommunen somit eine integrierte Informationsgrundlage mit einer Vorbewertung für Entwicklungsoptionen einzelner Flurstücke in der Innenentwicklung. Das Konzept baut auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und Handlungsempfehlungen von Expert\*innen auf und nutzt als Basis bestehende Werkzeuge, die in Süddeutschland bereits im Einsatz sind. Die Benutzeroberfläche der KFMplus ist für gängige Webbrowser konzipiert und ermöglicht die flexible Einbindung administrativer Geodaten. Eine Testphase in zwei Kommunen stellt die Anwendbarkeit des Instruments sicher.

**Schlagwörter:** Flächenmanagement, Daseinsvorsorge, Ressourcenschutz, OpenSource, WebGIS

## 1 Einführung und Projektkontext

Flächen in deutschen Städten und Gemeinden sind heiß begehrt. Spätestens durch die akuten Wohnraumengpässe und enormen Preissteigerungen in den beliebtesten Wohnlagen sind die daraus resultierenden Nutzungskonflikte in der breiten Öffentlichkeit präsent. Themen wie Klimaanpassung und Resilienz setzen gleichzeitig neue Anforderungen an eine zukunftsfähige Stadt- und Ortsentwicklung. Verschiedene Instrumente und Plattformen zur Unterstützung der kommunalen Verwaltungen sind in jedem Bundesland vorhanden. Allerdings hat das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) festgestellt, dass die auf Landesebene zur Verfügung stehenden Instrumente zum Großteil um das Jahr 2010 entwickelt und seitdem kaum Weiterentwicklungen durchgeführt wurden (BBSR 2022: 39). Bayern stellt hier keine Ausnahme dar. Das Landesamt für Umwelt (LfU) hat bereits seit 2009 mit der Flächenmanagement-Datenbank ein kostenloses Instrument für alle Städte und Gemeinden zur Verfügung gestellt, welches der Aufnahme und Verwaltung von Innenentwicklungspotenzialen dient. Zusätzlich dazu stellt die Ländliche Entwicklung Bayern mit dem Vitalitäts-Check ein weiteres

Instrument zur Verfügung. Dieses digitale Werkzeug ermöglicht Kommunen, ihre bauliche, soziale und funktionale Ausgangssituation zu erfassen und zu bewerten. Grundlage für die beiden ineinandergreifenden Werkzeuge bilden Access-Anwendungen ohne direkte GIS-Anbindung und damit auch ohne direkte Möglichkeit der Visualisierung.

Die beiden Instrumente stehen exemplarisch für den Bedarf, die zunehmenden Herausforderungen an die Planungspraxis in deutschen Städten und Gemeinden in der Flächenentwicklung mit modernen digitalen Planungswerkzeugen besser zu unterstützen. Innerstädtische Flächennutzungskonkurrenzen zwischen Wohnen und Freiraumschutz, sozialräumliche Disparitäten und transformationsgetriebene Handlungsbedarfe von Digitalisierung und Mobilitätswende führen zu schwierigen Abwägungs- und Entscheidungsprozessen. Zudem steigen die Informationsansprüche an beteiligungsorientierte Planungsprozesse. All dies erfordert technisch weiterentwickelte Instrumente, die auf eine Vielzahl von Geodaten zugreifen und diese visualisieren können. Dieser Anspruch trifft auf einen sich zunehmend öffnenden Geodatenmarkt, der im Zuge von Open Data-Initiativen neuen Chancen für ein integriertes kommunales Flächenmanagement bietet. Die KFMplus arbeitet deshalb mit OpenSource-Softwarekomponenten und bindet frei verfügbare Datenbestände ein. Ergänzend kommen Planungsdaten und weitere spezifische Geodaten aus den Kommunen hinzu.

Die Entwicklung und Anwendung des Instruments erfolgt in Zusammenarbeit mit der mittelfränkischen Gemeinde Wilburgstetten (2 140 Einwohner, Landkreis Ansbach) und der großen Kreisstadt Dachau im Umland von München (47 680 Einwohner). Die Entwicklung und Umsetzung findet unter der Federführung der Baader Konzept GmbH in Zusammenarbeit mit der mena GmbH sowie weiteren IT-Expert\*innen statt.

## 2 Aufbau und Module

### 2.1 Übersicht wesentlicher Bausteine

Die KFMplus bietet Fachmodule zu den Themen Potenzialflächen (Innenentwicklung), Daseinsvorsorge, Klima- und Ressourcenschutz, Städtebau sowie Mobilität und Beteiligung an. Diese Module untergliedern sich jeweils in zwei Teile: „Erfassung“ und „Auskunft“. In den Erfassungskomponenten werden nutzerfreundliche Möglichkeiten angeboten, bestehende Datenbestände einzuladen und kartenbasiert für die Aufgaben des Flächenmanagements zu qualifizieren. Die Auskunftskomponente setzt dagegen auf moderne, „dashboard-artige“ Visualisierungen von modulspezifischen Merkmalen und Indikatoren. Diese können interaktiv ausgewertet und in Bezug auf ausgewählte Innenentwicklungspotenziale visualisiert werden. Die gesammelten Informationen zu den Potenzialflächen werden auf der räumlichen Objektebene von Flurstücken verwaltet. Zusätzlich bietet jedes Modul Umfeldinformationen zu ausgewählten Potenzialflächen,

sodass Entscheidungsträger die umgebende Nutzung im Blick haben. Durch die Einbindung ausgewählter Indikatoren zur Eignungsbewertung von Flächen für bestimmte Nutzungsperspektiven wird die KFMplus zum Planungsunterstützungssystem. Dabei wird eine konfigurierbare Bewertungslogik genutzt, in der Kommunen ihre eigenen Zieldimensionen für städtebauliche Entwicklungsoptionen wiederfinden können. Der kommunalen Planungsunterstützung dient zudem die KFMplus-Option der Szenariengenerierung, indem Flurstücke bzw. Potenzialflächen im Zusammenhang betrachtet werden können (z. B. quartiersbezogen). Somit können alternative Entwicklungsszenarien für die städtebauliche Entwicklung durchgespielt und anderen Szenarien (z. B. dem Status quo) gegenübergestellt werden.

Nachfolgend werden die einzelnen Module mit den wesentlichen Funktionalitäten des aktuellen Entwicklungsstands vorgestellt.

## 2.2 Modul Innenentwicklungspotenziale

### 2.2.1 Erfassung

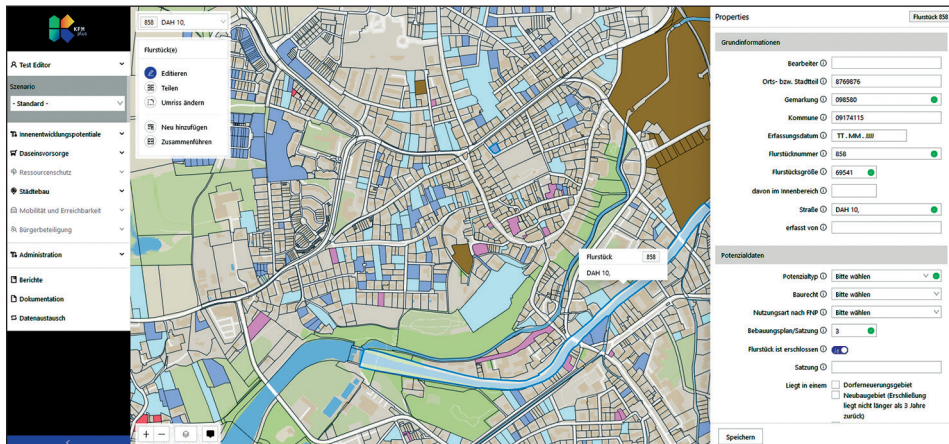


Abb. 1: KFMplus Modul Innenentwicklungspotenziale „Erfassung“  
(Quelle: Baader Konzept/mena)

In der bayerischen Flächenmanagement-Datenbank, haben die Kommunen die Möglichkeit, Innenentwicklungspotenziale wie beispielsweise Baulücken, Leerstände sowie gewerbliche Brachflächen zu erfassen und zu verwalten. Diese Grundfunktionen sind auch in der KFMplus enthalten, werden dort jedoch um eine interaktive Kartenansicht sowie die Möglichkeit, automatisierte Vorermittlungen von z. B. Baulücken zu integrieren, ergänzt. Durch Verschneidung mit fachlich relevanten Geoinformationen werden Potentialdaten mit Fach- und Plandaten verknüpft und einbezogen. Beispielhaft

hierfür stehen Restriktionen aus Natur- und Umweltschutz, aber auch planungsrechtliche Festlegungen (z. B. Bebauungspläne, Satzungen), die für die Entwicklung von Potenzialflächen zu berücksichtigen sind. Angaben zur Aktivierung erlauben es, die bebauten bzw. wieder in Nutzung gebrachten Grundstücke und Gebäude nachzuhalten sowie ein Monitoring durchzuführen.

### **2.2.2 Auskunft**

Die erfassten Innenentwicklungspotenziale stehen anschließend für die interaktive Suche nach Eignungskriterien und weiteren Auswertungen zur Verfügung. So können einzelne oder mehrere Potenzialflächen nach räumlichen und fachlichen Kriterien ausgewählt und in Karten, Diagrammen und Tabellen visualisiert werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Steckbriefe im PDF-Format zu erstellen und über Schnittstellen ausgewählte Datensätze für die Weiterbearbeitung in andere Softwareprodukte zu exportieren. Die KFMplus setzt hierfür auf offene Standards, um eine möglichst vielfältige Weiternutzung von Ergebnissen zu ermöglichen.

## **2.3 Modul Daseinsvorsorge**

### **2.3.1 Erfassung**

Das Modul ermöglicht die kartenbasierte Erfassung von Einrichtungen der Daseinsvorsorge. Es ist mit Daten aus OpenStreetMap vorbestückt, die im Rahmen der Ersteinrichtung importiert werden. Eine Zuordnung zu Kategorien, für die die KFMplus eine Voreinstellung mit Konfigurationsmöglichkeit durch die Kommune vorsieht, wird durch die Softwareinfrastruktur sichergestellt. Die Funktionen in der KFMplus sehen außerdem vor, dass Kommunen weitere Einrichtungen im Modul ergänzen und pflegen. Die sieben Hauptkategorien der Voreinstellung sind: Beteiligung und Treffpunkte, Bildung, Dienstleistungen und Behörden, Freizeit und Kultur, Gesundheit, Grün- und Freiflächen sowie Versorgung.

### **2.3.2 Auskunft**

Die Ausstattungsqualität für ausgewählte Flurstücke wird mit vier Indizes ermittelt, die aus dem Konzept des Vitalitäts-Checks der Ländlichen Entwicklung in Bayern abgeleitet sind. Dabei erfolgt eine Gewichtung und zusammenfassende Bewertung von Einrichtungen der Daseinsvorsorge zu einem Nahversorgungs-, Alltagsversorgungs-, Kultur- und Teilhabe-, sowie einem Grünversorgungsindex. Ein Routing-Algorithmus ermittelt dabei die Wegedistanz vom geometrischen Schwerpunkt eines Flurstücks ausgehend zu den Einrichtungen. Der Algorithmus basiert auf dem OpenRouteService des Heidelberg Institute of Geoinformation Technology. Mit Hilfe dieser Software können



bietet die KFMplus die Möglichkeit, weiterführende Bewertungen von regulierenden, unterstützenden und kulturellen Ökosystemleistungen auf den Flächen vorzunehmen (Hansen et al. 2022).

## 2.5 Modul Städtebau

Das Modul Städtebau ermöglicht die Visualisierung, Verwaltung und Ergänzung städtebaulicher Aspekte zu den erfassten Innenentwicklungspotenzialen (z. B. infrastrukturelle Erschließungssituation, planungs- und baurechtliche Rahmenbedingungen). Zusätzlich werden Informationen zum städtebaulichen Umfeld der Innenentwicklungspotenziale auswertbar. Diese beziehen sich zum einen auf Informationen zur Potenzialsituation, z. B. bezüglich der Frage, ob es weitere Baulücken oder Brachflächen in der direkten Nachbarschaft gibt. Zum anderen können wichtige rahmengebende Informationen zur Grünversorgung oder zur Grünvernetzung im Umfeld abgerufen werden, die im Modul Klima- und Ressourcenschutz erfasst wurden. Das Umfeld wird dabei durch angrenzende Grundstücke im voreingestellten Radius von 200 m definiert, der bei Bedarf individuell angepasst werden kann. Somit bietet das Modul eine umfassende Informationsbereitstellung zur Beurteilung von Entwicklungsoptionen für eine Potenzialfläche. Die KFMplus bietet Anwender\*innen mit einer Visualisierung modulübergreifender Indikatoren in Netzdiagrammen und in farblich differenzierenden Piktogrammen eine Eignungsbewertung für verschiedene Zieldimensionen der Flächenentwicklung an. Dabei wird Wert daraufgelegt, dass die Zieldimensionen von den Kommunen entsprechend ihren Bedarfen definiert werden können. Voreingestellte und auswählbare Profile unterstützen diesbezüglich bei der Einrichtung der Bewertungslogik.

## 3 Softwarearchitektur für die Integration in den Kommunen

Die Auslieferung der KFMplus erfolgt als flexibel einsetzbares Softwarepaket, das eine niedrigschwellige Integration der Anwendung in die Dateninfrastruktur der Kommunen ermöglicht („on-premise“, Abb. 2). Alternativ kann, gerade für kleinere Kommunen, eine cloudbasierte Lösung angeboten werden, bei der das Hosting beim Softwareanbieter liegt. Der Dateninput umfasst u. a. kommunale Geodaten, Fachanwendungen sowie weitere externe Daten und Dienste (z. B. von Landesbehörden), die über eine webbasierte Kartenanwendung (GeoServer) gesteuert werden. Standardisierte Schnittstellen für die Einbeziehung weiterer Geo- und Fachdaten erlauben einen einfachen Datenaustausch mit weiteren Anwendungen. Für die Gremien- und Öffentlichkeitsarbeit ist die Ausgabe von Berichten, Tabellen und Grafiken möglich, um die wesentlichen Kerninformationen für kommunale Entscheidungsträger und -prozesse in kompakter und zugänglicher Form aufzubereiten. Vorgesehen ist, in künftigen Weiterentwicklungen

Schnittstellen zu digitalen Beteiligungsformaten anzubieten, um Bürgerinformationen in Planungsprozesse mit einzubeziehen.

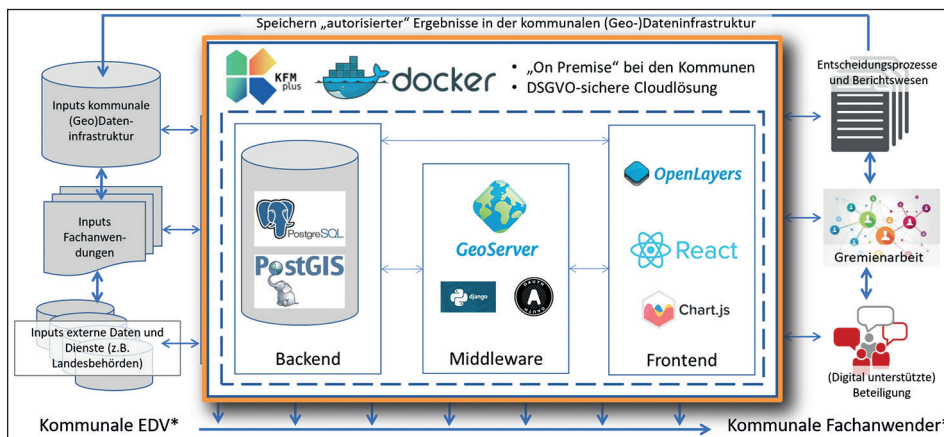


Abb. 3: Einbindung der Software-Struktur KFMplus in den Kommunen  
(Quelle: Baader Konzept/mena)

## 4 Zwischenfazit und Ausblick

Die KFMplus bietet sowohl größeren Städten als auch kleineren Gemeinden ein modernes digitales Planungswerkzeug für eine bestandsorientierte Stadtentwicklungsplanung. Die Anwendung integriert hierfür eine interaktive und kartenbasierte Erfassung zahlreicher Attribute, die zur Bewertung von Flächenpotenzialen herangezogen werden können. Aus der GIS-basierten Überlagerung von Datenquellen werden automatisierbare Potenziale der Datenerfassung optimiert und der Erfassungsaufwand qualifizierender Flächeninformationen somit erheblich reduziert. So ist z. B. die Verschneidung und Erfassung von (Geo-)Informationen zu städtebaulichen Rahmenbedingungen und Bewertungskriterien gleichermaßen integriert, wie entsprechende Informationen zu Ausstattungsqualitäten der Daseinsvorsorge und klima- bzw. ressourcenschutzbezogener Optionen der Flächenentwicklung. Die mit modernen Dashboard-Komponenten versehenen Auskunftsmodule der KFMplus führen diese Informationen für eine Bewertung städtebaulicher Entwicklungsoptionen zusammen. Berichte und Steckbriefe zu den verschiedenen Modulen ermöglichen eine weiterführende Bereitstellung der eingegebenen Informationen für die Öffentlichkeits- und Gremienarbeit. Kommunen steht somit ein Instrument zur datengestützten Entscheidungsfindung und Planungsunterstützung bereit. Dabei wird Wert darauf gelegt, die Entscheidungskriterien offen zu gestalten. So können Anwender\*innen spezifische Zieldimensionen für eine nachhaltige Flächenentwicklung definieren und in die Bewertungslogik integrieren.



In der Abstimmung mit Pilotkommunen und Expert\*innen sowie in projektspezifischen Workshops wurde der Bedarf für die Entwicklung eines derartigen Planungsunterstützungsinstrumentes vielfach bekräftigt. Auch die Baulandkommission des Innenministeriums und die Autoren der letzten Baulandumfrage kommen zu dem Schluss, dass vorhandene Flächenmanagement-Tools für eine zukunftsorientierte Bestandsentwicklung weiterentwickelt werden müssen (Expertenkommission „Nachhaltige Baulandmobilisierung und Bodenpolitik“ 2019; BBSR 2022: 39). Die KFMplus stellt diesbezüglich eine wissenschaftlich fundierte und technische Innovation dar, die nach Abschluss einer umfassenden Konzipierungs- und Entwicklungsphase aktuell in eine Testphase mit den beiden Pilotkommunen übergeht. Die Erkenntnisse fließen in eine finale Überarbeitung ein, so dass die Software nach Projektabschluss Ende 2022 für den Einsatz in deutschsprachigen Städten, Gemeinden und Verwaltungsgemeinschaften angeboten werden kann.

## 5 Literatur

- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2022): Bauland- und Innenentwicklungspotenziale in deutschen Städten und Gemeinden. BBSR-Online-Publikation 11/2022, Bonn, März 2022.
- Expertenkommission „Nachhaltige Baulandmobilisierung und Bodenpolitik“ (Baulandkommission) (2019): Empfehlungen auf Grundlage der Beratungen in der Kommission für „Nachhaltige Baulandmobilisierung und Bodenpolitik“ (Baulandkommission) vom 02.07.2019. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Berlin.
- Hansen, R.; Dehnhardt, A.; Marzelli, S. (2022): Transformation der räumlichen Planung durch Ökosystemleistungen? Einschätzungen und Erfahrungen zu den Potenzialen aus ausgewählten Forschungsvorhaben; In: Raumforschung und Raumordnung 80 (1): 112-127. DOI: 10.14512/rur.58.
- Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT gGmbH) (2022): Openrouteservice Startseite.  
<https://openrouteservice.org/> (Zugriff: 25.07.2022).
- LfU Bayern – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021): Flächenmanagement-Datenbank: praktische Hilfe für Kommunen, Version 4.2.  
<https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/flaechenmanagement/fmdb/index.htm> (Zugriff: 25.07.2022).
- Reyer, M.; Fina, S.; Siedentop, S.; Schlicht, W. (2014): Walkability is Only Part of the Story. Walking for Transportation in Stuttgart, Germany. In: International Journal of Environmental Research and Public Health 11 (6): 5849-5865.
- StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2021): Ländliche Entwicklung in Bayern: Vitalitäts-Check – Das Analyseinstrument zur Innenentwicklung für Dörfer und Gemeinden, Version 2.5.  
<https://www.stmelf.bayern.de/landentwicklung/dokumentationen/059178/index.php> (Zugriff: 25.07.2022).

# Potenzialflächenbewertung und -ranking zur nachhaltigen Entwicklung der Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler

*Pascal Glass, Paul Goede, Tobias Henning, Alexander Stricker*

## Zusammenfassung

Das im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts NEILA (Nachhaltige Entwicklung durch interkommunales Landmanagement) entwickelte Flächenbewertungs- und Rankingsystem in der Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler basiert auf interkommunal abgestimmten Kriterien und liefert eine Entscheidungshilfe zur Priorisierung und Entwicklung von Potenzialflächen für die Siedlungsentwicklung. Die Erarbeitung des Systems fand in engem Austausch mit Planer\*innen und Entscheidungsträger\*innen der Region statt, um lokales Expertenwissen zu nutzen und die Akzeptanz der Flächenbewertung zu steigern. Die bewerteten Potenzialflächen sind aus verschiedenen Quellen – Monitoringsysteme der Länder, vorhandene Konzepte, Restriktionsanalyse – und im intensiven Dialog mit den Kommunalverwaltungen zusammengetragen.

Das Ergebnis ist ein Flächenranking, welches den Kommunen in der Region in einem Web-GIS zur Verfügung steht. Es ist bearbeit- und erweiterbar und stellt eine Vielzahl von Informationen für die in der Region erhobenen Flächen dar. Für jede Fläche ist ersichtlich, wie die jeweiligen Kriterien (beispielsweise ÖPNV-Erreichbarkeit, Nahversorgung oder die Nähe zu Grünflächen) sowie die darauf basierenden Indikatoren (Wohn-, Gewerbebelegung, Freiraumbedeutung) ausgeprägt sind. Mithilfe des Systems lassen sich sowohl auf kommunaler als auch regionaler Ebene Flächen priorisieren und miteinander vergleichen. Es trägt dazu bei, die zukünftige regionale Siedlungsentwicklung anhand objektiver Kriterien und einer nachvollziehbaren Methodik nachhaltig zu gestalten.

**Schlagwörter:** Flächenbewertung, Entscheidungshilfesystem, interkommunale Kooperation, Nutzungskonkurrenz

## 1 Einführung

Das transdisziplinäre Forschungsvorhaben NEILA (Nachhaltige Entwicklung durch interkommunales Landmanagement), ist Teil der BMBF-Fördermaßnahme „Stadt-Land-Plus“. Seit September 2018 arbeiten die verschiedenen Verbundpartner gemeinsam an einer nachhaltigen Regionalentwicklung. Neben drei Kommunen (Bundesstadt Bonn, Rhein-Sieg-Kreis, Landkreis Ahrweiler) gehören dazu die Wirtschaftsförderungs- und Wohnungsbaugesellschaft Königswinter, die Technische Universität Dortmund und das Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung. Dabei wird auf die langjährige Zusammenarbeit der Kommunen im Rahmen des Regionalen Arbeitskreises (:rak)

aufgebaut, welche seit 1991 auf informeller Ebene existiert. Angelegt ist das Projekt auf eine Laufzeit von insgesamt fünf Jahren.

Die Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler ist durch eine enge Verflechtung der insgesamt 28 Kommunen geprägt. Während die Bundesstadt Bonn als Oberzentrum den Arbeitsplatzschwerpunkt bildet, erfüllen auch einige Mittelzentren teilweise diese Funktion. Insbesondere die ländlich geprägten Teilräume im östlichen Rhein-Sieg-Kreis und im Landkreis Ahrweiler bieten der Bevölkerung Qualitäten in Bezug auf die Freiraumfunktion. In diesen Gebieten zeigt sich auch die Heterogenität des Raumes. Dort ist in Zukunft Stagnation bzw. ein Rückgang der Bevölkerung einhergehend mit dem demographischen Wandel zu erwarten, wohingegen die Mehrzahl der Kommunen weiterwachsen wird. Dies schlägt sich seit einigen Jahren in steigenden Bodenpreisen sowie erhöhten Mieten nieder. In diesen Gemeinden ist der Druck auf die begrenzte Ressource Fläche besonders stark und Nutzungskonkurrenzen sind entsprechend ausgeprägt.

Ziel von NEILA ist es, die bestehende regionale Zusammenarbeit zu vertiefen und dabei den Interessensausgleich zwischen Stadt, städtischem Umland und ländlichen Raum zu fördern. Zukünftige Siedlungsentwicklungen sollen vorrangig auf geeigneten Potenzialflächen stattfinden. Deshalb wurden über 2 300 Flächen auf ihre Eignung hin untersucht. Durch die gemeinsam abgestimmte Entwicklung mit Fokus auf besonders geeignete Flächen für die Siedlungsentwicklung kann die Flächeninanspruchnahme gesamtregional reduziert und wertvolle Naherholungsräume gesichert werden. Dies leistet zudem einen Beitrag zur Klimawandelanpassung und -vorsorge, da besonders klimarelevante Flächen berücksichtigt werden.

In NEILA werden verschiedene Instrumente zur Reduzierung von Flächennutzungskonflikten entwickelt. Die Flächenbewertung ist Teil des interkommunalen Raumentwicklungsmonitorings, das in einem Web-GIS zur Verfügung gestellt wird. Auf Grundlage der vorgenommenen Bewertung wird ein regionales Siedlungsentwicklungskonzept erarbeitet in dem die Entwicklungsschwerpunkte gesamtregional dargestellt werden.

## **2 Flächenbewertung und -ranking**

Zu Beginn der Flächenbewertung stand die Erstellung eines möglichst umfassenden Pools an zu bewertenden Flächen. Dieser wurde aus verschiedenen Quellen aufgebaut. Zum einen aus den Siedlungsflächenmonitoringsystemen der Länder (Bezirksregierung Köln 2022b; RLP 2022), zum anderen aus bereits in der Region vorhandenen Konzepten (z. B. kommunale Stadtentwicklungskonzepte oder Gewerbebegutachten). Weiterhin wurden mittels einer Restriktionsanalyse Gebiete, die sich potenziell für eine Siedlungsentwicklung eignen, identifiziert. Die hierfür relevanten Restriktionen wurden zusammen mit den Kommunen in Arbeitsgruppensitzungen entwickelt und mittels einer GIS-Analyse umgesetzt. In Gesprächen mit den Projektkommunen wurden die so ermittelten

Flächen abgeglichen und gegebenenfalls ergänzt. Insgesamt umfasste der Flächenpool ca. 2 300 Flächen mit einer Gesamtgröße von etwa 4 600 Hektar.

Nach Bereitstellung im Web-GIS wurde der Flächenpool durch die Kommunen um qualitative Informationen ergänzt. Dabei handelte es sich sowohl um planungsrechtliche Aspekte, als auch um Zusatzinformationen zu Altlasten, Entwicklungswünschen und weiteren Aspekten. Weiterhin wurden auch Flächenzuschnitte angepasst sowie neue Flächen hinzugefügt.

Die Flächenbewertung basiert auf gemeinsam mit den Projektkommunen entwickelten Kriterien (Tab. 1) und hat das Ziel, zu jeder Potenzialfläche eine Aussage hinsichtlich ihrer Eignung für die Nutzungen Gewerbe, Industrie und Wohnen treffen zu können. Weiterhin wird die Eignung im Sinne der Grünen Infrastruktur sowie das Konfliktpotenzial bei einer möglichen Entwicklung für jede Fläche bestimmt. Die Schwere der jeweiligen Konfliktpotenziale wurde aufgrund kommunaler Erfahrungswerte definiert. Für die übergeordneten Indikatoren (Wohnen, Gewerbe, etc.) wurden dabei Kriterien festgelegt, die zum Teil auch für mehr als eine Eignung von Relevanz sind (z. B. ÖPNV-Erreichbarkeit).

Die Kriterien wurde in Anlehnung an landes- und regionalplanerische Ziele und Grundsätze entwickelt (LEP NRW 2019; LEP IV 2008; Bezirksregierung Köln 2022a; RROP 2017). Weiter wurden bereits vorhandene Monitoringsysteme analysiert. Durch die enge Einbindung der kommunalen Arbeitsgruppen wurden die Kriterien weiter geschärft und in Folge auch durch die Bürgermeisterinnen und Bürgermeister der Kommunen in der Region freigegeben.

Tab. 1: Übersicht der Bewertungskriterien (Quelle: eigene Bearbeitung)

Informatorische Kriterien	Kriterien für die Berechnung der Indikatoren Wohnen, Gewerbe und Industrie	Kriterien für die Berechnung des Indikators Grüne Infrastruktur
Flächengröße	Erreichbarkeit durch ÖPNV	Wasserschutzgebiete
Konfliktpotenziale	Erreichbarkeit MIV	HQ-Extremgebiete
Entwicklungsabsicht	Erreichbarkeit Radverkehr	Biotopverbünde
Eigentumsverhältnisse	Gewerbespezifische Erreichbarkeit	Lebensraumengstellen
Planungsrechtlicher Status	Multimodale Aktivierbarkeit	Bodenwertzahl
Geplanter ÖPNV	Versorgung	Naturnähe (Hemerobie)
Altlasten	Zugang zu Grüner Infrastruktur	Bedeutung für Freizeit und Erholung
Thermische Ausgleichsfunktion	Lagetyp	
	Wiedernutzung von Brachflächen	
	Topographie	
	Lärm	
	Abstand zu störsensiblen Nutzungen	

Die Operationalisierung der Kriterien erfolgte unter der Prämisse, möglichst bereits vorhandene Geodatenätze zu verwenden. Eine Herausforderung bestand dabei in der Harmonisierung der Geodaten über die Landesgrenzen hinweg. Sowohl im Zugang als auch in der Qualität der Daten zeigten sich hier zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen den Bundesländern. So konnten zum Beispiel Daten zur thermischen Ausgleichsfähigkeit von Flächen nur für das Land NRW (LANUV 2022) verwendet werden, da ein entsprechender Datensatz in Rheinland-Pfalz derzeit nicht vorliegt.

Die operationalisierten Kriterien wurden mittels geanalytischer Methoden für jede Fläche des Flächenpools bestimmt. Dabei kamen sowohl flächenzentrierte Methoden (z. B. bei der Berechnung der Distanz über das Wegenetz vom Mittelpunkt einer Fläche zu einem ÖPNV-Halt) als auch Verschneidungen mit Datenebenen, die bereits den ganzen Untersuchungsraum umfassten (z. B. Rasterdatensätze zur Bodenwertzahl) zum Einsatz. Soweit möglich, wurden die ermittelten Werte normalisiert und für die übergeordneten Indikatoren gewichtet (siehe Tab. 2 und Tab. 3). In Fokusworkshops mit den Kommunen wurde die Gewichtung der Kriterien in einem iterativen Prozess weiter geschärft. Ergebnis ist eine rangbasierte Bewertung, die es ermöglicht, einzelne Flächen aufgrund ihres Ranges in einer bestimmten Kategorie miteinander zu vergleichen.

Tab. 2: Kriteriengewichtung für Wohnbauflächeneignung (Quelle: eigene Bearbeitung)

Nutzung	ÖPNV	MIV	Radpendler-routen	Versorgung	Zugang zur Grünen Infrastruktur	Lagotyp	Wiedernutzung von Brachflächen	Lärm
Wohnen	25 %	5 %	5 %	20 %	15 %	20 %	5 %	5 %

Tab. 3: Kriteriengewichtung für Gewerbe- und Industrieflächeneignung (Quelle: eigene Bearbeitung)

Nutzung	ÖPNV	Gewerbe-erreichbarkeit	Multimodale aktivierbarkeit	Lagotyp	Wiedernutzung von Brachflächen	Topographie	Abstandserfordernisse zu störsensiblen Nutzungen
Gewerbe	15 %	50 %		10 %	15 %	10 %	
Industrie	15 %	30 %	20 %		15 %	20 %	0 = Ausschluss

Um im weiteren Prozess die Interpretation der Flächenbewertung zusätzlich zu vereinfachen, wurden mittels auf Schwellenwerten basierenden Entscheidungsbäumen Nutzungsempfehlungen für einzelne Flächen vergeben. Die ermittelten Werte für die einzelnen Kriterien und die übergeordneten Indikatoren werden weiterhin dargestellt. Wenn z. B. eine Fläche wesentlich höher für Gewerbe als für Wohnen bewertet wurde, wurde entsprechend nur die Empfehlung „Gewerbe“ vergeben. Dabei kamen auch

weitere, bislang nicht berücksichtigte Aspekte zum Tragen. So wurde z. B. für bestehende Baulücken in Wohngebieten unter einer bestimmten Größe nicht die Empfehlung „Gewerbe“ vergeben.

### 3 Umsetzung des Bewertungs- und Rankingsystems

Die vielfältigen Flächendaten, Daten aus eigenen Erhebungen, Angaben zu Nutzungskonkurrenzen und weitere grundlegende Daten müssen zur Etablierung eines nachhaltigen Landmanagements kontinuierlich erfasst und für alle Anwendergruppen zugänglich sein. Zu diesem Zweck wurde ein Open-Source webbasiertes Geoinformationssystem (Web-GIS) eingerichtet. In diesem System können Informationen erfasst, gesammelt, angeschaut sowie bearbeitet und erweitert werden.

Vorteile einer solchen regionalen Plattform ergeben sich aus der zentralen Datenhaltung, welche die Komplexität reduziert und Redundanzen der Daten verhindert. Darüber hinaus versetzt das System auch Kommunen, die bisher nicht mit einem Geoinformationssystem ausgestattet waren, in die Lage, die Vorteile eines solchen Systems nutzen zu können. Das Web-GIS basiert auf der Open-Source Plattform GeoNode (GeoNode 2022) und kann ohne zusätzlich zu installierende Software von allen Kommunen genutzt werden. Eine Darstellung der Benutzeroberfläche findet sich in Abbildung 1.

Kern des Systems ist die zentrale Datensammlung der bewerteten Potenzialflächen, welche in diesem System erfasst werden und deren umfangreichen erhobenen Informationen eingesehen und bearbeitet werden können. Eine Benutzerrechtsteuerung stellt dabei sicher, dass bspw. kommunale Daten nur von autorisierten Benutzer\*innen einsehbar sind. Bei Bedarf können unterschiedliche personalisierbare Benutzerkonten angelegt werden, welche mit unterschiedlichen Lese- und/oder Schreibzugriffen ausgestattet werden können. Dies ermöglicht die Einbindung verschiedener Akteur\*innen in das System.

Um die Lesbarkeit des Flächenrankings zu verbessern, werden kartografische Signaturen angelegt. Diese ermöglichen die schnelle visuelle Erfassung der vorgeschlagenen Nutzungseignung für Wohnen oder Gewerbe, der möglichen Eignung für Grüne Infrastruktur sowie des erfassten Konfliktpotenzials (Abb. 1).

Neben der Darstellung der Potenzialflächen in einem regionsweiten System ist auch die Ansicht weiterer planungsrelevanter Daten wie bspw. Naturschutzrechtliche Bedingungen oder Lärmbelastung etc. möglich. Dabei sind die Angaben und Informationen mit den Monitoringsystemen der Länder NRW und RLP derart abgeglichen worden, dass die Informationen anhand einer „Übersetzungstabelle“ in das regionale Web-GIS überführt und vergleichbar gemacht wurden, so dass eine größtmögliche Kompatibilität der Informationen zwischen den Systemen erreicht werden kann.

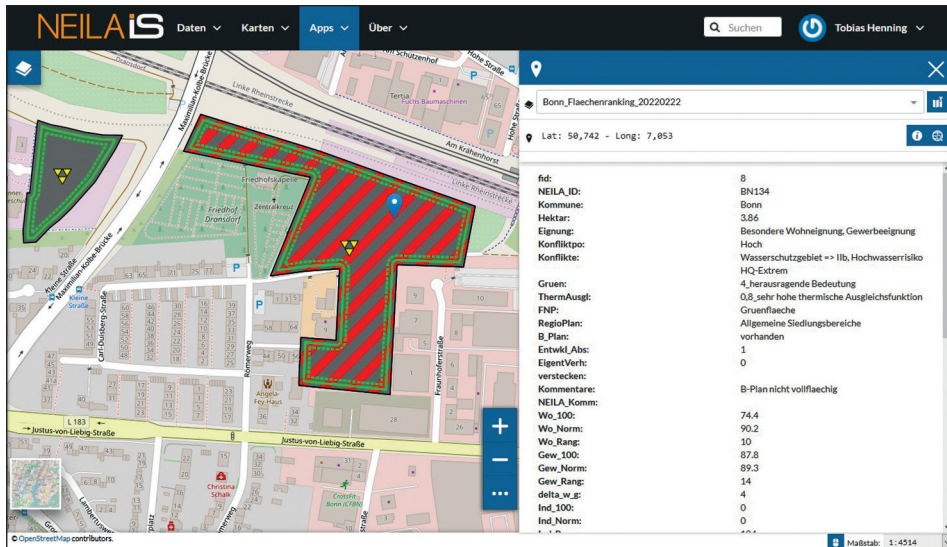


Abb. 1: Benutzeroberfläche GeoNode (Quelle: eigene Bearbeitung)

Das Web-GIS erlaubt es den Nutzern, auf einer Plattform eine Vielzahl unterschiedlicher Datensätze und Datenebenen einzusehen und zudem selbst Daten hinzuzufügen. Ebenso sind die in GeoNode vorhandene Daten zur lokalen Nutzung in verschiedenste Datenformate (bspw. GeoJSON, Shapefile, CSV) exportierbar. Darüber hinaus können Nutzer\*innen eigene Karten aus verschiedenen Daten zusammenstellen, nach eigenen Bedürfnissen anpassen, speichern und downloaden. Diese dynamischen Funktionen erlauben eine persönliche und zielgenaue Nutzung der Plattform.

Neben den quantitativ erhobenen und teilweise selbst berechneten Daten sind qualitative Informationen zu den Flächenpotenzialen wie bspw. Eigentümerstrukturen oder das Interesse der Kommune zur Entwicklung einer gewissen Fläche hinterlegt und anpassbar. Diese qualitativen Daten helfen dabei, die Verfügbarkeit von Flächen und den politischen Willen zur Entwicklung besser einschätzen zu können, um daraus ein realistischeres Bild der regionsweiten Potenziale zu erhalten. Das System ist also dynamisch, woraus die Möglichkeit erwächst, Zeitreihen zu bilden und ein Raumentwicklungsmonitoring zu betreiben.

Insgesamt trägt das regionale Monitoringsystem damit zu einer Verbesserung der informations- und wissensbasierten Entscheidungsgrundlagen der regionalen Akteur\*innen bei. Die Transparenz des Systems schafft eine Grundlage für ein interkommunales Landmanagement und ist, wie dargelegt, so konzipiert, dass es eigenständig von den Benutzer\*innen fortgeschrieben werden kann.

## 4 Regionales Siedlungsentwicklungskonzept

Das Flächenbewertungs- und rankingsystem liefert umfassende Informationen zur Auswahl geeigneter Flächen für die Erarbeitung eines regionsweiten Siedlungsentwicklungskonzepts, welches durch die regionale Betrachtungsweise von Entwicklungspotenzialen einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Entwicklung leisten soll. Durch die Objektivierung der Flächenbewertung und relative Vergleichbarkeit der Flächen untereinander wird sichergestellt, dass der Fokus des Siedlungsentwicklungskonzepts auf einer nachhaltigen Flächenentwicklung liegt. Dieses regionale Konzept wird ebenfalls im Web-GIS zur Verfügung gestellt werden.

Das Siedlungsentwicklungskonzept und die Daten aus dem Flächenranking bieten weiterhin die Möglichkeit, Flächenbedarfe und -angebote gegenüberzustellen und Flächenpotenziale differenziert nach ihren Nutzungseignungen, Verfügbarkeiten und Konfliktpotenzialen zu bilanzieren. Es ergibt sich sowohl auf regionaler als auch auf kommunaler Ebene ein realistisches Bild der vorhandenen Potenzialflächen.

Eng verknüpft mit der Bilanzierung von Wohnnutzungsflächen ist hier auch das erarbeitete Dichtekonzept zu nennen. In der wachsenden Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler ist eine Flächenknappheit in mehreren Teilgebieten zu erkennen. Bei Bilanzierung des gesamten regionalen Potenzials wird deutlich, dass – bei gleichbleibender aktueller Dichte – der Bedarf das potenzielle Angebot übersteigt. Es ergibt sich damit nicht zuletzt aus der Flächenknappheit und dem Nachhaltigkeitsaspekt eine Notwendigkeit, die bauliche Dichte anzupassen. Hierzu ist ein Dichtekonzept erarbeitet worden, das für die Potenzialflächen bestimmte Dichten (Wohneinheiten pro Hektar) in Abhängigkeit von der verkehrlichen Erreichbarkeit, der Versorgungssituation und der Typologie des Siedlungsraums vorschlägt.

## 5 Fazit

Die Potenzialflächenbewertung und das -ranking leisten einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Entwicklung der Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler. Zum einen wird durch die detaillierte Auseinandersetzung mit den Potenzialflächen im Zuge der Bewertung der fachliche Austausch intensiviert und zum anderen durch die Bündelung regionsweit einheitlicher Daten sowie durch Ergänzung von Fachdaten objektiviert.

Das Bewertungssystem sorgt für Transparenz bei der Eignungsbewertung und schafft durch die Vergleichbarkeit von Flächenpotenzialen anhand regional einheitlicher Kriterien eine verbesserte Abwägungs- und Entscheidungsgrundlage. In der Folge können Flächenentwicklungen priorisiert und geeignete Flächen nachhaltig entwickelt werden.

Darüber hinaus dient das Flächenranking und -bewertungssystem als Grundlage für weitere Produkte wie bspw. das regionale Siedlungsentwicklungskonzept,



Dichtekonzept, die Bilanzierung von regionsweiten Flächenpotenzialen, Freiraumentwicklung und Beitrag zur Regionalplanung.

Ein Beitrag zum sorgsamem Umgang mit der Ressource Fläche wird auch dadurch geleistet, dass ein realitätsnahes und einheitlich ermitteltes Bild der Flächenpotenziale in der Region gezeichnet werden kann und somit Möglichkeiten, aber auch Grenzen des Wachstums besser erkannt werden können.

Bei der Umsetzung des Systems wird deutlich, dass Komplexität sowohl Anspruch und Herausforderung zugleich ist. Dem Wunsch nach einer möglichst präzisen Modellierung und Bewertung der Potenziale steht die Herausforderung einer möglichst transparenten und verständlichen Darstellung der Indikatoren gegenüber. Die anspruchsvolle Aufgabe der Etablierung eines regionalen Web-GIS ergibt sich auch durch die heterogene kommunale Ausstattung und unterschiedlichen Kenntnisse der Anwender\*innen im Umgang mit Geoinformationssystemen. In diesem Zusammenhang sind Schulungen und ein intensiver Austausch mit den Anwendern zu empfehlen. Dies ist auch im Hinblick auf die nachhaltige Akzeptanz und Nutzung des Systems notwendig.

Insgesamt zeigt sich, dass das Flächenbewertungs- und rankingsystem von den Anwender\*innen angenommen und als Mehrwert erkannt wird. Um diesen erreichten Mehrwert auch langfristig zu erhalten, ist aber eine Verstetigung und fortlaufende Aktualisierung des Systems notwendig.

## 6 Literatur

- Bezirksregierung Köln (2022a) Regionalplanung. [https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/leistungen/abteilung03/32/regionalplanung/index.html](https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/leistungen/abteilung03/32/regionalplanung/index.html) (Zugriff: 27.07.2022).
- Bezirksregierung Köln (2022b): Raumbewertung und Regionalmonitoring. [https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/leistungen/abteilung03/32/regionalplanung/regionalmonitoring/index.html](https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/leistungen/abteilung03/32/regionalplanung/regionalmonitoring/index.html) (Zugriff: 28.07.2022).
- GeoNode (2022): Open Source Geospatial Content Management System. <https://geonode.org/> (Zugriff: 27.07.2022).
- LANUV (2022): Klimaanalyse. <https://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaanpassung-in-nrw/klimaanalyse> (Zugriff: 28.07.2022).
- LEP IV (2008): Ministerium des Innern und für Sport Rheinland-Pfalz. Landesentwicklungsprogramm. <https://mdi.rlp.de/de/unsere-themen/landesplanung/landesentwicklungsprogramm/> (Zugriff: 27.07.2022).
- LEP NRW (2019): Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen. [https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/20201104\\_druckversion\\_lep.pdf](https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/20201104_druckversion_lep.pdf) (Zugriff: 27.07.2022).

RLP (2022): Ministerium des Innern und für Sport Rheinland-Pfalz. Raum+Monitor  
<https://mdi.rlp.de/de/unsere-themen/landesplanung/raum-monitor/> (Zugriff:  
28.07.2022).

RROP (2017): Planungsgemeinschaft Mittelrhein-Westerwald – Regionaler Raumord-  
nungsplan.  
[https://mittelrhein-westerwald.de/index.php/veroeffentlichungen/raumordnungs-  
plan](https://mittelrhein-westerwald.de/index.php/veroeffentlichungen/raumordnungsplan) (Zugriff: 27.07.2022).



# SAVE – Strategische Aktivierung und Verzinsung naturschutzfachlicher Ersatzflächen

Christian Günster

## Zusammenfassung

Die Realisierung von Infrastrukturprojekten verursacht Eingriffe in Natur und Landschaft. Diese sind gemäß Bundesnaturschutzgesetz zu kompensieren. Bislang erfolgt die Planung und Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen ausschließlich im Kontext der jeweiligen Projektrealisierung. Ein strategischer und bundesweit einheitlicher Ansatz wurde bislang von der Deutschen Bahn (DB) nicht verfolgt. Der gesamte für die Umsetzung des vordringlichen Bedarfs des Bedarfsplans für die Schienenwege des Bundes entstehende Kompensationsbedarf beträgt rd. 21 000 ha. Da die DB nicht über ausreichende geeignete Flächen verfügt, müssen für die vollständige Deckung dieses Bedarfs auch Flächen Dritter in Anspruch genommen werden. Die Sicherung dieser Flächen sollte, um Spekulationseffekte zu vermeiden, möglichst frühzeitig erfolgen, bevor die Realisierung des Bauprojektes lokal kommuniziert wird. Durch die Bevorratung von Kompensationsmaßnahmen weit vor Baubeginn wird gewährleistet, dass die Akzeptanz der Maßnahmen bereits im Vorfeld bei Behörden bestätigt wird. Durch die sich daraus ergebende Minimierung von Konflikten bei der Flächensicherung sinkt das Risiko für Planungsverzögerungen. Das auf Grund der Knappheit von geeigneten Kompensationsflächen bestehende Realisierungsrisiko durch fehlende Kompensationsmaßnahmen wird ebenfalls verringert. In vielen Bundesländern ist eine Verzinsung der in Ökokonten bevorrateten Ökopunkte gesetzlich geregelt. SAVE dient der Vorbereitung und Durchführung notwendiger Anpassungserfordernisse und ebnet den Weg für die Einführung bzw. den Transfer in das Regelgeschäft bzw. die Linienstruktur.

**Schlagwörter:** Naturschutz, Kompensation, Ökokonten, Flächenmanagement, Bevorratung

## 1 Einführung

Seit 2016 entwickelt die DB Netz AG ihre Flächenmanagementstrategie. Diese wird seit 2017 sukzessive innerhalb des Unternehmens umgesetzt. Ziel dieser Strategie ist es, die Prozesse zu Flächennutzungen innerhalb des Konzerns zu optimieren und die Verarbeitung von flächenbezogenen Informationen digital und innerhalb des Unternehmens transparent zu gestalten. Ergänzend wurde in diesem Zusammenhang der Integrierte Flächenpool (IFP) aufgebaut, welcher aktuelle und zukünftige Flächennutzungen<sup>1</sup> visualisiert.

<sup>1</sup> <https://docplayer.org/170185960-Flaechenmanagement-bei-der-db-netz-ag-nachhaltige-strategie-und-ganzheitliche-immobilienbetrachtung-db-netz-ag-i-nfr.html>

## 2 Rückblick

Die Entwicklung der Flächenmanagementstrategie seit 2019 wird illustriert am Beispiel des Integrierten Flächenpools (IFP) der Deutschen Bahn (DB) in Abbildung 1.

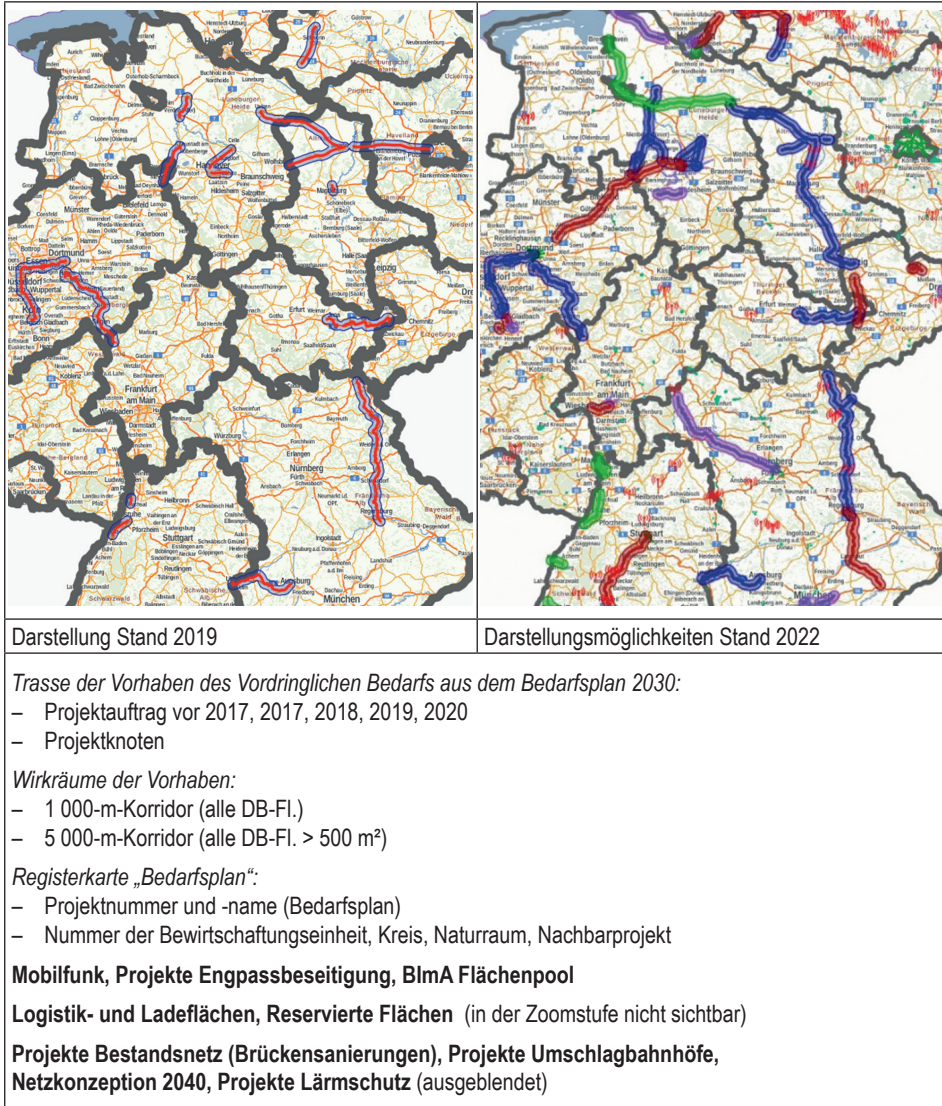


Abb. 1: Entwicklung des IFP 2019-2022 (Quelle: IFP, eigene Bearbeitung)

Bezogen auf die Nutzungsbedarfe der technischen Infrastruktur sind nun weite Teile dieser Strategie in der Linienstruktur der DB Netz AG fest verankert. Im nächsten Schritt befasst sich die Strategie mit den Flächen, die für naturschutzfachliche Ausgleichsmaßnahmen (Kompensationsmaßnahmen) benötigt werden.

## 3 SAVE-Umsetzungsprojekt

### 3.1 Vorprojekt

Die DB Netz AG als hundertprozentige Tochter der DB und größtes Eisenbahninfrastrukturunternehmen in Deutschland hat in Zusammenarbeit mit dem Corporate Real Estate Management (CREM) der DB AG von September 2020 bis Juni 2021 ein Vorprojekt durchgeführt. In diesem wurden Informationen aus verschiedenen Infrastrukturmaßnahmen zum Status quo der Vorgehensweise bei der Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen gesammelt. Ergänzend stellte das Vorprojekt die aktuellen Rahmenbedingungen aus Buchhaltung, Finanzierung, Bilanzierung und Möglichkeiten und Grenzen der bislang genutzten Systeme zusammen. Daneben wurden die Inhalte umweltfachlicher und juristischer Richtlinien und Regelwerken ausgewertet.

Wesentliche Erkenntnisse waren die Anpassung buchhalterischer Regelungen und der Bilanzierungsrichtlinie der DB als Voraussetzung für die kaufmännische Umsetzung einer Strategie für Kompensationsmaßnahmen. Daher wurde damit bereits im Vorprojekt begonnen. Darüber hinaus konnte herausgearbeitet werden, dass die Linienstruktur im Status quo perspektivisch nicht geeignet sein wird, die Bedarfe neuer Projekte ohne Veränderungen in den Arbeitsabläufen und dem Vorgehen bei der Realisierung von Kompensationsmaßnahmen vollständig decken zu können. Zudem erhärtete sich die Erkenntnis, dass mit dieser Anpassung an zukünftige Herausforderungen nennenswerte volks- und betriebswirtschaftliche Einsparungen erzielt werden können.

Im Zuge des Vorprojektes wurde klar, dass die Hebung der aufgezeigten Chancen nicht innerhalb der Linienstruktur realisiert werden kann.

Es erfolgte die Zusammenstellung der Erkenntnisse in einer (Vor-) Projektdokumentation als Grundlage für einen einheitlichen und qualitativ hochwertigen Wissensstand als Basis für den Beginn eines Umsetzungsprojektes.

### 3.2 Umsetzungsprojekt

Im Juni 2021 wurde das Umsetzungsprojekt SAVE<sup>2</sup> gestartet. Auftraggeber sind die Bereiche DB Umwelt, CREM, sowie die Vorstandsressorts Infrastruktur und Finanzen der DB Netz AG.

Durch dieses Projekt sollen die wirtschaftlichen und ökologischen Potenziale von Ökokonten besser genutzt und Ökokonten (auch auf DB-Flächen) als Standardinstrument des nachhaltigen, strategischen Flächenmanagements etabliert werden. Das Projekt stellt somit einen Baustein zur Beschleunigung von Bauprojekten, zur Reduzierung von

---

<sup>2</sup> Strategische Aktivierung und Verzinsung naturschutzfachlicher Ersatzmaßnahmen

Konflikten im Projektumfeld, zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Naturschutzmaßnahmen sowie zur Stärkung der Wirtschaftlichkeit der Infrastrukturinvestitionen dar.

Das SAVE-Umsetzungsprojekt dient der Erarbeitung von Grundlagen, der Berechnung zukünftiger Kompensationsbedarfe, der Darstellung sowie dem Vorbereiten der notwendigen Veränderungen in den Geschäftsfeldern der Deutschen Bahn – insbesondere der DB Netz AG. Die Laufzeit des Projekts umfasst 21 Monate. In diesem Zuge sollen die Erkenntnisse und Ergebnisse von SAVE in die DB-Linienstruktur überführt werden.

Die Zielstellung hat sich im Laufe der Bearbeitungszeit leicht verändert. So standen zu Beginn die folgenden vier Ziele zunächst gleichwertig nebeneinander:

- Nutzung DB-eigener Flächen: Das Immobilienportfolio der DB beinhaltet auch Eigentumsflächen, welche nicht (mehr) für den Eisenbahnbetrieb benötigt werden. Hierbei steht das Interesse im Fokus, diese Flächen einer sinnvollen und für die Schieneninfrastruktur förderlichen Nutzung zuzuführen.
- Wirtschaftlichkeit: Durch die gezielte Bevorratung von Kompensationsmaßnahmen können die Gesamtkosten für Kompensationsmaßnahmen reduziert werden. Dies wird einerseits durch die Nutzung einer Verzinsung erreicht, die für Maßnahmen gutgeschrieben wird, welche noch nicht als Kompensation für Eingriffe in Natur und Landschaft durch ein Bauprojekt zugeordnet wurden. Andererseits reduzieren sich durch die Bevorratung auch die Kosten für die Flächensicherung, da der durchschnittliche Preisanstieg für Grundstücke in Deutschland seit Jahrzehnten deutlich über dem Inflationswert liegt.
- Planungsbeschleunigung: Durch die Bevorratung von Kompensationsmaßnahmen für Infrastrukturprojekte reduziert sich der Planungsaufwand insb. innerhalb der HOAI-Leistungsphase 4 (Genehmigungsplanung). Die teils aufwendige Recherche nach geeigneten und verfügbaren Flächen für die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft entfällt und die Erstellung umweltfachlicher Unterlagen wird vereinfacht.
- Ökologischer Zusatznutzen: Als zusätzlicher Effekt einer strategisch gesteuerten Kompensation wird ein ökologischer Zusatznutzen – ein Net gain – erwartet. Dieser kann sich u. a. durch die gezielte Auswahl von Pflanzen (bspw. Rote Liste) oder die Aufwertung von Schutzgebietskorridoren ergeben.

Sowohl der Ansatz der strategischen Bevorratung als auch die Bewertung des ökologischen Zusatznutzens werden durch Kooperationen mit Hochschulen begleitet. Die Ergebnisse fließen bereits während des Umsetzungsprojektes ein.

Während der Laufzeit des Umsetzungsprojektes bildete sich eine Rangfolge der Ziele heraus, die sich in Hauptziele (Wirtschaftlichkeit, Planungsbeschleunigung) und Nebenziele (Nutzung DB-eigener Flächen, Ökologischer Zusatznutzen) aufteilen.

Diese Aufteilung ergibt sich in erster Linie aus den Arbeitsschwerpunkten innerhalb des Umsetzungsprojektes. So sind die beiden Hauptziele relevant für die Beschleunigung von Infrastrukturvorhaben in Deutschland, weil einerseits bei gleichem Budget in mehr Projekte investiert werden kann und andererseits der Planungsvorlauf verkürzt wird.

Im Laufe der Projektarbeit haben sich die Erkenntnisse erhärtet, dass der Umfang potenziell für die Bevorratung von Kompensationsflächen geeigneter DB-Flächen deutlich geringer ist als zunächst erwartet. Gleichzeitig hat, bedingt durch die Zielstellung aus dem politischen Raum, die Bedeutung der Planungsbeschleunigung deutlich zugenommen. Der ökologische Zusatznutzen stellt dabei einen ökologischen Benefit dar, welcher über das geforderte Maß der Ausgleichsverpflichtung hinaus erreicht werden kann, in sich also keine Relevanz für die Realisierung der Infrastrukturprojekte entfaltet.

Hinsichtlich der vollständigen Realisierung der Zielstellungen wird davon ausgegangen, dass Planungsbeschleunigung, der ökologische Zusatznutzen sowie eine geringere Flächeninanspruchnahme kurz- und mittelfristig umgesetzt werden können. Zur langfristigen Zielstellung gehören die Einsparung von Eigen- und Bundesmitteln. Dies ergibt sich insbesondere aus der erst in späteren Jahren wirkenden Ersparnis des Verzinsungseffekts.

### **3.2.1 Projektstruktur**

SAVE ist ein komplexes, agiles Projekt zur Vorbereitung der Einrichtung einer Linienstruktur. Um eine strukturierte Vorgehensweise mit klar abgegrenzten Themenfeldern gewährleisten zu können, ist das Projekt in 6 Teilprojekte untergliedert:

- Ökokonto
- Potentialbeschreibung und -verfolgung
- Aktivierung und Finanzierung
- Transfer ins Regelgeschäft
- IT
- Kommunikation.

### **3.2.2 4-Schichtenmodell**

SAVE wird in vier Schichten umgesetzt, wobei die höheren Schichten die Umsetzung der jeweils darunter liegenden erfordern.

Ein Beibehalten des Status quo – also die Weiterführungs-Variante – würde bedeuten, dass Ökopunkte nach wie vor nur sporadisch genutzt und der Zeitraum der Entwicklungspflege weiter nicht voll ausgeschöpft werden würde. Zudem würden die Risiken



für die Realisierung von Bauprojekten durch mangelnde Verfügbarkeit von Kompensationsflächen weiterbestehen.

Die Schicht 1 von SAVE – auch  $SAVE_{\min}$  genannt – umfasst lediglich eine Verlängerung der Entwicklungspflege. Probleme, wie die nur sporadische Nutzung von Ökopunkten oder die Risiken für Bauprojekte durch mangelnde Verfügbarkeit von Kompensationsflächen, bestehen weiter fort.

$SAVE_{\text{light}}$ , die 2. Schicht, zeichnet sich durch den Kauf von externen Ökopunkten – also von Drittanbietern – aus. Synergieeffekte aus strategischer Bevorratung von Ökopunkten bleiben aber ungenutzt, und es bestehen weiterhin Risiken der Flächenverfügbarkeit für Projekte.

In Schicht 3 -  $SAVE_{\text{custom}}$  erfolgt ein strategisch gesteuerter Kauf externer Ökopunkte. Dies erzeugt finanzielle, planungsbeschleunigende und ökologischen Effekte. Einziges Risiko hier ist eine nicht tragfähige Marktsituation.

$SAVE_{\text{professional}}$  bezeichnet die vollumfängliche Umsetzung aller vier Schichten SAVE und stellt damit als strategische Bevorratung von Ökopunkten die Planvariante dar. Im Betrachtungszeitraum (2022 bis 2048) bietet diese ein Einsparpotential von rund 386 Mio. Euro gegenüber der Weiterführungsvariante. Neben der aktiven Gestaltung des Marktes durch die strategische Bevorratung arrondieren hier DB-Flächen das Potential an Kompensationsflächen. Werden hierbei zu viele Punkte bevorratet, stellt dies nur dann ein Risiko dar, wenn die Punkte nicht anderweitig verwertet werden können.

Nach aktuellem Sachstand erfolgt die Einführung von SAVE in die Linienstruktur beginnend mit Schichten 1 und 2 stufenweise, die Schichten 3 und 4 werden zunächst pilotiert eingeführt, um in 2024 dann die Effekte validieren zu können.

Voraussichtlich ab dem 2. Quartal 2023 soll SAVE dann in der Linienstruktur aufgehen, wobei der derzeitige Betrachtungshorizont bis 2048 reicht.

## 4 SAVE in der Linienstruktur

### 4.1 Anpassungen in der Linienstruktur

Das neue Geschäftsmodell der strategischen Bevorratung sieht vor, die Planung und Realisierung von Kompensation für Infrastrukturprojekte zeitlich vorzuziehen (Abb. 2).

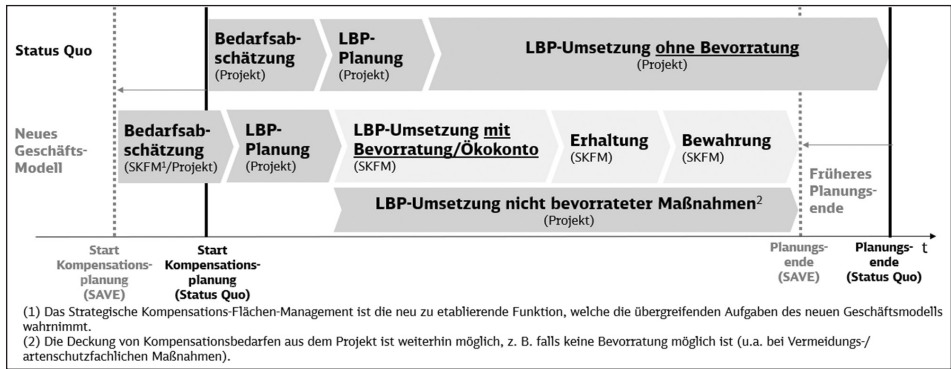


Abb. 2: Darstellung des neuen Geschäftsmodell von SAVE (Quelle: eigene Darstellung)

### 4.2 Vorteile durch SAVE

Neben den im 4-Schichtenmodell genannten Vorteile ermöglicht SAVE eine Bedarfsprognose mit einem langfristigen Horizont. Der Gesamtbedarf liegt bei ca. 21 000 ha Flächen, die sich zeitlich auf die betroffenen Naturräume verteilt (Abb. 3). Dabei werden in den dunkelblau gefärbten Naturräumen die größten Bedarfe für Kompensationsmaßnahmen erwartet. Gleichzeitig stellt die Heatmap deutlich dar, dass sich dort auch der Schwerpunkt zukünftiger Infrastrukturvorhaben befindet.

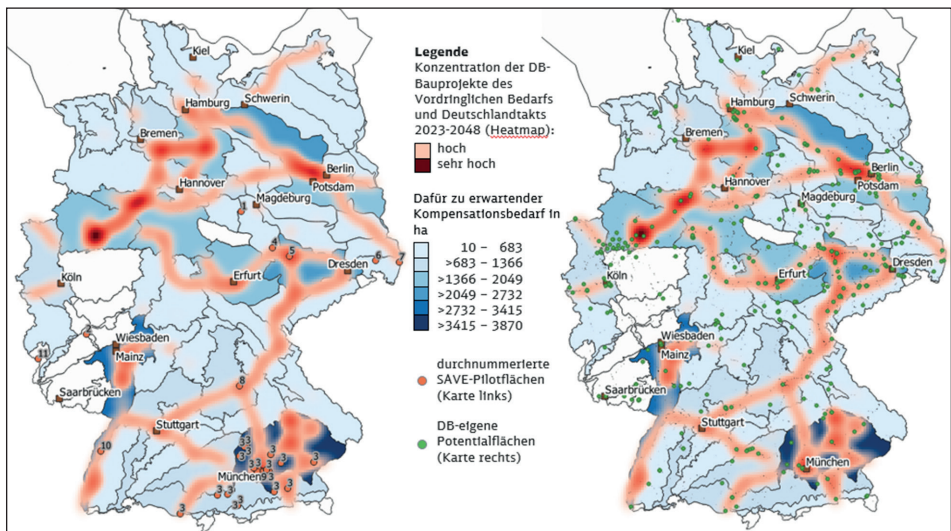


Abb. 3: SAVE-Pilotflächen und DB-eigene Potentialflächen (Quelle: eigene Darstellung)

## 5 Fazit

SAVE bietet der DB die Möglichkeit, langfristig Handlungssicherheit zu erhalten. Dies hat neben positiven Effekten auf die Stabilisierung des Marktes auch eine höhere Planungssicherheit des Mitteleinsatzes von Fremd- und Eigenmitteln zur Folge. Die Methodik von SAVE kann grundsätzlich auch unter Anpassung der Berechnungsfaktoren auf andere Bedarfsträger des Bundes ausgeweitet werden.

## 6 Literatur

- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2003): ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Teil D1, Version 3.2, Stand 01.07.2003. Teilkatalog Basis-DLM.  
[http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/ok\\_d1.pdf](http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/ok_d1.pdf) (Zugriff: 13.07.2010).
- Bräuer, A. (2008): Bestimmung der Bodenversiegelung auf Basis des ATKIS Basis-DLM der Ausbaustufe 3. TU Dresden, Institut für Kartographie (Diplomarbeit, unveröffentlicht).
- EEA – European Environment Agency (2010): The European Environment – State and Outlook 2010: Land Use. European Environment Agency, Copenhagen.
- Meinel, G.; Förster, J.; Witschas, S. (2009): Geobasisdaten – Grundlage für die Berechnung von Indikatoren zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung. In: Kartographische Nachrichten 59 (2009) 5: 243-250.
- Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen, Heft 130. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.

# Für mehr Zirkularität – Flächenbedarfe der Bauschutttaufbereitung als Grundlage zur Kreislaufführung mineralischer Bau- und Abbruchmaterialien

*Georg Zinder, Daniel Kretzschmar, Tobias Buchwald*

## Zusammenfassung

Der Einsatz hochqualitativer, mineralischer Sekundärrohstoffe spielt im sächsischen Bausektor eine untergeordnete Rolle. Fehlende Informationen und Planungen über geeignete Flächen zur Errichtung von Bauschuttaufbereitungsanlagen zur Herstellung von Sekundärmaterialien hemmen den Ausbau der Aufbereitungskapazitäten. Das vorgestellte Flächenbedarfsabschätzungs-Tool soll dem entgegenwirken. Es ermöglicht anhand identifizierter Kriterien die Suche nach geeigneten Flächen sowie das Ranking potenzieller Standorte und damit den Abgleich von Flächenbedarf und -angebot auf Basis frei verfügbarer Geodaten. Erste Ergebnisse der Analysen zeigen, dass die Flächennachfrage größer ist als das Flächenangebot. Perspektivisch muss diese Flächennachfrage im Zuge der strategischen Flächennutzungs- und Regionalplanung berücksichtigt werden, wenn die Kapazitäten der Bauschutttaufbereitung erhöht werden sollen. Das Flächenbedarfsabschätzungs-Tool soll den Planungsträgern zur eigenständigen Nutzung übergeben werden und so Planungsprozesse unterstützen.

**Schlagwörter:** Flächennutzung, Recycling, Circular Economy, GIS-Analyse, Sekundärressourcen

## 1 Einführung

Die Gewinnung und Verarbeitung natürlicher Ressourcen ist mit Umweltrisiken verbunden. Die Transformation der Abfallwirtschaft von einem linearen zu einem zirkulären System, als Alternative für die Entnahme von Primärressourcen, befindet sich in Deutschland in einer frühen Entwicklungsphase (Gandenberger 2021: 9). Die naturräumlich exzellente Ausstattung mit Naturbauprodukten wie Kiesen, Sanden und Natursteinen in Sachsen erhöht den Konkurrenzdruck auf mineralische Sekundärmaterialien im Bausektor. Historisch schlechte Erfahrungen mit minderwertigem Recyclingmaterial nach der Wiedervereinigung sowie günstigere und qualitativ beständigere Primärprodukte mit kurzen Absatz- und Transportwegen führen dazu, dass qualitativ hochwertiges Recyclingmaterial (RC-Material) in der regionalen Bauwirtschaft Sachsens bis heute eine untergeordnete Rolle spielt (Becker et al. 2020: 52).

Infolge ausbleibender Nachfrage ist das vor Ort verfügbare Angebot an konkurrenzfähigen RC-Gesteinskörnungen gering. Stagnierender Kapazitätsausbau für

hochwertige Aufbereitung von Abbruchmaterial, fehlende Flächenbevorratung in der aktuellen Flächennutzungsplanung für Aufbereitung und Lagerung sowie fehlende Neugenehmigungen für Aufbereitungsanlagen lassen es fraglich erscheinen, ob die für eine erstrebenswerte, verbesserte Zirkularität von Baumaterial notwendige Nachfrage nach RC-Gesteinskörnungen mit den aktuellen Kapazitäten bedient werden kann. Voraussetzung für die Erhöhung der Aufbereitungskapazitäten ist eine zukunftsorientierte, langfristig kapazitätssichernde Flächennutzungsplanung. So können die zur Deckung eines gesteigerten Bedarfs an RC-Material benötigten Aufbereitungs- und Lagerflächen in der Stadt und dem Umland identifiziert und für eine Erweiterung der Aufbereitungskapazität verfügbar gemacht werden. Zur Unterstützung dieser Prozesse wird das strategische Flächenbedarfsabschätzungs-Tool (kurz Flächen-Tool) im Rahmen des Projekts „INTEGRAL“ entwickelt und im Folgenden kurz vorgestellt.

## 2 Zielstellung

Ziel dieses Flächen-Tools ist die Unterstützung von Stadt- und Regionalplanern bei strategischen Planungsentscheidungen und der Abschätzung mittel- bis langfristiger Flächenbedarfe für Bauschutttaufbereitungsanlagen im Untersuchungsraum Dresden-Meißen. Dies wird über die Bereitstellung von Informationen über geeignete Standortflächen für Aufbereitungsanlagen zur Deckung zukünftiger Flächenbedarfe erreicht. Diese Bedarfs- und Standort-Informationen sollen perspektivisch selbstständig von Akteuren der Stadt- und Regionalplanung im Untersuchungsraum Dresden-Meißen erhoben werden. Dabei verfügen sie über einen geschlossenen Zugang zu den ermittelten Informationen, das Tool wird in die bestehenden Planungsinstrumente implementiert. Es werden nur frei verfügbare, regelmäßig aktualisierte Geodaten wie z. B. zu Flächennutzung, Schutzgebiete oder Wegebeziehungen genutzt. Die räumliche Auflösung lässt eine flurstücksscharfe Abgrenzung zu. Gleichwohl sollen keine Einzelfallentscheidungen einer detaillierten Standortsuche vorweggenommen werden, sondern vielmehr ein „Suchraum“ für mögliche Standorte bereitgestellt werden.

## 3 Methodik

Im Flächen-Tool werden, auf Grundlage angesprochener Geodaten, Flächenbedarfe für Aufbereitungsanlagen automatisiert abgeschätzt, geeignete Flächen durch GIS-Verschneidung von Ausschluss- und Eignungskriterien identifiziert und gewichtet. Die identifizierten Flächen werden anhand ihrer Standorteignung in ein Ranking überführt und den zuvor abgeschätzten Bedarfen gegenübergestellt.

### 3.1 Operationalisierung von Ausschluss- und Eignungskriterien und Evaluierung gewählter Flächenbuffer

Das Vorgehen zur Identifikation der Eignungskriterien beruht grundlegend auf einer multikriteriellen Raumempfindlichkeitsanalyse (Higgs 2006). In einem dreistufigen Verfahren werden die Flächen daher wie folgt klassiert:

1. Ausschluss aller prinzipiell als Standort ungeeigneten Flächen durch *Ausschlusskriterien*
2. Identifikation wenig geeigneter Flächen durch *Rückstellungskriterien*, die solange zurückgestellt werden, bis der Flächenbedarf die verfügbaren Flächenangebote übersteigt
3. Abgleich verbliebener Flächen anhand ihrer Eignung mittels *Vergleichskriterien*

Die Vergleichskriterien bilden mit den Rückstellungskriterien die übergeordnete Gruppe der Abwägungskriterien, die im Falle einer raumplanerischen Beurteilung der Flächeneignung in eine etwaige Abwägung fließen würden. Die Vergleichskriterien lassen eine Sortierung der identifizierten Flächen anhand ihrer Eignung zu. Die Bewertung geschieht dabei durch die Identifikation ungeeigneter Flächen, ergänzt durch Buffer, die als Abstandszone zwischen Potenzialfläche und schützenswerter Fläche dienen (Zelenović Vasiljević et al. 2012: 3 ff.). Der Abschätzung und Evaluierung ihrer Größe kommt eine besondere Aufmerksamkeit zu, da hierzu keine allgemeingültigen Angaben bestehen. Die Evaluierung der Bindungswirkung von Naturschutzgebieten sowie die gewählte Größe der Buffer wurden durch die Befragung von Experten der Raumplanung unterstützt.

### 3.2 Entfernung zu Orten erhöhten Materialaufkommens als Eignungskriterium

Aus Informationen des Materialkatasters der gebauten Umwelt des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung für den Untersuchungsraum werden überörtliche Materialschwerpunkte (Zentroide) berechnet. Diese Materialschwerpunkte werden in einem nächsten Schritt mit Dynamikparametern<sup>1</sup> (Baufertigstellungen und Bauabgänge) verknüpft, um Teilräume zu identifizieren, in denen die Dynamik der gebauten Umwelt und damit sowohl Angebot als auch Nachfrage an Baumaterial besonders hoch ist. Diese Räume werden stärker berücksichtigt. Ausgehend von diesen Zentroiden wird anschließend mithilfe von Isochronen (= Zonen gleicher zeitlicher Erreichbarkeit) die Transportdauer zu allen übrigen Punkten im Untersuchungsraum berechnet. Konkret wird der Untersuchungsraum auf diesem Wege konzentrisch, von den Zentroiden ausgehend, in Linien gleicher zeitlicher Erreichbarkeit unterteilt. Dabei basiert die Berechnung der

<sup>1</sup> Bisher liegen keine kleinräumigen Dynamikparameter für alle Gemeinden in Meißen sowie für die Dresdner Stadtbezirke vor, sodass zur Approximation Informationen zum Materialbestand durch gesamtstädtische Dynamikparameter ergänzt wurden.

zeitlichen Erreichbarkeit auf der in ORS hinterlegten Verkehrsinfrastruktur und dem gewählten Verkehrsträger (LKW). Dieses Vorgehen ist exemplarisch in Abbildung 1 dargestellt.

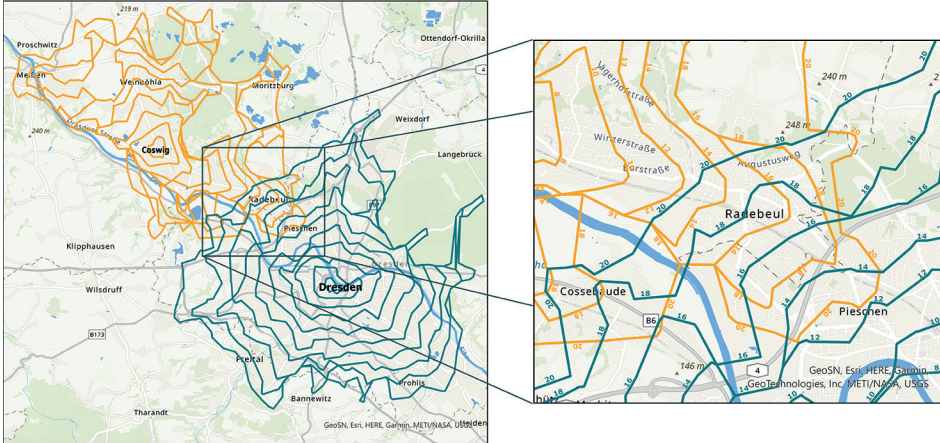


Abb. 1: Schematische Darstellung der Verschneidung zweier Isochronen zur Ermittlung lokaler Standortoptima, beispielhaft für Dresden (blaue Isochronen) und Coswig (gelbe Isochronen) (Quelle: eigene Darstellung)

Der Untersuchungsraum wird nun entsprechend der Höhe der Bau- und Abbruchdynamik im jeweiligen Zentroid sowie der Entfernung vom Zentroid hinsichtlich seiner Eignung bewertet, wobei Areale mit überlappenden Zentroiden additiv eine höhere Eignung als Anlagestandort erfahren und im Flächenranking priorisiert werden.

### 3.3 GIS-gestützte Plausibilisierung ermittelter Potenzialflächen und Kriteriengewichtung

Nach vorläufiger Prüfung aller Modellannahmen, Buffergrößen, der Kriteriensortierung sowie der zugehörigen Datengrundlagen werden ermittelte Potenzialflächen hinsichtlich ihrer Eignung als Standorte für Abfallaufbereitungsanlagen überprüft. Zunächst werden formale Anforderungen des Flächen-Tools überprüft (wie z. B. Mindestgröße der Fläche), um anschließend einen Abgleich mit vorhandenen Bauleitplänen und ggfs. hinterlegten Gebietskategorien vorzunehmen. Nach der Überprüfung des Abstandes zu Schutzgebieten und dem Abgleich mit aktuell im Projektgebiet vorhandenen Flächen für die Bauschuttufbereitung über RAPIS Sachsen (Raumplanungsinformationssystem Sachsen 2022), wird die Zuwegung luftbildgestützt untersucht, insbesondere im Hinblick auf die LKW-Tauglichkeit, um die Erreichbarkeitsbewertung über Isochronen zu plausibilisieren. Schlussendlich werden die Flurstücksgrößen sowie die Flächen-Geometrien (zum Ausschluss geometrisch ungeeigneter Streifen-Flächen) überprüft und ein Abgleich mit bereits vorhandenen Anlagen im Projektgebiet durchgeführt. Die Anzahl identifizierter potenziell geeigneter Flächen

wird zur iterativen Optimierung der Gewichtung der Eignungs- und Rückstellungskriterien genutzt. Mit Ausnahme geometrisch ungeeigneter Flächen wurden in der aktuellen Iteration keine Potenzialflächen aufgrund dieser Plausibilisierung verworfen.

### 3.4 Erstellung eines Flächenrankings

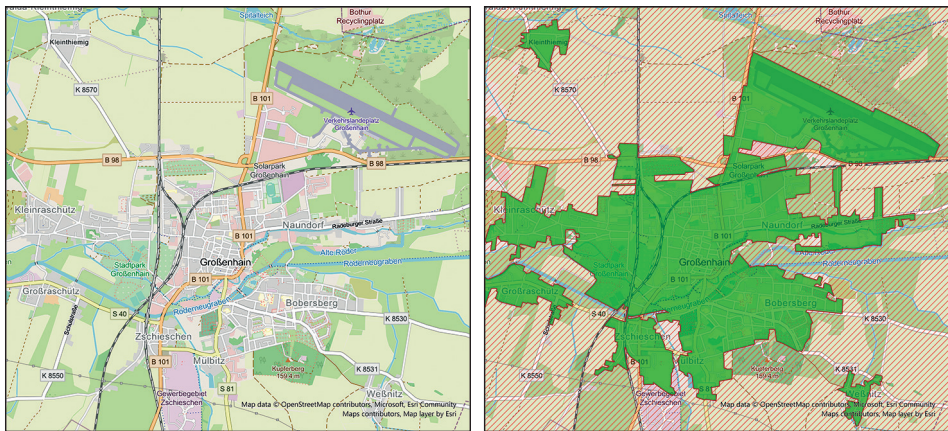
Die identifizierten Flächen werden einem Flächenranking mit flurstücksscharfen Informationen zur individuellen Eignung des jeweiligen Flurstücks in allen berücksichtigten Eignungskriterien zugeführt. Das Ranking wird aus der Quersumme der Kriterien „Erreichbarkeit“, „Umwelt“, „Fläche“ und „Relief“ gebildet. Das Kriterium „Erreichbarkeit“ wird bei der Bewertung der Flächen als maßgebliches Eignungskriterium doppelt gewichtet, alle übrigen Kriterien sind einfach gewichtet (einheitliches Skalenniveau von 1 bis 10).

## 4 Ergebnisse

Das Vorgehen wurde mit verschiedenen Modellannahmen exemplarisch durchgeführt. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf Plausibilität der Kriterien zu und bieten erste Informationen über Flächenangebot und Flächenbedarf im Untersuchungsraum.

### 4.1 Identifikation und Evaluierung von Kriterien und Buffergrößen

Als wesentliches Ausschlusskriterium wurden Flächen im Außenbereich identifiziert. Zur Abgrenzung zwischen Außen- und Innenbereich wird näherungsweise die Ortslage aus dem Basis-DLM genutzt (Abb. 2).



Beispielhafte Darstellung des Kriteriums *Innenbereich* vor Anwendung des Ortslage-Layers

Beispielhafte Darstellung des Kriteriums *Innenbereich* nach Anwendung der Ortslage (rot = auszuschließende Flächen)

Abb. 2: Beispielhafte Darstellung der Anwendung des Ortslage-Layers als Proxy zur Ermittlung des Innenbereichs (grün) in Abgrenzung zum Außenbereich (rot schraffiert) (Quelle: eigene Darstellung)



Weitere Ausschlusskriterien stellen Schutzgebiete hoher Bindungswirkung<sup>2</sup>, Wohnflächen, Flächen besonderer funktionaler Prägung<sup>3</sup> und Verkehrs- und Wasserflächen dar. Für Wohnflächen sowie Schutzgebiete hoher Bindungswirkung werden Buffer herangezogen, die als Ausschluss- bzw. Rückstellungskriterium fungieren. Als Rückstellungskriterien gelten weiterhin Schutzgebiete unter Abwägungsvorbehalt<sup>4</sup> sowie Waldflächen. Als höchstgewichtetes Eignungskriterium gilt die Erreichbarkeit von Zentren der Bau- und Abbruchtätigkeit. Weitere Eignungskriterien sind die Reliefenergie, die Flurstücksgröße sowie die Flurstücks-Anzahl. Befragungsergebnisse im Evaluierungsprozess zeigen, dass Waldflächen und Landschaftsschutzgebiete bei der Rückstellung von Flächen geringer zu gewichten sind als Biosphärenreservate und schutzwürdige Böden. Die stärkste Bindungswirkung entfalten Naturschutzgebiete sowie Nationalparks<sup>5</sup>. Konkrete Abstandsregelungen für Bauschuttzubereitungsanlagen waren auch Fachplanern nicht bekannt, es wurde auf den Abstandserlass des Landes NRW (MLV NRW 2022) verwiesen. Die befragten Experten bestätigten darüber hinaus den grundsätzlichen Verfahrensablauf und bewerteten die identifizierten Kriterien als plausibel. Das Vorgehen entspricht den Anforderungen eines Screening-Prozesses im Rahmen einer Standortvorauswahl. (Fürst, Scholles 2008: 452). In den Befragungen wurde durch die Experten gleichzeitig die hohe Relevanz des Themas zum Ausdruck gebracht, da im aktuellen Flächennutzungsplan für Bauschuttzubereitungsanlagen keine Planungsflächen existieren und eine integrierte Bedarfsplanung für diese Flächen nicht vorgenommen wird. Kritisch angemerkt wurde hingegen die fehlende Berücksichtigung mobiler Anlagenstandorte, die Flächenlast sowie Transport- und CO<sub>2</sub>-Bedarfe gegenüber stationären Anlagen merklich senken. Gleichwohl wurde ausgesagt, dass hochwertiges Recycling in der benötigten Qualität nur durch stationäre Anlagen sichergestellt werden kann.

## 4.2 GIS-gestützte Plausibilisierung und Erstellen eines Flächenrankings

Eine GIS-gestützte, flächenhafte Bewertung des Untersuchungsraums erlaubt eine Bewertung der Flächen hinsichtlich der Erreichbarkeit von Zentren der Bau- und Abbruchtätigkeit. In weiteren Vorgehen der GIS-Analyse konnten 16 Flächen als potenzielle Standorte identifiziert werden. Hierunter fallen Flächen, die derzeit bereits verschiedenen Nutzungen unterliegen. Bei Verkleinerung des Abstands zur Wohnbebauung auf 500 m konnten deutlich mehr (rund 75) Flächen durch die Analyse

<sup>2</sup> dazu gehören: Special-Protection-Area-(SPA)-Gebiete, Flora-Fauna-Schutzhabitat-Gebiete, Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete, Hochwasserschutzgebiete

<sup>3</sup> dazu gehören: Krankenhäuser, Schulen, Kindertagesstätten und ähnliche

<sup>4</sup> dazu gehören: Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Biosphärenreservate, Naturparks

<sup>5</sup> Im Projektgebiet Dresden/Meißen sind nach aktuellem Stand keine Nationalparks ausgewiesen, jedoch trotzdem in den Befragungen berücksichtigt. Gleiches gilt für schutzwürdige Böden, die im Falle einer Verfügbarkeit offener Geodaten ergänzt werden können.

identifiziert werden. Die Abstandsvorgaben zur Wohnbebauung stellen also – nach dem Ausschluss aller Flächen im Außenbereich – die wichtigste Stellschraube für die Flächenverfügbarkeit dar.

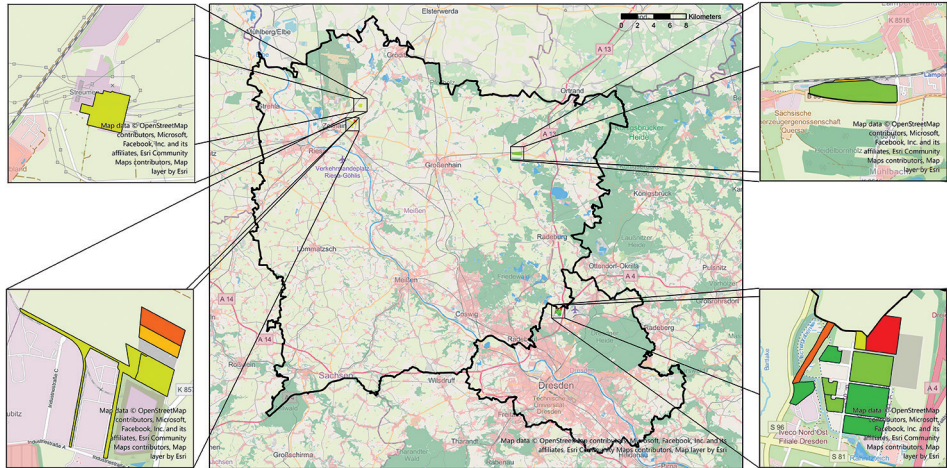


Abb. 3: Beispielhafte Gesamtübersicht aller potenziellen Standorte für Aufbereitungsflächen (Farben entsprechend der Flächeneignung; rot – schlecht, grün – gut) (Quelle: eigene Darstellung)

Der Flächenbuffer zu Natura-2000-Gebieten, Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten und Hochwasserschutzgebieten wurde mit 100 m zunächst gering gewählt und nicht als Ausschlusskriterium definiert. Eine Erhöhung des Flächenbuffers und Definition als Ausschlusskriterium senkte die -Flächenzahl drastisch. Es müssen demnach – im Sinne einer raumplanerischen Abwägung – Kompromisslösungen zu Lasten bestimmter Schutzgüter (Mensch, Wasser, Biodiversität) getroffen werden. Die auf Grundlage der angewandten Kriterien identifizierten Flächen waren häufig kongruent mit bestehenden Aufbereitungsanlagen und grenzten an NATURA-2000-Gebiete. Die Anpassung im Sinne einer Verringerung der Buffergröße für diese Gebiete erscheint daher sinnvoll. Eine weitere Analyse unter veränderten Modellannahmen (Anpassung der Buffergröße für NATURA-2000-Gebiete, Wasser- und Hochwasserschutzgebiete; Buffergröße um Wohngebiete 700 m) führte zu einer kleinen, praxistauglichen Zahl potenzieller Flächen für Bauschutt aufbereitungsanlagen, ohne wesentliche Kriterien des Abstandserlasses NRW zu missachten. Die Flächen wurden für die jeweils getroffenen Annahmen in ein Ranking überführt und die Eignung anhand einer farblichen Darstellung übersichtlich gekennzeichnet.

## 5 Ausblick

Es ist geplant, diese Anwendung als Baustein des im Rahmen des INTEGRAL-Projekts entwickelten Entscheidungshilfetools als Web-GIS Akteuren der Stadt- und

Fachplanung zugänglich zu machen. Eine beispielhafte Benutzeroberfläche (Mockup) dieses Web-GIS zeigt Abbildung 4.

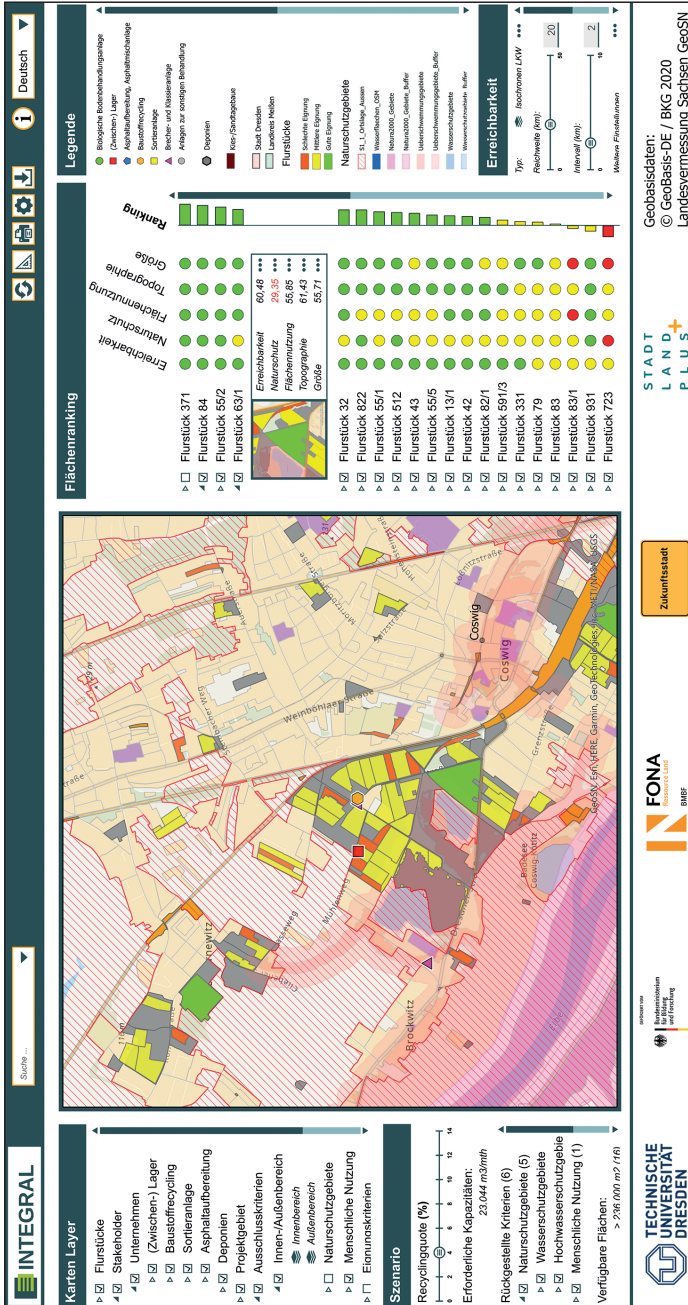


Abb. 4: Mockup der Web-GIS-Anwendung mit exemplarischen Eignungsflächen im Raum Coswig, Flächenranking und Einstellungen zu Parametern, Buffergrößen und szenariobasierter Nachfragesimulation (Quelle: eigene Darstellung)

Hier kann der Anwender selbstständig Bedingungen justieren, um eine Abwägung zwischen unterschiedlichen, oft entgegengesetzten Nutzungsansprüchen an den Raum treffen zu können. Gleichzeitig können Szenario-gestützte Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der gebauten Umwelt im Projektgebiet getroffen werden. Hierbei stützt sich das Web-GIS unter anderem auf Informationen weiterer Teile des INTEGRAL-Tools, welches typische Prozessketten der Verarbeitung von Bauschutt modelliert. Gekoppelt mit Annahmen zur Entwicklung der IÖR-Dynamikparameter können auf diese Weise plausible Zukunftsbilder über die Entwicklung des Materialaufkommens gezeichnet werden. Die hier vorgestellte Systematik für die Berechnung eines Flächenrankings kann beliebig über zusätzliche Kriterien erweitert werden. In der zweiten Projektphase ist geplant, das Untersuchungsgebiet auszuweiten, um das Dresdner Umland lückenlos zu erfassen.

## 6 Diskussion

Die Untersuchungen zeigen einen Mangel an potenziellen Flächen für Bauschuttaufbereitungsanlagen auf Grundlage der aktuellen Flächennutzungspläne. Eine steigende Nachfrage nach Sekundärmaterialien könnte so nicht durch ein wachsendes Angebot gedeckt werden. Viele Flächen liegen in der Nähe zu Naturschutzgebieten und in deren Buffergebieten. Eine Anpassung der Kriterien ist notwendig, um ausreichend Flächen zur Kapazitätssteigerung zu identifizieren. Grundlage dafür sind weitere Sensitivitätsuntersuchungen der Anzahl geeigneter Fläche auf einzelne Kriterien und ihre Buffergrößen.

Die Deckung der Flächenbedarfe ist im planerischen Innenbereich schwer zu realisieren. Zur Schaffung der planerischen und rechtlichen Voraussetzungen sind daher neue Ansätze notwendig. Neben einer sinnvollen, vorausschauenden Flächennutzungsplanung ist eine Privilegierung der Bauschutttaufbereitung als Rohstofflieferant denkbar, um entstehende Abfallströme sinnvoll zu verwerten, die Rohstoffversorgung zu sichern und gleichzeitig Primärressourcen zu schonen. Das vorgestellte Tool bietet das Handwerkszeug, um essenzielle Informationen für diese Prozesse bereitzustellen.

## 7 Literatur

- Becker, G.; Häusler, A.; Schütz, N.; Weppel, J. (2020): MinRessource. Deponiebedarf für mineralische Abfälle im Freistaat Sachsen bis 2035. (Hrsg.): LfULG – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden.
- Fürst, D.; Scholles, F. (Hrsg.) (2008): Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Rohn Verlag. Dortmund.
- Gandenberger, C. (2021): Innovationen für die Circular Economy – Aktueller Stand und Perspektiven. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Umwelt, Innovation, Beschäftigung. 01/2021. Dessau-Roßlau.

- Higgs, G. (2006): Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. In: *Waste Management & Research* 24: 105-117.  
<https://doi.org/10.1177/0734242X06063817>
- MLV NRW – Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westphalen (2022): Abstände zwischen Industrie- bzw. Gewerbegebieten und Wohngebieten im Rahmen der Bauleitplanung und sonstige für den Immissionsschutz bedeutsame Abstände (Abstandserlass). Anlage 1. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz - V-3 - 8804.25.1 v. 6.6.2007.
- Raumplanungsinformationssystem Sachsen (RAPIS) (2022): Themenseite der Landesdirektion Sachsen zum Raumplanungsinformationssystem RAPIS des Freistaates Sachsen.  
<https://www.rapis.sachsen.de/> (Zugriff: 07.08.2022).
- Zelenović Vasiljević, T.; Srdjević, Z.; Bajčetić, R.; Vojinović Miloradov, M. (2012): GIS and the Analytic Hierarchy Process for Regional Landfill Site Selection in Transitional Countries: A Case Study From Serbia. In: *Environmental Management* 49: 445-458.  
<https://doi.org/10.1007/s00267-011-9792-3>

## Flächenmonitoring



# Innenentwicklung in Deutschland – ein Klassifizierungsansatz

Sebastian Eichhorn, Stefan Siedentop

## Zusammenfassung

Zur Erreichung des 30-Hektar Ziels der Bundesregierung wird der Innenentwicklung als planerisches Leitbild eine zentrale Rolle beigemessen. Über den Umfang der als Innenentwicklung realisierten Bautätigkeit liegen jedoch kaum valide empirische Ergebnisse vor. Dies liegt zum einen an der genuinen Unschärfe des Innenbereichs als raumbezogenes Konstrukt, zum anderen an der mangelnden Verfügbarkeit von kleinräumigen Daten zur Bautätigkeit. In diesem Beitrag wird ein methodischer Ansatz vorgestellt, mit dem – auf Basis der offenen Daten des Global Human Settlement-Layers (GHSL) und des Zensus 2011 – erstmals die Relevanz der Innenentwicklung für große Gebietskulturen über längere Zeiträume ermittelt und bewertet werden kann. Die Methode wird auf die 9 438 010 zwischen 1979 bis 2011 in Deutschland neu errichteten Wohnungen angewendet. Erkennbar wird ein positiver Trend der Innenentwicklung, wobei es den städtischen und zentraleren Regionen eher gelingt, die Bautätigkeit auf den Siedlungsbestand und bereits erschlossene Gebiete zu lenken.

**Schlagwörter:** Innenentwicklung, Klassifizierungsmethode, Wohnungsbautätigkeit, Global Human Settlement (GHSL), Zensus 2011

## 1 Einführung

Die Landschaftszersiedelung (*urban sprawl*) ist ein weltweites Phänomen (Oakleaf et al. 2015). Mit überwiegend geringen Dichten, dispersen und monofunktionalen Siedlungsstrukturen stellt die Zersiedelung – vereinfacht gesagt – die Kehrseite einer flächensparenden, kompakten und multifunktionalen Stadtentwicklung dar, die mit höheren Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung der Verkehrsinfrastruktur, Wasserver- und -entsorgung sowie Strom- und Abfallwirtschaft verbunden ist (Siedentop 2005; Couch, Leontidou 2007).

Als hoch industrialisiertes Land spielen die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke und die damit verbundene Landschaftszersiedelung auch in Deutschland eine bedeutende Rolle in der bereits seit vielen Jahren geführten Nachhaltigkeitsdebatte. Die Diskussionen lassen sich bis in die 1960er Jahre zurückverfolgen. Bereits in der „Grünen Charta von Mainau“ (Deutscher Rat für Landespflege 1961) und im ersten Umweltprogramm der Bundesregierung (Deutscher Bundestag 1971) wurde auf die Notwendigkeit eines sparsamen Umgangs mit der Ressource Fläche hingewiesen.



Größere gesellschaftliche Aufmerksamkeit erhielt das Thema aber erst durch die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie aus dem Jahr 2002 (Bundesregierung 2002), in der mit dem 30-Hektar Ziel erstmalig ein quantitatives, wenn auch nicht rechtlich bindendes Ziel zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme auf Bundesebene formuliert wurde.

Als planerisches Leitbild wird der Innenentwicklung durch die Mobilisierung von Nutzungspotenzialen im Innenbereich und in überplanten Gebieten einer Gemeinde eine herausragende Rolle zur Erreichung des Flächensparziels eingeräumt (Siedentop 2010; Reiß-Schmidt 2018). Dies manifestiert sich auch in den BauGB-Novellen von 2007 und 2012, durch die die Innenentwicklung (Vorrang der Innenentwicklung nach § 1 Abs. 5 BauGB und Einführung des Bebauungsplans der Innenentwicklung nach § 13a BauGB) schrittweise gestärkt wurde.

Angesichts der zentralen Bedeutung, die dem Ziel der Innenentwicklung im deutschen Bauplanungsrecht zukommt, überrascht es, wie wenig valides empirisches Wissen über die tatsächliche räumliche Ausprägung der Siedlungsentwicklung existiert. Zwar lässt der Rückgang der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke auf zuletzt 54 Hektar pro Tag im vierjährigen Mittel (Statistisches Bundesamt 2022) – bei anhaltendem Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum – darauf schließen, dass ein erheblicher Anteil der Flächennachfrage in den vergangenen Jahren im Siedlungsbestand befriedigt werden konnte. Aber in welchem quantitativen Verhältnis die Innen- und Außenentwicklung de facto zueinanderstehen, ist weitgehend unbekannt. Für größere Gebietskulissen existieren bislang allenfalls Schätzungen (BBR 1999) und nur wenige Studien konnten Innenentwicklungsanteile für Regionen oder Kommunen bestimmen (siehe Meinel 2011 für die Regionen Düsseldorf und Hannover). Im Gegensatz zum 30-Hektar Ziel oder dem Ziel der Stabilisierung der Siedlungsdichte lässt sich das Ziel der Stärkung der Innenentwicklung somit bislang nicht direkt evaluieren.

Hier setzt der vorliegende Beitrag an, der in starkem Maße auf die Darstellungen in Eichhorn & Siedentop (2022) verweist, diese jedoch durch deutschlandweite Analysen ergänzt. Vorgestellt wird ein Klassifizierungsansatz, mit dem die Innenentwicklung erstmals – auf Basis der offenen Daten des Global Human Settlement-Layers (GHSL) und des Zensus 2011 – für den Zeitraum 1979 bis 2011 flächendeckend für Deutschland erfasst und bilanziert werden kann. Mittels einer Überlagerung der beiden Datensätze ermöglicht der Ansatz eine überschlägige Differenzierung der Wohnungsbautätigkeit nach Innen- und Außenentwicklung sowie nach den kleinräumigeren Lagekriterien „Innenbereich“, „Siedlungsrand Innen“, „Siedlungsrand Außen“ und „Außenbereich“.

Im Folgenden werden zunächst die verwendete Datengrundlage und das methodische Vorgehen zur Klassifizierung der Innenentwicklung dargestellt (Abschnitt 2). In Abschnitt 3 erfolgen die Ergebnisdarstellung und -diskussion. Der Beitrag schließt in Abschnitt 4 mit einem knappen Fazit.

## 2 Messmethode zur Identifizierung und Bilanzierung der Innenentwicklung

Als Grundlage zur Unterscheidung zwischen Innen- und Außenentwicklung werden der Global Human Settlement-Layer (GHSL) und die kleinräumigen Daten des Zensus 2011 verwendet. Der GHSL ist ein frei verfügbarer, fernerkundlich generierter Datensatz zu bebauten und unbebauten Flächen, der die gesamte Erdoberfläche abdeckt. Die bebauten Flächen werden dabei aus Landsat-Satellitendaten mit räumlichen Auflösungen von 80 Metern (Landsat MSS Sensor), 30 Metern (Landsat TM Sensor) und 15/30 Metern (Landsat ETM Sensor) abgeleitet (Corbane et al. 2018). Der finale Datensatz wird mit einer räumlichen Auflösung von 30 Metern für die Jahre 1975, 1990, 2000 und 2014 von der Europäischen Kommission zur freien Nutzung bereitgestellt.

Die verwendeten Daten zu Wohngebäuden und Wohnungen stammen aus dem Zensus vom 9. Mai 2011. Die Daten aus der Gebäude- und Wohnungszählung liegen dabei unter Verwendung der adressscharfen Geokoordinaten bundesweit auf Ebene von 100m-Gitterzellen vor. Neben Angaben zur Anzahl der Wohngebäude und Wohnungen je Gitterzelle sind in dem Datensatz auch Angaben zum Baujahr enthalten. Mit dem Baujahr ist nach Merkmalsbeschreibung des Zensus das Jahr der Bezugfertigstellung des Gebäudes gemeint. Bei vollständig zerstörten und wieder aufgebauten Gebäuden gilt der Zeitpunkt des Wiederaufbaus als Baujahr. Über dieses Merkmal kann die Neubautätigkeit je Gitterzelle für Wohngebäude und Wohnungen ermittelt werden. Der Datensatz differenziert für das Baujahr zwischen zehn Mikrozensus-Klassen. In Abhängigkeit von und zur Harmonisierung mit den verfügbaren Zeitpunkten des GHSL-Datensatzes wird die Bautätigkeit von Wohngebäuden und Wohnungen für alle Gitterzellen für die Zeiträume 1979-1990, 1991-2000 und 2001-2011 berechnet.

Um zwischen Innen- und Außenentwicklung zu differenzieren, wird in einem Geoinformationssystem (GIS) geprüft, ob die Mittelpunkte der Gitterzellen innerhalb einer bereits bebauten Fläche liegen oder nicht (Abb. 1). Dadurch werden im planungsrechtlichen Sinne die Regelungen zur Zulässigkeit von Bauvorhaben in Bebauungsplangebieten (§ 30 BauGB) und innerhalb von zusammenhängend bebauten Siedlungsbereichen (§ 34 BauGB) annäherungsweise abgebildet.

Für den Zeitraum 1979-1990 wird die bebaute Fläche aus dem GHSL-Datensatz zum Zeitpunkt 1975 als Referenz für bestehende Siedlungsgebiete herangezogen. Somit wird die Bautätigkeit im Betrachtungszeitraum mit den bebauten Flächen zum Ausgangszeitpunkt abgeglichen, was eine Einschätzung über deren Realisierung im bebauten oder unbebauten Zusammenhang zulässt. Für die Zeiträume 1991-2000 und 2001-2011 werden die bebauten Flächen zu den Zeitpunkten 1990 und 2000 verwendet. Sowohl bei der Innenentwicklung als auch der Außenentwicklung werden zwei Typen unterschieden (Abb. 1). Danach liegt eine Innenentwicklung vor, wenn eine

Bautätigkeit vollständig innerhalb des Siedlungsbereichs erfolgt. Innenentwicklung wird aber auch in Fällen angenommen, wenn der Standort neu errichteter Wohngebäude bzw. Wohnungen am inneren Siedlungsrand lokalisiert ist. Bei der Außenentwicklung wird zwischen einer Bautätigkeit am äußeren Siedlungsrand und im Außenbereich unterschieden. Dies ermöglicht zusätzlich eine Quantifizierung der Wohnungsbautätigkeit, die im Rahmen einer Arrondierung von bestehenden Siedlungskörpern realisiert wurde. Für den gesamten Zeitraum von 1979 bis 2011 können insgesamt 9 438 010 neu gebaute Wohnungen klassifiziert werden. Die Ergebnisse werden im folgenden Abschnitt kartographisch und nach unterschiedlichen Raumtypen deutschlandweit aufbereitet, dargestellt und ausgewertet (nähere Hinweise finden sich in Eichhorn, Siedentop 2022).

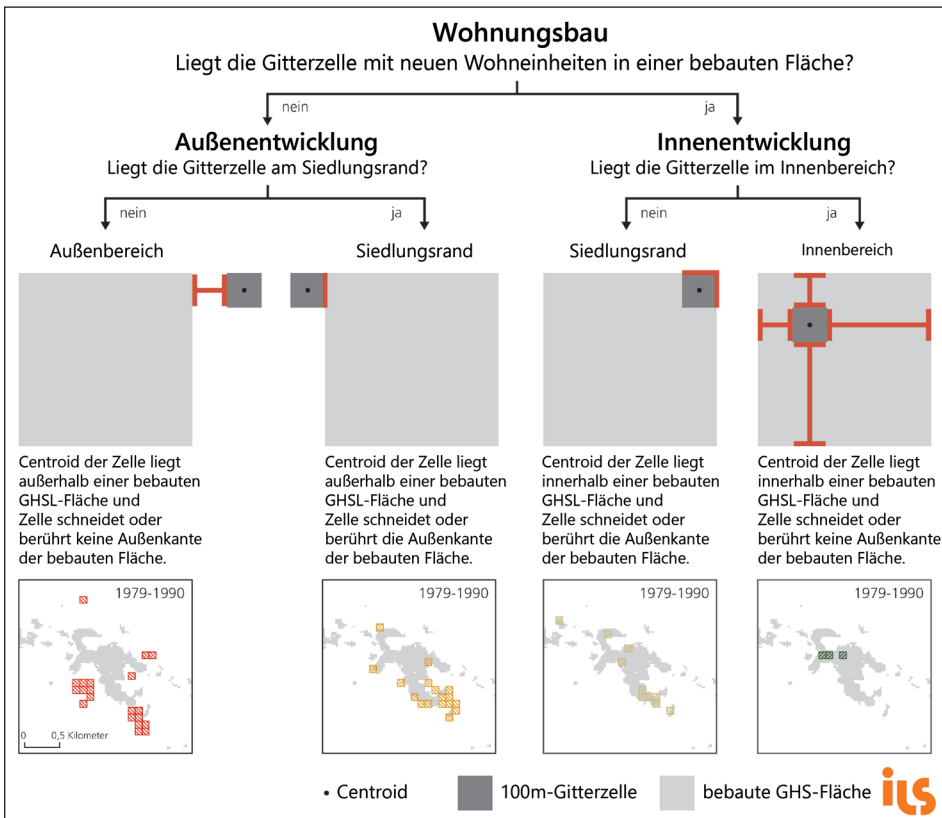


Abb. 1: Methode zur Klassifizierung der Bautätigkeit nach Innen- und Außenentwicklung (Quelle: Eichhorn, Siedentop 2022)

### 3 Innenentwicklung in Deutschland

Abbildung 2 zeigt die über die vorgestellte Methode als Innenentwicklung klassifizierte Wohnungsbautätigkeit für die Zeiträume 1979-1990, 1991-2000, 2001-2011 und

1979-2011 auf Ebene der Verbandsgemeinden. In Summe kann die Innenentwicklung – abzüglich der Gebietseinheiten ohne Wohnungsbautätigkeit (z. B. Nationalforste) – für 4 436 Verbandsgemeinden dargestellt werden. Im Ergebnis lassen sich mit 5,4 Millionen neu entstandenen Wohnungen zwischen 1979 und 2011 rund 60 % der gesamten Wohnungsbautätigkeit als Innenentwicklung klassifizieren. Dabei zeigt sich ein insgesamt positiver Trend der Innenentwicklung, wonach es den Städten und Gemeinden im Zeitverlauf gelungen ist, den Wohnungsbau verstärkt im Bestand zu realisieren. Ein tiefergehender Blick in Abbildung 2 offenbart jedoch ein im Detail sehr heterogenes Bild mit starken raum-zeitlichen Unterschieden hoher und niedriger Innenentwicklungsanteile.

Insgesamt können für die städtischen Räume bzw. Agglomerationen höhere Innenentwicklungsanteile ermittelt werden. Mit hohen Anteilen treten dabei insbesondere die Rhein-Ruhr-Schiene sowie die Region Stuttgart hervor, wobei diese in den Zeiträumen 1991-2000 und 2001-2011 nochmals deutlicher herausstechen. Komplementär hierzu finden sich niedrige Innenentwicklungsanteile vor allem in den ländlichen Räumen von Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern sowie in den Regionen Franken und Niederbayern.

In allen Zeiträumen lässt sich ein deutliches Stadt-Land-Gefälle beobachten, das je nach Bundesland bzw. Region unterschiedlich stark ausfällt. Werden die einzelnen Zeiträume miteinander verglichen, stechen die Jahre von 1979-1990 heraus. Im Vergleich zu den nachfolgenden Zeiträumen fällt hier der Anteil der Innenentwicklung deutlich geringer aus. Auffällig sind auch hier erneut die eher ländlich geprägten Bundesländer Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Bayern.

Abbildung 3 fasst die Ergebnisse auf Ebene unterschiedlicher Raumtypen zusammen. Die siedlungsstrukturellen Kreistypen, die Lage- und Regionstypen des BBSR sowie die RegioStar7-Stadtregionen bestätigen dabei die in Abbildung 2 bereits sichtbaren höheren Innenentwicklungsanteile der städtischen und zentraleren Räume. Während die Innenentwicklung beispielsweise bei den kreisfreien Großstädten, den Metro- und Regiopolen sowie in den sehr zentralen Lagen ab den 1990er Jahren bei rund 75 % liegt, werden in den ländlicheren Raumtypen lediglich Innenentwicklungsanteile von etwa 50 % erreicht. Die Ergebnisse sprechen demnach dafür, dass es größeren Städten und Gemeinden im Untersuchungszeitraum eher gelungen ist, die Bautätigkeit auf den Siedlungsbestand und bereits erschlossene Gebiete zu konzentrieren.

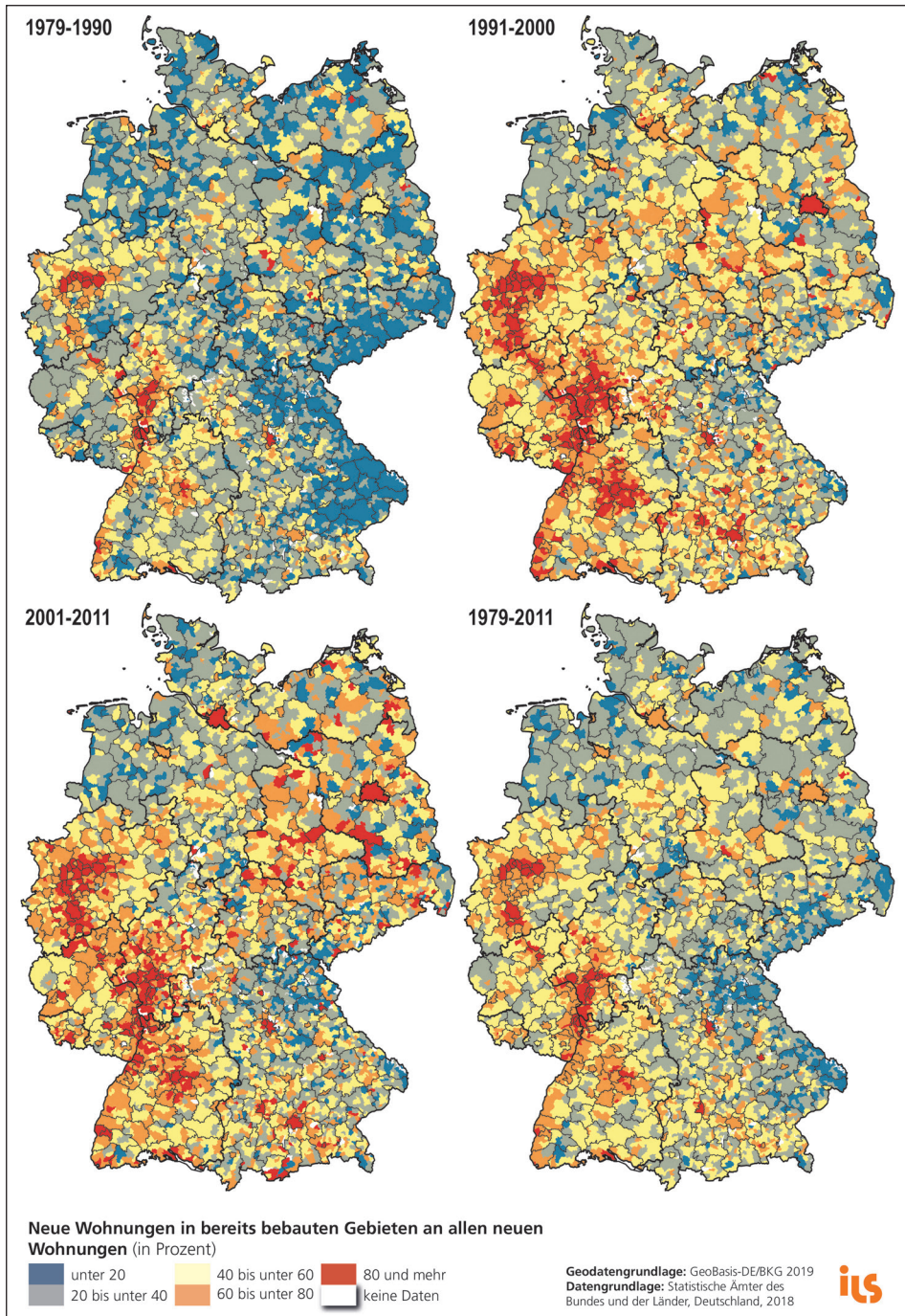


Abb. 2: Innenentwicklung auf Ebene der Verbandsgemeinden zwischen 1979 und 2011  
 (Quelle: eigene Darstellung)

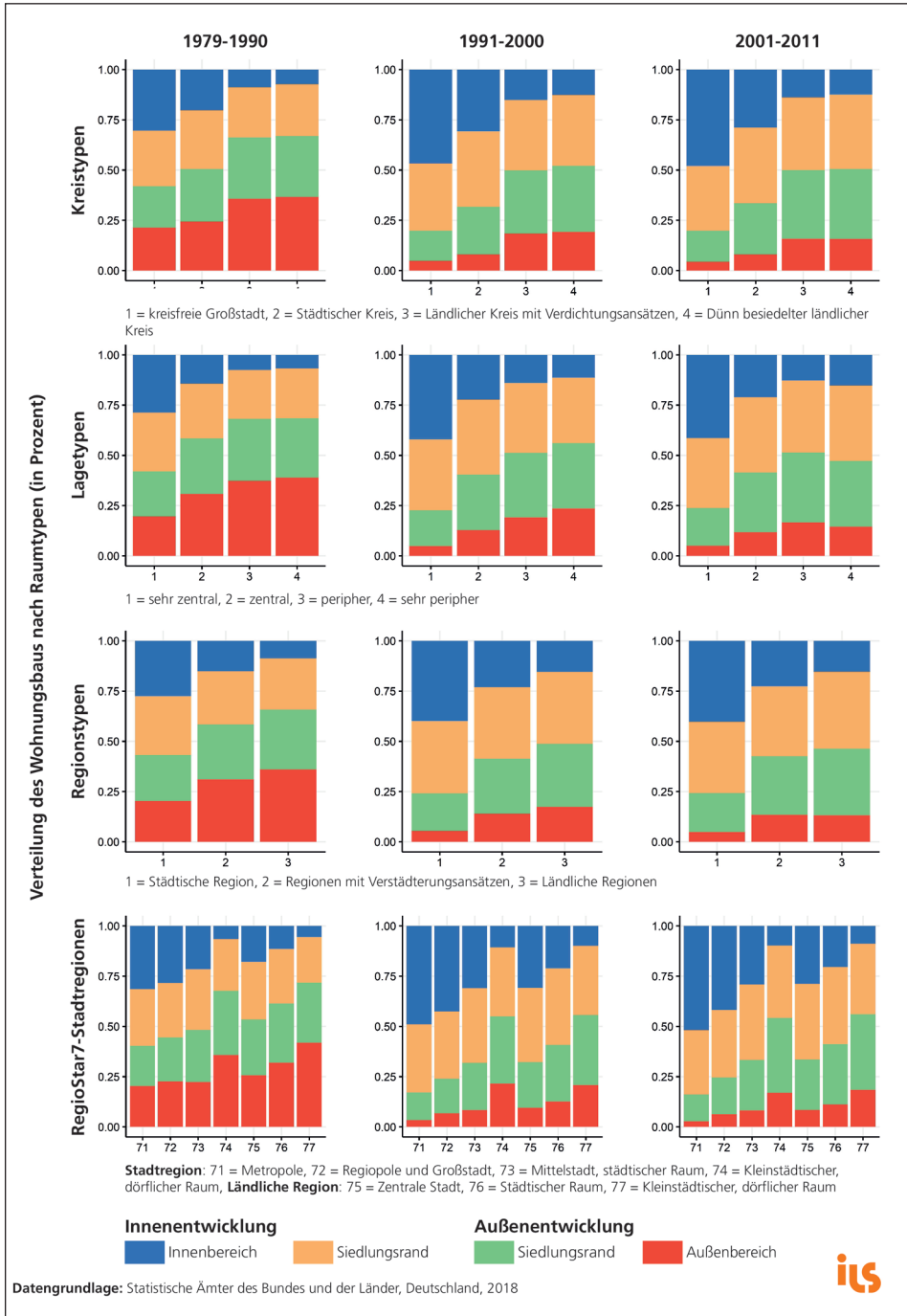


Abb. 3: Innenentwicklung nach Raumtypen des BBSR und der Regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStar) zwischen 1979 und 2011 (Quelle: eigene Darstellung)

## 4 Fazit

Der in diesem Beitrag vorgestellte Klassifizierungsansatz basiert auf einfachen räumlichen Rechenoperationen, die für große, sowohl urbane wie auch weniger urbane Gebietskulissen, valide und nachvollziehbare Ergebnisse produzieren. Der Klassifizierungsansatz liefert dabei stets eindeutige Ergebnisse bezüglich der Differenzierung zwischen vier Lagetypen der Innen- und Außenentwicklung. Nach Wissensstand der Autoren gibt es bislang keine vergleichbaren flächendeckenden Ergebnisse, die eine Abschätzung der Relevanz der Innenentwicklung für Deutschland in der Retrospektive über einen so langen Zeitraum ermöglichen.

Ein besonderer Vorteil des Ansatzes liegt aus Sicht der Autoren in den verwendeten Datengrundlagen. So liegen die zur Durchführung der räumlichen Rechenoperationen benötigten Daten flächendeckend und als Open-Data vor. Die durch den Ansatz generierten Ergebnisse bieten daher bundesweit eine hohe Vergleichbarkeit und lassen valide Aussagen zur Relevanz der Innenentwicklung in unterschiedlichen Landesteilen für unterschiedliche Zeiträume zu. Liegen ähnliche Geodaten zu Gebäuden und Wohnungen in anderen europäischen oder außereuropäischen Ländern vor, kann der Ansatz – aufgrund der weltweit vorliegenden GHSL-Daten – ohne größere Anpassungen genutzt werden, um die Innenentwicklung zu erfassen, was für die international vergleichende Forschung gewinnbringend genutzt werden kann. Zudem hat der Ansatz den großen Vorteil geringer Anforderungen an die Input-Daten, was sich zusätzlich positiv auf die Komplexität der räumlichen Rechenoperationen und den Rechenaufwand insgesamt auswirkt.

An dieser Stelle sei aber auch auf Limitierungen des Klassifizierungsansatzes hingewiesen. Erstens muss betont werden, dass die Methode die baurechtliche Trennung zwischen Innen- und Außenbereich – wie sie im Planungsrecht definiert ist und in der Planungspraxis Anwendung findet – nur grob darstellen kann. So muss davon ausgegangen werden, dass die Bautätigkeit in Einzelfällen von Fachexperten anders bewertet werden würde. Eine stichprobenartige Ergebnisvalidierung zeigt jedoch, dass die Klassifizierung mehrheitlich zu plausiblen Ergebnissen führt. Zweitens ist die automatische Erkennung bebauter Gebiete im GHSL-Datensatz nicht fehlerfrei. So werden trotz der relativ hohen Datenauflösung kleinere Siedlungen nicht immer vollständig erfasst oder unbebaute Flächen falsch klassifiziert, was zu Abweichungen zwischen der erfassten und tatsächlichen Siedlungsfläche führt. Die Differenzierung zwischen Innen- und Außenentwicklung auf Grundlage des GHSL-Datensatzes kann daher in Einzelfällen verzerrt sein. Drittens kommt beim Zensus aus Datenschutzgründen ein datenveränderndes Verfahren zur Geheimhaltung zum Einsatz. Dies kann dazu führen, dass die Bilanzierung der Innenentwicklung gewisse Ungenauigkeiten aufweist. Viertens liegen nicht für alle Gebäude im Datensatz Baujahres-Klassen des Mikrozensus vor. Dies führt dazu, dass

nicht die vollständige Bautätigkeit über den Datensatz abgebildet wird und sich Aussagen zur Innenentwicklung ausschließlich auf eine geringere Grundgesamtheit beziehen.

Eine Ergebnisvalidierung für das Bundesland Nordrhein-Westfalen zeigt, dass dennoch rund  $\frac{3}{4}$  der Bautätigkeit abgebildet wird und dass das datenverändernde Verfahren lediglich zu geringen bis moderaten Verzerrungen bei der Bilanzierung führt (Eichhorn, Siedentop 2022). Die Autoren gehen daher davon aus, dass die erzielten Ergebnisse auf Makro-Ebene zu aussagekräftigen Ergebnissen führen.

In Bezug auf mögliche methodische Weiterentwicklungen sei auf aktuelle hochauflösende und kleinräumige amtliche Daten (z. B. ATKIS, Hausumringe) hingewiesen. Obwohl der zur Verarbeitung dieser Daten benötigte Rechenaufwand um ein Vielfaches höher ausfällt als bei der aktuellen Methode, bieten diese Daten – zumindest zukünftig – die Möglichkeit, deutlich genauere Ergebnisse zu produzieren. So wäre es denkbar, für ganz Deutschland die Innenentwicklung auf Ebene von Gebäudegrundrissen und Straßenblöcken sehr kleinteilig zu erfassen und zur mittel- und langfristigen Evaluation von Planung zu nutzen.

## 5 Literatur

- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (1999): Baulandumfrage 1997/98. Bonn.
- Bundesregierung (2002): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie für eine nachhaltige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland. Berlin.
- Corbane, C.; Florczyk, A.; Pesaresi, M.; Politis, P.; Syrris, V. (2018): GHS-BUILT R2018A - GHS built-up grid, derived from Landsat, multitemporal (1975-1990-2000-2014). <http://data.europa.eu/89h/jrc-ghsl-10007> (Zugriff: 18.11.2021).
- Couch, C.; Leontidou, L. (Hrsg.) (2007): Urban sprawl in Europe. Landscapes, land use change & policy. Real estate issues. Oxford. = Real estate issues. Deutscher Bundestag (1971): Umweltprogramm der Bundesregierung. Bonn. = Bundestags-Drucksache VI/2710 vom 14. Oktober 1971.
- Deutscher Rat für Landespflege (1961): Grüne Charta von Mainau. Bonn.
- Eichhorn, S.; Siedentop, S. (2022): Inside before outside? An estimate of inner urban development in North Rhine-Westphalian municipalities, 1979 to 2011, *Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning*. Hannover. doi: 10.14512/rur.178
- Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H.; Siedentop, S. (2011): Raumstrukturelle Ausgangssituation und Veränderungen der Flächennutzung. In: Bizer, K.; Einig, K.; Köck, W.; Siedentop, S. (Hrsg.): *Raumordnungsinstrumente zur Flächenverbrauchsreduktion. Handelbare Flächenausweisungsrechte in der räumlichen Planung*. Schriftenreihe Recht, Ökonomie und Umwelt 19. Baden-Baden: 19-49. <https://doi.org/10.5771/9783845233314-19>



- Oakleaf, J. R.; Kennedy, C. M.; Baruch-Mordo, S.; West, P. C.; Gerber, J. S.; Jarvis, L.; Kiesecker, J. (2015): A World at Risk: Aggregating Development Trends to Forecast Global Habitat Conversion. In: PloS one 10, 10, e0138334. doi: 10.1371/journal.pone.0138334.
- Reiß-Schmidt, S. (2018): Innenentwicklung. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover: 995-1000.
- Siedentop, S. (2005): Urban Sprawl – verstehen, messen, steuern. In: disP – The Planning Review 41, 160, 23-35. <https://doi.org/10.1080/02513625.2005.10556903>
- Siedentop, S. (2010): Innenentwicklung/Außenentwicklung. In: Henckel, D.; von Kuczowski, K.; Lau, P.; Pahl-Weber, E.; Stellmacher, F. (Hrsg.): Planen – Bauen – Umwelt. Ein Handbuch. Wiesbaden: 235-240.
- Statistisches Bundesamt (2022): Flächennutzung. Flächenindikator „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/anstieg-suv2.html> (Zugriff: 22.03.2022).

# Flächenmonitoring im Spannungsfeld von Kontinuität und Innovation: Raumb Beobachtung mit incora-flaeche.de

*Stefan Fina, Silas Eichfuss, Guido Riembauer, Shaojuan Xu, Benjamin Scholz, Fabian Dosch*

## Zusammenfassung

Das Projekt *incora – Inwertsetzung von Copernicus-Daten für die Raumb Beobachtung* veröffentlichte im Frühsommer 2022 eine Dashboard-Anwendung zum Monitoring von Nachhaltigkeitszielen der Flächeninanspruchnahme. Im Fokus der Anwendung steht das Monitoring der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. Im Projekt wurde hierfür eine neue räumlich und zeitlich hochauflösende Datenquelle aus Sentinel-2-Landbedeckungsklassifikationen erstellt und weiteren Datensätzen aus dem amtlichen Geobasisdatenwesen und Erdbeobachtungsdaten der Europäischen Union gegenübergestellt. Mit ausgewählten Indikatoren werden die Menge der baulich neu in Anspruch genommenen Fläche sowie die Lageeigenschaften dieser Flächen im Hinblick auf städtebauliche und umweltbezogene Zielsetzungen bewertet.

Das *incora*-Dashboard bietet die Möglichkeit, gesellschaftspolitische Fragestellungen zur Interpretation der Flächeninanspruchnahme in Deutschland zu veranschaulichen und zu versachlichen. Hierfür wurden neuartige Visualisierungen von Indikatoren in thematischen Karten und die Gegenüberstellung von Geobjekten der Berechnungsgrundlage erarbeitet.

**Schlagwörter:** Flächeninanspruchnahme, Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung, *incora*, Dashboard, Landbedeckung

## 1 Einführung

Das Ziel des Projekts „Inwertsetzung von Copernicus-Daten für die Raumb Beobachtung“ (*incora*, Laufzeit 2019-2022, gefördert vom Modernitätsfonds des Bundesministeriums für Digitalisierung und Verkehr) war die Verbesserung datenbasierter Anwendungen zum Monitoring von Nachhaltigkeitszielen der Flächeninanspruchnahme und ihrer Folgewirkungen auf Mensch und Umwelt. Im Fokus stand die Ergänzung des Monitorings der Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV) mit Indikatoren zur Beschreibung quantitativer und qualitativer Aspekte der Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Entsprechende Indikatoren der Raumb Beobachtung wurden mit Hilfe der im Projekt erzeugten deutschlandweiten digitalen Karten für die Veränderung und den Zustand der Landbedeckung und der Versiegelung von Flächen berechnet. Die dabei entstandenen Informationen ergänzen die Kapazitäten eines Flächenmonitorings, das auf Basis der amtlichen

Flächenerhebung derzeit nur mit Abstrichen an Aktualität und Zeitreihenkonsistenz betrieben werden kann.

Im Projekt wurden hierfür die Erfordernisse einer zukunftsfähigen Raumb Beobachtung einbezogen, die die Bedeutung der Flächeninanspruchnahme auf eine ressourcenschonende Siedlungsentwicklung umfassend berücksichtigen. Neue Indikatorensets für ein klimaangepasstes ressourcenschonendes Flächenmanagement und -monitoring wurden entwickelt und mit den Bedarfen von Siedlungsentwicklung und Bauflächendetektion zusammengeführt, um die Verwertbarkeit der Projektergebnisse für die Forschung, Planungspraxis (Umweltschutz, Raumplanung) und Politikberatung, aber auch für die Bauwirtschaft (Immobilienwirtschaft, Bauwesen) zu gewährleisten. Aus technischer Sicht wurden Erfahrungswerte für die Ableitung geeigneter Kennziffern aus dem Copernicus-Programm erprobt, mit Referenzdaten verglichen und die Ergebnisse dokumentiert. Die wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse sind in einer neuartigen kartenbasierten Anwendung im Internet unter <https://incora-flaeche.de> veröffentlicht. Die Dateninhalte, Funktionsweise und Entwicklungsschritte zum Aufbau der Plattform sind Inhalt der nachfolgenden Abschnitte.

## 2 Flächenmonitoring mit Sentinel-2-Daten

Der Ausgangspunkt für die Projektaktivitäten in incora war die Überlegung, die seit 2015 neu verfügbaren Daten aus dem Copernicus-Erdbeobachtungsprogramm für die Ziele des Monitorings der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland zu erschließen. Diesbezüglich wird in Fachkreisen seit vielen Jahren diskutiert, dass die für diese Zwecke üblicherweise genutzten Daten aus dem katasterbasierten Geobasisdatenwesen (ALKIS – Automatisiertes Liegenschaftskatasterinformationssystem) problematische Zeitreihenbrüche und Umstellungseffekte beinhalten. Es besteht somit Unsicherheit und Interpretationsspielraum für die Zielerreichung des 2016 um die weiteren Indikatoren Freiraumverlust und Siedlungsdichte ergänzten Nachhaltigkeitsziels der Deutschen Bundesregierung („Reduzierung der Flächeninanspruchnahme“), die einem effektiven Flächenmanagement wenig zuträglich sind (Fina et al. 2022; Schmitz et al. 2021; Die Bundesregierung 2021).

Gleichzeitig wird mit dem stetig steigenden Wissensstand zu den Folgewirkungen der Flächeninanspruchnahme eine an Nachhaltigkeit orientierte Flächenhaushaltspolitik des Bundes zum zentralen Forschungsgegenstand, die im Hinblick auf eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung beständig zu qualifizieren und weiterzuentwickeln ist. Mit dem Aufkommen von Copernicus und Sentinel entstand die Erwartung, die dafür benötigten Datengrundlagen erweitern und längerfristig bereitstellen zu können. Besonderer Bedarf besteht an konkreten Flächenbilanzierungen, die als Geodaten eine Bewertung von Status, Struktur und Änderungen zentraler Landnutzungen sowohl für die öffentliche

Hand als auch für private Anbieter und Nachfrager ermöglicht (Osterhage et al. 2019; Wettemann-Wülk 2015; Siedentop et al. 2007).

Im Projekt incora sollte deshalb untersucht werden, welche Ergänzungspotenziale Copernicus-Daten für verschiedene Indikatoren des Flächenmonitorings bereithalten. Hierfür wurde eine Landbedeckungsklassifikation auf Basis der Sentinel-2-Satellitenbildaufnahmen aus dem Copernicus-Programm für mehrere Jahre erstellt. Änderungen an der Landbedeckung zwischen den Jahren wurden als Veränderungslayer („Change Detection“) erstellt und mit GIS-basierten Qualifizierungsroutinen überarbeitet (siehe hierzu den Beitrag von Eichfuss et al. in diesem Band). Die Ergebnisse zeigen im Abgleich mit Referenzdaten eine hohe Validität. Verbleibende Fehlklassifikationen liegen vornehmlich im Bereich landwirtschaftlicher Flächen, die aufgrund teilweise begrenzter zeitlicher Abdeckung der Vegetationsperioden verschiedener Jahre und Oberflächenformen mit siedlungsflächenähnlichen spektralen Signaturen (z. B. offener Boden, Folientunnel, Freiflächenphotovoltaik) den Siedlungs- und Verkehrsflächen zugeordnet werden (Riembauer et al. 2021)). Zusätzlich wurden aus den Satellitenbildern Versiegelungsraten und deren Veränderungen abgeleitet. Zum Einsatz kam eine Methode der spektralen Differenzierung von Landbedeckungsinformationen in einer Subpixelanalyse.

Diese neuen Datengrundlagen wurden für die Berechnung ausgewählter Indikatoren der Flächeninanspruchnahme für die Themenbereiche Siedlung (baulich geprägte Fläche) und Vegetation genutzt. Der erarbeitete Satz an Indikatoren wurde vom Projektteam vorbewertet und in einem Expertenworkshop final festgelegt. Die Ergebnisse bieten einen eigenständigen Blick auf die Flächeninanspruchnahme in Deutschland seit 2018 und liefern somit eine ergänzende Datensicht. Ihre Gegenüberstellung mit gängigen Daten aus dem Flächenmonitoring erlaubt eine Einschätzung der Ergänzungspotenziale für etablierte Monitoringverfahren. Hierfür wurden Datenbestände aus amtlichen Geobasisdaten (ALKIS, ATKIS), der Regionalstatistik (Bodenbedeckung nach Art der Tatsächlichen Nutzung) und der europäischen Raubeobachtung (CORINE, Copernicus Versiegelungslayer) für das Incora-Dashboard aufbereitet.

### 3 Das Incora-Dashboard

Im Incora-Dashboard wird die Möglichkeit geboten, mit interaktiven Karten und Diagrammen Ergebnisse aus dem Monitoring der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung verschiedener Datenquellen nutzerfreundlich abzurufen. Die datenjournalistische Aufbereitung nutzt visuelle Interpretationshilfen, die eine Gegenüberstellung von auswählbaren Datengrundlagen und Indikatoren erlauben. Weiterhin ist eine übersichtliche Online-Dokumentation von Daten und Indikatoren wesentlicher Bestandteil des Portals. Die Vielfalt möglicher Indikatoren und Daten wird mit Menüpunkten zur Beschreibung, Historie, Anwendungsbeispielen, interaktiven Karten und Literaturhinweisen ausführlich

beschrieben. Im Dashboard selbst findet eine Konzentration auf die neun wichtigsten Kernindikatoren aus den Bereichen Siedlung und Vegetation statt. Im Mittelpunkt stehen Veränderungen der Flächenentwicklung für ausgewählte Beobachtungszeiträume.

### 3.1 Interaktive Analyse von Entwicklungstrends

Abbildung 1 zeigt die Einstiegsseite in das Dashboard mit den auswählbaren Ebenen der Verwaltungsgliederung, den für das Portal aufbereiteten Datenquellen und der Datensicht (Indikatoren, Veränderung und Datengrundlagen) im Seitenbereich links. Die interaktive Karte in der Mitte ermöglicht die Auswahl einer Verwaltungseinheit, für die auf der rechten Seite dann Ergebnisse dargestellt werden.

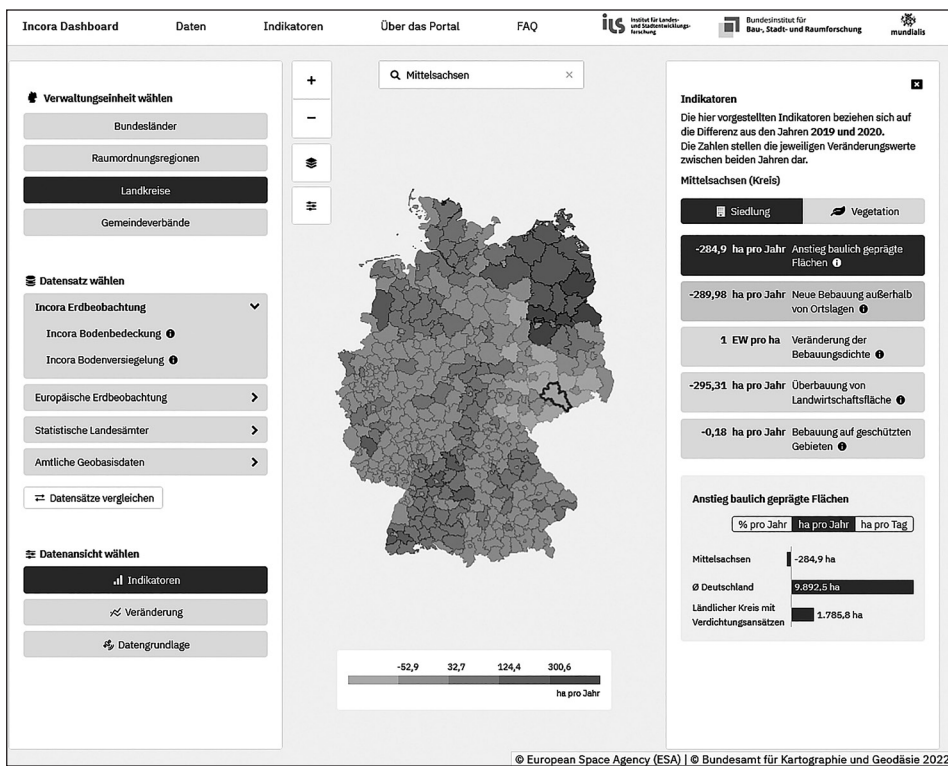


Abb. 1: Das incora-Dashboard (Quelle: <https://incora-flaeche.de>)

Zum Veröffentlichungsstart enthält die Plattform bundesweite Berechnungen der Indikatoren mit Datengrundlagen aus der Tatsächlichen Art der Bodennutzung („Flächenstatistik“), wie sie vom Statistischen Bundesamt aus den zugrundeliegenden ALKIS-Daten zusammengestellt und veröffentlicht werden. Weitere Datensätze entstammen dem Digitalen Basislandschaftsmodell des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS Basis-DLM) sowie den Geobjekten aus dem Objektartenbereich

der Tatsächlichen Nutzung aus ALKIS. Letzter Datensatz ist derzeit nur für Nordrhein-Westfalen in Zeitreihen verfügbar, so dass Veränderungen für den Beobachtungszeitraum 2017-2020 nachvollzogen und dargestellt werden können. Diese Möglichkeit ergibt sich durch die Veröffentlichung historischer ALKIS-Daten, die von der Bezirksregierung Köln seit Oktober 2021 im Geoportal.NRW angeboten werden. Aus der Erdbeobachtung ergänzen ausgewählte Quellen der Europäischen Union, namentlich der Versiegelungslayer (Copernicus HRL Imperviousness Degree) und CORINE Land Cover, die Landbedeckungsklassifikation und Versiegelungskarte aus incora. Weitere Informationen zu den Datensätzen finden sich in den ausführlichen Beschreibungen im Portal.

Die im incora-Dashboard verfügbaren Indikatoren wurden mit den oben beschriebenen Datengrundlagen berechnet, um Vergleiche unterschiedlicher Datenquellen zu ermöglichen. So können Zeitreihen der Entwicklung einzelner Datensätze miteinander verglichen werden. Das Portal visualisiert hierfür für alle Datenquellen die Flächenveränderungen zwischen zwei Zeitständen (z. B. Veränderung der Landbedeckung 2019-2020), und für einige Datenquellen den zuletzt erfassten Zustand (z. B. Landbedeckung 2020). Zudem können Statistiken zu Flächenanteilen nach Nutzungsart und Landbedeckungstyp abgerufen werden.

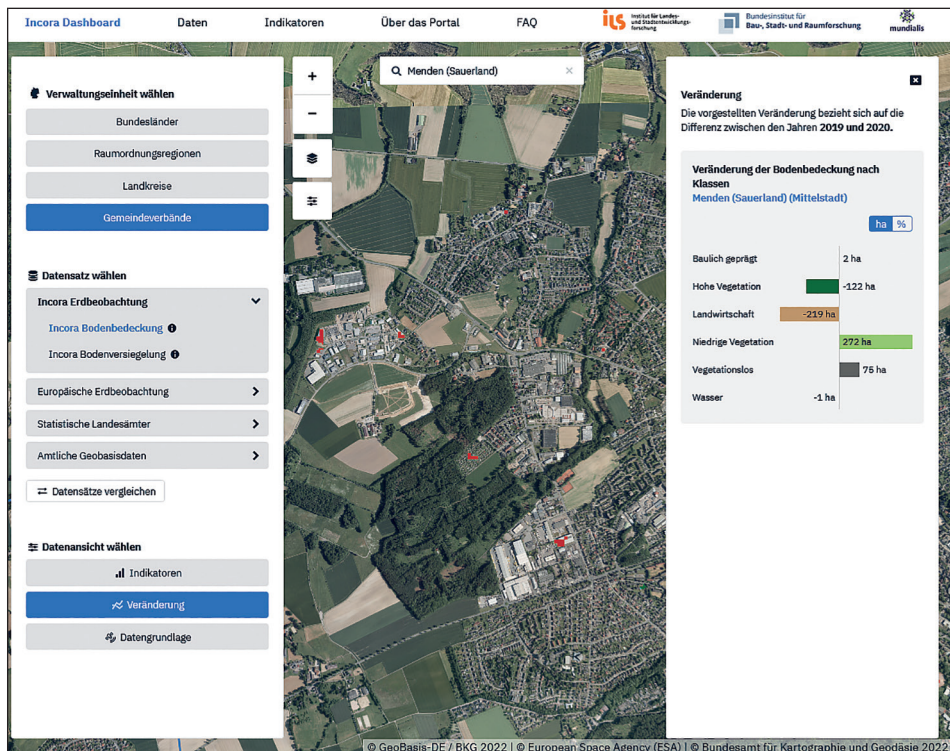


Abb. 2: Inspektion einzelner Flächenveränderungen im incora-Dashboard (Quelle: <https://incora-flaeche.de>)

Eine visuelle Interpretationshilfe im Dashboard ist die Auswahlmöglichkeit von Hintergrundkarten. Neben einer OpenStreetMap-Darstellung topografischer Karteninhalte konnten ein aktueller und ein historischer Luftbilddienst (vor 2013) für ganz Deutschland mit digitalen Orthophotos des Bundesamtes für Kartografie und Geodäsie erstellt werden. Somit ist es möglich, nicht plausible Flächenveränderungen z. B. in der amtlichen Statistik visuell zu überprüfen und mit den Informationen aus weiteren (Geo-)Daten zu vergleichen. Abbildung 2 zeigt eine Detailaufnahme für eine visuelle Inspektion einzelner Flächenveränderungen im Dashboard. Die Dienste laufen auf projekteigenen Servern. Der Weiterbetrieb und die Datennutzungsrechte sind zunächst bis 2024 gesichert.

### 3.2 Gegenüberstellung von Datensätzen

Weiterführende Auswertungen werden in der Funktion „Daten vergleichen“ des Dashboards angeboten. Hier erfolgt eine Auswahl von Datensätzen und den daraus abgeleiteten Statistiken der Flächenveränderung in der Gegenüberstellung von zwei interaktiven Karten und Diagrammen (Abb. 3).

Aus der visuellen Gegenüberstellung auswählbarer Daten und Indikatoren können nicht nur Rückschlüsse über die Validität einzelner Flächenveränderungen gezogen werden. Sie zeigt auch Muster auf, die typische Unterschiede zwischen den Datensätzen aufzeigen. Diese sind zunächst auf die unterschiedliche Sicht zwischen den Datenkatalogen und ihren zugrundeliegenden Objektkatalogen und Nomenklaturen zurückzuführen. Darüber hinaus fallen allerdings auch die Auswirkungen von Klassifikationsunterschieden zwischen zwei Zeitständen eines Datensatzes auf.

### 3.3 Dokumentation

Im Verwertungsplan des Projektes *incora* stellt das Dashboard eine zentrale Plattform für die im Projekt erarbeiteten wissenschaftlichen Konzepte und Methoden dar, die durch weitere Fachveröffentlichungen ergänzt werden. Folglich wurden die Möglichkeiten der interaktiven Gestaltung auf die Beschreibung und Dokumentation von Daten und Indikatoren ausgedehnt. Dies gilt auch für Indikatoren, die im Dashboard selbst aufgrund einer geringeren Priorisierung oder aufgrund von im Projektverlauf aufgetretenen Machbarkeitsdefiziten nicht eingearbeitet wurden. Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung sind ebenfalls dokumentiert, während die mit Experten erarbeitete Priorisierung von Indikatoren in einer sogenannten Indikatorenpyramide mit Kernindikatoren und Ergänzungsindikatoren visualisiert ist (vgl. auch Eichfuss et al. 2021). Hierzu wurden 34 Indikatoren für die Bereiche Baulich geprägte Flächen, Vegetation, Nachverdichtung, Zersiedelung, Freiraumschutz und Bebauungsstruktur entwickelt und in einer Indikatorenpyramide aus Kern- und Zusatzindikatoren eingestuft und um Raumstrukturindikatoren und Fallbeispielindikatoren ergänzt. Von diesen 34 Indikatoren

werden dreizehn im Dashboard bei den Incora-Datensätzen bundesweit mit Vergleichszeiträumen dargestellt.

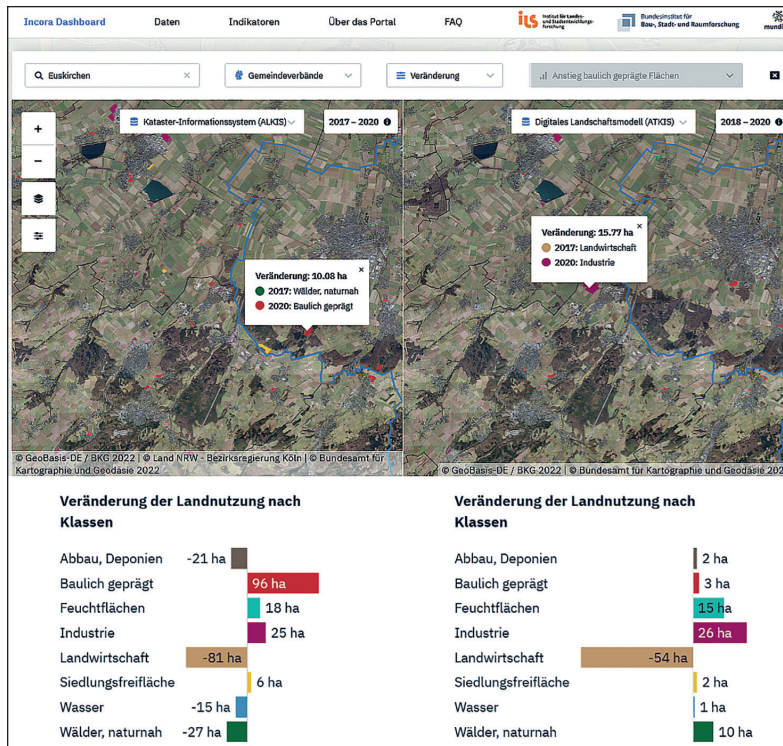


Abb. 3: Gegenüberstellung von Flächenveränderungen mit der incora-Dashboard-Funktion „Daten vergleichen“ (Quelle: <https://incora-flaeche.de>)

## 4 Fazit

Die Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland befindet sich auf einem nur eingeschränkt bewertbaren Nachhaltigkeitspfad. Defizite in der Konsistenz regionalstatistischer Flächendaten und die Komplexität einer fachlichen Bewertung der Flächenanspruchnahme erfordern Fachkenntnisse, die in der Öffentlichkeit nicht vorausgesetzt werden können. Dies gilt insbesondere, da im Spannungsfeld von Flächenbedarfen und Bauflächenangeboten Einflussfaktoren eine Rolle spielen, die Gegenstand komplexer Aushandlungsprozesse sind. Ein zukunftsfähiges Flächenmonitoring erfordert deshalb die Aufbereitung und Bereitstellung ergänzender Bewertungsgrundlagen, die über Verschneidungen und Verknüpfungen verschiedener Datenbestände maßgeschneiderte Informationen für ausgewählte Themenbereiche bieten. Die Bereitstellung vergleichbarer Indikatoren und verschiedener Datenquellen für die Verwaltungsebenen von Bund, Ländern, Planungsräumen, Kreisen und Kommunen ermöglicht einen Vergleich regionaler Strukturen und Veränderungen für die Raumanalyse und die Politikberatung.



Incora-flaeche.de zielt darauf ab, die zugrundeliegenden datentechnischen Voraussetzungen zu objektivieren und damit Erkenntnisse zu Entwicklungspotenzialen im Flächenmonitoring zu leisten. Von einer Verbesserung der Informationsgrundlagen zur Flächennutzung profitieren die mit der Planung und Entwicklung von Flächennutzungen betrauten Behörden, Planungsbüros, Institute und Interessengruppen unmittelbar. Darüber hinaus erhält die Forschung mit Sentinel-2 kontinuierlich Zusatzdaten aus der Erdbeobachtung, deren Fortführung gesichert ist. Somit besteht die Möglichkeit, im Flächenmonitoring dauerhaft Datenprodukte aus Geobasisdaten und Erdbeobachtung zu nutzen und die Aussagekraft im Hinblick auf Flächensparziele zu verbessern.

## 5 Literatur

- Die Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Die Bundesregierung. Berlin.
- Fina, S.; Hamacher, H.; Scholz, B.; Rönsch, J. (im Erscheinen): Flächenmonitoring und Flächenverbrauch im internationalen Vergleich. Methoden und Daten. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Eichfuss, S., Hollen, M., Riembauer, G., Xu, S. (2021): Monitoring von Siedlungsflächen auf Basis von Sentinel-2. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Erhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79: 189-200. <https://doi.org/10.26084/13dfns-p017>
- Osterhage, F.; Goede, P.; Pehlke, D.; Rönsch, J. (2019): Siedlungsflächenmonitoring Nordrhein-Westfalen. Ergebnisbericht. Erhebung der Siedlungsflächenreserven 2017. Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- Riembauer, G.; Weinmann, A.; Xu, S.; Eichfuss, S.; Eberz, C.; Neteler, M. (2021): Germany-wide Sentinel-2 based Land Cover Classification and Change Detection for Settlement and Infrastructure Monitoring. In: Albani, S.; Loekken, S.; Soille, P. (Hrsg.): Proceedings of the 2021 conference on Big Data from Space. European Commission and Joint Research Centre Publications Office: 53-56.
- Schmitz, J.; Fina, S.; Riembauer, G.; Hollen, M. (2021): Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche nachgerechnet: Ein Plädoyer für frei zugängliche ALKIS-Daten. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D.; (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools, Bd. 79. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79: 161-169.
- Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen Heft 130. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Bonn.
- Wettemann-Wülk, J. (2015): Nachhaltige Siedlungsentwicklung und Flächeninanspruchnahme in der raumplanerischen Abwägung und politischen Entscheidungsfindung. Dissertation. Würzburg University Press, Würzburg.

# Entwicklung der Flächenneuanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen

*Martin Schorcht, Jörg Hennersdorf, Tobias Krüger, Gotthard Meinel*

## Zusammenfassung

Das modifizierte 30-ha-Ziel definiert einen Rückgang der Flächenneuanspruchnahme in Deutschland auf weniger als 30 Hektar pro Tag bis 2030. Im Rahmen des IÖR-Monitors werden auf der Grundlage des ATKIS Basis-DLMs, beginnend mit dem Jahr 2011, mehrere Indikatoren zur Flächenanspruchnahme berechnet und bereitgestellt, u. a. ein fünfjährliches Mittel der täglichen Flächenanspruchnahme. Im Vorfeld der Differenzbildung der SuV-Werte zwischen Bezugs- und Referenzjahr werden umfangreiche Korrekturen durchgeführt, um Effekte, die sich aus Änderungen im Datenmodell oder geometrischen Korrekturen der erfassten Geoobjekte ergeben, zu minimieren. Im Ergebnis liegen bundesweite bereinigte Zahlen zum Anstieg von Siedlungs- und Verkehrsflächen auf allen administrativen Ebenen vor. In diesem Beitrag werden die neuesten Erkenntnisse auf Länder- und Bundesebene hierzu vorgestellt.

**Schlagerwörter:** ATKIS, Flächenneuanspruchnahme, SuV-Anstieg, Datenmodelländerungen, Korrekturverfahren

## 1 Einführung

Nach wie vor werden immer noch zu viel Freiraumflächen in Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) umgewidmet. Dies geschieht vor allem aufgrund einer hohen Nachfrage an Wohnbau- und Gewerbeflächen, wodurch ökologisch wertvolle Flächen und Landwirtschaftsflächen verloren gehen. In Deutschland ist jedoch die Bevölkerungsentwicklung von Veränderung der SuV-Fläche entkoppelt (Siedentop 2018), sodass der Flächenbedarf pro Einwohner in der Vergangenheit stetig gewachsen ist. Zwar werden in wachsenden Kommunen mehr Flächen benötigt, jedoch findet in schrumpfenden Gemeinden kein adäquater Rückbau statt. Um diesem steigenden Flächenbedarf pro Kopf entgegenzuwirken, wurde auf politischer Ebene ein Flächensparziel definiert, was in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie im Ziel 11.1.a näher beschrieben wird (Deutsche Bundesregierung 2021). Das Ziel ist es, den Anstieg der SuV-Flächen bis 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag zu reduzieren. Um dies beurteilen zu können, sind deshalb möglichst genaue Zahlen zum SuV-Anstieg erforderlich. Informationen zur Flächennutzung werden sowohl im Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) als auch im Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS Basis-DLM) geführt. Diese Erfassungssysteme sind jedoch nicht primär für den zeitlichen Vergleich

von Flächendaten ausgelegt. Aufgrund von steigenden Anforderungen seitens der Nutzer und Verbesserungen hinsichtlich einer harmonisierten Datenerfassung seitens der Produzenten werden die zugrundeliegenden Datenmodelle im Laufe der Zeit weiterentwickelt. Diese Datenmodelländerungen führen teilweise zu Änderungen in den Daten, welche nicht auf reale Veränderungen in der Landschaft zurückzuführen sind, was die Ermittlung des SuV-Anstiegs erschwert (Penn-Bressel 2019, Destatis 2022). In diesem Artikel wird dezidiert auf die Korrektur des SuV-Anstieges auf der Basis von ATKIS eingegangen. Dabei werden die Effekte beschrieben, welche auf die frühere Umstellung in das derzeitige Datenmodell (GeoInfoDok 6.0.1) bzw. auf das zukünftige Datenmodell (GeoInfoDok 7.1.1), welches ab 31.12.2023 verpflichtend ist, zurückzuführen sind.

## 2 Datengrundlage

Mit dem Digitalen Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) aus ATKIS liegt eine deutschlandweite, amtlich autorisierte und genau dokumentierte geotopographische Datenbasis vor, welche die Erdoberfläche und die ober- und unterirdischen Objekte beschreibt. Das ATKIS Basis-DLM dient u. a. als Grundlage für die Erstellung von großmaßstäbigen (Digitalen) Topographischen Karten (DTK10, DTK25 bzw. TK10, TK25), digitalen Top-Plus-Produkten oder kann für raumanalytische Fragestellungen herangezogen werden. So dient es beispielsweise am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) u. a. als Grundlage für Analysen im Rahmen des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor)<sup>1</sup>. Die Objektarten aus dem Objektartenbereich Tatsächliche Nutzung (TN) werden verwendet, um Informationen zur Flächennutzungsstruktur abzuleiten. Die Mindesterfassungsgrößen der Objekte richten sich nach der Objektart und können von vollzählig (z. B. Straßen) über  $> 0,1$  ha (z. B. Gehölz) bis 1 ha (z. B. Heide) reichen (AdV 2008). Linienhafte Objekte wie Straßen, Flüsse mit einer Breite von weniger als 12 Metern oder Eisenbahntrassen werden als Polygonlinienobjekte modelliert, die im Zuge der Datenaufbereitung am IÖR entsprechend ihrer Objektbreite gepuffert werden, um die flächenhafte Ausdehnung zu ermitteln (Meinel und Krüger 2014). Dabei werden aber nur Straßen bis zur Kategorie Hauptwirtschaftswege gepuffert, da diese in der Regel befestigt und ganzjährig befahrbar sind. Im Zuge der Datenaufbereitung werden vorhandene und durch Pufferung entstandene Überlagerungen entfernt, wodurch eine flächendeckende und überlappungsfreie Geometrie der Flächennutzung entsteht, die dem Flächenschema des IÖR-Monitors<sup>1</sup> folgt.

Bei ATKIS findet in allen Bundesländern eine turnusmäßige TN-Aktualisierung statt, wobei die Zyklusdauer von einem bis fünf Jahre reicht. Ab 01.01.2022 müssen die Daten spätestens nach drei Jahren vollständig grundaktualisiert werden, unabhängig von der Spitzenaktualisierung einiger Objektarten, die spätestens nach 3, 6 bzw. 12 Monaten erfolgen muss (AdV 2020).

<sup>1</sup> [www.ioer-monitor.de](http://www.ioer-monitor.de)

ATKIS ist Teil des Anwendungsschemas ALKIS-ATKIS-AFIS-Modell (AAA-Modell), wobei die Objektspezifikationen jeweils in eigenen Objektartenkatalogen definiert sind. Seit 2009 ist die GeoInfoDok 6.0.1 die gültige Referenzversion, welche bis zum 31.12.2023 in die GeoInfoDok 7.1.1 zu überführen ist.

### 3 Methodik

In diesem Kapitel wird die Herangehensweise zur Ermittlung von korrigierten SuV-Anstiegen auf der Basis von ATKIS erläutert. Bei dem entwickelten Korrekturverfahren werden sowohl geometrische als auch semantische Bereinigungen durchgeführt. Ziel dabei ist es, nur tatsächliche Flächennutzungsänderungen in der Bilanzierung des SuV-Anstiegs zu halten und modellbedingte (nichttatsächliche) TN-Änderungen weitestgehend auszuschließen.

#### 3.1 Geometrische Bereinigung

Aufgrund der Lagegenauigkeiten von  $\pm 10$  m bei flächenhaften Objekten und  $\pm 3$  m bei linienhaften Objekten im ATKIS Basis-DLM sind besonders Aussagen zur Vor- und Nachnutzung von SuV-Flächen verzerrt. Verschiebt sich beispielsweise eine drei Meter breite Straße um einen Meter seitwärts, ändert sich ein Drittel der Straßenfläche in eine andere Nutzungsart und vice versa. Um möglichst genaue Aussagen zu TN-Änderungen zu erhalten, werden kleinräumige Lageabweichungen bei der Ermittlung des SuV-Anstiegs außer Acht gelassen. Bei flächenhaften Objekten werden anhand einer morphologischen Filterung Änderungen schmäler 10 m aus dem Differenzdatensatz entfernt (Schorcht et al. 2016). Da linienhafte Objekte oftmals schmäler als die zu filternden Abweichungen sind, werden dort Lageabweichungen anhand eines Toleranzpuffers detektiert (Abb. 1).

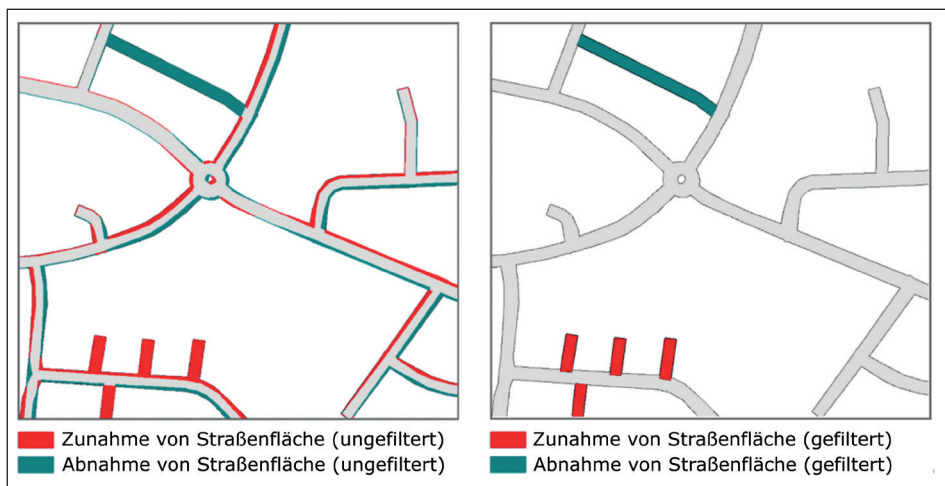


Abb. 1: Filterung geringfügiger Lageabweichungen von Straßenobjekten (Quelle: geändert nach Schorcht et al. 2016)

## 3.2 Semantische Bereinigung

### 3.2.1 Migrationseffekte GeoInfoDok 6.0.1

Aufgrund der Einführung der GeoInfoDok 6.0.1 kam es in Daten zu Umklassifizierungen, welche nicht auf realweltliche Veränderungen zurückzuführen waren. Dabei wurden entweder Objekte in andere Objektarten umgeordnet oder es wurden neue Objektarten hinzugefügt (Krüger et al. 2015). Folgende Objektneuzuordnungen werden daher aus der Änderungsbilanzierung ausgeschlossen (Wechsel zwischen den Objektarten ist durch „ $\Leftrightarrow$ “ gekennzeichnet):

- Park/Grünanlage  $\Leftrightarrow$  Grünland, Wald, vegetationslose Flächen
- Gartenland  $\Leftrightarrow$  Kleingärten
- Industrie/Gewerbe  $\Leftrightarrow$  Abbau- und Haldenflächen
- Verkehrsbegleitflächen  $\Leftrightarrow$  Gehölz
- SuV  $\Leftrightarrow$  Fläche zur Zeit unbestimmbar

So wurde beispielsweise im Datenmodell GeoInfoDok 6.0.1 die Objektart *Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche* um die Wertart *Kleingärten* erweitert, worauf der größte Anteil an nicht tatsächlichen Änderungen zurückzuführen ist. Aber auch die dem Freiraum zugehörigen *zur Zeit unbestimmbaren Flächen* führten zu Abweichungen des SuV-Anstieges, wenn diese im Nachhinein zu SuV-Flächen zugeordnet wurden.

### 3.2.2 Vormigrationseffekte GeoInfoDok 7.1.1

Aufgrund des anstehenden Wechsels auf GeoInfoDok 7.1.1 sind schon jetzt auffällige Änderungen in den Daten erkennbar, welche nicht auf realweltliche Änderungen sondern auf Vormigrationsarbeiten und Harmonisierungsprozesse zurückzuführen sind. Derartige Auffälligkeiten wurden bundeslandweise anhand von Konfusionsmatrizen ermittelt, in der die Vor- und Nachnutzungen der einzelnen Objektarten einander gegenübergestellt wurden. Folgende Nutzungsartenwechsel stechen dabei besonders hervor (gekennzeichnet durch das Symbol „ $\Leftrightarrow$ “):

- Acker, Gartenland, Grünland  $\Leftrightarrow$  Sport-, Freizeit-, Erholungsflächen
- Grünland  $\Leftrightarrow$  Wochenendsiedlung
- Laub-, Nadel-, Mischholz  $\Leftrightarrow$  sonst. Siedlungsfreiflächen
- Moor, vegetationslose Flächen  $\Leftrightarrow$  sonst. Siedlungsfreiflächen
- Verkehrsbegleitflächen  $\Leftrightarrow$  Freiraumflächen

Solche Objektumwidmungen können auf Interpretationsspielräume bei der luftbildgestützten Kartierung zurückzuführen sein, aber auch an Änderungen in den Modellierungsvorschriften liegen. Sie werden im Allgemeinen nicht in der Bilanzierung des SuV-Anstiegs einbezogen.

Besonders häufig ist der Wechsel von *Freiraumflächen* zu *Verkehrsbegleitflächen* zu beobachten (Abb. 2).

Von Verkehrsbegleitflächen, welche vormalig dem Freiraum zugeordnet waren, wurden diejenigen aus der Wechselbilanzierung ausgeschlossen, welche in der Nähe von bereits vorhandenen Straßen liegen. Hier wurde davon ausgegangen, dass die Verkehrsbegleitfläche zum früheren Erfassungszeitpunkt bereits als solche existiert hatte, aber nicht als solche modelliert wurde. Nur neu kartierte Verkehrsbegleitflächen entlang neu gebauter Straßen wurden als tatsächliche Änderung gewertet.

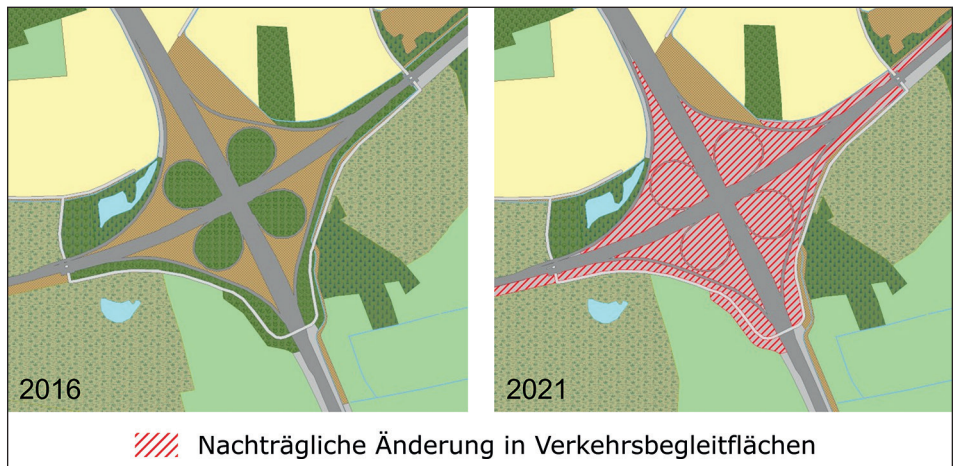


Abb. 2: Beispiel einer Änderung von Freiraumflächen zu Verkehrsbegleitflächen  
(Quelle: ATKIS Basis-DLM)

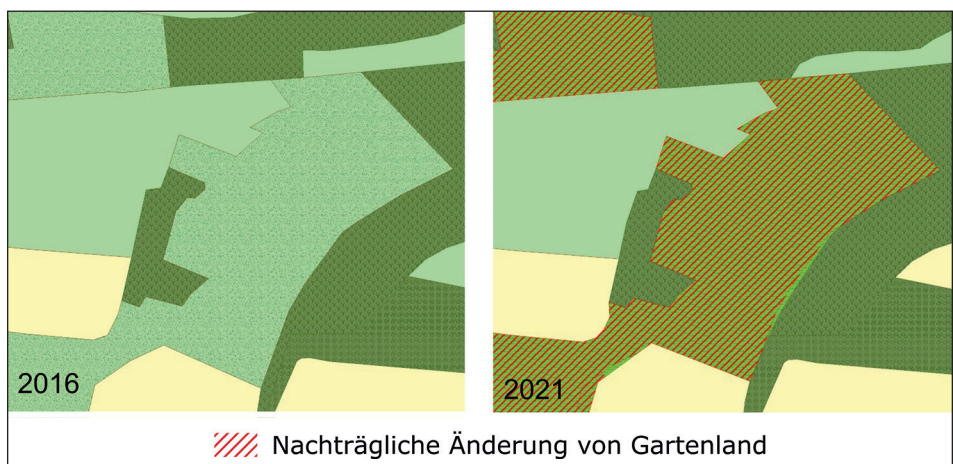


Abb. 3: Beispiel einer Änderung von Gartenland zu Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche  
(Quelle: ATKIS Basis-DLM)

## 4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Filterung von neu zu beobachtenden Effekten gezeigt, welche im Zusammenhang mit Vormigrationsarbeiten und Harmonisierungsprozessen im Vorfeld der Einführung der GeoInfoDok 7 stehen. Des Weiteren wird eine Übersicht über die Entwicklung des SuV-Anstieges nach bisheriger Methodik (bisherige Effekte) und die der neu festgestellten Effekte gegeben.

### 4.1 Verteilung neuer Effekte differenziert nach Bundesländern

Die Vormigrationsarbeiten und Harmonisierungsprozesse haben je nach Bundesland unterschiedliche Auswirkungen auf den SuV-Anstieg. Daher erfolgte eine bundeslandspezifische semantische Bereinigung (Abb. 4).

Die unterschiedliche Verteilung der Effekte in den Bundesländern spricht dafür, dass die bereinigten Änderungen höchstwahrscheinlich keiner tatsächlichen TN-Änderung entsprechen. Dies ist auf unterschiedliche Ausgangssituationen und Migrationsverfahren sowie Harmonisierungsnotwendigkeiten zurückzuführen. Insgesamt betrachtet kommen Änderungen von *Freiraumflächen zu Verkehrsbegleitflächen* in fast allen Bundesländern am häufigsten vor und sind somit der größte Anteil an nichtrealen Änderungen. Aber auch der Wechsel von *Acker, Gartenland und Grünland zu Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen* sind neben Änderungen von *Wald und sonstige Erholungsflächen* häufig vorkommende, nicht tatsächliche Änderungen.

### 4.2 Korrigierte SuV-Entwicklung Deutschlands

Die ermittelten Effekte wurden rückwirkend für die Zeitreihe von 2011 bis 2021 bundeslandweise aus dem SuV-Anstieg herausgerechnet (Abb. 5). Die grüne Kurve zeigt den Verlauf der Flächenneuanspruchnahme nach der bisher angewendeten Methodik (bisherige Effekte, s. Kap. 3.2.1). Bei der blauen Kurve wurden zusätzlich die nachträglich geänderten Verkehrsbegleitflächen aus dem SuV-Anstieg ausgeschlossen. Dies führt zu einer Minderung von ca. 3 Hektar pro Tag ab 2011 im Vergleich zur bisherigen Variante. Die graue Kurve zeigt den Verlauf unter Beachtung aller korrigierten Effekte (bisherige und neu hinzugekommene Effekte). Es hat sich gezeigt, dass, abgesehen von dem Effekt der Verkehrsbegleitflächen, die neuen Effekte (graue Kurve) erst ab 2018 eine Auswirkung auf den SuV-Anstieg haben.

Zum Vergleich werden der unkorrigierte SuV-Anstieg (gelbe Kurve) und der auf der amtlichen Statistik ALKIS basierende Indikatorwert (UBA, rote Kurve, Grundlage) ebenfalls gezeigt.

Insgesamt betrachtet sind die Tendenzen der korrigierten Kurven ähnlich, auch wenn diese um wenige Hektar pro Tag voneinander abweichen. Auffällig ist, dass die Zunahme des SuV-Anstieges seit 2018 ab 2021 wieder leicht rückläufig ist.

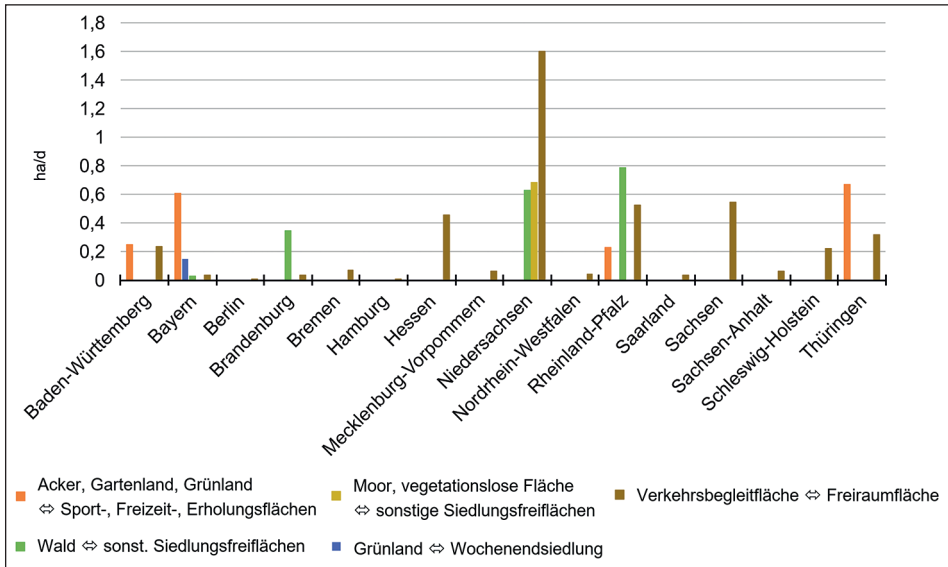


Abb. 4: Nach Bundesländern spezifizierte Effekte von Vormigrationsarbeiten (2016-2021) (Quelle: eigene Bearbeitung)

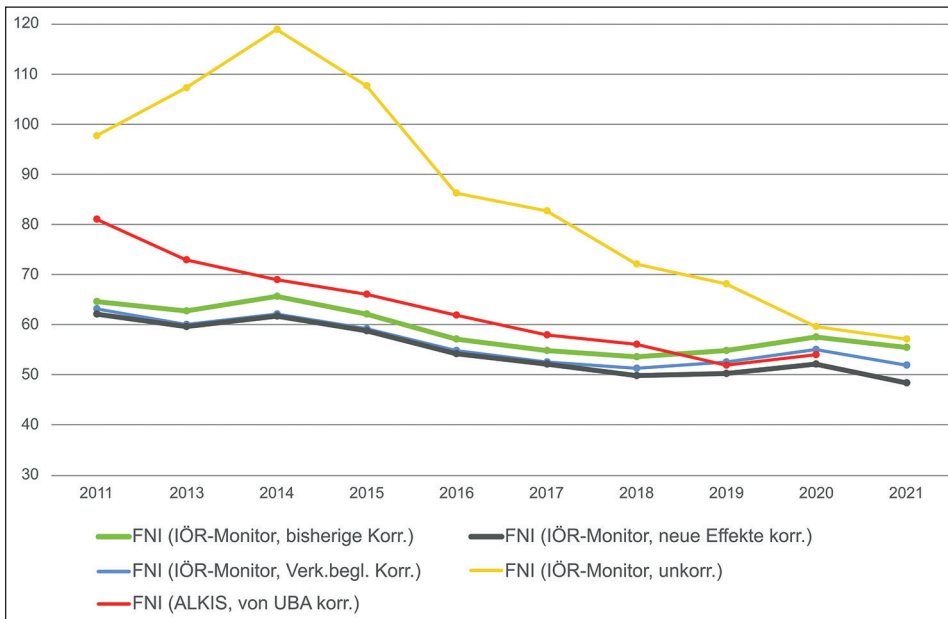


Abb. 5: Vergleich korrigierter und unkorrigierter Flächenneuanspruchnahme (FNI) (Quelle: eigene Bearbeitung, UBA)



## 5 Fazit

Die Reduzierung des SuV-Anstieges auf unter 30 Hektar pro Tag bis 2030 ist nach wie vor ein schwierig zu erreichendes Ziel. Vor allem in Anbetracht der hohen Nachfrage an Bauland für Wohnraum, Gewerbeflächen und Flächen für erneuerbare Energien ist es höchst fraglich, ob dieses Ziel erreicht werden kann. Datenmodelländerungen von ALKIS bzw. ATKIS erschweren zudem die Nachverfolgung dieses Ziels, da daraus resultierende nichtreale Änderungen den Verlauf des SuV-Anstieges verzerren. Aus diesem Grund sind Verfahren notwendig, die Effekte von Datenmodelländerungen auf den SuV-Anstieg zu korrigieren.

Ein ATKIS-basierter Modellansatz, welcher in der Indikatorberechnung zur Flächenneuinanspruchnahme im IÖR-Monitor verwendet wird, wurde in diesem Artikel beschrieben. Es wurde gezeigt, wie auf der Datengrundlage von ATKIS geometrische und semantisch bedingte Fehler bereinigt werden können. Zudem wurde dargestellt, welche Effekte der anstehende Modellwechsel zum 23.12.2023 schon jetzt auf die Änderungsbilanzen hat. Dabei handelt es sich um Vormigrationsarbeiten und Harmonisierungsprozesse, welche in den Bundesländern unterschiedliche Auswirkungen haben. Ein zentrales Ergebnis ist, dass die korrigierte Tendenz des SuV-Anstieges seit 2021 wieder leicht rückläufig ist.

In jedem Fall ist es dringend erforderlich, in Zukunft auf umfangreiche Datenmodelländerungen zu verzichten, um ein kontinuierliches robustes Monitoring von Indikatorwerten zu gewährleisten. Insbesondere hilfreich für die Bewertung von detektierten Änderungen wäre eine obligatorisch zu erfassende Attributierung über den Grund einer Objektänderung (realweltliche Änderung, Datenkorrektur, geänderte Erfassungskriterien usw.).

## 6 Literatur

AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2008): ATKIS-Objektartenkatalog für das Digitale Basis-Landschaftsmodell (ATKIS – OK Basis DLM).

<https://www.adv-online.de/GeoInfoDok/GeoInfoDok-6.0/binarywriterservlet?imgUid=56243fd2-1153-911a-3b21-718a438ad1b2&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111&isDownload=true> (Zugriff: 19.09.2022).

AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2020): Produkt- und Qualitätsstandard für das Digitale Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM), Version 1.0.

<https://www.adv-online.de/Veroeffentlichungen/Broschueren-und-Faltblaetter/Geotopographie/binarywriterservlet?imgUid=25419114-249e-4711-1fea-f5203b36c4c2&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111> (Zugriff: 30.09.2022).

- Destatis – Statistisches Bundesamt (2022): Qualitätsbericht Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung – 2021.  
[https://www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Land-Forstwirtschaft-Fischerei/flaechenerhebung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Land-Forstwirtschaft-Fischerei/flaechenerhebung.pdf?__blob=publicationFile)  
(Zugriff: 19.09.2022).
- Deutsche Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie Weiterentwicklung 2021: 391.
- Krüger, T.; Hennersdorf, J.; Meinel, G.; Behnisch, M. (2015): Migration des ATKIS-Basis-DLM – Auswirkungen auf die Nutzung für das Flächenmonitoring. *KN – Journal of Cartography and Geographic Information*, 65 (2): 59-66.
- Meinel, G.; Krüger, T. (2014): Methodik eines Flächennutzungsmonitorings auf Grundlage des ATKIS-Basis-DLM. *KN – Journal of Cartography and Geographic Information*, 64 (6): 324-331.
- Penn-Bressel, G. (2019): Aktuelle Trends des Flächenverbrauchs und Kontingentierung von Flächensparzielen auf kommunaler und regionaler Ebene. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77: 31-40.
- Schorcht, M.; Krüger, T.; Meinel, G. (2016): Measuring Land Take: Usability of National Topographic Databases as Input for Land Use Change Analysis: A Case Study from Germany. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (8): 134.
- Siedentop, S. (2018): Ursachen der Flächeninanspruchnahme in Deutschland – eine Zwischenbilanz. In: Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G. (Hrsg.) *Flächeninanspruchnahme in Deutschland: Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung*. Berlin, Heidelberg: Springer: 45-55.



# Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung – Entwicklung und Perspektiven des IÖR-Monitors

Gotthard Meinel

## Zusammenfassung

Dargestellt wird die Entwicklung des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor<sup>1</sup>) seit seinen Anfängen. Im Kern geht es um die Beschreibung der Ausgangssituation und der Entwicklungsziele, die Begründung der ausgewählten Eingangsdaten und des gewählten hierarchischen Flächenschemas, die Themen und Zielrichtungen des Indikatorendesigns, die Datenvisualisierung im eigens entwickelten interaktiven IÖR-Monitorviewer und die Beschreibung der aufgesetzten Geodienste, die die Einbindung der Daten in eigene GIS-Umgebungen ermöglicht. Anschließend wird auf die langjährigen Transferformate eingegangen, die dem Ergebnistransfer dienen. Das sind das Dresdner Flächennutzungssymposium (DFNS), das International Land Use Symposium (ILUS) und der „Expertenworkshop auf dem Weg zu einer besseren Flächenstatistik“ (EWFS), die Wissenschaft und Praxis im Themenfeld Flächennutzung, -management und Flächensparen zusammenführt. Abschließend wird der beginnende Ausbau des IÖR-Monitors zu einem IÖR-Forschungsdatenzentrum (IÖR-FDZ) beschrieben. Dieser umfasst die Erweiterung des Indikatorensystems, die Entwicklung erweiterter Funktionalitäten und die FAIR-gerechte Ausgestaltung des IÖR-Monitors für die Einbindung in die entstehende nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI). Daneben ist der Aufbau weiterer Forschungsdatenbanken, Informationsdienste und Services geplant, die kurz erläutert werden.

**Schlagwörter:** Flächennutzung, IÖR-Monitor, Indikatoren, Geobasisdaten, NFDI

## 1 Hintergrund

Eine nachhaltige Landnutzung wird immer mehr als der entscheidende Schlüssel für eine Große Transformation zur Nachhaltigkeit verstanden (WBGU 2020). Sie erfordert u. a. aktuelle und valide Informationen zur Flächennutzung sowie daraus abgeleitetes empirisches Wissen als Grundlagen für evidenzinformierte Entscheidungen in Politik, Planung und Gesellschaft. Ein verlässliches Monitoring der Flächennutzung und deren Veränderung unterliegt allerdings verschiedenen Herausforderungen. Es benötigt aktuelle, flächendeckende und hochauflösende Flächennutzungsdaten für die gesamte Fläche der Bundesrepublik. Diese stehen mit dem Attribut „Tatsächliche Nutzung“ (TN) für jedes Flurstück im Liegenschaftskataster zur Verfügung. Allerdings wurde und wird die TN

<sup>1</sup> <https://www.ioer-monitor.de/>

nicht regelmäßig aktualisiert und die Modellbeschreibung (GeoInfoDok) des Katasters hat sich wiederholt verändert (AdV 2022c). Darum wurde wiederholt auf Probleme der amtlichen Flächenerhebung bei der Erfassung verlässlicher Zeitreihen, insbesondere des Kernindikators der bundesdeutschen Nachhaltigkeitsstrategie „Flächenneuanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr“ im regelmäßig erscheinenden „Qualitätsbericht – Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung“ (zuletzt Statistisches Bundesamt 2021) hingewiesen und in Deggau (2009) und Blechschmidt & Meinel (2022) detailliert erläutert.

## 2 Entwicklungsetappen des IÖR-Monitors

Spätestens 1995 begannen im IÖR Überlegungen, ob das Digitale Landschaftsmodell Deutschlands (ATKIS Basis-DLM, AdV 2022b) nicht eine geeignete digitale Datengrundlage für die Ableitung von Indikatoren zur Flächennutzung sein könnte. Schon die ersten Versuche waren vielversprechend und es begann die Konzeption eines Flächenmonitorings auf dieser Datengrundlage. Das Konzept mit dem Titel „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“ schlug u. a. auch ein Indikatorensystem vor (Siedentop et al. 2007). Allerdings standen zu diesem noch keine längeren Zeitreihen vom ATKIS Basis-DLM zur Verfügung. In den weiteren Entwicklungsarbeiten wurde von der Bezeichnung „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“ für ein aufzubauendes Informationssystem Abstand genommen. Denn die Daten des ATKIS Basis-DLM waren anfänglich nicht flächendeckend erfasst und zwischen den Bundesländern nicht harmonisiert, so dass die Monitoringergebnisse nicht die Genauigkeit eines Barometers erreichten, welches ja sehr genau Veränderungen anzeigt.

Um der Bedeutung hochgenauer Flächennutzungsinformationen für die ökologische Raumentwicklung Rechnung zu tragen, wurde im IÖR Anfang 2008 der Forschungsschwerpunkt „Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung“ ins Leben gerufen und Mitte 2009 zum gleichnamigen Forschungsbereich aufgebaut. Um der Breite neuer Datenangebote, den gewachsenen Methodenangeboten der Spatial Data Science und der Geospatial Artificial Intelligence, den Chancen von Citizen Science und dem zunehmenden Bedarf an Zielwissen im Rahmen der Transformationsforschung gerecht zu werden, wurde der Forschungsbereich im Zuge einer Strukturreform Mitte 2021 in „Raumbezogene Information und Modellierung“ umbenannt.

Am 22.01.2009 wurde ein „Expertenworkshop Flächennutzungsmonitoring<sup>2</sup>“ mit neun Vorträgen durchgeführt (später als 1. Dresdner Flächennutzungssymposium bezeichnet, da dieser den Auftakt zur etablierten Veranstaltungsreihe bildete). Dargestellt wurden dort u. a. die Erhebungsmethodik der amtlichen Flächenerhebung (Deggau 2009), Indikatorenkonzepte (Penn-Bressel 2009; Siedentop 2009; Walz 2009), eine Berechnungsmethodik zur Erhebung der Bodenversiegelung (Frie, Hensel 2009) sowie die

<sup>2</sup> <https://www.ioer-monitor.de/tagungen/dfns/2009-01-dfns/presentationen/>

schon damals eingeführte rasterbasierte Regionalstatistik in Österreich (Wonka 2009). Zudem wurden die Ergebnisse eines Vergleichs verschiedener Eingangsdaten für ein Flächenmonitoring (Schumacher, Meinel 2009) und die Konzeption eines Monitorings der Siedlungs- und Freiraumentwicklung vorgestellt (Meinel 2009) und diskutiert. Im Rahmen des 2. Dresdner Flächennutzungssymposiums<sup>3</sup> wurde der „Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor)“ am 17.06.2010 für die Öffentlichkeit freigeschaltet (Abb.1).



Abb. 1: Freischaltung des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) am 17.06.2010 auf dem 2. Dresdner Flächennutzungssymposium (Foto: Sebastian Tramsen)

Eine erste Würdigung erfuhr der IÖR-Monitor bereits 2012 im 3. Geofortschrittsbericht der Bundesregierung als exzellentes Beispiel für Open Government und die Inwertsetzung von Geobasisdaten. „Mit den systematischen Analyseergebnissen des Monitors ist Deutschland inzwischen europäische Spitze in der Erhebung und dem Monitoring der Flächennutzungsstruktur, die für Wirtschaft und Umweltschutz von zentraler Bedeutung sind.“ (BMI 2012: 60).

Weitere Meilensteine im Zuge des Aufbaus des IÖR-Monitors waren die Veröffentlichung von Rasterdaten in verschiedenen Auflösungsstufen (100 m, 200 m, 500 m, 1 000 m, 5 000 m Rasterweite) ab 2013 für ausgewählte Indikatoren. Seit 2020 wird auch eine IÖR-Monitor-Basiskarte Flächennutzung in 2,5 m-Rasterweite für alle Zeitschnitte angezeigt. Diese kann mittels Doppelfenster-technik im zeitlichen Vergleich im interaktiven Geoviewer visualisiert werden, was die Erkundung selbst kleinster

<sup>3</sup> <https://www.ioer-monitor.de/tagungen/dfns/2010-02-dfns/presentationen/>

Flächennutzungsänderungen ermöglicht. In Kürze wird auch der Download dieses Datensatzes ermöglicht, sobald die Veröffentlichung dazu publiziert ist.

Ein Höhepunkt in der Entwicklung des IÖR-Monitors war seine Akkreditierung beim Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten (RatSWD) im Jahr 2021. Dieser vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Rat berät seit 2004 die Bundesregierung in Fragen der Erweiterung und Verbesserung der Forschungsinfrastruktur für die empirischen Sozial-, Verhaltens- und Wirtschaftswissenschaften. Im Jahr 2009 hatte der Wissenschaftsrat dem RatSWD empfohlen, sich dem Thema Georeferenzierung von Daten anzunehmen. Dieser berief daraufhin eine gleichnamige Arbeitsgruppe (AG Geodaten), die die Chancen und Möglichkeiten der Nutzbarmachung von georeferenzierten Daten erörtern sollte, unter Mitarbeit des Verfassers. Der Abschlussbericht (RatSWD 2012) enthält eine Bestandsaufnahme zur damaligen Zeit, eine Beschreibung von Defiziten und Problemen und eine Auflistung von Lösungsansätzen für Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft. Damit waren die Grundlagen für eine Verknüpfung von sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Daten mit Geodaten gelegt. Seitdem hat sich in dieser Hinsicht viel getan. So konnte u. a. im Rahmen des von der DFG geförderten Projekts „SoRa – Sozial-Raumwissenschaftliche Forschungsdateninfrastruktur“ eine prototypische Infrastruktur einschließlich einer App für die Verknüpfung der Sozialwissenschaftlichen ALLBUS- und SOEP-Daten mit einer Raumbeschreibung von Wohnstandorten befragter Personen auf Grundlage von rasterbasierten Indikatoren des IÖR-Monitors realisiert werden.

### **3 Datengrundlagen, Methodik und Visualisierung**

Für ein dauerhaftes Monitoring ist eine gesetzliche Fortschreibungspflicht aller Eingangsdaten unumgänglich. Darum werden im IÖR-Monitor ausschließlich Geobasisdaten bzw. Fachdaten mit Fortschreibungspflicht genutzt. Besondere Bedeutung für den IÖR-Monitor haben die Flächennutzungsdaten des ATKIS Basis-DLM und verschiedene amtliche Gebäude- sowie Statistikdaten. In einer Publikation aus dem Jahr 2020 (Meinel 2020) werden Datenquellen zur Flächennutzung untereinander verglichen.

#### **3.1 Flächennutzungsdaten des ATKIS Basis-DLM**

Im Jahr 1989 verabschiedete die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) die erste Modellbeschreibung eines digitalen Landschaftsmodells. Dieses sah den Aufbau eines bundesweit einheitlichen Modells mit jeweils wachsender Informationsdichte, wie Objekt- und Attributartenzahl, vor. 1996 lag dann der erste bundesweite digitale geotopographische Datensatz des Amtlichen Topographischen Kartographischen Informationssystems (ATKIS) vor. Erste Prüfungen ergaben zwar die prinzipielle Eignung für ein Flächenmonitoring, wenn auch

erhebliche Modellierungsunterschiede zwischen den Bundesländern, die für die Erfassung zuständig sind, festgestellt werden mussten. Schwieriger war die Frage nach der Verlässlichkeit der Flächennutzungsänderungsinformation, die für ein Monitoring eminent wichtig ist. Nach Prozessierung eines bundesweiten Datensatzes von 2006 musste konstatiert werden, dass eine erhebliche Zahl von Änderungen allein auf Datenkorrekturen zurückzuführen waren. Allerdings wurden die ATKIS-Daten im Zeitverlauf immer verlässlicher und zeigten im Vergleich zu den Liegenschaftsdaten (seinerzeit ALK, heute ALKIS) erhebliche Vorteile für ein verlässliches Flächenmonitoring (Meinel, Scheffler 2011).

Für diese besteht eine amtliche Fortschreibungspflicht, da sie u. a. Grundlage für die Erstellung aller topographischen Karten in Deutschland sind und als amtliche Basisgrundlage zum Einsatz kommt. Die Eignung des ATKIS DLM25 (Erstbezeichnung, inzwischen ATKIS Basis-DLM) wurde geprüft (Röber et. al. 2009; Meinel et. al. 2008) und zur Grundlage eines Flächenmonitorings des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung in seinem IÖR-Monitor.

### 3.2 Gebäudegeobasisdaten

Für die Berechnung von Indikatoren zum Gebäudebestand werden die Geobasisdaten Hausumringe (HU-DE), Gebäudeadressen (GA) und die 3D-Gebäudemodelle LoD1/2-DE verwendet. Das HU-DE und die GA stehen seit 2011, das LoD1-DE seit 2015 und das LoD2-DE seit 2020 bundesweit zur Verfügung. Seit diesen Zeitpunkten werden diese Geodaten auch prozessiert. Allerdings sind bei Nutzung der Gebäudeindikatoren bis 2014 Unschärfen zu berücksichtigen. Die anfänglichen Datenmodellierungen waren zwischen den Bundesländern nicht harmonisiert (Hartmann et al. 2016). Die Situation verbesserte sich mit den genauen Produkt- und Datenformatbeschreibungen seitens der Adv<sup>4</sup>.

### 3.3 (Geo)Fachdaten

Die Einwohnerzahl, benötigt für die Berechnung der Siedlungsdichte und weiterer einwohnerbezogener Indikatoren, wird vom Statistischen Bundesamt genauso bereitgestellt wie Daten zum Bruttoinlandsprodukt (BIP), die für die Berechnung der Flächenproduktivität gebraucht werden. Vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) werden die Geometriegrenzen der Schutzgebiete bezogen, die Grundlage der Berechnung der Indikatoren der Kategorie Landschafts- und Naturschutz sind. Für die Berechnung von Risikoindikatoren zu Hochwassergefahren werden die Geometrien der amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiete vom Bundesamt für Gewässerschutz (BfG) genutzt.

<sup>4</sup> <https://www.adv-online.de/Adv-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/ZSHH/>



### 3.4 Methodik

Die Berechnungsmethodik des IÖR-Monitors wurde wiederholt dargestellt (zuletzt in Meinel et al. 2021). Hier soll der Vollständigkeit und Bedeutung halber darum nur kurz auf das IÖR Flächenschema eingegangen werden. (Abb. 2). Dieses stimmt fast vollständig mit dem des ATKIS Basis-DLM überein, was nicht verwundert, da es die Grundlage der Flächennutzungsdaten des IÖR-Monitors darstellt.

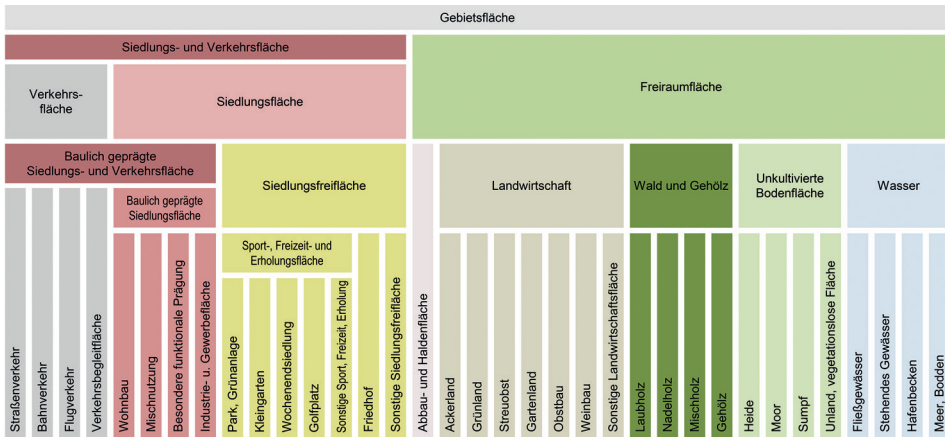


Abb. 2: Flächenschema des IÖR-Monitors (Quelle: <https://www.ioer-monitor.de/methodik/>)

Allerdings wird die Abbau- und Haldenfläche, trotz deren anthropogenen Nutzungscharakters, anders als im ATKIS Basis-DLM unter Freiraumfläche in dem hierarchisch angelegten IÖR-Flächenschema angeordnet. Derartige Flächen sind zwar sehr groß, aber in der Regel nur von temporärer Nutzung. Eine Rekultivierung von Abbauflächen führt dann zu erheblichen Veränderungen des Indikators Flächenneuanspruchnahme und würde die alltägliche Umnutzung von Freiraum in Siedlungs- und Verkehrsfläche überdecken. Die ALK hat bis 2016 einen anderen Nutzungsartenkatalog genutzt (Georg 2016) und ist erst mit der Migration zu ALKIS (Adv 2022a), die für Gesamtdeutschland 2016 abgeschlossen wurde, auf den neuen Nutzungsartenkatalog umgestiegen, der schon immer Grundlage der Flächennutzungserfassung in ATKIS war. Durch die Umrechnung der Nutzungsarten resultierte ein Sprung in der Zeitreihe des Indikators Flächenneuanspruchnahme der amtlichen Flächenerhebung.

Da das ATKIS Basis-DLM Verkehrswege und schmale Flüsse nur linienhaft modelliert, werden diese mit ihrem jeweiligen Breitenattribut gepuffert. Ist dieses nicht vorhanden, so werden Standardwerte genutzt<sup>5</sup>. Da Flächenüberlagerungen nicht erlaubt sind, müssen diese im Sinne einer eindeutigen Flächenberechnung aufgelöst werden. Das erfolgt nach einer Priorisierungstabelle. Im Falle einer Flächenüberlagerung wird für die Flächenberechnung die jeweils stärkste anthropogene Nutzungsform ausgewählt.

<sup>5</sup> <https://www.ioer-monitor.de/methodik/#c244>

Letztlich muss bei der Aktualitätsbestimmung eines Indikators für eine Gebietseinheit noch folgendes beachten werden. Die Aktualisierung des ATKIS Basis-DLM erfolgt (derzeit noch) durch eine aufwendige visuelle Orthophotoinspektion und eine interaktive Berichtigung bei Änderung der Flächennutzung. Die flächendeckende Grundaktualisierung erfolgt bis 2021 in einem max. fünfjährigen, seit 01.01.2022 in einem dreijährigen Aktualisierungszyklus in Kartenblättern. Da sich administrative Gebietseinheiten (deren Geometrien werden spätestens innerhalb von 6 Monaten aktualisiert) meist über mehrere Kartenblätter erstrecken und diese in der Regel unterschiedliche Grundaktualisierungszeiten haben, wird eine flächengewichtete Grundaktualität berechnet und jedem Indikatorwert zugeordnet. Allerdings erfolgt die Aktualisierung bedeutender Geoobjekte wie Straßen im Rahmen einer sogenannten Spitzenaktualisierung spätestens nach 3-12 Monaten.

Der Zeitbezug der Indikatoren auf das Jahresende ist wichtig, damit sowohl Bestands- als auch Bewegungsindikatoren dem entsprechenden Jahr zugeordnet werden können. Der IÖR-Monitor bietet seine Daten darum in Zeitschnitten an, die im interaktiven Geoviewer ausgewählt werden können. Die Zuordnung der Daten erfolgt dabei entsprechend des Zeitpunktes der Datenbereitstellung durch das BKG bzw. die Bundesbehörden (BfN, BfG). Die Zeitreihen beginnen 2000 und umfassen 16 Zeitschnitte bis 2021 (2006 und seit 2008 jährlich). Wichtige Zeitreihen sollen sukzessive rückwärts durch Auswertung von Topographischen Altkarten im Maßstab 1:25.000 ergänzt werden. Die von den Ländern jeweils am Quartalsende dem BKG gelieferten Geobasisdaten werden dort homogenisiert. Der Datensatz vom 3. Quartalsende (Erfassungsstand 31.10.) wird vom BKG im Januar des Folgejahres bereitgestellt und vom IÖR bezogen. Die Prozessierung aller Indikatoren für den IÖR-Monitor benötigt ca. 2 Monate, so dass die Indikatorwerte jeweils Ende März für das vorhergehende Jahr bereitgestellt werden, was für Flächennutzungsdaten vergleichsweise schnell ist und aktuelle Daten bedingt.

### 3.5 Indiktorik

Der IÖR-Monitor informiert über die in Abbildung 3 auf der linken Seite gezeigten Schwerpunktthemen für die Flächennutzungen (Gebäude, baulich geprägte Fläche, Siedlungsfreifläche, Freiraum und Verkehr).

Dazwischen sind die Indikatorenkategorien bzw. Indikatoren angeordnet. Derzeit werden in dem hierarchischen Indikatorensystem des IÖR-Monitor 93 Indikatoren in 15 Indikatorkategorien „Siedlung“, „Freiraum“, „Verkehr“, „Nachhaltigkeit“, „Stadtgrün“, „Gebäude“, „Zersiedelung“, „Landschafts- und Naturschutz“, „Landschaftsqualität“, „Ökosystemleistung“, „Risiko“, „Energie“, „Materiallager“, „Relief“ und „bevölkerungsbezogene Indikatoren“ angeboten (Stand 8/2022). Davon werden 50 Indikatoren auch in Form von Rasterdaten bereitgestellt.

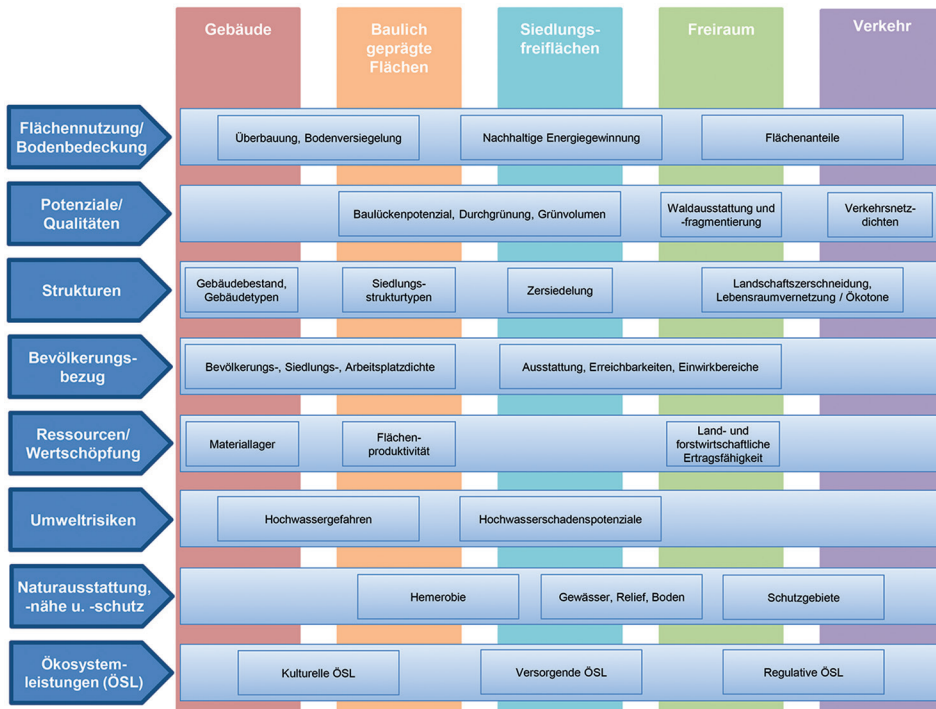


Abb. 3: Themenfelder der IÖR-Monitors (Quelle: <https://www.ioer-monitor.de/indikatoren/>)

### 3.6 Visualisierung

Für die Visualisierung der Ergebnisse des Monitorings wurde ein interaktiver Geoviewer entwickelt. Dieser präsentiert die Indikatorenwerte in Karten- bzw. Tabellenform und die Werteentwicklung als Diagramm. Der Kartenviewer mit WebGIS-Funktionalität bietet verschiedene Hintergrundkarten und Gestaltungsmöglichkeiten. Für eine schnelle und einfache Anzeige von Indikatorwerten auf Basis administrativer Gebietseinheiten (Deutschland, Bundesland, Kreis, Gemeinde), Raumordnungsregionen und Stadtteilen dient der Darstellungsmodus „Gebiete“. Zur räumlich höher auflösenden Visualisierung (Rasterkarten der Auflösungsstufen 100 m, 200 m, 500 m, 1 000 m, 5 000 m, 10 000 m) steht der Rastermodus zur Verfügung.

Die Ergebnisse können in Tabellenform für alle Gebietseinheiten eines ausgewählten Indikators (auch im Vergleich mit übergeordneten Gebietseinheiten oder anderen Indikatoren) oder für alle Indikatoren einer ausgewählten Gebietseinheit ausgegeben werden. Die Rasterkarten vieler Indikatoren (100 m-Rasterweite) können auch durch bereitgestellte Webdienste in eigene GIS-Umgebungen eingebunden werden. Der Darstellungsmodus „Vergleich“ ermöglicht den Vergleich von Indikatoren, Zeitschnitten und unterschiedlichen Rasterweiten in einer Karte mit verschiebbarem Slider.

## 4 Tagungsformate und Ergebnisvermittlung

Seit 2010 wird das Dresdner Flächennutzungssymposium jährlich durchgeführt und bringt Expert\*innen aus Wissenschaft und Praxis zum Thema Flächenpolitik, -management, Flächensparen, Indikatoren, Analyseergebnisse und Datengrundlagen zusammen. Seit 2019 können auch Workshops angemeldet werden, die unter der Leitung der Anmelder\*innen im Rahmen des DFNS-Programms durchgeführt werden. Diese ermöglichen, angestoßen durch einen kurzen Impulsvortrag, eine umfassende Auseinandersetzung bzw. einen Erfahrungsaustausch zu der angemeldeten Thematik mit den DFNS-Teilnehmer\*innen. Eine Podiumsdiskussion zu einer jeweils aktuellen Problematik mit Vertreter\*innen aus Politik, Politikvorbereitung, Wissenschaft und Praxis beschließt den ersten Tag des zweitägigen Symposiums. Die Beiträge werden in der Buchreihe „Flächennutzungsmonitoring“<sup>6</sup> veröffentlicht und sind bereits nach einem Vierteljahr auch kostenfrei via Open Access zugänglich – genauso wie die DFNS-Präsentationen<sup>7</sup>.

Seit 2011 wird die Veranstaltungsreihe „Expertenworkshop auf dem Weg zu einer besseren Flächenstatistik“<sup>8</sup> jährlich organisiert und durchgeführt. Auf diesem werden Anforderungen an die flächenstatistische Berichterstattung, die Zeitreihe zur Flächenneuinanspruchnahme, die Datengrundlagen und deren Entwicklung und neue Indikatoren mit Anbietern der relevanten Geobasisdaten (AdV), der Statistikdaten (Destatis), Vertretern der Politikvorbereitung im Themenfeld (BMUV, BBSR, UBA, BMI) und der Wissenschaft (ILS, IÖR) in eingeladener Expertenrunde diskutiert. Seit 2020 wird diese Veranstaltungsreihe im Rahmen des UBA-Projekts „Konsistenz und Aussagefähigkeit von Flächendaten“ (FKZ 3719751020), welches das IÖR bearbeitet, in Form eines Projektbegleitkreises durchgeführt. Erste Ergebnisse dazu wurden kürzlich veröffentlicht (Blechs Schmidt, Meinel 2022).

Das deutschsprachige Symposium, welches regelmäßig auch Referent\*innen aus Österreich und der Schweiz begrüßt, wurde seit 2015 um das International Land Use Symposium (ILUS) ergänzt. Dieses, aller zwei Jahre organisierte Symposium fand inzwischen drei Mal statt, zuletzt 2019 in Paris unter dem Titel „Land Use Changes – Trends and Projections“<sup>9</sup>. Das geplante Vierte unter dem Titel „Modelling an uncertain future: spatial data science for sustainable land use“<sup>10</sup> musste Corona-bedingt verschoben werden und wird 2023 in Haifa/Israel stattfinden.

<sup>6</sup> <https://rhombos.de/catalogsearch/result/?q=fl%C3%A4chennutzungsmonitoring>

<sup>7</sup> <https://www.ioer-monitor.de/tagungen/>

<sup>8</sup> <https://www.ioer-monitor.de/tagungen/#c283>

<sup>9</sup> <https://ilus2019.ioer.info/>

<sup>10</sup> <https://ilus2021.ioer.info/>

## 5 Datennutzungen und Anwendungsbeispiele

Der IÖR-Monitor wird umfassend genutzt. Das belegen ca. 14 000 Datenzugriffe im Jahr. Seine Anwendung war bis Ende 2020 ohne jegliche Registrierung möglich, um den Datenzugang so leicht wie möglich zu machen. Darum liegen uns leider nur wenige Informationen zu Monitornutzungen anderer vor. Mit der Akkreditierung des IÖR-Monitors beim RatSWD<sup>11</sup> sind wir seit 2021 zum Abschluss von Datennutzungsverträgen verpflichtet. Allerdings gilt das nur dann, wenn Geodaten heruntergeladen werden sollen und nicht beim Download von Indikatorwerttabellen oder -Entwicklungsdiagrammen. Um eine sofortige Datennutzung zu ermöglichen, können diese nach wenigen Angaben (Name, Einrichtung, Nutzungskontext und Adresse) mittels eines einwöchigen geltenden Keys heruntergeladen werden. In dieser Zeit muss der Datennutzungsvertrag beidseitig unterschrieben werden.

Derzeit sind über 100 Datennutzungsverträge abgeschlossen, u. a. mit Forschungseinrichtungen, Universitäten, Hoch- und Fachschulen, Ministerien, Verwaltungseinrichtungen, kommunalen Spitzenverbänden, Planungsverbänden, Planungsbüros, Medienvertretern, NGOs und Privatpersonen. So empfiehlt der Deutsche Landkreistag seinen Mitgliedern die Anwendung des IÖR-Monitors für flächenstatistische Fragen. Der UBA-Umweltatlas<sup>12</sup> zeigt Karten des IÖR-Monitors zum Siedlungs- und Verkehrsflächen- sowie zum Landwirtschaftsflächenanteil, zur Bodenversiegelung und zu unzerschnittenen Freiräumen. Zur Kenntnis gekommen sind uns z. B. die Nutzung des IÖR-Monitors zur Analyse der Entwicklung der Landschaftszerschneidungen in Baden-Württemberg oder die Darstellung der Zeitreihe des IÖR-Monitors Flächenneuanspruchnahme in Sachsen<sup>13</sup>.

Inzwischen werden Daten des IÖR-Monitors auch in der Flächenvorprüfung in Projekt-Check<sup>14</sup> benutzt. So können Planungen im Wirkungsbereich „Fläche und Ökologie“ hinsichtlich eines möglichst geringen Flächenverbrauchs und möglicher negativer Effekte auf die natürlichen Lebensgrundlagen überprüft werden. Dies gilt in besonderer Weise für ökologisch hochwertige Flächen, die ggf. auch einen entsprechenden Schutzstatus genießen. Projekt-Check bietet die Möglichkeit, das Plangebiet mit den in der Region ausgewiesenen Schutzgebieten (Landschaftsschutzgebiete, Natur- und Artenschutzgebiete), Wald- und Gehölzflächen oder Freiraumflächen zu überlagern. Zudem besteht die Möglichkeit, die Einflusszonen von Hochspannungsleitungen einzublenden. Auch hieraus können sich genehmigungsrelevante Aspekte (Schutzgut Mensch) sowie Auswirkungen auf die Vermarktungsfähigkeit insbesondere für Wohnnutzungen ergeben. Zudem kann mit Projekt-Check geprüft werden, ob das Plangebiet „Unzerschnittene verkehrssarme Räume“ (UZVR) berührt oder gar zerschneidet. Diese leisten einen wichtigen Beitrag zum

<sup>11</sup> <https://www.konsortswd.de/ratswd/>

<sup>12</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltatlas>

<sup>13</sup> <https://www.boden.sachsen.de/bodenversiegelung-und-flaecheninanspruchnahme-22934.html>

<sup>14</sup> <https://www.projekt-check.de/>

Erhalt der Biodiversität und unterliegen daher einer besonderen Beachtung von Seiten der Naturschutzbehörden. Projekt-Check gibt dem Nutzer zudem die Möglichkeit, die Veränderung der ökologischen Flächenleistung durch Planungsmaßnahmen zu visualisieren. Dabei wird vor allem die Versiegelung erfasst, die u. a. die Versickerungsmöglichkeiten für Regenwasser bestimmt. Dies alles erfolgt auf Grundlage einer Verschneidung des Plangebietes mit den WCS-Diensten des IÖR-Monitors, die die aktuelle Flächennutzung im 100 m-Raster zeigen (u. a. Indikatoren „Siedlungsdichte“, „Bodenversiegelung“, „Ökosystemleistung“, „Wald- bzw. Grünlandflächenanteil“, „Schutzgebietsstatus“). Flächenbilanzierungen auf Basis von IÖR-Monitor werden derzeit u. a. eingesetzt im UBA-Projekt „Treibhausgas Minderungspotenziale durch Flächensparen“.

Natürlich sind die Daten des IÖR-Monitors auch Grundlage wissenschaftlicher Veröffentlichungen z. B. zur Landschaftszerschneidung (Walz et al. 2022), zur Zersiedelung (Behnisch et al. 2021), zur Flächenneuanspruchnahme (Krüger et al. 2021; Meinel et al. 2020) oder zu Gewerbeflächen (Krehl et al. 2022)

## 6 Aufbau eines IÖR-Forschungsdatenzentrums

Ab 2023 wird der IÖR-Monitor Ausgangspunkt des Aufbaus eines IÖR-Forschungsdatenzentrum (IÖR-FDZ). Damit wird einer Evaluierungsempfehlung des Leibniz-Senats von 2018 entsprochen. Ziel dieser strategischen Maßnahme einer „kleinen Institutserweiterung“ ist es, digitale Informationsgrundlagen und -werkzeuge für eine nachhaltige Landwende sowie transformative Stadt- und Regionalentwicklung zu entwickeln und bereitzustellen. Der Antrag umfasst die folgenden Teilmaßnahmen:

- Aufbau, Betrieb und Vernetzung dieser Forschungsdateninfrastruktur,
- Entwicklung neuer Ansätze zur hochauflösenden Daten- und Informationsgewinnung,
- Hochauflösende Modellierung, Analyse, Simulation und Szenarien sowie
- Transfer, Transdisziplinarität und Citizen Science

um Regionen, Städte und Quartiere nachhaltig und resilient zu gestalten und eine tiefgreifende und umfassende Transformationen zu unterstützen.

Zur Umsetzung dieser ambitionierten Ziele sind u. a. folgende Arbeiten im IÖR-Monitor geplant. Die Zeitreihen sollen retrospektiv ergänzt werden. Dieses sah schon die erste Konzeption des IÖR-Monitors vor, da die ersten ATKIS DLM25-Daten aus der DGK5, TK10 bzw. TK25 abgeleitet wurden. Hier konnten auch schnell Erfolge in der automatisierten Extraktion von Einzelgebäuden (Hecht 2014; Hecht et al. 2008) erzielt werden. Die flächendeckende automatisierte Auswertung digitalisierter historischer topographischer Kartenblätter hinsichtlich der jeweils dargestellten Flächennutzung ist aber bis heute noch Forschungsgegenstand (Herold 2017; Herold, Meinel 2018) und eine operationelle Anwendung, wie sie für flächendeckende Auswertungen zur Ergänzung

von früheren Zeitschnitten im IÖR-Monitor erforderlich wären, noch nicht umgesetzt. Allerdings sind die vorbereitenden Arbeiten, wie die Erstellung bundesweiter Mosaiktopographischer Altkarten, schon weit fortgeschritten.

Weiterhin sind Indikatorergänzungen für den IÖR-Monitor geplant: Materiallager der Gebäude und Infrastrukturen, regionalökonomische Indikatoren (Arbeitsplatzdichte, Unternehmens- und Beschäftigtenstandorte, Bodenrichtwerte, Pachtpreise und Kaufpreisstatisik LW-Flächen), Ökosystem-Vorkommen und Ausdehnung, Ökosystemzustand (Wald, Landwirtschaft, Gewässer, Siedlung, naturnahes Offenland), Ökosystemleistungen (versorgend, regulierend, sozio-kulturell) und Biodiversität (Habitatqualität, ökologische Vernetzung) sowie Indikatorwertberechnung für die Naturräume Deutschlands.

Folgende Datenbanken (DB) sind in Ergänzung der IÖR-Monitor-Indikatoren-DB für das IÖR-FDZ geplant: Forschungsdatenbank Referenzgebäude (Grundlage ENOB:dataNWG<sup>15</sup>), Geometrie-Datenbank von Stadtbäumen in Deutschland (Baumcloud<sup>16</sup>), historische administrative Gebietsgeometrien (VG-Hist-DB, zusammen mit dem BKG), Gemarkungsgeometrien Deutschlands (GMK-DB), Datenbank „Digitale historische topographische Karten (zusammen mit dem BKG)“, Fotodokumentation des Landschaftswandels durch Vorher-Nachher-Drohnenbilder, DB mit den Ergebnissen einer Längsschnittbefragung zum Stand Transformativer Kapazitäten in Deutschland sowie eine DB aktueller Bauleitpläne in Deutschland.

Folgende Informationssysteme sind für das IÖR-FDZ geplant bzw. werden dort integriert: Informationssystem Gebaute Umwelt (ISBE), Monitoring des Stadtgrüns (zusammen mit BBSR), Dokumentenportal Flächenpolitik, Flächennutzungsdaten weltweit – Linksammlung von Open-Data-Angeboten, Zukunftsbilder der Transformation (Deutschlandkarte mit verorteten großen Transferprojekten).

Zur Unterstützung von Transformationsprozessen sind folgende Anwendungen und Services im IÖR-FDZ geplant: Erweiterung einer API „IÖR-Monitor“ und eine R-Paketentwicklung für die Einbindung des IÖR-Monitors in andere Anwendungen, Operationalisierung der SoRa<sup>17</sup>-Dienste und der gleichnamigen App, Informationen und Navigation zu Grünflächen in Städten (App und Desktop-Board meinGrün<sup>18</sup>), Simulation von Hoch- und Grundwasserschäden, HeatResilientCity<sup>19</sup> (HRC), Erreichbarkeitstool Fuß- und Radverkehr (GOAT<sup>20</sup>), Regionalökonomische Modellierungen (Klimaanpassungsszenarien auf Kreisbasis), nutzerbasierte Gebäudedatenerhebung (Colouring

<sup>15</sup> <https://www.datanwg.de/home/aktuelles/>

<sup>16</sup> <https://baumcloud.org/#/>

<sup>17</sup> <http://sora.git.gesis.org/>

<sup>18</sup> <https://meingruen.org/>

<sup>19</sup> <http://heatresilientcity.de/projekt/projektbeschreibung/>

<sup>20</sup> <https://www.open-accessibility.org/de/>

Cities<sup>21</sup>) und eine Visualisierung von Hochwasserprojektionen von Klima-Ensembles in der virtuellen Realität (FloodVis).

Der IÖR-Monitor wird eingebunden in die entstehende Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI). Unterstützt wird dies durch die Mitarbeit in den NFDI-Konsortien Biodiversität (NFDI4Biodiversity), Erdsystemforschung (NFDI4Earth), Sozial-, Verhaltens-, Bildungs- und Wirtschaftswissenschaften (KonsortSWD) sowie dem Konsortium für Wirtschaftswissenschaften und verwandten Disziplinen (BERD).

## 7 Literatur

- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2022a): Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS®). AdV-online.  
<https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/> (Zugriff: 16.08.2022).
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2022b): ATKIS®-Digitale Landschaftsmodelle.  
<https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Geotopographie/Digitale-Landschaftsmodelle/> (Zugriff: 16.08.2022).
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2022c): GeolInfoDok.  
<https://www.adv-online.de/GeolInfoDok/> (Zugriff: 16.08.2022).
- Behnisch, M.; Krüger, T.; Jäger, J. (2021): Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79: 113-126.  
<https://doi.org/10.26084/13dfns-p011>
- Blehschmidt, J; Meinel, G. (2022): Vergleichende Untersuchung zur Erhebung der „Tatsächlichen Nutzung“ in ALKIS und der daraus abgeleiteten Zeitreihe zur Flächenneuanspruchnahme. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 147 (4/2022): 250-260.  
<https://doi.org/10.12902/zfv-0400-2022>
- BMI – Bundesministerium des Innern und für Heimat (2012): 3. Geodatenfortschrittsbericht.  
<https://www.imagi.de/Webs/IMAGI/DE/themen-und-projekte/geo-fortschrittsberichte/geo-fortschrittsbericht-3/geo-fortschrittsbericht-3-node.html> (Zugriff: 16.08.2022).
- Deggau, M. (2009): Die amtliche Flächenstatistik – Grundlage, Methode, Zukunft. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker: 3-16.  
[https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2009\\_1\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_DFNS\\_I\\_2009\\_S\\_3-15\\_PDFA.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_3-15_PDFA.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).

<sup>21</sup> <https://www.turing.ac.uk/research/research-projects/colouring-london-and-colouring-cities-research-programme>



- Frie, B.; Hensel, R. (2009): Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: Ansatz der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker: 17-45.  
[https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2009\\_1\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_DFNS\\_I\\_2009\\_S\\_17-45\\_PDFA.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_17-45_PDFA.pdf)  
(Zugriff: 16.08.2022).
- Georg, H.-J. (2016): Die neue Nutzungsartensystematik in der Flächenerhebung ab 2016. Beiträge aus der Statistik, Bayern in Zahlen 12/2016: 771-778.  
[https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/biz/z1000g\\_201612.pdf](https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/biz/z1000g_201612.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).
- Hartmann, A.; Hecht, R.; Behnisch, M.; Meinel, G. (2016): Gebäudebestandsmonitoring – Prozessierungsschritte für den Aufbau homogener Gebäudedatensätze. In: Meinel, G.; Förtsch, D.; Schwarz, S.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VIII: Flächensparen – Ökosystemleistungen – Handlungsstrategien. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 69: 203-214.  
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-168292> (Zugriff: 16.08.2022).
- Hecht, R. (2014): Automatische Klassifizierung von Gebäudegrundrissen – Ein Beitrag zur kleinräumigen Beschreibung der Siedlungsstruktur. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 63: 440. <https://d-nb.info/1058946455/34> (Zugriff: 16.08.2022).
- Hecht, R.; Herold, H.; Meinel, G. (2008): Gebäudescharfe Analyse der Siedlungsentwicklung auf Grundlage mittelmaßstäbiger Karten. In: Strobl, J.; Blaschke, Th.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: Wichmann: 11-17.
- Herold, H. (2017): Geoinformation from the past – computational retrieval and retrospective monitoring of historical land use. Wiesbaden: Springer Spektrum: 1-192.  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-20570-6>
- Herold, H.; Meinel, G. (2018): Digitale Erhebung der historischen Flächennutzung Deutschlands. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X: Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 76: 187-193.  
[https://slub.qucosa.de/landing-page/?tx\\_dlf\[id\]=https%3A%2F%2Fslub.qucosa.de%2Fapi%2Fqucosa%253A35836%2Fmets](https://slub.qucosa.de/landing-page/?tx_dlf[id]=https%3A%2F%2Fslub.qucosa.de%2Fapi%2Fqucosa%253A35836%2Fmets) (Zugriff: 16.08.2022).
- Krehl, A.; Jehling, M.; Krüger, T. (2022): Ressource Boden: ökologisches Schutzgut oder Basis wirtschaftlicher Entwicklung? In: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung 91 (1/2022): 55-68. <https://doi.org/10.3790/vjh.91.1.55>
- Krüger, T.; Schorcht, M.; Meinel, G. (2021): Zur Entwicklung der Flächenneuanspruchnahme in Deutschland. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79: 171-187. <https://doi.org/10.26084/13dfns-p016>
- Meinel, G.; Förster, J.; Witschas, S. (2009): Geobasisdaten – Grundlage für die Berechnung von Indikatoren zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung. In: Kartographische Nachrichten 59 (5/2009): 243-250.

- Meinel, G.; Knop, M.; Hecht, R. (2008): Qualitätsaspekte und Verfügbarkeit digitaler Geobasisdaten in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung des ATKIS Basis-DLM und der DTK25(-V). In: Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation (1/2008): 29-40.
- Meinel, G.; Engel, M.; Kleber, A. (2008): Prozessierung eines deutschlandweiten ATKIS Basis-DLMs als Grundlage eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung. In: Strobl, J.; Blaschke, Th.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: Wichmann: 34-40.
- Meinel, G. (2009): Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung auf Grundlage von Geobasisdaten. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring: Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker: 177-194. [https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2009\\_1\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_DFNS\\_I\\_2009\\_S\\_177\\_194.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_177_194.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).
- Meinel, G.; Scheffler, E. (2011): Amtliche Flächenstatistik – ALK – IÖR-Monitor – Ergebnisse eines Vergleichs. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung – Analyse – Bewertung. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 58: 71-80. [https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2011\\_3\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_Schrift\\_58\\_DFNS\\_III\\_S\\_71-80\\_PDFa.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2011_3_DFNS/Buchbeitraege/IOER_Schrift_58_DFNS_III_S_71-80_PDFa.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).
- Meinel, G. (2020): Herausforderung Flächenmonitoring – Datenquellen für ein Flächeninformationssystem und was sie leisten können. *Stadtforschung und Statistik* 33(1): 106-114. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-67123-7> (Zugriff: 16.08.2022).
- Meinel, G.; Henger, R.; Krüger, T.; Schmidt, T.; Schorcht, M. (2020): Wer treibt die Flächeninanspruchnahme? Ein Planvergleich und deren Flächenwirkung. In: *Raumforschung und Raumordnung* 78 (3/2020): 233-248. <https://www.econstor.eu/handle/10419/225312> (Zugriff: 16.08.2022).
- Meinel, G.; Sikder, S. K.; Krüger, T. (2021): IOER Monitor: A Spatio-Temporal Research Data Infrastructure on Settlement and Open Space Development in Germany. In: *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 242 (1/2022):159-170. <https://doi.org/10.1515/jbnst-2021-0009>
- Meinel, G.; Krüger, T.; Eichler, L.; Wurm, M.; Tenikl, J.; Frick, A.; Wagner, K.; Fina, S. (2022): Wie grün sind deutsche Städte? Bonn: BBSR im BBR, BBSR-Online-Publikation, 03/2022: 131. <https://doi.org/10.26084/ioer-2022urbgrn>
- Penn-Bressel, G. (2009): Umweltindikatoren: Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr sowie weitere relevante Indikatoren zum Zustand von Flächen und Böden. In *Flächennutzungsmonitoring: Konzepte – Indikatoren – Statistik*. Aachen: Shaker: 71-103. [https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2009\\_1\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_DFNS\\_I\\_2009\\_S\\_71-103\\_PDFa.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_71-103_PDFa.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).
- RatSWD (2012): Situation und Zukunft der Geodatenlandschaft in Deutschland. Abschlussbericht der AG „Georeferenzierung von Daten“. Scivero Verlag. <https://www.konsortswd.de/aktuelles/publikation/georeferenzierung-von-daten/> (Zugriff: 16.08.2022).

- Röber, B.; Heinrich, U.; Zölitz, R. (2009): Über die Eignung von ATKIS als topographischer Datensatz für numerische Modelle. In: GIS.SCIENCE, H. 1/2009: 12-18.
- Schumacher, U.; Meinel, G. (2009): ATKIS, ALK(IS), Orthobild – Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings, In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring: Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker: 47-67. [https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2009\\_1\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_DFNS\\_I\\_2009\\_S\\_47-67\\_PDFA.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_47-67_PDFA.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).
- Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen, Heft 130. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn. urn:nbn:de:0093-FO13007R150
- Siedentop, S. (2009): Nachhaltig-umweltgerechte Siedlungsentwicklung – Schlüsselindikatoren der Flächennutzung im Ländervergleich. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker: 105-122. [https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2009\\_1\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_DFNS\\_I\\_2009\\_S\\_105-122\\_PDFA.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_105-122_PDFA.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).
- Statistisches Bundesamt (2021): Qualitätsbericht – Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Land-Forstwirtschaft-Fischerei/flaechenerhebung.html> (Zugriff: 16.08.2022).
- Walz, U. (2009): Indikatorbasierte Bewertung der Freiraumentwicklung, Flächennutzungsmonitoring: Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker: 123-152. [https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2009\\_1\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_DFNS\\_I\\_2009\\_S\\_123-152\\_PDFA.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_123-152_PDFA.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).
- Walz, U.; Schumacher, U.; Krüger, T. (2022): Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Ergebnisse aus einem Monitoring im Kontext von Schutzgebieten und Hemerobie. In: Natur und Landschaft, 97 (2/2022): 85-95. <https://doi.org/10.19217/NuL2022-02-04>
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration – Hauptgutachten. <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/landwende> (Zugriff: 16.08.2022).
- Wonka, E. (2009): Flächenstatistik und Datengrundlagen nach regionalstatistischen Rastereinheiten in Österreich. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker: 155-175. [https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user\\_upload/monitor/DFNS/2009\\_1\\_DFNS/Buchbeitraege/IOER\\_DFNS\\_I\\_2009\\_S\\_155-175\\_PDFA.pdf](https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_155-175_PDFA.pdf) (Zugriff: 16.08.2022).

**Offene Daten**



# Offene Geodaten in Raum- und Umweltwissenschaften – Stand und Potenziale

Ralf Bill

## Zusammenfassung

In den letzten Jahren etabliert sich das Thema Offenheit in unterschiedlichsten Strömungen der Gesellschaft, der Verwaltung, der Wirtschaft und auch der Wissenschaft mehr und mehr. Dies gilt auch für das Geoinformationswesen – und hier besonders bei den Geodaten.

Der Fokus des Beitrags liegt auf dem Angebot an offenen Geodaten aus der Verwaltung, also nur einem Teil der insgesamt angebotenen offenen Daten. Die Rahmenbedingungen einerseits für die Erstellung harmonisierter Geodaten sowie deren zunehmend offene Verbreitung werden weitestgehend durch europäische Richtlinien wie INSPIRE und PSI gelegt und in nationales oder föderales Recht umgesetzt. Aber auch bei offenen Geodaten sind Lizenzen und Nutzungsbedingungen sowie der Schutz besonderer Belange (Geheimhaltung, Personenschutz, geistiges Eigentum, Geschäftsgeheimnisse) zu beachten.

Ausgewählte, im DACH-Raum vorhandene Geodatenportale und Open Data Portale werden vorgestellt und Formate und Lizenzen mit Blick auf die Nutzbarkeit in den Raum- und Umweltwissenschaften betrachtet.

**Schlagwörter:** Geodaten, Open Data, Rechtsrahmen, Lizenzen und Formate, Portale

## 1 Einführung

Daten und Informationen spielen in fast allen Bereichen der Gesellschaft eine wichtige Rolle. Wissensbasierte Gesellschaften sind auf Daten – das Gold des digitalen Zeitalters – als wichtigen Rohstoff im Informationszeitalter angewiesen. Ein Mangel an Daten kann erhebliche Auswirkungen auf gesellschaftliche Prozesse und Entscheidungen sowie auf die Geschicke von Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen haben.

„Noch vor wenigen Jahren wurden Informationen sorgsam gehütet. Sie wurden in Unternehmen als Betriebsgeheimnis gesehen, Verwaltungen sammelten sie in Ordnern und Planschränken. Auskunftsbegehren wurden fast schon als Majestätsbeleidigung angesehen. In den letzten Jahren hingegen etabliert sich das Thema Offenheit in unterschiedlichsten Strömungen der Gesellschaft, der Verwaltung, der Wirtschaft und auch der Wissenschaft mehr und mehr.“ (Bill 2018) Dieser Paradigmenwechsel lässt sich

am besten mit einem Zitat aus der Webseite Wegweiser *Bürgergesellschaft.de*<sup>1</sup> (2022) zusammenfassen.

**Alt:** Alles ist geheim, was nicht ausdrücklich als öffentlich gekennzeichnet ist.

**Neu:** Alles ist öffentlich, was nicht ausdrücklich als geheim gekennzeichnet ist.

**Alt:** Umfang und Zeitpunkt der Veröffentlichung von Daten werden von den einzelnen Behörden festgelegt bzw. folgen einem normierten Antragsverfahren (Holschuld der Bürger\*innen).

**Neu:** Alle Daten, die keiner berechtigten Datenschutz- oder Sicherheitsbeschränkung unterliegen, werden im vollen Umfang, proaktiv und zeitnah veröffentlicht (Bringschuld der Verwaltungen).

**Alt:** Veröffentlichte Daten sind nur für den privaten Gebrauch zur Einsicht freigegeben.

**Neu:** Veröffentlichte Daten sind grundsätzlich von jedermann für jegliche (auch kommerzielle) Zwecke ohne Einschränkung kostenfrei nutzbar.

## 2 Hauptsache Open!

### 2.1 Open xx

Begriffe wie Open Source, Open Access, Open Data, Open Content, Open Educational Resources usw. werden durchaus schon seit einiger Zeit verwendet. Der älteste ist wohl Open Source, ein Begriff, der bereits in den 1990er Jahren im Zusammenhang mit Software geprägt wurde. In der Berliner Erklärung von 2003 verpflichtete sich die wissenschaftliche Gemeinschaft zu Open Access, also dem freien Zugang zu Publikationen und später auch zu Daten. Mit der Open Data Charter<sup>2</sup> haben die G8-Staaten 2013 in Lough Erne fünf gemeinsame Open Data-Prinzipien verabschiedet, um Verwaltungsdaten weitestgehend offen zugänglich zu machen.

Die hier über drei Jahrzehnte hinweg stattgefundenen Entwicklungen, die sich an die unterschiedlichsten Adressaten wie Programmierer, Wissenschaftler, Behörden, Politiker und letztlich an uns alle richten, haben alle etwas gemeinsam, nämlich den Anspruch an Offenheit. Diese Offenheit von Daten/Wissen/Software/... soll die Entwicklung der Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung befördern und zu mehr Transparenz, Partizipation und Kooperation, auch für den Bürger, führen.

Die Open Knowledge Foundation (2015) definiert den Begriff Open im weitesten Sinne als: "Open means anyone can freely access, use, modify, and share for any purpose (subject, at most, to requirements that preserve provenance and openness)."

<sup>1</sup> <https://www.buergergesellschaft.de/mitentscheiden/handlungsfelder-themen/digitale-demokratie/open-government/paradigmenwechsel/>

<sup>2</sup> <https://opendatacharter.net/our-history/>

## 2.2 Offene Daten und Offene Verwaltungsdaten

*Offene Daten (Open Data)* sind Daten, die von jedem und zu jedem Zweck genutzt, verändert und weitergegeben werden können. Diese Daten sollten interoperabel im Sinne des 5-Star-Open Data Model (2022) sein, d. h.:

- (1) im Web unter einer offenen Lizenz verfügbar sein (\*),
- (2) in Form strukturierter Daten vorliegen (\*\*),
- (3) in einem nicht-proprietären Datenformat abgegeben werden (\*\*\*),
- (4) Uniform Resource Identifier (URI) als ihre Identifikatoren nutzen (\*\*\*\*),
- (5) Verweise zu anderen Datenquellen beinhalten (\*\*\*\*\*).

*Offene Verwaltungsdaten (Open Government Data)* sind Daten der öffentlichen Verwaltung, die in einem maschinenlesbaren Format und zur möglichst uneingeschränkten Weiterverwendung öffentlich zugänglich gemacht werden. Diese Daten können Grundlage für neue Geschäftsmodelle sein, für Apps, die den Alltag erleichtern oder ein effizientes Arbeiten in der Verwaltung unterstützen. Das schafft sowohl eine rechtliche als auch technische Öffnung der Verwaltung, um Verwaltungsarbeit den Bürgern näher zu bringen.

Dabei betrachten wir im Folgenden ausschließlich Geodaten, also „... Daten über Gegenstände, Geländeformen und Infrastrukturen an der Erdoberfläche, wobei als wesentliches Element ein Raumbezug vorliegen muss. Sie beschreiben die einzelnen Objekte der Landschaft und sind durch eine Position im Raum direkt (z. B. durch Koordinaten) oder indirekt (z. B. durch Beziehungen) referenzierbar.“ (Definition 5.1 in Bill 2022)

## 3 Rechtsrahmen

Aus Sicht des Verfassers haben mehrere Initiativen auf europäischer Ebene den Weg zur Verfügbarkeit von Geodaten und deren offenen Bereitstellung geebnet. Dies umfasst sowohl den Rechtsrahmen für den Umgang mit Umweltinformationen, zur Informationsverwendung, zum Datenschutz wie auch konkrete Umsetzungen. Im Beitrag betrachten wir zwei für die GIS-Welt entscheidende Richtlinien und erläutern ihre Bedeutung hinsichtlich Geodaten.

### 3.1 INSPIRE (Infrastructure for spatial information in Europe)

Die Directive 2007/2/EC of the European Parliament and the Council establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE<sup>3</sup>) hat zwar nicht zwingend etwas mit Open Data zu tun. INSPIRE hat aber EU-weit zur Verfügbarkeit harmonisierter Metadaten, Daten und Dienste geführt. Der letzte Bericht von 2018

<sup>3</sup> <https://inspire.ec.europa.eu/inspire-directive/2>



nennt die Anzahl der Datensätze und -dienste für verschiedene Länder: FR 39.722, DE 31.041, PL 25.863, IT 21.972, UK 16.335 u. a.

Das am 11. Februar 2009 zur Umsetzung von INSPIRE auf nationaler Ebene in Kraft getretene Geodatenzugangsgesetz des Bundes (Gesetz über den Zugang zu digitalen Geodaten – GeoZG<sup>4</sup>) regelt die Schaffung einer nationalen Geodateninfrastruktur, die sowohl den Zugang als auch die Nutzung von digitalen Geodaten interoperabel über elektronische Netzwerke ermöglicht. 16 Bundesländer haben dann entsprechende Landesgesetze folgen lassen.

### 3.2 PSI (Public sector information) und EGovG

Der für offene Verwaltungsdaten maßgebliche Rechtsrahmen in der Europäischen Union ist die PSI-Richtlinie (Directive (EU) 2019/1024 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 on open data and the re-use of public sector information<sup>5</sup>). Die Fortschreibung der 2003 herausgegebenen Richtlinie im Jahr 2019 definiert erstmals den Begriff „Hochwertige Datensätze“ (Art. 13, 14, PSI-RL (2019)) für Dokumente, die mit wichtigen sozio-ökonomischen Vorteilen verbunden, für Wirtschaft und Gesellschaft von besonders hohem Wert sind und die in maschinenlesbarem Format über geeignete Anwendungsprogrammierschnittstellen mit minimalen rechtlichen Einschränkungen kostenlos zur Weiterverwendung zugänglich gemacht werden sollen. Als thematische Kategorien hochwertiger Datensätze werden in Anhang 1 zu Art. 13 Abs. 1 PSI-RL genannt: Georaum, Erdbeobachtung und Umwelt, Meteorologie, Statistik, Unternehmen und Eigentümerschaft von Unternehmen, Mobilität. Viele dieser Kategorien enthalten Geodaten der öffentlichen Verwaltung, womit PSI die Grundlage für Open Gov Data schafft. Anbieter von PSI-relevanten Geodaten sind u. a. im deutschsprachigen Bereich die nationalen Kartographie-, Vermessungs- und Katasterbehörden, Unternehmen der Daseinsvorsorge bzw. für öffentlich finanzierte Forschungsdaten auch Forschungseinrichtungen. Als Nutzer und Weiterverwender von PSI-Daten gelten Händler, Vertriebsgesellschaften, Databroker oder Content Provider, die öffentliche Basisdaten editieren und verfeinern.

Als Folge des Aktionsplan eEurope 2002<sup>6</sup> wird in Deutschland das Gesetz zur Förderung der elektronischen Verwaltung (E-Government-Gesetz – EGovG<sup>7</sup>) 2013 mit der Zielsetzung einer nutzerfreundlichen, effizienten, medienbruchfreien elektronischen Verwaltungsarbeit verabschiedet. § 14 „Georeferenzierung“ führt die Georeferenzierungspflicht für elektronische Register ein. Sofern ein Bezug zu inländischen Grundstü-

<sup>4</sup> <https://www.gesetze-im-internet.de/geozg/>

<sup>5</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L1024>

<sup>6</sup> <https://www.digitale-chancen.de/content/downloads/index.cfm/secid.137/secid2.0/key.80/lang.1>

<sup>7</sup> <https://www.gesetze-im-internet.de/egovg/>

cken gegeben ist, hat die Behörde eine bundesweit einheitlich festgelegte direkte Georeferenzierung (Koordinate) zu dem jeweiligen Flurstück, dem Gebäude oder zu einem in einer Rechtsvorschrift definierten Gebiet in das Register aufzunehmen. Dies befördert die Entstehung neuer Geodaten.

Mit dem §12a „Offene Daten des Bundes“ in der EGovG-Version von 2017 wurde für Bundeseinrichtungen das Thema Open Data erstmals geregelt und 2021 als Reaktion auf die beschriebene PSI-Richtlinie in Deutschland mit dem Gesetz für die Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors (Datennutzungsgesetz – DNG 2021<sup>8</sup>) konkretisiert. Öffentliche Verwaltungsdaten sind demnach nach dem Grundsatz „konzeptionell und standardmäßig offen“ kostenfrei, maschinenlesbar und über offene Standards bereitzustellen, wodurch Informationen des öffentlichen Sektors für die Nutzung weiter aktiviert werden sollen. Dies gilt, insofern keine triftigen Gründe entgegenstehen, bspw. Urheberrechte oder Datenschutz.

Das zuletzt 2021 fortgeschriebene Gesetz zur Verbesserung des Onlinezugangs zu Verwaltungsleistungen (Onlinezugangsgesetz – OZG<sup>9</sup>) verpflichtet Bund und Länder, ihre Verwaltungsdienstleistungen bis Ende 2022 auch elektronisch über Verwaltungsportale anzubieten und diese zu einem Portalverbund zu verknüpfen.

## 4 Lizenzen und Formate

Natürlich bedeutet Offenheit nicht Rechtsfreiheit. Den Schutz geistigen Eigentums sowie von Geschäfts- und Betriebsgeheimnissen regelt das Gesetz über Urheberrecht und verwandte Schutzrechte (Urheberrechtsgesetz – UrhG<sup>10</sup>). Hierzu gehören nach § 1 auch Darstellungen wissenschaftlicher oder technischer Art, wie Zeichnungen, Pläne, Karten, Skizzen, Tabellen und plastische Darstellungen. Das Nutzungsrecht (Vervielfältigung, Verbreitung, Weiterverwendung) an einem Werk, wie z. B. auch von Geodaten, muss durch den Urheber als dem Schöpfer des Werkes eingeräumt werden. Dies kann durch Lizenzen geschehen.

Lizenzen für die Wiederverwendung und gemeinsame Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors für kommerzielle und nicht kommerzielle Zwecke dienen dazu, einheitliche Nutzungsbedingungen und Rechtssicherheit zu schaffen. Für Lizenzen gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, von der freien bis zur eingeschränkten Nutzung, wobei einzelne bevorzugt für Software (z. B. GNU General Public License – GNU GPL<sup>11</sup> verwendet die Software QGIS) oder Datenbanken (Open Data Commons Open Database License –

<sup>8</sup> <https://www.gesetze-im-internet.de/dng/BJNR294200021.html>

<sup>9</sup> <https://www.gesetze-im-internet.de/ozg/BJNR313800017.html>

<sup>10</sup> <https://www.gesetze-im-internet.de/urhg/>

<sup>11</sup> <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.de.html>

ODbL<sup>12</sup> gilt für OpenStreetMap – OSM<sup>13</sup>) genutzt werden. Im Beitrag stehen Lizenzen für Daten im Fokus, für die zwei wichtige Lizenzen hier kurz skizziert werden. Wichtig – eigentlich zwingend erforderlich – ist es, bei der Nutzung der Daten die jeweiligen Lizenzbedingungen anzugeben.

#### 4.1 Datenlizenz Deutschland 2.0

Die Datenlizenz Deutschland 2.0<sup>14</sup> ist eine Festlegung für Nutzungsbestimmungen, die im „Open Government“-Projekt entwickelt wurde und bei zahlreichen GovData<sup>15</sup>-Daten zur Anwendung kommt. Sie liegt in der aktuellen Version in zwei Varianten vor: Die Variante „Namensnennung – BY“ verpflichtet den Datennutzer, den jeweiligen Datenbereiter zu nennen. Die Variante „Zero“ ermöglicht eine einschränkungslose Weiterverwendung.

#### 4.2 Creative Commons (CC)

Creative Commons (CC<sup>16</sup>) ist ein von Creative Commons veröffentlichter Urheberrechtslizenzvertrag. In der aktuellen Version 4.0 sind mehrere Varianten zu unterscheiden, die durch Kombinationen von vier Lizenzattributen definiert sind: Namensnennung 4.0 (Attribution BY), nicht kommerziell 4.0 (non commercial NC), keine Bearbeitungen 4.0 (no derivative ND), Weitergabe, wie vom Anbieter vorgegeben (share alike 4.0 SA). Daneben gibt es noch CC Zero (CC0), d. h. Inhalte können ohne Nachfrage zu beliebigen Zwecken kopiert, veröffentlicht oder auf andere Weise verwendet werden.

### 5 Geodatenportale und Open (Geo) Data Portale

Die Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE<sup>17</sup>) ist die nationale Basis für den Zugriff auf die dezentral verteilten Geodaten und Geodienste der Bundesrepublik Deutschland. Sie bildet eine ressortübergreifende Initiative von Bund, Ländern und Kommunen zur Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie und des Geodatenzugangsgesetzes. Ziel der GDI-DE ist es, der öffentlichen Verwaltung, der Geoinformationswirtschaft, den raumbezogenen Wissenschaften und den Bürgern einen einfachen Zugang zu den verschiedenen Geodaten der öffentlichen Verwaltung zu verschaffen und ihre Nutzung zu erleichtern. Das *Geoportal.de*<sup>18</sup> ist das Schaufenster auf die Inhalte der GDI-DE in Deutschland, analoge

<sup>12</sup> <https://opendatacommons.org/licenses/odbl/>

<sup>13</sup> [https://wiki.osmfoundation.org/wiki/Main\\_Page](https://wiki.osmfoundation.org/wiki/Main_Page)

<sup>14</sup> <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>

<sup>15</sup> <https://www.govdata.de/>

<sup>16</sup> <https://creativecommons.org/licenses/?lang=de>

<sup>17</sup> <https://www.gdi-de.org/>

<sup>18</sup> <https://www.geoportal.de/>

Portale bestehen in Österreich<sup>19</sup> und der Schweiz<sup>20</sup>. Auf der Ebene der Bundesländer (resp. Kantone, in Sachsen z. B. unter <https://geoportal.sachsen.de/>) sowie der Kommunen (z. B. in Rostock unter <https://www.geoport-hro.de/desktop>) gibt es ebenfalls umfangreiche GDI-Vorhaben und Länderportale. Alle diese Dateninfrastrukturen nutzen vergleichbare Technologien (ISO/OGC, siehe Seip et al. 2017), sind aber auf der EU- und nationalen Ebene mehr harmonisiert, während die kommunale Ebene mehr Details, größere Maßstäbe und (üblicherweise) höhere Qualität bietet (Bill 2022).

Parallel dazu gibt es auf den unterschiedlichsten Ebenen inzwischen auch Open Data Portale. Eine gute Übersicht zu Geoportalen und Open Data Portalen bietet das Open Data Portal (2022) (Hinz, Bill 2018) des Projekts „OpenGeoEdu“ (Lorenzen-Zabel, Bill 2018) mit aktuell über 430 Einträgen, davon etwa 125 Open im Sinne dieses Artikels.

Drei Lösungen von der nationalen bis zur kommunalen Ebene sollen im Hinblick auf die im Beitrag diskutierten Aspekte gegenübergestellt werden. Die Daten wurden im Mai 2022 erhoben. Hinz & Bill (2020) zeigen Methoden auf, wie das Datenangebot offener Datenportale automatisiert analysiert werden kann und demonstrieren dies an vielen Portalen.

GovData, das Datenportal für Deutschland, beinhaltet knapp 52 000 Datensätze, davon zu Bevölkerung und Gesellschaft (19 %), Wirtschaft und Finanzen (13 %), Regierung und öffentlicher Sektor (12 %), Umwelt (11 %), Verkehr (11 %) u. a. Für knapp 49 000 Datensätze werden Lizenzbedingungen genannt, für drei Viertel davon die Datenlizenz Deutschland. Datenformate für die Nutzung sind textbasiert (48 %, csv, html), Geoformate (20 %, WMS, GML), proprietäre Formate (21 %, pdf, xls) u. a.

Das Open Data Portal Sachsen<sup>21</sup> umfasst über 3 600 Datensätze von 24 Bereitstellern zu Wirtschaft und Finanzen (21 %), Umwelt (20 %), Bevölkerung und Gesellschaft (13 %), Regierung und öffentlicher Sektor (11 %) u. a., nahezu 100 % in der Datenlizenz Deutschland 2.0. Als Datenformate für die Nutzung werden textbasiert (60 %, csv, html), Geoformate (24 %, WMS, WFS, WCS, GML, GeoJSON), proprietäre Formate (wenige %, pdf, xls) u. a. genannt.

Open Data Rostock<sup>22</sup> stellt 245 Datensätze zu Infrastruktur, Bauen und Wohnen (18 %), Öffentliche Verwaltung, Haushalt, Steuern (12 %), Wirtschaft und Arbeit (11 %), Geographie, Geologie, Geobasisdaten (11 %) gemäß der Deutschlandlizenz 1.0 zur Verfügung. Als Datenformate für die Nutzung überwiegen Geoformate (über 70 %, 10 % INSPIRE-Dienste), textbasiert (13 %, csv) u. a.

Heutzutage sind also durchaus viele Geodaten für die Raum- und Umweltwissenschaften verfügbar, aber viele Nutzer, vor allem von „außerhalb“ der Geodatengemeinschaft

<sup>19</sup> <https://www.geoland.at/>

<sup>20</sup> <https://www.geoportal.ch/>

<sup>21</sup> <https://www.opendata.sachsen.de/>

<sup>22</sup> <https://www.opendata-hro.de/>

sind häufig noch nicht in der Lage, diese einfach zu finden, auf sie zuzugreifen und sie in einer Weise zu nutzen, die ihren Bedürfnissen entsprechen.

## 6 Fazit

Das Arbeiten mit Geodaten zeichnet Raum- und Umweltwissenschaften aus. Sie erzeugen selbst Geodaten (Producer) und nutzen Geodaten (Consumer), sind also sogenannte Prosumer. Für die Raum- und Umweltwissenschaften gibt es auf den verschiedenen Ebenen von Europa bis zur Kommune ein großes (offenes) (Geo-)Datenangebot aus der öffentlichen Verwaltung.

Open Data schafft eine einfachere Nutzbarkeit dieses Datenangebots. Open Data erhöht die Transparenz in Planungs- und Entscheidungsprozessen und unterstützt die durchgehende Digitalisierung der Prozesse. Open Data trägt zur Harmonisierung und Verbesserung der Daten bei. Die technischen Lösungen in Form der Open Data Portale sind weitestgehend ähnlich umgesetzt.

## 7 Literatur

- 5-Star-Open Data Model (2022): <https://5stardata.info/de/> (Zugriff: 25.08.2022).
- Bill, R. (2018): Offene Geodaten – ein Paradigmenwechsel. In: Harzer, C. (Hrsg.): GIS-Report: Software – Daten – Firmen 2018/2019. Harzer Verlag. Karlsruhe: 9-15.
- Bill, R. (2022): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. 7. Auflage. Herbert Wichmann Verlag. Berlin-Offenbach. Erscheint Ende des Jahres.
- Hinz, M.; Bill, R. (2018): Ein zentraler Einstiegspunkt für die Suche nach offenen Geodaten im deutschsprachigen Raum. In: AGIT Journal für Angewandte Geoinformatik 4: 298-307.
- Hinz, M.; Bill, R. (2020): Exploring Open Data portals for geospatial data discovery purposes. In: Kamilaris, A.; Wohlgemuth, V.; Karatzas, K. D.; Athanasiadis, I. (Hrsg.): Progress in IS. Springer Nature: 147-162.
- Lorenzen-Zabel, A.; Bill, R. (2018): Offene Daten in Lehre und Forschung – das Projekt OpenGeoEdu. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 76: 249-256.
- Open Data Portal (2022): <https://portal.opengeoedu.de> (Zugriff 25.08.2022).
- Open Knowledge Foundation (2015): <https://opendefinition.org/> (Zugriff 25.08.2022).
- Seip, C.; Korduan, P.; Zehner, M. L. (2017): Web-GIS: Grundlagen, Anwendungen und Implementierungsbeispiele. Herbert Wichmann Verlag. Berlin-Offenbach.
- Wegweiser Bürgergesellschaft.de (2022): <https://www.buergergesellschaft.de/mitentscheiden/handlungsfelder-themen/digitale-demokratie/open-government/paradigmenwechsel/> (Zugriff: 25.08.2022).

# Offen und effektiv? Kommunale Open-Data-Portale für die Stadtentwicklung am Beispiel Berlins

*Mohit Kapoor, SaeBom Song, Mathias Jehling*

## Zusammenfassung

Der Beitrag stellt Ergebnisse einer Studie über Nutzen und Wirkungen offener Datenportale für die Stadtentwicklung in deutschen Städten vor. Anhand der Stadt Berlin werden auf Basis der quantitativen Beschreibung der Entwicklung des Datenangebotes, dessen Erreichbarkeit, Nutzung und Wirkungen herausgearbeitet. Hierzu werden Experteninterviews mit Vertretern unterschiedlicher Akteursgruppen von Verwaltung, Politik und Zivilgesellschaft durchgeführt.

Die Ergebnisse zu den Portalen Berlin Open Data und Geoportal Berlin (FIS-Broker) zeigen die gesteigerte Bedeutung offener Daten im Bereich der öffentlichen Verwaltung, insbesondere in der Bürgerbeteiligung. Allerdings spiegeln sie auch die bestehenden Lücken in der Bereitstellung von Daten wider und weisen auf die Einschränkungen hin, die sich aus der fehlenden Berücksichtigung der oft begrenzten Erfahrung eines breiten Nutzerkreises ergeben. Hier gilt es Lösungen zu finden, um Datenportale als Basis für innovative und fundierte Entscheidungen in der Stadtentwicklung weiterzuentwickeln.

**Schlagwörter:** offene Daten, städtische Innovation, evidenzbasierte Planung, datengestützte Entscheidungsfindung, Datenportal

## 1 Einführung

In den letzten zehn Jahren hat dank technologischer Innovationen ein grundlegender Wandel in der Stadtplanung und Governance stattgefunden. Die Verfügbarkeit von Datensätzen, IT-Lösungen oder Online-Dashboards ist für Städte eine Chance, diese für eine effiziente öffentliche Dienstleistung zu nutzen, um damit auch die Lebensqualität in den Städten zu verbessern. Einer der wichtigsten Ansätze hierbei ist die Nutzung offener Daten (siehe auch der Beitrag von Bill in diesem Buch). Offene Daten werden als zentral angesehen, um neben einer Verbesserung von Abläufen innerhalb der öffentlichen Verwaltung auch weitere Dienstleistungen und Innovationen für die Gesellschaft zu ermöglichen (Horáková 2017; Linåker, Runeson 2020). Hierbei spielen Offene-Daten-Portale eine große Rolle (Publications Office of the European Union 2022). Die zunehmenden Möglichkeiten für die Stadtentwicklung werfen aber auch Fragen hinsichtlich der Umsetzung auf kommunaler Ebene auf.

Ziel des Beitrages ist es, anhand des Beispiels Berlin mehr über die Funktionalität von Open-Data-Portalen aus der Nutzerperspektive zu erfahren und entsprechend die Barrieren und Wegbereiter für die Erreichbarkeit, Nutzbarkeit und Wirkung Offener-Daten-Portale auf kommunaler Ebene darzustellen. Aus Sicht der Raumplanung und Stadtentwicklung sollen damit die Vorteile für die öffentliche Beteiligung, Transparenz von Verwaltungshandeln und eine gerechte Stadtentwicklung herausgearbeitet werden. Die zentralen Forschungsfragen hierzu sind a) Wie nutzen unterschiedliche Stakeholder Open-Data-Portale der Stadt Berlin? und b) Wie effektiv sind sie für die datengestützte Planung und Entscheidungsfindung?

## 2 Offene Daten in der Stadtentwicklung

Offene Daten sind, der Open Knowledge Foundation (2022) folgend, „maschinenlesbare Daten, die proaktiv im Internet unter einer Lizenz geteilt werden, die den Nutzer\*innen das Recht gibt, die Daten für jeden und für jeden Zweck zu nutzen, zu verarbeiten und zu verbreiten“. Der Schlüssel zu einem gut funktionierenden, sogenannten Ökosystem offener Daten ist der institutionelle Rahmen einschließlich technischer, gesetzlicher und administrativer Maßnahmen. Ergänzend sind die Interoperabilität zwischen Angeboten und ein Netz von Metadaten wichtig. Das von Tim Berners-Lee vorgeschlagene 5-Sterne-Modell (Abb. 1) für die Qualität offener Daten bietet eine Roadmap für die Verknüpfung strukturierter Daten in verschiedenen Formaten. Das Modell schlägt einen stufenweisen Ausbau für Offene-Daten-Angebote vor. Hierfür werden die Verwendung nicht proprietärer Dateiformate (CSV), die Nutzung eines Resource Description Framework (RDF) und die Verknüpfung mit anderen offenen Daten (LOD) hervorgehoben, um die Nutzbarkeit zu erhöhen (Colpaert et al. 2013).

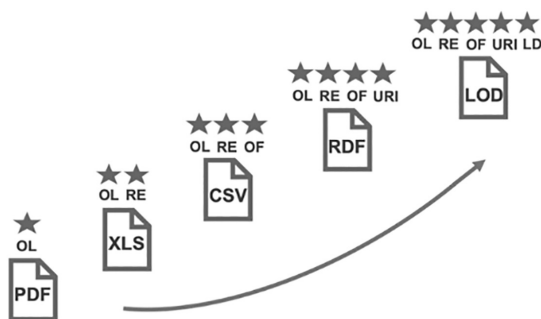


Abb. 1: 5-Sterne-Modell für offene Daten (Quelle: <https://5stardata.info>).

Der Nutzen von offenen Daten für Planung und Kommunikation zwischen Stadtpolitik, -verwaltung, Bürgern und Zivilgesellschaft steht im Fokus dieser Untersuchung. Entsprechend des 5-Sterne-Modells ergibt sich für Städte die Möglichkeit, diese Daten zunehmend auch für die räumliche Planung zu nutzen, insbesondere in den Bereichen

Flächennutzung, Wohnen, Verkehr, Infrastruktur, Umwelt und Kommunikation. Hauptgründe für die Nutzung offener Daten für die räumliche Planung und Entwicklung sind:

a) Transparenz – um damit Planungsverfahren zu demokratisieren und das Verwaltungshandeln zu überwachen. Hierfür ist es wichtig, dass die Bürger und andere Interessengruppen nicht nur leichten Zugang zu den Daten haben, sondern sie auch frei und effektiv nutzen können.

b) sozialer und wirtschaftlicher Mehrwert – für jeden Datensatz wie Geodaten, Verkehrs- und Gesundheitsdaten oder Umweltdaten kann es eine Reihe von anderen Zwecken geben, die über den ursprünglich angedachten hinausgehen. Die kreative Freiheit, mit diesen Datensätzen innovativ umzugehen, ermöglicht es, ihren gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wert besser auszuschöpfen.

c) Partizipative Governance – denn durch Offene-Daten-Initiativen bleiben die Bürgerinnen und Bürger nicht passive „Empfänger“ der Stadtentwicklung, sondern können sich engagieren als aktive Stakeholder. Die Kooperation zwischen Bürgern und Verwaltung wird besser strukturiert und regelmäßiger, wodurch die Partizipation in den Städten verbessert wird (Attard et al. 2015).

Mit der zunehmenden Verbreitung von Open-Data-Portalen, die als Hauptschnittstelle zwischen Datenanbot und -nutzung zu sehen sind, sind diese jedoch auch in die Kritik geraten. Denn es zeigte sich, dass sie oft nur ein geringes Maß an Benutzerfreundlichkeit für nicht digital versierte Nutzer\*innen bieten (de Juana-Espinosa, Luján-Mora 2020; Nikiforova, Lnenicka 2021). In Europa führt das Europäische Datenportal (EDP<sup>1</sup>) eine regelmäßige Bewertung der nationalen Portale für offene Daten durch. Der Bericht des EDP über den Reifegrad offener Daten (Publications Office of the European Union 2022) bewertet Open-Data-Initiativen anhand von Schlüsselaspekten von politischer Rahmensetzung bis hin zu Wirkungen und Qualität von Daten und Standards. Während bei der Studie Aspekte der Erreichbarkeit und des Zugangs, der Nutzbarkeit und der Auswirkungen aufgelistet werden, bleiben jedoch Erklärungen und Ursachen für Hindernisse und Wegbereiter einer Implementierung unberücksichtigt.

Darüber hinaus gibt es zahlreiche Forschungsergebnisse zu Open-Data-Initiativen auf den verschiedenen Regierungsebenen, die sich jedoch größtenteils nur auf die nationalen Open-Data-Portale konzentrieren. Insbesondere in Deutschland werden disaggregierte Daten in erster Linie auf Bezirks- und Stadtebene erfasst und entwickelt. Daher ist es wichtig, die Effektivität und die Auswirkungen von Open-Data-Portalen auf Stadtebene im Kontext der Stadtentwicklung für Planung, Governance und Management zu verstehen (Elixmann, Jarke 2022).

---

<sup>1</sup> <https://opendata.edp.com/pages/homepage> bzw. [/https://data.europa.eu/de](https://data.europa.eu/de)



Eine Studie des difu und der Bertelsmann-Stiftung (Bürger, Hoch 2020) zeigt die Bereitschaft von 1 145 Kommunen in Deutschland, Open Data innovativ für Stadtplanung, Verkehrsplanung, Wohnungsbau sowie Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen anzuwenden. Abbildung 2 verdeutlicht, wie groß der Bedarf an offenen Daten in Deutschland für bestimmte Bereiche der Stadtentwicklung ist.



Abb. 2: Open Data in Kommunen: Eine Kommunalbefragung zu Chancen und Herausforderungen der Bereitstellung offener Daten (Quelle: Bürger, Hoch 2020)

### 3 Methodik

Für diese Studie wurde Berlin als Fallstudie herangezogen, da es seit 2011 eine Open-Data-Strategie verfolgt und Transparenzgesetze und Verordnungen ein Open-Data-Ökosystem haben entstehen lassen, das durch finanzielle Förderung der Nutzung offener Daten für wirtschaftliche, soziale und ökologische Zwecke gestärkt wird. Die beiden Berliner Open-Data-Portale „Berlin Open Data“ und „Geoportal Berlin“ (FIS-Broker) haben ein umfassendes Angebot an Multiformat-Datensätze und vielfältige Anwendungsfälle. Zudem erfolgt eine strikte Koordinierung der Bereitstellung von offenen Daten innerhalb der Verwaltung.

Um das Angebot und die Wirkung dieser beiden Open-Data-Portale auf die Stadtentwicklung zu analysieren, wurden zwölf Experteninterviews geführt, die im Berliner sogenannten Open-Data-Ökosystem arbeiten und/oder häufig mit Menschen zusammenarbeiten, die sich mit offenen Daten in der Stadtentwicklung beschäftigen. Die ausgewählten Experten füllen wichtige Positionen aus und haben Studien über offene Daten veröffentlicht. Alle Interviews wurden im April und Mai 2022 geführt und umfassten Vertreter von Stadtplanung, IT, Data Science, Senat, Wirtschaft, Forschung und Zivilgesellschaft. Während der Interviews wurden den Befragten qualitative Fragen zur Erreichbarkeit und Nutzbarkeit von Open-Data-Portalen in Berlin sowie zu deren

Auswirkungen auf Stadtentwicklung, Planung, Governance und Aspekte des Stadtmanagements gestellt. Die Interviews wurden aufgenommen und anschließend transkribiert.

Methoden der Inhaltsanalyse (Kuckartz, Rädiker 2022; Máchová et al. 2018; Norton, 2008) wurden herangezogen, um einen nutzerzentrierten Analyse- und Bewertungsansatz für die Studie abzuleiten. Die Transkripte wurden kodiert, um Kategorien abzuleiten, anhand derer die wichtigsten Barrieren und Wegbereiter ermittelt werden können. Durch die Interviews haben wir diese in Bezug auf a) Erreichbarkeit – die Leichtigkeit, relevante Datensätze zu finden, b) Nutzbarkeit – die Qualität und Interoperabilität der Datensätze und c) Auswirkungen – die gewünschten Ergebnisse und Verbesserungen für die Stadtentwicklung klassifiziert (Nikiforova 2022).

## 4 Fallstudie – Berlin

### 4.1 Open Data Berlin

Das Potenzial für den Betrieb einer Open-Data-Plattform der Stadt Berlin wurde in einer Vorstudie des Fraunhofer-Instituts FOKUS aufgezeigt (Both, Schieferdecker, 2012). Die Studie kommt zu drei zentralen Empfehlungen: 1. Aufbau einer Plattform zur Unterstützung der Entwicklung von cloudbasierter Open Data, 2. Abgabe eines politischen Statements für Open Government und 3. ein Start mit kleinen Open-Data-Projekten. Die Berliner Open-Data-Strategie aus dem Jahr 2011 der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe – die zuständige Behörde – zielt entsprechend darauf ab, den Mehrwert offener Daten hervorzuheben und nutzbar zu machen. Die Vorteile für die Zivilgesellschaft werden in der Strategie entsprechend durch Datenjournalismus, Transparenz und Partizipation sowie bürgerschaftliches Engagement hervorgehoben. Auch die Wissenschaft, um Datenbanken für Forschungsprojekte bereitzustellen, die Wirtschaft, um Innovationen, neue Geschäftsmodelle und Kosteneinsparungen voranzutreiben und die Stadtverwaltung, um die Systemeffizienz und den Informationsfluss zu verbessern, sollen mit den offenen Daten unterstützt werden.

Heute stellt Open Data Berlin sektorübergreifende statistische Behördendaten und andere Datensätze bereit, die von der Privatwirtschaft, der Wissenschaft, der Zivilgesellschaft und IT-Entwicklern in Berlin genutzt werden. Open Data Berlin organisiert regelmäßig Veranstaltungen wie Hackathons und Open-Data-Tage, um das Potenzial von Open Data zu fördern, Akteure zu vernetzen und Innovationen zu unterstützen. Das folgende Diagramm (Abb. 3) erläutert die Strategie der Berliner Open-Data-Verwaltung zur Förderung von Transparenz und Innovation durch kontinuierlichen Austausch mit den Bürgern und der Privatwirtschaft.

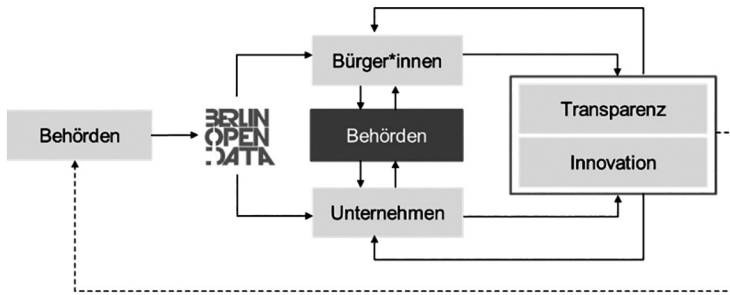


Abb. 3: Nutznießer des Berliner Open-Data-Systems (Quelle: Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe, Berlin)

Das Berliner Open-Data-Portal benötigte einen rechtlichen Rahmen wie das E-Government-Gesetz (EGovG) 2016 und die Open-Data-Verordnung (OpenDataV) 2021, um die Einführung offener Daten in der gesamten Verwaltung voranzutreiben. Nach Ansicht der Senatsverwaltung ist Berlin ein erfolgreiches Beispiel für den Einsatz offener Daten. Zu den Erfolgsfaktoren gehören der rechtliche Rahmen, die Integration in die IT-Systeme der Verwaltung, regelmäßige Informationsveranstaltungen, die Open Data Informationsstelle (ODIS), die Präsentation von Erfolgsgeschichten offener Daten-Webanwendungen und die aktive Community of Practice (COP) in Berlin (Abb. 4).

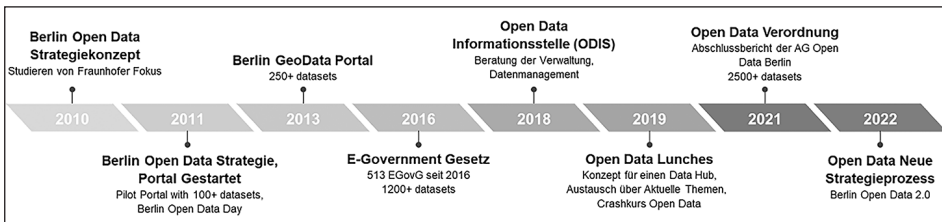


Abb. 4: 10 Jahre Open Data Berlin (Quelle: Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe, Berlin)

Die Kombination aus hochwertigen Daten, einer erfolgreichen Öffentlichkeitskampagne und dem Engagement der Zivilgesellschaft hat viele Erfolgsgeschichten von Start-ups und anderen Entwicklern in Berlin mit sich gebracht, die Innovation als öffentliches Gut fördern. Dazu gehören interaktive Kartendienste für die Stadtreinigung, Breitbandanschlüsse auf Blockebene, Luftqualitätsmonitoring in jedem Viertel und andere innovative Anwendungen, die Entscheidungsprozesse unterstützen.

Der positive Trend der Zugriffszahlen über die letzten Jahre kann unter anderem durch den wachsenden Datenbestand des Portals erklärt werden. Aber nicht nur der Datenbestand und die Zugriffszahlen stiegen über die letzten Jahre an, sondern auch die Zahl datenbereitstellender Institutionen.

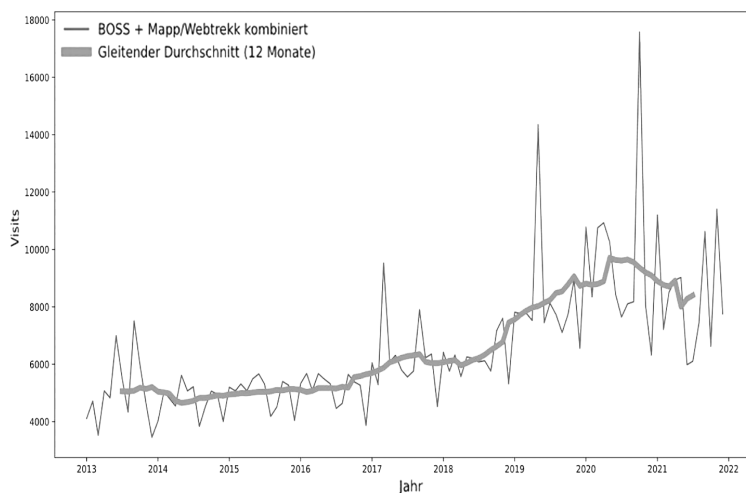


Abb. 5: Berliner Open Data Nutzeranalysen 2013-22  
(Quelle: Open Data Informationsstelle ODIS)

## 4.2 Geoportal Berlin

Die Stadt Berlin stellt zudem umfassend Geodaten und kartografische Informationen über das Geoportal FIS-Broker offen zur Verfügung. Ziel ist ein interdisziplinäres Informationssystem, das räumliche Karten und entsprechende statistische Daten u. a. für historische Karten, Sozial- und Umweltatlas, Verkehrs- und Wohnungsdaten bietet. Es wird von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung als Geodateninfrastruktur Berlin (GDI-BE) betrieben. Für ihre internen Zwecke nutzt die Abteilung ein Intranet-Softwaresystem, um innerhalb der Bezirke zusammenzuarbeiten und aktuelle Karten für die Planung neuer Projekte in Berlin zu erstellen. Das Geoportal ist eng mit dem Open-Data-Portal verknüpft und bezieht dessen statistische Daten ein, wodurch es dem Nutzer auch erlaubt, diese zu Visualisierungen und für räumliche Darstellung und Auswertungen zu verwenden.

## 5 Ergebnisse

Im Ergebnis der Studie werden zentrale Barrieren und Wegbereiter der Nutzung von Berliner Open-Data-Portal und Geoportal deutlich. Im Folgenden werden sie für die Kategorien Erreichbarkeit, Nutzbarkeit und Wirkung ausführlich dargestellt (Abb. 6).

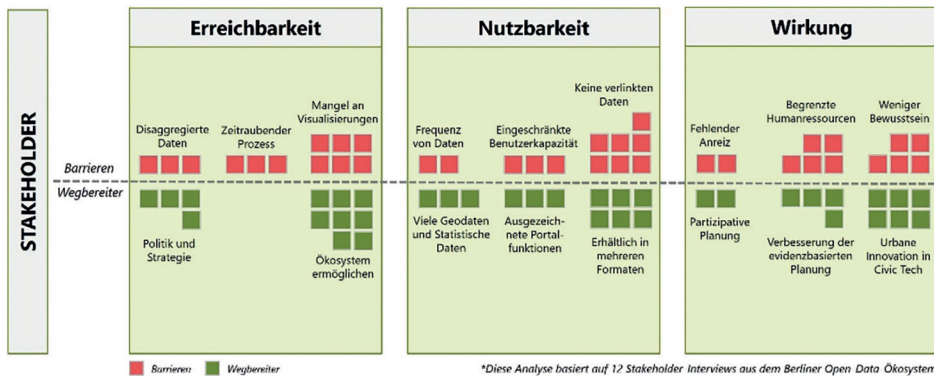


Abb. 6: Barrieren und Wegbereiter für die Offene-Daten-Portale in Berlin auf Basis der durchgeführten Interviews und Inhaltsanalyse (Quelle: eigene Analyse und Darstellung)

## 5.1 Erreichbarkeit der Portale

Als eine der zentralen Barrieren für den Zugang und die Erreichbarkeit der offenen Datenportale für Nutzer gilt die begrenzte Verfügbarkeit von disaggregierten, kleinräumigen Daten. Dies spiegelt die Notwendigkeit wider, für räumliche Fragestellungen kleinräumige Daten zur Verfügung zu stellen, um relevante Trends und Muster zu erfassen. Die Befragten bemängelten zudem den langwierigen Prozess des Zugriffs und des Herunterladens der Datensätze. Die Suchfunktionen und Filter könnten verbessert werden, um mit weniger Schritten präzisere Ergebnisse zu liefern. Das größte Hindernis für die Erreichbarkeit war das Fehlen einer interaktiven und benutzerorientierten Online-Datenvisualisierung, von der auch nicht technisch geschulte Nutzer profitieren würden. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer besseren Integration statistischer und geographischer Datensätzen, die bereits auf den offenen Datenportalen vorhanden sind.

Der politische Wille der Berliner Stadtverwaltung und die Umsetzung der Berliner Open-Data-Strategie durch die Verwaltung werden als einer der wichtigsten Faktoren für die Verbesserung der Erreichbarkeit von Open-Data-Portalen angesehen. Dies spiegelt die Bedeutung eines soliden Rechtsrahmens und von Vorschriften zur Verbesserung der Transparenz wider. Berlin verfügt über ein starkes Open-Data-Ökosystem, das die Stadtverwaltung unterstützt und aus der Open Knowledge Foundation, der Technologiestiftung Berlin, privaten Unternehmen, Aktivisten und Hobbyisten besteht, die sich für die Nutzung offener Daten für urbane Innovationen und Bürgerbeteiligung einsetzen und diese fördern.

## 5.2 Nutzbarkeit der Portale

Die oft noch nicht gegebene Verfügbarkeit von verknüpften Daten erwies sich als eines der Haupthindernisse für das Scaling-Up der Nutzbarkeit. Entsprechend des 5-Sterne-Modells für offene Daten müssten die Akteure in Berlin Daten in einem standardisierten Format verknüpfbar machen. Die begrenzte technische Fähigkeit der Nutzer, mit den bereitgestellten Daten umzugehen und die seltenen Aktualisierungen einiger Datensätze erwiesen sich als weitere Hindernisse für die Verbesserung der Nutzbarkeit.

Als wichtiger Wegbereiter gilt allerdings grundsätzlich, dass es in Berlin gelungen ist, in den letzten zehn Jahren ein Open-Data-Ökosystem zu entwickeln, das viele Geodaten und statistische Daten in verschiedenen Formaten zugänglich macht. Die Benutzerfreundlichkeit wird durch die zahlreichen Portalfunktionen erhöht, die dem Benutzer einen einfachen Zugang ermöglichen.

## 5.3 Wirkung der Portale

Obwohl Berlin über eine gute Kommunikations- und Öffentlichkeitsstrategie für die Veröffentlichung und Anwendung offener Daten verfügt, ist das Bewusstsein für den Zugang, das Verständnis und die Nutzung offener Daten bei Fachleuten und Praktikern der Stadtentwicklung immer noch begrenzt. Die Weiterbildung dieser Akteure und weitere Anreize für innovative Anwendungen mit offenen Daten werden als Lösungen zur Beseitigung dieser Probleme angesehen. Fehlende personelle Kapazitäten und Ressourcen werden hier als Haupthindernis genannt.

Die Stadt hat verschiedene Innovationen der Verwaltung, des Privatsektors, der Zivilgesellschaft und der Wissenschaft im Bereich Civic Tech erlebt. Diese bewährten Praktiken und Anwendungsfälle dienen als Wegbereiter, um die möglichen Auswirkungen hochwertiger offener Daten auf die Verbesserung des städtischen Raums aufzuzeigen. Die Zivilgesellschaft hat sich die offenen Daten zum Beispiel zunutze gemacht, um Bevölkerungsgruppen wie z. B. Flüchtlinge über den Zugang zu besseren Unterkünften, Gesundheitsversorgung und Bildung zu informieren. Dies hat dazu beigetragen, dass mehr partizipative Planungsaktivitäten durchgeführt werden, wodurch eine datengestützte Entscheidungsfindung und eine evidenzbasierte Planung gefördert werden.

## 6 Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das politische Ziel für Angebot und Nutzung offener Daten in Berlin deutlich auf ein kontext-orientiertes, verlinktes Datenmodell hin ausgerichtet ist (5-Star Linked Open Data Modell). Die Interviews mit Vertretern unterschiedlicher Bereiche, die sowohl das Datenangebot als auch die Nutzung repräsentierten, machten für diesen Weg kritische Barrieren und Wegbereiter deutlich.

Entsprechend lassen sich für die Weiterentwicklung Offener-Daten-Portale technische und organisatorische Themen identifizieren. Hierzu zählen die Standardisierung, Qualität und Interoperabilität von Daten, die Verfügbarkeit räumlicher und zeitlicher Daten sowie die Förderung einer Data-Governance, die Ernennung spezieller Open-Data-Beauftragter in allen Bezirken zur Koordinierung, den Aufbau von Nutzerkapazitäten und die Öffentlichkeitsarbeit für Civic Tech und urbane Innovationen. Die Einbeziehung des technischen Fachwissens, finanzielle Mittel und die Synergien, die von der Verknüpfung von Industrie, Hochschulen und Behörden mit der Zivilgesellschaft ausgehen, sind für die Verwirklichung dieses Modells von entscheidender Bedeutung.

Das Beispiel Berlin zeigt, wie in der größten Stadt Deutschlands die technischen und wirtschaftlichen Ressourcen zur Stärkung des lokalen Ökosystems für offene Daten bereitgestellt werden können. Welche Möglichkeiten sich in mittelgroßen und kleineren deutschen Städten ergeben, sollte in weiteren Studien untersucht werden, um dortige Innovationen und Formen der Bürgerbeteiligung durch das Ökosystem offener Daten aufzuzeigen.

Durch die Studie wird auch deutlich, dass die Nutzung von offenen Daten in der räumlichen Planung erst am Anfang steht und der Trend zu zunehmender Digitalisierung mit immer aktuelleren Datensätzen bis hin zu Live-Daten und Big Data weitere Wirkungen entfalten wird. Diese Potenziale für die Planung und die Entwicklung der Städte mittels neuer technologischer Werkzeuge zu nutzen, sollte umgesetzt und entsprechend technologisch und administrativ vorangetrieben werden.

## 7 Literatur

- Attard, J.; Orlandi, F.; Scerri, S.; Auer, S. (2015): A systematic review of open government data initiatives. *Gov. Inf. Q.* 32: 399-418.  
<https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.006>
- Both, W.; Schieferdecker, I. (Hrsg.) (2012): Executive Summary Berlin Open Data Strategy – Organisational, legal and technical aspects of Open Data in Berlin, Concept, pilot system and recommendations for action.
- Bürger, T.; Hoch, A. (2020): Open Data in Kommunen: Eine Kommunalbefragung zu Chancen und Herausforderungen der Bereitstellung offener Daten. *Leb. Kommune 4*, Bertelsmann Stiftung (Hrsg.). <https://doi.org/10.11586/2020068>
- Colpaert, P.; Joye, S.; Mechant, P.; Mannens, E.; de Walle, R.V. (2013): THE 5 STARS OF OPEN DATA PORTALS 9.
- de Juana-Espinosa, S.; Luján-Mora, S. (2020): Open government data portals in the European Union: A dataset from 2015 to 2017. *Data Brief* 29, 105156.  
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105156>

- Elixmann, Y.; Jarke, J. (2022): Considering the Reluctance to Adopt Open Data in German Public Administration: An Exploration of Individual Innovation-Decisions. *JeDEM – EJournal EDemocracy Open Gov.* 14: 50-71.  
<https://doi.org/10.29379/jedem.v14i1.681>
- Horáková, E. (2017): Open Data Potential in the Realm of Urban Planning, in: PhD Research Symposium 2017. Presented at the PhD Research Symposium 2017, Fakulta architektury VUT v Brne, Brno, Czech republic: 6-12.  
<https://doi.org/10.13164/phd.fa2017.1>
- Kuckartz, U.; Rädiker, S. (2022): *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden*, 5. Auflage. ed, Grundlagentexte Methoden. Beltz Juventa, Weinheim Basel.
- Linåker, J.; Runeson, P. (2020): Collaboration in Open Government Data Ecosystems: Open Cross-sector Sharing and Co-development of Data and Software. 290-303.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-57599-1\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57599-1_22)
- Máchová, R.; Hub, M.; Lnenicka, M. (2018): Usability evaluation of open data portals: Evaluating data discoverability, accessibility, and reusability from a stakeholders' perspective. *Aslib J. Inf. Manag.* 70: 252-268.  
<https://doi.org/10.1108/AJIM-02-2018-0026>
- Nikiforova, A. (2022): The role of open data in transforming the society to Society 5.0: a resource or a tool for SDG-compliant Smart Living? 24.
- Nikiforova, A.; Lnenicka, M. (2021): A multi-perspective knowledge-driven approach for analysis of the demand side of the Open Government Data portal. *Gov. Inf. Q.* 38: 101622. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101622>
- Norton, R.K. (2008): Using content analysis to evaluate local master plans and zoning codes. *Land Use Policy* 25: 432-454.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.10.006>
- Open Knowledge Foundation (2022): What is open? Open Data.  
<https://okfn.org/opendata/> (accessed 8.30.22).
- Publications Office of the European Union (2022): Open data maturity report 2021. Publications Office, LU.





# Digitale Geodaten in der Verwaltung – Relevanz und Durchdringung auf Landes- und Kommunalebene in Sachsen

*Christoph Mengs, Christian Bender, Mario Hesse*

## Zusammenfassung

Die Umsetzung der Vorgaben zur Verwaltungsdigitalisierung, in Form der Umsetzung der E-Government-Gesetze des Bundes und der Länder, sowie die Umsetzung des Onlinezugangsgesetzes führen zu einem massiven Schub der Verwaltungsdigitalisierung in Deutschland. Die europäischen Vorgaben zu Umweltinformationen, zuvorderst die Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie und die steigenden Ansprüche an Qualität, Verfügbarkeit und Offenheit von Daten des öffentlichen Sektors, erzeugen einen weiteren qualitativen Schub für die Erbringung öffentlicher Leistungen. Auf Grundlage eigener quantitativer Forschungsarbeiten zeigt sich, dass die Verwendung von digitalen Geofachdaten in der Verwaltung auf Landes- und Kreisebene bereits weit verbreitet ist. Jedoch sind bisweilen nicht alle täglich verwendeten Fachdaten mit Raumbezug bereits georeferenziert. Dabei gilt es, noch ungenutzte Potenziale in der konkreten Verwendung zu heben.

**Schlagwörter:** E-Government, INSPIRE, PSI, Geodaten, Verwaltungsmodernisierung

## 1 Einführung

Die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung ist seit mehr als 20 Jahren auf der politischen Agenda. Jüngst wurde dies in der Wochenzeitung ‚Die Zeit‘ als „größtes Modernisierungsprojekt, das der deutsche Bürokratieapparat in den vergangenen Jahren erlebt hat“, bezeichnet (Franke 2022: 25). Seit Ende der 2000er Jahre erfolgte, induziert durch die zentralen Vorgaben des Bundes und der Länder, ein enormer Digitalisierungsschub auf allen drei Verwaltungsebenen in Deutschland.<sup>1</sup> Mit zunehmender Durchdringung der internen Arbeitsabläufe der Verwaltung sind neue Anwendungen möglich. Eine davon besteht in der Integration von räumlichen Analysen in der Anwendung von Fachdaten. Dies wird durch die Verwendung digitaler Geofachdaten ermöglicht.

Im folgenden Kapitel beschreibt dieser Beitrag zunächst die Entwicklung des Rechtsrahmens, der für die allgemeine Digitalisierung der Verwaltungen in Deutschland relevant ist. Darauf aufbauend wird auf spezifische europäische Vorgaben Bezug genommen, die für die Nutzung digitaler Geofachdaten im deutschen Verwaltungshandeln maßgeblich sind.

<sup>1</sup> Der Verwaltungsaufbau in Deutschland gliedert sich in die beiden staatlichen Ebenen Bund und Länder sowie die dritte Ebene der Gemeinden, welche keine eigene Staatlichkeit aufweisen, sondern Teil der Länder sind.

Auf Grundlage dieser Vorarbeiten werden die Ergebnisse eines eigenen Forschungsvorhabens dargestellt. Dabei wurde der Status quo der Verwaltungsdigitalisierung im Allgemeinen sowie die Verwendung digitaler Geofachdaten im Besonderen am Fallbeispiel der sächsischen Landes-, Kreis- und Gemeindeverwaltung untersucht. Hierbei werden im dritten Kapitel zuerst die Methodik erläutert und im Kapitel vier die Ergebnisse diskutiert. Abschließend fasst Kapitel fünf den Beitrag zusammen.

## **2 Entwicklung des Rechtsrahmens**

Im Folgenden wird auf den Rechtsrahmen eingegangen, der die Anwendung digitaler Geodaten in der Verwaltung determiniert. Zunächst erfolgt eine Darstellung der relevanten rechtlichen Vorgaben zur allgemeinen Verwaltungsdigitalisierung in Deutschland. Im zweiten Teil des vorliegenden Kapitels werden anschließend europäische Vorgaben zu Umweltinformationen und offenen Daten zusammenfassend dargestellt.

### **2.1 Digitalisierung der Verwaltung**

Zu Beginn der 2000er Jahre erfolgte in der Verwaltung ein Paradigmenwechsel hin zum Ansatz des E-Governments. Ziel war es, fortan den gesamten Verwaltungsprozess zu digitalisieren. Dies impliziert, dass Informationstechnologien (IT) nicht nur – wie bisher – als Hilfsmittel zur Erleichterung der konkreten analogen Prozessabläufe dienen, sondern die jeweiligen Verwaltungsprozesse vollständig auf digitale Prozesse umgestellt werden sollten (Denkhaus 2019: 58-59).

Die frühen E-Government-Ansätze waren in Deutschland auf Ebene des Bundes und der Länder sehr unterschiedlich ausgestaltet und im föderalen System mit unterschiedlichen fachpolitischen Zuständigkeiten nur wenig koordiniert. Die Folge war eine Vielfalt teurer Insellösungen (Kaczorowski et al. 2003: 14). Der Bedarf an Kooperation wuchs, um zentral IT-Anwendungen kosteneffizient zu entwickeln und verbindliche IT-Vorgaben bzw. Standards zu setzen. Konkret erfolgte die Ausgestaltung der Bund-Länder-Kooperation auf Empfehlung der Ergebnisse der Föderalismuskommission II (Deutscher Bundestag und Bundesrat 2010: 175-199).

Die aktive Zusammenarbeit von Bund und Ländern, die bis dahin nicht vorgesehen war, wurde erst durch die Schaffung einer neuen Gemeinschaftsaufgabe (Art. 91c GG) ermöglicht. Ausgestaltet wurde diese im Jahr 2010 im Wesentlichen durch den IT-Staatsvertrag. Kern bildet hierbei die Schaffung des IT-Planungsrates, welcher zentral die Bund-Länder-Kooperation koordiniert. Der gewählte Kooperationsansatz

folgt hierbei dem Prinzip *Einer-für-Alle* (EfA) statt dem *Geleitzugprinzip*,<sup>2</sup> wodurch in einem dezentralen föderalen System zentrale Implementierungsvorgaben für eine einheitliche IT-Ausgestaltung vorgegeben worden sind – Dezentralität durch Zentralität (Seckelmann 2021: 54).

Die konkrete Einführung von E-Government-Komponenten in der Verwaltung erfolgte in Deutschland zunächst im Rahmen von rechtlichen Vorgaben, die sich in den E-Government-Gesetzen des Bundes (EGovG) und der Länder widerspiegeln. Dabei wurde der Schwerpunkt maßgeblich auf die Digitalisierung interner Verwaltungsprozesse gelegt.

Ein zweiter Schub, diesmal mit der Schwerpunktsetzung für die externe Verwaltungsdigitalisierung, erfolgte im Jahr 2017 durch den Beschluss des Onlinezugangsgesetzes (OZG). Vorgabe des OZG ist es, den überwiegenden Teil der Verwaltungsleistungen des Bundes sowie der Länder und Gemeinden bis Ende 2022 verpflichtend zu digitalisieren, sodass die jeweilige Verwaltungsleistung, einschließlich aller Nachweise, vollständig digital abgewickelt werden kann.

## 2.2 Umweltinformation und offenen Daten

Neben den dargestellten allgemeinen rechtlichen Vorgaben zur Digitalisierung von Verwaltungsprozessen hat konkretes Verwaltungshandeln in Deutschland weitere Vorgaben im Rahmen der Leistungserbringung zu berücksichtigen. Wesentlich für die Nutzung digitaler Geodaten erscheinen hierbei europäische Vorgaben zur Offenheit von Verwaltungsdaten. Im Folgenden wird kurz auf die beiden zentralen Entwicklungsprozesse eingegangen, die diese Vorgaben prägen: die Bereitstellung von Umweltinformationen sowie die Offenheit von Daten.

Im Rahmen der europarechtlichen Vorgaben zu Umweltinformationen war es zunächst Ziel, den freien Zugang zu Umweltdaten zu ermöglichen (Richtlinie 90/313/EWG). Neben dieser allgemeinen Zielstellung für Umweltdaten der öffentlichen Hand wurde der Bedarf für eine europäische Harmonisierung der nationalen Umweltdaten identifiziert, um das Monitoring sowie die Vergleichbarkeit zu verbessern (2003/4/EG). In Bezug auf die Verwendung digitaler Geodaten ist hierbei die INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG) zu nennen, auf deren Grundlage im Jahr 2009 das Geodatenzugangsgesetz auf Ebene des Bundes sowie die rechtliche Umsetzung auf Ebene der Länder in den Jahren 2009 und 2010 folgten. Ziel ist es, Geobasisdaten und Geofachdaten stufenweise, zunächst konform und später auch interoperabel, über Netzdienste bereitzustellen.

<sup>2</sup> Beide Prinzipien stellen den jeweils gegenteiligen Ansatz dar, um in einem föderalen System das Solidarprinzip anzuwenden. So können Neuerungen bzw. die Kompetenz zur Umsetzung durch das EfA-Prinzip dezentralisiert werden, wohingegen dem Geleitzugprinzip folgend in einer konsensualen Verflechtung alle Akteure zustimmen müssen. Siehe Lange 2010: 109 ff.; in Seckelmann 2021: 60.

Die Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie wird als ein Beispiel für den Megatrend der Vernetzung und Interoperabilität angesehen (Seckelmann 2021: 55).

Durch die PSI-Richtlinie (2003/98/EG)<sup>3</sup> erweiterte die europäische Ebene als zweiten bedeutsamen Schritt das Ziel der Datenoffenheit auf alle Daten des öffentlichen Sektors. Ziel war es zunächst, sämtliche Daten der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Auf nationaler Ebene wurde dies durch das Informationsverwendungsgesetz im Jahr 2006 erstmals formuliert. Durch die Novellen der Richtlinie (2013/37/EU sowie (EU) 2019/1024) wurde eine weitere Harmonisierung umgesetzt, da auf nationaler Ebene unterschiedliche Praktiken in Bezug auf Antwortzeiten, Gebühren und der generellen Verfügbarkeit bestanden. Die Umsetzung der Vorgaben in nationales Recht erfolgte in Form des Open-Data-Gesetzes im Jahr 2017 sowie in Form des Datennutzungsgesetzes im Jahr 2021. Künftig gelten für die Datenbereitstellung des öffentlichen Sektors zwei Grundsätze: die uneingeschränkte Datennutzung sowie die Unentgeltlichkeit. Einschränkungen dieser Grundsätze können auch weiterhin gelten, sofern beispielsweise Nutzungsbedingungen (Lizenzen) weiterhin existieren. Auch die Qualität und Verfügbarkeit der bereitgestellten Daten wird verbessert. So gelten beispielsweise neue Regelungen zu dynamischen Daten.

Auf Grundlage der in diesem Kapitel vorgestellten dynamischen Entwicklung im Bereich der Verwaltungsdigitalisierung in Deutschland sowie den Ansprüchen an die Offenheit der Daten des öffentlichen Sektors wird eine zunehmende Relevanz von Geofachdaten im Verwaltungshandeln erwartet. Dies galt es anhand eigener Forschungsarbeiten näher zu untersuchen. Hierauf wird in den folgenden Kapiteln eingegangen.

### 3 Methodik

Im Rahmen eigener Forschungsvorhaben wurden der Status quo sowie die sich abzeichnenden Entwicklungen im Rahmen der Umsetzung der Vorgaben zur Verwaltungsdigitalisierung und zur Verwendung digitaler Geofachdaten in den Verwaltungen untersucht. Als Untersuchungsgegenstand wurden die kreisangehörigen Gemeinden im Freistaat Sachsen (N=409) befragt. Der Fragebogen ist sowohl postalisch (Papierform) als auch elektronisch (Onlinefragebogen) zur Bearbeitung verfügbar gewesen und umfasste 21 Fragen. Hierbei wurden Fragen zum Status quo der Digitalisierung, Hemmnissen und Fortschritten sowie der Umsetzung des OZG gestellt. Um die Verwendung digitaler Geofachdaten in der Verwaltung zu erfassen, wurden zudem in einer zweiten Befragung mit insgesamt 32 Fragen Facheinheiten, wie etwa Fachämter, Staatsbetriebe und Fachbehörden auf der Ebene der Landes- und Kreisverwaltungen befragt (N=214). Die Schwerpunkte des Fragebogens lagen auf der Nutzung von Geofachdaten in der Fachverwaltung, der Evaluation von Geofachdaten im Verwaltungshandeln sowie

<sup>3</sup> PSI steht für den englischsprachigen Titel Re-use of Public Sector Information.

dem Geo-Government im föderalen System. Als gewählte Befragungsmethodik sind standardisierte Fragebögen genutzt worden. Die Befragungszeiträume für beide Erhebungen lagen im September und Oktober 2021. Der Rücklauf der Befragung zur Verwaltungsdigitalisierung umfasst 15 % (n=62) und zur Nutzung von Geofachdaten 48 % (n=102).<sup>4</sup> Grundlage der Auswertung bilden Gewichtungungsverfahren nach Krone & Scheller (2020) sowie die Auswertung anhand von Zusammenhangsmaßen nach Cleff (2008).

## 4 Ergebnisse

Nachdem auf die Entwicklung des Rechtsrahmens sowie die Methodik eingegangen worden ist, werden nachfolgend die Kernergebnisse der durchgeführten Befragungen vorgestellt.

### 4.1 Geodaten im Digitalisierungsprozess des kreisangehörigen Raumes

Aus den Befragungsergebnissen kann abgeleitet werden, dass die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung einem dreistufigen Entwicklungsprozess folgt (Abb. 1). Die Herleitung des Stufenmodells ist aufgrund der Nutzung von Korrelationsanalysen entstanden. Dabei konnte nicht nur herausgearbeitet werden, ob (sachlogische) Zusammenhänge zwischen einzelnen Antwortoptionen bestehen, sondern auch, ob diese anderen Themen in ihrer Bearbeitung vor- oder nachgelagert sind.

Auf der ersten Stufe wird die Identifikation relevanter Produkte, Nutzergruppen und Handlungsbedarfe gleichzeitig vorgenommen (kreisförmige Pfeile). Für die kommunale Verwaltungsdigitalisierung ist somit in einem ersten Schritt die Sondierung des Marktes für IT-Dienstleistungen, die Erfassung der Ansprüche Dritter an das eigene Verwaltungshandeln sowie die Ermittlung der eigenen spezifischen Handlungsbedarfe von Relevanz. Dabei zeigt sich auf Grundlage der durchgeführten Zusammenhangsanalysen, dass insbesondere die Identifikation der Nutzergruppen und der Handlungsbedarfe für das erfolgreiche Bewältigen der ersten Stufe von besonderer Bedeutung sind (gestrichelte Box).

---

<sup>4</sup> Der unterschiedliche Rücklauf (n) lässt sich durch die verschiedenen Adressatenkreise erklären. Während die Befragung zur Verwaltungsdigitalisierung an die allgemeinen Verwaltungsspitzen (Hauptämter und Bürgermeister) der kreisangehörigen Gemeinden versendet worden ist, wurde die Befragung zur Nutzung von Geofachdaten an die Fachebene (Fachreferate bzw. -abteilungen) auf Kreis- und Landesebene versendet. Die spezifischere Adressatengruppe in der Befragung zur Nutzung von Geofachdaten hat offensichtlich mehr Kontaktierte motiviert, an der Befragung teilzunehmen als an der allgemeineren und weniger spezifisch adressierten Befragung der Verwaltungsspitzen.

Bei der Darstellung der Befragungsergebnisse ist jeweils angegeben, wie hoch der verwertbare Rücklauf (n) zur konkreten Frage ausgefallen ist.

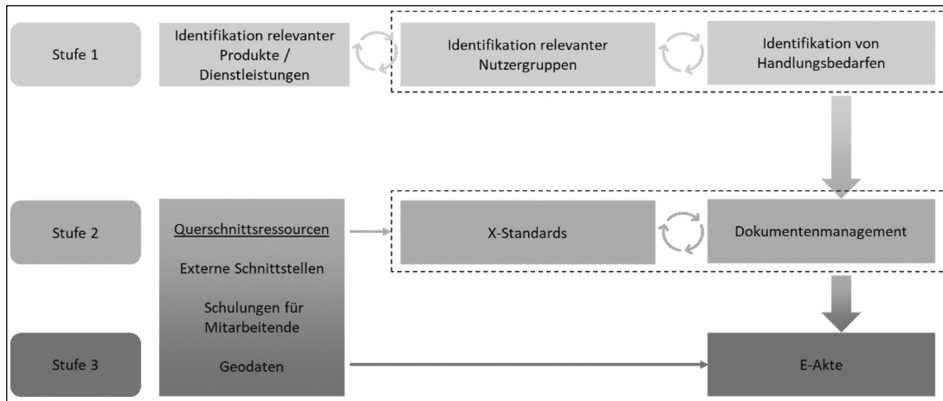


Abb. 1: Stufenmodell der kommunalen Verwaltungsdigitalisierung (Quelle: Mengs et al. 2022; eigene Erhebung; eigene Berechnungen und Darstellungen [n=55])

Die zweite Stufe der Verwaltungsdigitalisierung umfasst die Implementierung von X-Standards sowie die Einführung eines Dokumentenmanagementsystems. Während erstere die Schnittstellenproblematik neuerer föderaler Verwaltungskonzepte aufgreift, beschäftigt sich letztere mit der Digitalisierung von Verwaltungsabläufen.

Stufe drei schließt die kommunale Verwaltungsdigitalisierung ab, indem neben der Prozessdigitalisierung auch die begleitende Akte selbst digitalisiert wird. Mit der Einführung der E-Akte ist es folglich möglich, Prozesse von der Anfangssequenz bis hin zur abschließenden Protokollierung des Vorgangs digital abzulegen und zugänglich zu halten. Daher bildet die E-Akte den Abschluss der inneren Verwaltungsdigitalisierung.

Während Stufe eins durch einen Identifikationsprozess geprägt ist, der abseits von weiteren Einflussgrößen verläuft, sind die Stufen zwei und drei durch Querschnittsressourcen geprägt, die einerseits den Stufenabschluss an sich und andererseits den Stufenaufstieg beeinflussen. Externe Schnittstellen, Schulungen für Mitarbeitende sowie Geodaten sind demnach Einflussgrößen, die auf die beiden letzten Stufen einen qualitativen Einfluss ausüben. Hier zeigt sich, dass der Einbezug digitaler Geofachdaten auch im Rahmen der kommunalen Verwaltungsdigitalisierung erheblicher Natur ist. Diese fungieren als zweifaches Schlüsselement:

1. Die Relevanz digitaler Geofachdaten nimmt mit voranschreitender Digitalisierung zu. Dies umfasst bspw. die Planung und das Monitoring anhand dynamischer Datenbestände sowie die Ausführung von Ad-Hoc-Entscheidungen.
2. Digitale Geofachdaten sind eine notwendige Bedingung für die vollständige Digitalisierung von Verwaltungsprozessen. So ist insbesondere eine effiziente Einführung der E-Akte nur dann vollständig, wenn eine Georeferenzierung der darin enthaltenen Fachdaten vorgenommen worden ist.

Dies zeigt, dass digitale Geofachdaten für die kommunale Verwaltungsdigitalisierung einen entscheidenden strategischen Mehrwert bieten. Während auf Ebene der kreisangehörigen Städte und Gemeinden mit dem Voranschreiten der internen Verwaltungsdigitalisierung die Relevanz an Geodaten zunimmt, kommen auf Ebene der Landes- und Kreisverwaltungen georeferenzierte Fachdaten bereits breitenwirksam zur Anwendung. Hierauf wird im Folgenden näher eingegangen.

## 4.2 Geofachdaten im Verwaltungshandeln der kreisfreien Städte, Landkreise und des Landes

Bezüglich der Nutzung von Raumbezügen in der Digitalisierung des Verwaltungshandels zeigt sich, dass die eigentliche Georeferenzierung der Fachdaten noch nicht abgeschlossen ist (Abb. 2). Lediglich in 7 % der Fälle sind alle Fachdaten mit Raumbezug in den Landesbehörden bereits georeferenziert. Auf Kreisebene ist dies immerhin zu 10 % der Fall. Die bereits realisierte Georeferenzierung von Fachdaten (Antwortkategorien ‚viele‘ und ‚einige‘) zeigt gleichwohl, dass die Thematik zunehmend an Bedeutung gewinnt. Im weiteren Befragungsverlauf hat sich zudem gezeigt, dass die digitalen Geofachdaten zumeist eigenen Ursprungs sind. Lediglich die Geobasisdaten werden in Sachsen zentral vom Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) bezogen. Die Durchdringung mit digitalen Geofachdaten ist somit nicht die Ausnahme, sondern die Regel. Dagegen hat sich durch die Befragung gezeigt, dass die Nutzung digitaler Geofachdaten aus der Quelle anderer Landes- und Kreisebenen sowie aus anderer Herkunft de facto keine Rolle spielt. Folglich beruhen die verwendeten Geofachdaten in der Verwaltung vorrangig auf eigenen Fachdaten. Dieser Umstand eröffnet einen Raum für Effizienzgewinne, sofern auch Geofachdaten gemeinsam erhoben, aufbereitet, genutzt und ggf. mit geringem Aufwand verschnitten werden können.

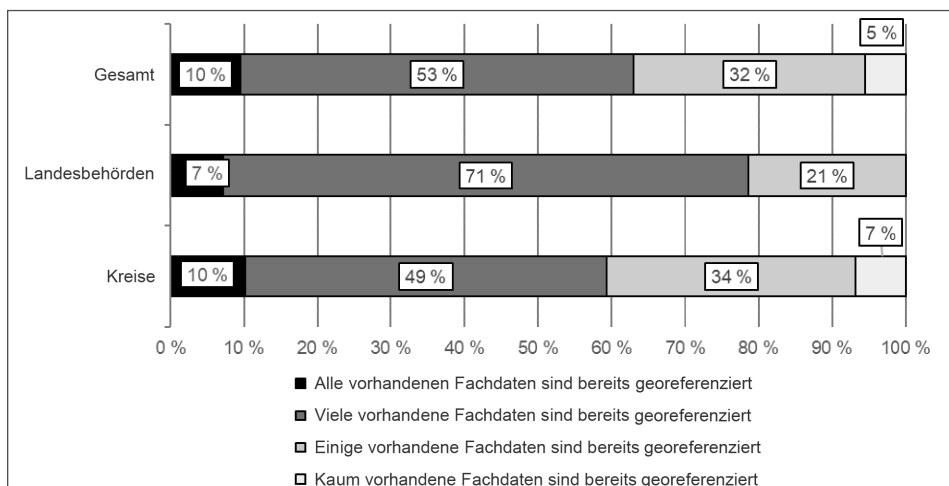


Abb. 2: Anteil bereits georeferenzierter Fachdaten (Quelle: Bender et al. 2022; eigene Erhebung; eigene Berechnungen [n=73])



Hinsichtlich des operativen Umgangs mit Geofachdaten zeigt sich, wie in Abbildung 3 dargestellt, dass zumeist Erhebung, Bereitstellung und Speicherung selbst durchgeführt werden. Mehr als die Hälfte aller Befragten gab an, in diesen Bereichen tätig zu sein.

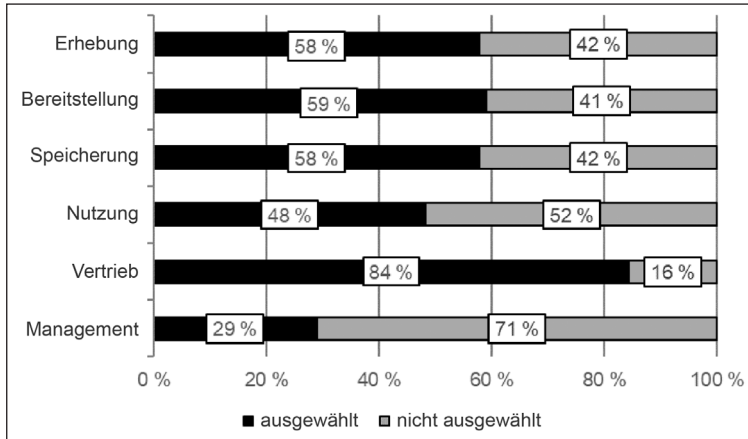


Abb. 3: Operativer Umgang mit Geofachdaten (Quelle: Bender et al. 2022; eigene Erhebung; eigene Berechnungen [n=76])

Darüber hinaus geben rund 80 % aller Befragten an, die Geofachdaten in den Vertrieb zu geben, was deutlich hervorsticht. Dies ist nicht zuletzt Ausdruck der Umsetzung des rechtlichen Rahmens. Geofachdaten sollen möglichst offen für die Öffentlichkeit zur Verfügung stehen.

Auf der gegenüberliegenden Seite des Spektrums zeigt sich mit Bezug auf die Nutzung und das Management ebenso deutlich, dass die Daten zwar mit einem digitalen Raumbezug versehen werden, jedoch anschließend nur eingeschränkt Verwendung im Rahmen der eigenen Leistungserbringung finden. Das eigene Geofachdatenmanagement wird, obwohl hier der deutliche Mehrwert in der Anwendung erwächst, von weniger als 30 % der Befragten durchgeführt. Hier lässt sich ein hohes Potenzial für die zukünftige strukturierte Nutzung von Geofachdaten ableiten. Die geringe Durchdringung im Bereich des Managements lässt die Schlussfolgerung zu, dass anfängliche Hindernisse, wie die unzureichende interne Datenkompatibilität, die falsche Georeferenzierung oder auch ‚Datensilos‘ bestehen, die die Nutzung im Sinne einer strukturierten operativen Steuerung verhindern.

Wird zuletzt auf die potenziellen Effizienzgewinne abgestellt, die sich durch die Nutzung von Geofachdaten ergeben, so zeigt sich, dass insbesondere die Qualitätssicherung, die Planungshilfen, die Interoperabilität sowie die Verfügbarkeit externer Fachdaten hervorstechen. Gerade im Bereich der Planungshilfen zeigt sich demnach der Managementansatz als durchaus vorteilhaft. Wie gezeigt, wird dieser jedoch von den Befragten zumeist selbst nicht durchgeführt. Daher gilt es, Hindernisse, die sich in der Nutzung

der Geofachdaten im Sinne der operativen und strategischen Steuerung ergeben, abzubauen. Somit könnten bestehende Effizienzgewinne gehoben werden. Ein aufzusetzendes Geo-Tool, im Sinne eines onlinebasierten Dashboards sowie die allgemeine Datenbereitstellung für die öffentliche Hand und Dritte, sollten daher vermehrt Rücksicht auf die potenziellen Effizienzgewinne nehmen. Die Digitalisierung im Allgemeinen und die Nutzung digitaler Geodaten in den Verwaltungen im Besonderen werden nur dann zur Erfolgsgeschichte, wenn dadurch Verwaltungsprozesse vereinfacht und verschlankt werden können oder wenn sie Anwendungsfelder öffnen, die ohne digitale Lösungen nur zu prohibitiven Kosten oder gänzlich unmöglich gewesen wären.

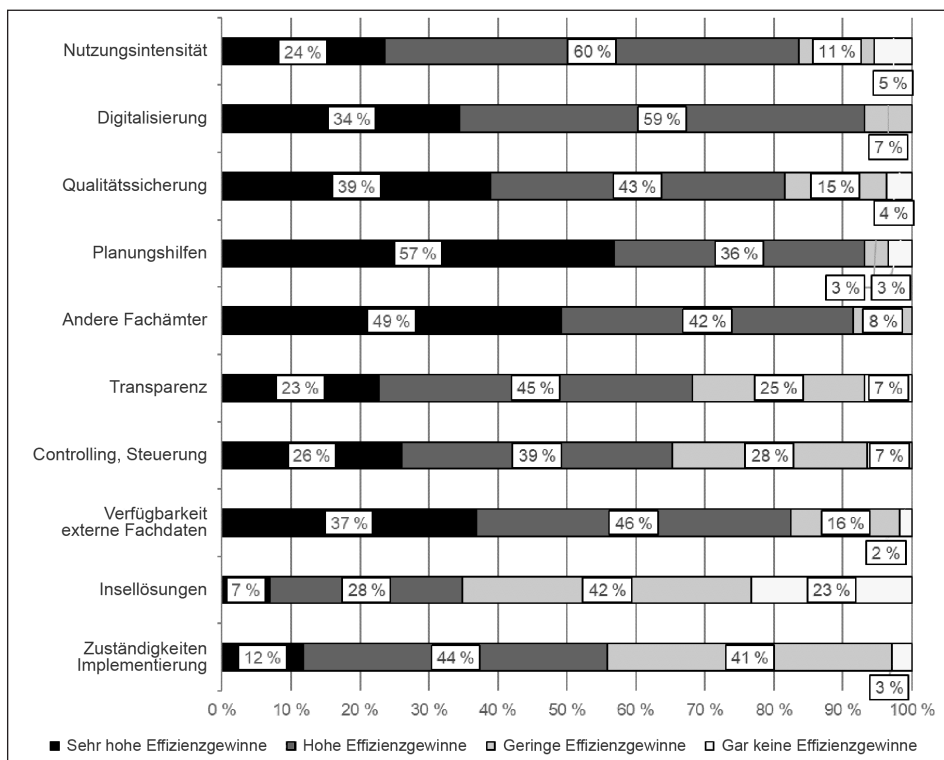


Abb. 4: Potenzielle Effizienzgewinne in der Nutzung von Geofachdaten (Quelle: Bender et al. 2022; eigene Erhebung; eigene Berechnungen [n=55])

## 5 Fazit

Die beschriebenen Forschungsergebnisse zeigen in Bezug auf die Verwendung von digitalen Geodaten bereits eine hohe Relevanz im konkreten Verwaltungshandeln auf Kreis- und Landesebene im Freistaat Sachsen. Grundsätzlich identifizieren die befragten Akteure der Landes- und Kommunalverwaltungen ein hohes Potenzial für die Anwendung digitaler Geofachdaten im Rahmen der eigenen Leistungserbringung. Die Zeit der

Insellösungen und Pilotprojekte scheint zumindest gedanklich überwunden. Allerdings bestehen zahlreiche Hindernisse, sodass im Rahmen von Planung, Monitoring und Ad-Hoc-Entscheidungen noch ein hohes Potenzial besteht. Zudem wurde ersichtlich, dass die eigenen Fachverfahren zwar um den Raumbezug erweitert werden, aber die Verwendung anderer georeferenzierter Fachdaten bisher keine hohe Relevanz im täglichen Verwaltungshandeln aufweist.

Bezugnehmend auf die allgemeine Digitalisierung der Verwaltung erscheint die Verwendung digitaler Geofachdaten grundsätzlich als wesentlicher Treiber zu fungieren. Erst mit dem Voranschreiten digitaler Verwaltungsprozesse gewinnt die breitenwirksame Nutzung räumlicher Analysen in den Verwaltungen an Bedeutung. Allerdings kann diese Notwendigkeit auch als Hemmnis angesehen werden, da der Implementierungsprozess, dem Prinzip *Einer-für-Alle* folgend, nur schleppend vorangeht.

## 6 Literatur

- Bender, C.; Mengs, C.; Hesse, M. (2022): Geodaten in der öffentlichen Verwaltung. Eine sächsische Perspektive, Arbeitspapiere des Instituts für Öffentliche Finanzen und Public Management Nr. 4, Leipzig, im Erscheinen.
- Cleff, T. (2008): Deskriptive Statistik und Moderne Datenanalyse, Eine computergestützte Einführung mit Excel, SPSS und STATA, GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden.
- Denkhaus, W. (2019): Vom E-Government zur Digitalisierung. In: Seckelmann, M. (Hrsg.): Digitalisierte Verwaltung, Vernetztes E-Government, 2. Auflage: 51-80.
- Deutscher Bundestag und Bundesrat (2010): Die gemeinsame Kommission von Bundestag und Bundesrat zur Modernisierung der Bund-Länder-Finanzbeziehungen. Die Beratungen und ihre Ergebnisse.
- Franke, F. (2022): Stapelweise Akten scannen, Die Umstellung auf digitale Verwaltung ist das größte Modernisierungsprojekt der deutschen Bürokratiegeschichte. Im Landratsamt Pforzheim beginnt es mit viel Handarbeit. In: DIE ZEIT Nr. 23 (2. Juni 2022): 25.
- Kaczorowski, W.; König, R.; Meyer, R.; Wensauer, D. (2003): eGovernment in den Bundesländern, Sachstand und Perspektiven, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.
- Krone, E.; Scheller, H. (2020): 10 Jahre KfW-Kommunalpanel: Methodik der Datenerhebung und -aufbereitung. Methodenpapier im Auftrag der KfW Bankengruppe, Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin.
- Mengs, C.; Bender, C.; Kratzmann, A. N.; Goldammer, M.; Hesse, M. (2022): Der große Klick. Kommunale Verwaltungsdigitalisierung in Sachsen, KOMKIS Analyse Nr. 20, Leipzig, im Erscheinen.
- Seckelmann, M. (2021): Innovation durch Gemeinschaftsaufgaben – ein Plädoyer für einen neuen kooperativen Föderalismus im Zeichen des Onlinezugangsgesetzes. In: Seckelmann, M.; Brunzel, M. (Hrsg.): Handbuch Onlinezugangsgesetz, Potenziale – Synergien – Herausforderungen, Springer: 53-73, Berlin, Heidelberg.

## **Neue Methoden und Tools**



# Indikatoren für die Daseinsvorsorgeplanung: Wo stehen wir heute?

*Sebastian Seisenberger, Denis Reiter*

## Zusammenfassung

Die Sicherung der Daseinsvorsorge ist eine zentrale Aufgabe der Raumplanung. Geoinformationssysteme können einen wichtigen Beitrag zu einer bedarfsgerechten und nachhaltigen Planung leisten. Jedoch fehlt bisher eine Übersicht über bestehende Indikatoren, die im Rahmen der Daseinsvorsorgeplanung verwendet werden. Auf Basis einer Literaturrecherche diskutiert der Beitrag bestehende Ansätze zur Messung der Erreichbarkeit und Tragfähigkeit von Einrichtungen sowie des Versorgungsgrades. Es zeigt sich ein starker Fokus auf reisezeitbasierte Analysen der Erreichbarkeit von Einrichtungen. Tragfähigkeit und Versorgungsgrad spielen nur eine untergeordnete Rolle und berücksichtigen räumliche Interaktionen und tatsächliche Erreichbarkeiten bisher nur unzureichend und auf Basis starrer Einzugsgebiete. Hier besteht das Potenzial für die Weiterentwicklung mittels potenzialbasierter Erreichbarkeitsindikatoren, die Berechnungen abseits starrer Einzugsgebiete erlauben. Auf Basis der Ergebnisse der Literaturrecherche wird ein erster Prototyp für die WebGIS-Anwendung GOAT vorgestellt.

**Schlagwörter:** Daseinsvorsorge, Erreichbarkeit, Tragfähigkeit, Versorgungsgrad, GOAT

## 1 Einführung

Der Wegfall von Angeboten der Daseinsvorsorge, insbesondere in ländlichen Räumen und den neuen Bundesländern, hat spätestens seit Beginn der 2000er Jahre zu einer regen Diskussion über die Sicherstellung der Daseinsvorsorge geführt (Weingarten, Steinführer 2020). So wurde zum Beispiel 2006 die Sicherung der Daseinsvorsorge als eines der drei Leitbilder von der Ministerkonferenz für Raumordnung verabschiedet (BMVBS 2006) und 2016 auch in der Neufassung bestätigt (BMVI 2016). Um dieses Ziel zu erreichen, können Geoinformationssysteme und damit verbundene Analysen einen bedeutenden Beitrag leisten (Bill et al. 2021).

Im Rahmen des Projektes GOAT 3.0, welches durch den mFUND des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) gefördert wird, sollen neue Indikatoren für die Planung der Daseinsvorsorge in das Webtool GOAT (Geo Open Accessibility Tool) integriert werden. GOAT ist eine WebGis-Anwendung, welche Nutzern ermöglichen soll, ohne größere Vorkenntnisse räumliche Analysen durchzuführen (Pajares, Jehle 2021). Im Rahmen dieses Beitrages werden zunächst mögliche Indikatoren aus dem rechtlichen und planerischen Rahmen der Daseinsvorsorgeplanung abgeleitet. Im Anschluss werden

unterschiedliche Konzeptionalisierung der Indikatoren auf Basis einer Literaturrecherche deutschsprachiger Literatur in RSWBplus dargestellt. Aufbauend auf der Literaturrecherche wird die Implementierung eines ersten Prototyps in GOAT vorgestellt.

## 2 Grundlagen der Daseinsvorsorgeplanung

Daseinsvorsorge ist kein einheitlich definierter Begriff. Einigkeit besteht jedoch darin, dass die Sicherstellung der Daseinsvorsorge in Deutschland primär Aufgabe des Staates ist. Der Staat soll gewährleisten, dass möglichst alle Bürger Zugang zu Dienstleistungen und Infrastrukturen, die für das menschliche Leben notwendig sind, haben (Mause 2018; Milstein 2018). Als relevant für die Daseinsvorsorge werden zum Beispiel Dienstleistungen der Bereiche Bildung (z. B. Schulen, Kindertagesstätten), Gesundheit (z. B. Hausärzte, Fachärzte, Krankenhäuser), Pflege (z. B. ambulante sowie stationäre Einrichtungen) sowie Infrastrukturen der Wärme-, Elektrizitäts-, (Ab-)Wasser-, Abfallversorgung und -entsorgung gezählt (ebd.).

In Hinblick auf die Daseinsvorsorgeplanung ist das Zentrale-Orte-Konzept ein zentrales Planungsinstrument. Mit Hilfe der Festlegung Zentraler Orte im Rahmen von Landes- und Regionalentwicklungsplänen sollen unter anderem eine flächendeckende Versorgung mit Einrichtungen der Daseinsvorsorge sowie eine Bündelung dieser Einrichtungen erreicht werden (vgl. Raumordnungsgesetz (ROG) § 2 (2)). Wichtige Kriterien sind dabei die *Erreichbarkeit* der Zentralen Orte für die Bevölkerung sowie ihre *Tragfähigkeit*, die anhand von Richtwerten zur Mindestanzahl an Einwohnern im Verflechtungsbereich der Zentralen Orte gesichert werden soll (Einig, Zaspel-Heisters 2016).

Eng verknüpft mit dem Zentrale-Orte-Konzept sind die fachspezifische Bedarfsplanungen wie die Schulentwicklungsplanung, die Krankenhausplanung und die vertragsärztliche Bedarfsplanung. Hierbei werden zunächst die konkreten Bedarfe in einem Planungsbereich anhand der Einwohnerzahlen und weiterer soziodemographischer Faktoren ermittelt. Ein wichtiger Indikator ist dabei der *Versorgungsgrad*, der ein Verhältnis aus Angebot und Bedarf darstellt, z. B. potenziell durch Ärzte versorgte Einwohner durch die Gesamtzahl der Einwohner. Dies ermöglicht das Feststellen einer Über- oder Unterversorgung in einem Gebiet (Gemeinsamer Bundesausschuss 2021).

Die konkrete Standortplanung bzw. die Ausweisung potenzieller Flächen liegt allerdings maßgeblich in der Hand der Kommunen. Zum einen sind Kommunen als Bereitsteller vieler Angebote der Daseinsvorsorge (v. a. Schulen und Kindertageseinrichtungen) selbst als Akteure tätig. Zum anderen haben sie über die Bauleitplanung die maßgebliche Kompetenz bei der Ausweisung potenzieller Standorte. Bei der Standortplanung spielen teils ebenfalls Überlegungen zu örtlichen Versorgungsgraden und -bedarfen sowie die Erreichbarkeit eine wichtige Rolle (z. B. Landeshauptstadt München 2019). Die drei

herausgearbeiteten Indikatoren – *Erreichbarkeit*, *Tragfähigkeit* und *Versorgungsgrad* – sollen im Folgenden näher untersucht werden.

### 3 Indikatoren für die Daseinsvorsorgeplanung

#### 3.1 Erreichbarkeit

Im Rahmen der Daseinsvorsorgeplanung nimmt die Erreichbarkeit einen zentralen Platz ein. Auch wenn die Erreichbarkeit im Sinne des Zentrale-Orte-Konzeptes meist als Reisezeit zur nächstgelegenen Einrichtung verstanden wird, gibt es in der Praxis verschiedene Konzeptionalisierungen. Drei Arten von Erreichbarkeitsindikatoren können dabei unterschieden werden (Pusch 2020: 208-209; ähnlich mit anderen Begriffen Spiekermann, Wegener 2012: 11): Reiseaufwandsindikatoren, Kumulationsindikatoren und Potenzialindikatoren.

Reiseaufwandsindikatoren berechnen sich anhand von Reisekosten (z. B. Luftlinienstanz, Reisezeit, monetäre Kosten) zwischen Start- und Zielpunkt. Beispiele hierfür sind die Reisezeit zur nächsten Einrichtung oder die mittlere Reisezeit zu den nächsten drei Einrichtungen. Kumulationsindikatoren berechnen die Anzahl aller Gelegenheiten, die innerhalb einer bestimmten Reisezeit erreicht werden können. Ein Beispiel wäre die Anzahl aller Supermärkte innerhalb von 30 Minuten. Potenzialindikatoren werden berechnet, indem die einzelnen Gelegenheiten mit einer Funktion, die in der Regel mit zunehmender Distanz bzw. Reisezeit abfällt, gewichtet werden. Somit nimmt das Potenzial einer Einrichtung mit zunehmender Distanz/Reisezeit ab. Die Erreichbarkeit an einem Standort  $i$  kann aus der Summe der Potenzialwerte zu allen Gelegenheiten  $j$  berechnet werden.

Im Rahmen der Recherche zeigte sich, dass Reiseaufwandsindikatoren, meist in Form der Reisezeit, am häufigsten genutzt werden (Burgdorf et al. 2015; Neumeier 2018; Pütz, Lackmann 2020). Potenzialindikatoren werden hingegen nur in wenigen Arbeiten verwendet werden (Ahlmeyer, Wittowsky 2018). Dies lässt sich vor allem damit erklären, dass die Ergebnisse von Potenzialindikatoren komplexer und damit schwerer zu kommunizieren sind als von Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren (Pusch 2020: 208).

Neben der Frage nach dem Indikator können Erreichbarkeitsanalysen auch anhand der betrachteten Verkehrsmittel und Ziel unterschieden werden. In Bezug auf die Verkehrsmittelauswahl lässt sich feststellen, dass mittlerweile der Fußverkehr eine immer zentralere Rolle spielt, während früher überwiegend MIV und ÖV betrachtet wurden. Zudem gibt es zunehmend Analysen mit aggregierten Indikatoren, die nicht nur einzelne Einrichtungen betrachten, sondern die Erreichbarkeit zu mehreren Einrichtungen in einem aggregierten Index zusammenfassen (Ahlmeyer, Wittowsky 2018; Alfken,



lwer 2018). Letzteres wirft jedoch die Frage auf, ob und wie die einzelnen Einrichtungen gewichtet werden sollen und welcher Erreichbarkeitsindikator sich für die Berechnung eignet. Vor dem Hintergrund neuer Konzepte wie der 15-Minuten-Stadt werden aggregierte Indizes in der Zukunft sicher noch eine wichtigere Rolle spielen. Auch werden Erreichbarkeitsanalysen meist für jedes Verkehrsmittel gesondert durchgeführt (z. B. Erreichbarkeit zu Schulen mit dem MIV oder dem ÖV). Eine multimodale Betrachtung, welche die Erreichbarkeit mit verschiedenen Verkehrsmitteln zusammenfasst, findet bisher nur selten statt (Ahlmeyer, Wittowsky 2018).

### 3.2 Tragfähigkeit

Obwohl die Erreichbarkeit meist aus Sicht der Nachfrager, also der Bevölkerung, untersucht wird, lässt sie sich auch aus umgekehrter Sicht, also aus Sicht der Anbieter bzw. Einrichtungen, denken. Hierbei stellen sich vor allem Fragen nach der Anzahl der Einwohner bzw. Kunden, die in einer bestimmten Reisezeit von einer Einrichtung aus erreichbar sind. Solche Erreichbarkeitsanalysen aus Anbietersicht bieten sich daher für Tragfähigkeitsanalysen an.

Unter dem Begriff Tragfähigkeit wird in Bezug auf die Daseinsvorsorge meist ein mindestens notwendiges Bevölkerungs- bzw. Kundenpotenzial verstanden, um Leistungen wirtschaftlich erbringen zu können (Einig, Zaspel-Heisters 2016). Zwar wird seit Jahren die Bedeutung von Untersuchungen zur Tragfähigkeit betont (ebd.: 18); im Rahmen unserer Recherche ließen sich jedoch kaum Analysen finden.

Ausnahmen bilden hierbei die Arbeiten von Pütz & Spangenberg (2006) und Kirschke & Benndorf (2012). Erstere haben die Entwicklung der Tragfähigkeit und Erreichbarkeit zentraler Orte im gesamten Bundesgebiet untersucht und versucht zu ermitteln, wie viele zentrale Orte optimalerweise notwendig wären, um die Erreichbarkeitskriterien zu erfüllen. Für die Bewertung der Tragfähigkeit wurden dazu die Einzugsbereiche der zentralen Orte mit Hilfe der Erreichbarkeitsmindeststandards abgegrenzt und daraufhin die Anzahl der Einwohner innerhalb des Einzugsbereiches mit den Tragfähigkeitsschwellenwerten verglichen. Ähnlich gingen Kirschke & Benndorf (2012) im Rahmen einer Tragfähigkeitsanalyse von Sportstätten vor. Die Bevölkerung wurde im Rahmen der Analyse dem Einzugsbereich der nächstgelegenen Sportstätte zugeordnet. So kann der aktuelle Bestand an Sportflächen mit dem theoretischen Bedarf verglichen werden. Um im Weiteren die Tragfähigkeit analysieren zu können, nutzten die Autoren Richtwerte aus der Sportstättenplanung.

Neben der Erreichbarkeit der Einwohner sind also zwei Informationen relevant: *Tragfähigkeitsschwellenwerte* sowie abgrenzbare *Einzugsbereiche*. Letzteres erscheint jedoch für einige Einrichtungen wie z. B. Hausärzte und Apotheken vor allem in großstädtischen Lagen kaum möglich. Hier bedarf es alternativer Methoden, die auch die Konkurrenz

innerhalb überlappender Einzugsbereiche berücksichtigen. Zudem fehlen für viele Einrichtungen normativ oder empirisch festgelegte Tragfähigkeitsschwellenwerte.

### 3.3 Versorgungsgrad

Als letzter Indikator soll hier der Versorgungsgrad behandelt werden. Der Versorgungsgrad stellt ein Verhältnis des Angebotes und der Nachfrage dar. Die einfachste Operationalisierung ist der Quotient aus Einrichtungen/Gelegenheiten und Einwohnern, also zum Beispiel die Anzahl der Ärzte geteilt durch die Anzahl der Einwohner oder vice versa. Indem Richtwerte für die Versorgung festgelegt werden, z. B. die Anzahl der Einwohner, die durch einen Arzt potenziell versorgt werden, lässt sich hieraus ein Quotient bilden, der gleich 1 % bzw. 100 % ist, wenn das Verhältnis zwischen potenziell versorgten Einwohnern und der Gesamtzahl der Einwohner im Versorgungsbereich ausgeglichen ist. Überschreitet der Quotient bestimmte Schwellenwerte gilt ein Gebiet als überversorgt; unterschreitet er Schwellenwerte so ist ein Gebiet unterversorgt (Gemeinsamer Bundesausschuss 2021). Die Komplexität dieser Berechnungen kann weiter gesteigert werden, indem zum Beispiel anhand von Morbiditätsstatistiken und der Bevölkerungszusammensetzung in einem Untersuchungsgebiet die Anzahl der potenziell versorgten Einwohner angepasst wird, da zum Beispiel eine ältere Bevölkerung im Durchschnitt häufiger den Arzt aufsucht als eine jüngere (ebd.).

Ungeachtet der Komplexität der Berechnungsmethode haftet allen diesen Berechnungen das Problem an, dass sie aggregiert auf Ebene abgegrenzter, meist administrativer, Raumeinheiten durchgeführt werden. Somit werden weder eine grenzüberschreitende Abdeckung noch die tatsächliche Verteilung innerhalb des Untersuchungsgebietes, also die Erreichbarkeit, berücksichtigt. Ansätze dieses Problem zu beheben, kombinieren die Berechnungsmethode des Versorgungsgrades mit Erreichbarkeitsanalysen. Ein Beispiel hierfür ist eine Analyse zur Erreichbarkeit von Spielflächen von Ilius et al. (2016). Neben der fußläufigen Erreichbarkeit zu Spielflächen wurde dabei auch eine Kinder-Spielflächen-Relation berechnet. Hierzu wurde zunächst um jeden Baublock ein Radius von 400 m gezogen. Die Flächen der Spielplätze werden daraufhin durch die Anzahl der Kinder in den Baublöcken, in deren Radius sich die Spielflächen befinden, geteilt. Hieraus ergibt sich für jede Spielfläche ein Anteil der Fläche je Kind. Im letzten Schritt werden für jeden Baublock die Anteile an den Spielflächen aufsummiert. Anhand von Richtwerten lassen sich Aussagen über den Grad der Versorgung treffen. So können Versorgungslücken und potenzielle Standorte für neue Infrastrukturen relativ kleinräumig ermittelt werden. Eine ähnliche Methode, die Freiraumversorgungsgrade, wird in der Freiraumplanung bereits häufig genutzt (Stadt Zürich 2019).

Diese Methoden haben jedoch ähnliche Probleme, wie Tragfähigkeitsanalysen. Zum einen fehlen meist einheitliche Richtwerte. Zum anderen gibt es keine einheitlichen

Definitionen für die Einzugsgebiete. Zudem werden diese Analysen bisher auf Basis fußläufiger Erreichbarkeit durchgeführt, weshalb die Übertragbarkeit auf weitere Verkehrsmittel fragwürdig ist.

#### **4 Fazit: Wo stehen wir heute und wo sollten wir hin?**

Im Rahmen unserer Recherche zu räumlichen Analysen der Daseinsvorsorge zeigte sich ein klarer Fokus auf klassische Erreichbarkeitsanalysen. Dabei wird Erreichbarkeit vor allem als Reisezeit zur nächstgelegenen Einrichtung verstanden. Die Erreichbarkeit von potenziellen Nutzern aus Sicht der Anbieter wird hingegen nur selten betrachtet. Damit zusammenhängend wird auch die Tragfähigkeit, mit wenigen Ausnahmen, nur selten operationalisiert und analysiert. Das Zusammenspiel der Erreichbarkeit von Einrichtungen als Ziel der Daseinsvorsorgeplanung und der Tragfähigkeit als Voraussetzung dafür wird also vor allem aus ersterer Sicht betrachtet. Im Sinne einer vorausschauenden Daseinsvorsorgeplanung ist jedoch ein umfassender Blick auf beide Indikatoren bedeutend.

Betrachtet man die Erreichbarkeitsanalysen gesondert, so zeigt sich hier ein starker Fokus auf die Berechnung der Erreichbarkeit zu einzelnen Einrichtungskategorien. Aggregierte Indizes, die die Erreichbarkeit zu verschiedenen Kategorien betrachten, sind bisher noch eine Ausnahme. Dies erfordert jedoch weitere Forschung in Hinblick auf die Konstruktion solcher Indizes.

In Hinblick auf die Tragfähigkeit und die Versorgungsgrade gibt es zudem Forschungsbedarf zu Fragen von Schwell- und Richtwerten sowie der Frage nach den Einzugsbereichen von Einrichtungen. Hier können Erreichbarkeitsindikatoren, wie der Beitrag gezeigt hat, auch dazu dienen, Tragfähigkeitsindikatoren und Versorgungsgrade weiterzuentwickeln. So bieten Potenzialindikatoren die Möglichkeit, die Definition starrer Einzugsbereiche in Tragfähigkeits- und Versorgungsgrad-Analysen zu überwinden.

#### **5 Ausblick: GOAT-Prototyp**

Im Rahmen des GOAT 3.0 Projekts wird ein integrierter Ansatz entwickelt, der die beschriebenen Defizite in der Daseinsvorsorgeplanung beheben soll. Dieser befindet sich aktuell noch in einem experimentellen Status. Ziel der Entwicklung ist ein kombinierter Indikator, der die drei Kernbereiche Erreichbarkeit, Tragfähigkeit und Versorgungsgrad miteinander vereint und dem Nutzer einen schnellen, aber trotzdem umfassenden Überblick verschafft.

Nach aktuellem Stand kann die Darstellung der Ergebnisse je nach Fragestellung unterschiedliche Komplexitäten annehmen. In der ersten Stufe zeigt sie einfache Isochronen der Erreichbarkeit ausgehend von den nutzergewählten Einrichtungstypen (hier im Beispiel Apotheken in der Stadt Dresden, Abb. 1). So kann der Nutzer feststellen, ob

generell Einrichtungen von einem Standort aus erreichbar sind. Mit Zusatzinformationen wie Wohngebäuden können Versorgungslücken sehr schnell identifiziert werden. Die Größe der Isochronen richtet sich dabei nach dem gewählten Verkehrsmodus und dem Einrichtungstyp.

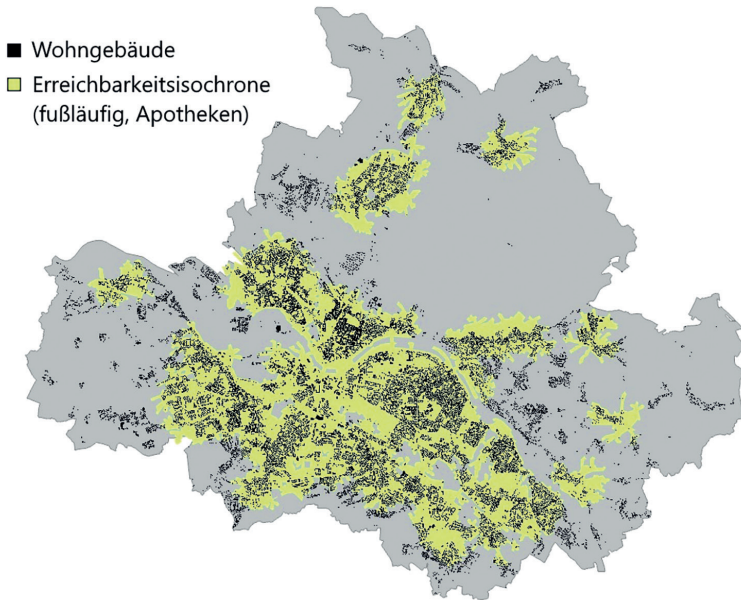


Abb.1: Erreichbarkeitsisochrone Apotheken in der Stadt Dresden mit Wohngebäuden  
(Quelle: eigene Darstellung; Datenquelle: Landeshauptstadt Dresden, dl-de/by-2-0, opendata.dresden.de; eigene Berechnungen).

Das zugrunde liegende Netzmodell ist in der aktuellen Fassung noch relativ simpel gehalten, geplant ist jedoch, Faktoren wie Wegequalität, Sicherheitsaspekte und ähnliches bei der Berechnung von Routen und Reisezeiten mit einzubeziehen. Auch multimodale Fortbewegung soll in Zukunft berücksichtigt werden. Ebenso herangezogen wird darüber hinaus die lokale oder regionale Bedeutung von Einrichtungen, die den Grenzwert der Isochrone maßgeblich bestimmt (z. B. 10 Minuten zu Fuß zum Supermarkt, 60 Minuten mit ÖPNV und Fahrrad zur Universität).

In der nächsten Stufe wird die Karte um die Dichte der Versorgungseinrichtungen ergänzt und diese in Relation zur Wohnbevölkerung gesetzt. So kann der Nutzer sofort erkennen, wo Über- oder Unterversorgungen der Bevölkerung vorliegen (Abb. 2). Da die Dichteberechnung auf Basis der Erreichbarkeitsisochrone erfolgt, kann sie für unterschiedliche Fortbewegungsmodi verschieden ausfallen, ist dadurch aber wesentlich genauer als eine Berechnung mittels Puffer. Der Schwellwert des Versorgungsgrades, ab dem eine Über- bzw. Unterversorgung festgestellt wird, ist derzeit noch nicht abschließend festgelegt. Er hängt unter anderem stark vom Einrichtungstyp und der

Qualität der zugrunde liegenden Bevölkerungsdaten ab, da nach Möglichkeit auch die Verteilung der Bevölkerung in unterschiedliche Alterskohorten berücksichtigt werden soll, denn nicht jeder Einrichtungstyp ist pauschal für jeden Nutzer relevant. Aktuell wird eine Berücksichtigung dieser Unterschiede durch den Einsatz von vorgefertigten (aber veränderbaren) Nutzerprofilen geprüft.

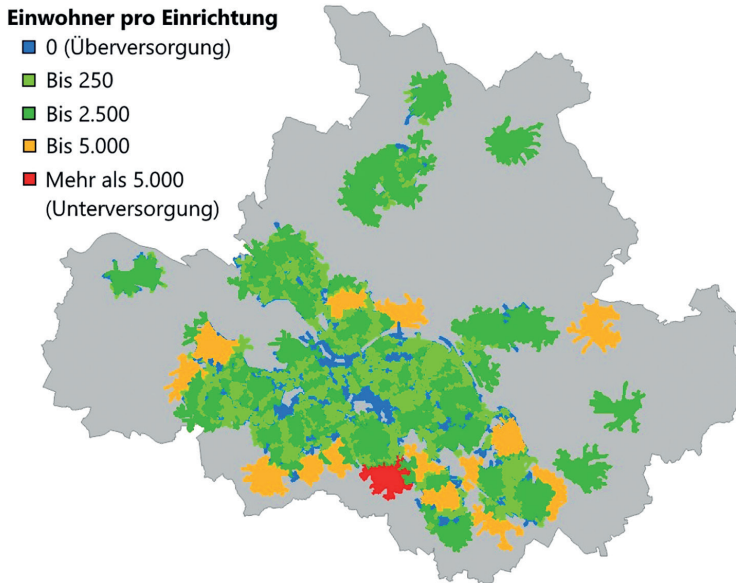


Abb. 2: Versorgungsgrad Apotheken für die Stadt Dresden. Die gezeigten Schwellwerte sind rein experimentell und dienen nur der Veranschaulichung des Berechnungsverfahrens (Quelle: eigene Darstellung; Datenquelle: Landeshauptstadt Dresden, dl-de/by-2-0, [opendata.dresden.de](https://opendata.dresden.de); eigene Berechnungen)

Eine weitere Ergänzung dieser Stufe ist die kombinierte Betrachtung mehrerer Einrichtungstypen auf einmal. Hierzu ist es notwendig, eine Gewichtung der einzelnen Einrichtungstypen festzulegen, nach der dann ein Gesamtindikator berechnet werden kann. Diese Gewichtung könnte ebenfalls mit dem Nutzerprofil verknüpft sein. Dazu wurden bereits erste Ansätze erprobt, die endgültige Festlegung eines Gewichtungssystems ist aber ebenfalls noch einer der aktuellen Untersuchungsgegenstände.

Als letzte Ebene soll für jede Einrichtung die Information angezeigt werden, ob sie die notwendigen Tragfähigkeitsgrenzwerte erfüllt. Diese Informationen sind jedoch höchst individuell für jeden Einrichtungstyp (oder sogar jede einzelne Einrichtung) und die notwendigen Datengrundlagen zu beschaffen, gestaltet sich als kompliziert. Eine mögliche Lösung könnte ein rechnerisches Näherungsverfahren sein, womit zumindest eine Vergleichbarkeit zwischen den Einrichtungen gegeben wäre.

Wie bei vielen anderen Tools und Analysen liegt der Fokus von GOAT derzeit noch stark auf der Ermittlung von Erreichbarkeiten aus Sicht der Bevölkerung. Wie wir in diesem Beitrag dargelegt haben, ist für eine zielgerichtete Planung von Infrastrukturen der Daseinsvorsorge jedoch eine umfassendere Sicht, die auch die Tragfähigkeit von Einrichtungen sowie Versorgungsgrade berücksichtigt, notwendig. Im Rahmen des Projektes GOAT 3.0 ist es unser Ziel, solche Analysen in GOAT zu integrieren. Hierbei wollen wir vor allem die Stärken von GOAT, wie die leichte Bedienbarkeit und die Flexibilität der Webkarten nutzen, um leicht verständliche und aussagekräftige Analysen bereitzustellen.

## 6 Literatur

- Ahlmeyer, F.; Wittowsky, D. (2018): Was brauchen wir in ländlichen Räumen? Erreichbarkeitsmodellierung als strategischer Ansatz der regionalen Standort- und Verkehrsplanung. In: Raumforschung und Raumordnung – RuR 76(6): 531-550. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13147-018-0558-8>
- Alfken, C.; Iwer, N. (2018): RuhrFIS-Monitoring Daseinsvorsorge. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Krüger, T.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. Berlin: Rhombos, IÖR-Schriften 76: 103-111.
- Bill, R.; Zehner, M. L.; Verein der Geoinformationswirtschaft Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (2021): GeoForum MV 2021 – Geoinformation in der öffentlichen Daseinsvorsorge: Tagungsband zum 17. GeoForum MV: Warnemünde, 1. und 2. September 2021, Bildungs- und Konferenzzentrum des Technologieparks Warnemünde. Hamburg: tredition GmbH.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2006): Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland.
- Burgdorf, M.; Krischusky, G.; Müller-Kleißler, R. (2015): Indikatoren zur Nahversorgung. Erreichbarkeit von Gütern und Dienstleistungen des erweiterten täglichen Bedarfs. In: BBSR-Analysen Kompakt: 2193-5017, Nr.10/2015. Bonn.
- Einig, K.; Zaspel-Heisters, B. (2016): Das System Zentraler Orte in Deutschland. In: Greiving, S.; Flex, F. (Hrsg.): Neuaufstellung des Zentrale-Orte-Konzepts in Nordrhein-Westfalen: 3-19. <http://d-nb.info/1117718107/34> (Zugriff: 28.07.2022).
- Gemeinsamer Bundesausschuss (2021): Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Bedarfsplanung sowie Maßstäbe zur Feststellung von Überversorgung und Unterversorgung in der vertragsärztlichen Versorgung (Bedarfsplanungs-Richtlinie).
- Ilius, J.; Roßner, M.; Pieper, J.; Schweikart, J. (2016): Erreichbarkeitsanalysen als Grundlage kommunaler Planung - Ergebnisse und Potenziale von GIS-Analysen am Beispiel der Versorgungssituation mit Spielplätzen in Berlin-Pankow. In: gis. Science 29: 77-85.

- Kirschke, T.; Benndorf, F. (2012): Sportstätten im demografischen Wandel. GIS-gestützte Analyse der zukünftigen Tragfähigkeit von Sportstätten. In: VDVmagazin 63(3): 202-206.
- Landeshauptstadt München, Referat für Bildung und Sport (2019): Bestand und Prognosen für die öffentlichen Münchner Realschulen und Gymnasien. <https://risi.muenchen.de/risi/dokument/v/5465418> (Zugriff: 28.07.2022).
- Mause, K. (2018): Daseinsvorsorge. In: Voigt, R. (Hrsg.): Handbuch Staat. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden: 415-421.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-20744-1\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-658-20744-1_37)
- Milstein, A. (2018) Daseinsvorsorge. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung: 361-373.
- Neumeier, S. (2018): Haus- und Facharzteerreichbarkeit in Deutschland. Regionalisierte Betrachtung auf Basis einer GIS-Erreichbarkeitsanalyse. In: Forum Wohnen und Stadtentwicklung 10: 39-45.
- Pajares, E.; Jehle, U. (2021): GOAT: Ein interaktives Erreichbarkeitsinstrument zur Planung der 15-Minuten-Stadt. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79: 265-273.  
DOI: <https://doi.org/10.26084/13dfns-p024>
- Pusch, C. (2020): Anwender im Fokus – Nutzerbeteiligung bei der Entwicklung des digitalen Daseinsvorsorgeatlas. In: Matthes, G.; Flämig, H.; Gertz, C. (Hrsg.): UrbanRural SOLUTIONS – Innovationen im regionalen Daseinsvorsorgemanagement durch Unterstützung von interkommunalen Kooperationen. Endbericht: 187-222, Readbox Publishing.
- Pütz, T.; Spangenberg, M. (2006): Zukünftige Sicherung der Daseinsvorsorge. Wie viele Zentrale Orte sind erforderlich? In: Informationen zur Raumentwicklung: 337-344.
- Pütz, T.; Lackmann, G. (2020): Erreichbarkeit von Akutkrankenhäusern für ausgewählte Indikationen. In: Informationen zur Raumentwicklung: 30-53.
- Spiekermann, K.; Wegener, M. (2012): Dimensionen der Erreichbarkeit – von global bis lokal. In: Raumplanung 165: 8-14.
- Stadt Zürich (2019): Die Freiraumversorgungsgrade der Stadt Zürich und ihre Berechnung. Methodenbeschrieb und Anwendung. [https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/zed/Deutsch/gsz\\_2/publikationen/beratung-und-wissen/publikationen/e-paper-pdfs/Freiraumversorgung\\_Method\\_Doku\\_20200115\\_200.pdf](https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/zed/Deutsch/gsz_2/publikationen/beratung-und-wissen/publikationen/e-paper-pdfs/Freiraumversorgung_Method_Doku_20200115_200.pdf) (Zugriff: 28.07.2022).
- Weingarten, P.; Steinführer, A. (2020): Daseinsvorsorge, gleichwertige Lebensverhältnisse und ländliche Räume im 21. Jahrhundert. In: Zeitschrift für Politikwissenschaft 30(4): 653-665. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41358-020-00246-z>

# Eine Methodik zur Ermittlung von Flächengerechtigkeit am Beispiel des Wrangelkiezes in Berlin

*Johannes Roderer, Oliver Schwedes, Till Uppenkamp, Martha Vobruba*

## Zusammenfassung

Die Aufteilung der Verkehrsflächen ist zentral für die Transformation des städtischen Verkehrs und der Schaffung von lebenswerten Quartieren. Öffentliche Verkehrsfläche als nur begrenzt verfügbare Ressource wird, entgegen einer nachhaltigen Zielsetzung, überwiegend durch den motorisierten Individualverkehr (MIV) beansprucht. Als Grundlage für eine nachhaltige Quartiers- und Verkehrsentwicklung, die mehr Platz für Fuß- und Radverkehr und Aufenthaltsqualität einräumt, ist eine Bestandsaufnahme und -bewertung der Verkehrsflächenverteilung erforderlich.

Der vorliegende Beitrag stellt eine Methodik vor, um die, im Hinblick auf eine nachhaltige Zielsetzung, ungerechte Flächenverteilung aufzuzeigen und Handlungserfordernisse zur Anpassung des Straßenraums abzuleiten. Aufgrund der Korrelation von Flächen- und Umweltgerechtigkeit wird eine Integration des Themas als eigenständiger Indikator in die Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption angeregt.

Die Methodik wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Nahmobilitätskonzept Wrangelkiez“ entwickelt und angewandt. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr aus Mitteln des Nationalen Radverkehrsplans finanziert.

**Schlagwörter:** Flächengerechtigkeit, Verkehrsflächenanalyse, Umweltgerechtigkeit, Nahmobilität, Mobilitätswende

## 1 Einführung

Angesichts aktueller Herausforderungen wie der Klima- und Energiekrise sowie dem Anspruch an lebenswerte Städte ist die Umgestaltung des Straßenraums zur Ermöglichung einer nachhaltigen Mobilität und Steigerung der Aufenthaltsqualität erforderlich. In Berlin gibt das Mobilitätsgesetz den rechtlichen Rahmen für die zukünftige Ausgestaltung von Verkehr und Stadtraum vor. So ist das Ziel eine nachhaltige Verkehrsentwicklung, die die „Bewahrung und Weiterentwicklung eines [...] stadt-, umwelt-, sozial- sowie klimaverträglich ausgestalteten, sicheren, barrierefreien Verkehrssystems“ (vgl. § 1 Satz 1 MobG BE) vorsieht.

Fuß- und Radverkehr sind entscheidende Bausteine für die Mobilitätswende. Sie sind besonders umwelt- und klimafreundlich, flächensparend und gesundheitsfördernd. Zudem ermöglichen sie – als Basismobilität – gesellschaftliche Teilhabe für die allermeisten



Menschen. Für eine komfortable und sichere Fortbewegung zu Fuß und mit dem Fahrrad sind daher entsprechende Flächenangebote bereitzustellen. Da öffentliche Verkehrsfläche zugleich einen großen Teil der Fläche des öffentlichen Raums ausmacht, wirkt sich die Bereitstellung von Flächen langsamer und stadtverträglicher Fortbewegungsformen positiv auf die Aufenthalts- und Lebensqualität vor Ort aus.

Entgegen dieser Zielsetzung steht die Verkehrsfläche aktuell zum überwiegenden Teil für das Fahren und Abstellen von Pkw zur Verfügung. Aufgrund seiner ineffizienten Nutzung sowie seiner vielen negativen Folgen für Umwelt, Gesundheit, Volkswirtschaft und Stadtgestalt konterkariert das Automobil eine nachhaltige Entwicklung. Ein zentraler Dreh- und Angelpunkt der Transformation des städtischen Verkehrs und der Schaffung von lebenswerten Quartieren ist somit eine Umverteilung der nur begrenzt verfügbaren Verkehrsflächen – zulasten der MIV-Flächen!

Als Grundlage für die nachhaltige Quartiers- und Verkehrsentwicklung ist eine Bestandsaufnahme und -bewertung der Verkehrsflächenverteilung erforderlich. Der vorliegende Beitrag stellt eine Methodik vor, um die im Hinblick auf eine nachhaltige Zielsetzung ungerechte Flächenverteilung aufzuzeigen und Handlungserfordernisse zur Anpassung des Straßenraums abzuleiten. Die Methodik wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Nahmobilitätskonzept Wrangelkiez“ entwickelt und angewandt. Das methodische Vorgehen und die exemplarische Anwendung auf den Wrangelkiez in Berlin-Kreuzberg werden im Folgenden vorgestellt.

### **Flächen- und Umweltgerechtigkeit**

Verkehrsflächenverteilung – und die damit einhergehende Art und Intensität des Verkehrs sowie die Nutzbarkeit der Flächen für Begegnung, Erholung, Kommunikation etc. – weist Wechselwirkungen mit gesundheitsrelevanten Umweltbelastungen und -ressourcen entsprechend der Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption auf (SenUVK 2019). Denn eine nachhaltige Verkehrsflächenverteilung begünstigt einerseits eine Reduzierung des Autoverkehrs und damit bspw. eine Reduzierung der lokalen Lärm- und Luftschadstoffemissionen. Andererseits werden Fuß- und Radverkehr begünstigt, wodurch eine positive Wirkung u. a. auf die Gesundheit einhergeht. Aufgrund dieser Korrelationen wurde die Flächengerechtigkeitsanalyse entwickelt, um als zusätzlicher Indikator in die Berliner Umweltgerechtigkeitsanalyse aufgenommen zu werden.

## **2 Untersuchungsgebiet**

Der Wrangelkiez befindet sich im Osten von Berlin-Kreuzberg. Es handelt sich um ein stark verdichtetes Gründerzeitquartier mit einer hohen Nutzungsintensität im öffentlichen Raum. Die bestehende Verkehrsflächenverteilung zugunsten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) steht im Widerspruch zum Mobilitätsverhalten der Menschen

vor Ort. Nur 17 % der Einwohnenden besitzen ein Kfz (Gruppe Planwerk GmbH, Hoffmann Leichter Ingenieurgesellschaft mbH 2022: 4) und bei rd. 85 % der Wege werden die Verkehrsmittel des Umweltverbundes genutzt (Gerike et al. 2019: 44).



*Abb. 1: Verkehrsberuhigter Bereich Wrangelstraße: Beanspruchung des Straßenraums durch den Kfz-Verkehr (Quelle: eigene Darstellung)*

Die meisten Straßen des zwischen Spree und Görliitzer Park gelegenen Quartiers sind zwar bereits seit den 1980er-Jahren als verkehrsberuhigter Bereich ausgewiesen. Die bauliche Gestaltung des Straßenraums und das damit eng verbundene Verkehrsverhalten im MIV stehen jedoch nicht im Einklang mit den Regelungen eines verkehrsberuhigten Bereichs. Anstatt der Aufenthaltsfunktion überwiegt die Durchgangsfunktion und das Abstellen von Pkw – auch außerhalb der gekennzeichneten Bereiche, z. B. in Einfahrts- und Kreuzungsbereichen oder in zweiter Reihe. Die prinzipiell gleichberechtigte Nutzbarkeit der gesamten Straßenfläche mit Vorrang des Fußverkehrs wird durch das Nichteinhalten der geltenden Schrittgeschwindigkeit und der Menge fahrender und stehender Kfz unterminiert. Durch diese Dominanz des MIV werden Fuß- und Radverkehr sowie andere wichtige Nutzungen des öffentlichen Raums an die Ränder, auf zu kleine Flächen, gedrängt. Die Flächenverteilung im Kiez widerspricht somit sowohl dem aktuellen Mobilitätsverhalten als auch den Ansprüchen einer anzustrebenden nachhaltigen Mobilität.

### 3 Methodik

Die entwickelte Methodik verfolgt das Ziel, Ungerechtigkeiten bei der Verkehrsflächenverteilung im Sinne der nachhaltigen Zielsetzung aufzuzeigen und Handlungserfordernisse für die Umverteilung der Verkehrsflächen darzulegen. Dazu wird die bestehende Flächenverteilung in Bezug auf die Anforderungen einer nachhaltigen Mobilität unter Berücksichtigung von stadträumlichen Qualitäten und sozialen Aspekten bewertet. Die Untersuchung bezieht sich räumlich auf das Gebiet des Planungsraums (PLR) Wrangelkiez in der Berliner Systematik der lebensweltlich-orientierten Räume, teilweise wurden angrenzende Straßen aufgrund ihrer räumlich-funktionalen Verknüpfung miteinbezogen.

Die Vorgehensweise lässt sich in folgende drei Schritte gliedern:

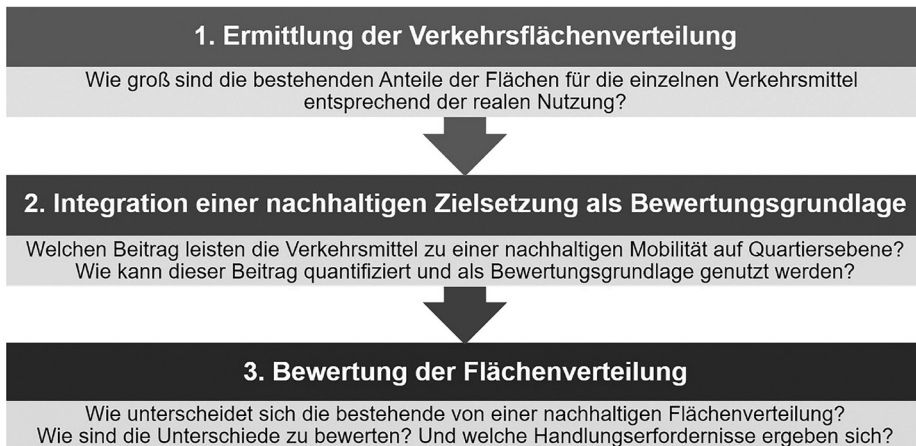


Abb. 2: Schritte der Analyse der Verkehrsflächenverteilung (Quelle: eigene Darstellung)

### 3.1 Ermittlung der Verkehrsflächenverteilung

Auf Grundlage bestehender Geodaten (Geoportal Berlin 2014) werden zunächst die Größen der Verkehrsflächen für die Hauptverkehrsmittel erhoben. Untersucht werden dabei alle öffentlichen Verkehrsflächen im Wrangelkiez und, auf einer weiteren Bearbeitungsebene, die Flächen einzelner repräsentativer Straßen.

Bei dem verwendeten Datensatz „Straßenbefahrung 2014“ handelt es sich um eine vermessungstechnische Straßenbefahrung aus den Jahren 2014 und 2015, bei der der gesamte öffentliche Straßenraum Berlins erfasst und digitalisiert wurde. Das Ergebnis – ein digitales Abbild des öffentlichen Straßenraums – umfasst das Haupt- und Nebenstraßennetz sowie teilweise Wege in öffentlichen Parkanlagen. Der digitale Datensatz enthält Straßenobjekte, Verkehrszeichen und Verkehrsflächen (SenUVK 2014). Um die Aktualität der vorhandenen Daten zu überprüfen, wurden im Rahmen der eigenen Untersuchung aktuelle Luftbilder analysiert und Begehungen durchgeführt. Aufgrund festgestellter Abweichungen zwischen den Daten und der Situation vor Ort mussten einzelne Flächenzuordnungen aktualisiert werden. Bspw. entstanden neue Fahrradschutzstreifen auf einer Straße oder bei der Befahrung in 2014 erfasste Baustellen waren mittlerweile wieder als Verkehrsfläche nutzbar.

Den Geodaten lag bereits eine grundsätzliche Zuordnung der Flächen zu den Verkehrsmitteln zugrunde, die der straßenrechtlichen Widmung entspricht. Aufgrund des festgestellten, der Widmung widersprechenden Nutzungsverhaltens erschien es erforderlich, v. a. bei Mischverkehrsflächen eine differenzierte Zuordnung vorzunehmen. Die zwischen Fahrbahn und Parkstreifen gelegenen Fahrradschutzstreifen im Untersuchungsgebiet werden bspw. häufig durch Kfz überfahren bzw. zum Halten und Parken genutzt.

Diese Flächen werden daher nur zur Hälfte dem Radverkehr zugeordnet. Die andere Hälfte wird dem MIV zugeordnet.

Die Fahrbahnen im verkehrsberuhigten Bereich sind gem. StVO durch Kfz-, Radverkehr und mit Vorrang durch den Fußverkehr nutzbar. Aufgrund des Fahrverhaltens des Kfz-Verkehrs und der raumgreifenden Präsenz des ruhenden Kfz-Verkehrs – auch in zweiter Reihe – wird eine sichere und bedarfsgerechte Fortbewegung für Radfahrende und Zu Fußgehende auf der Fahrbahn nicht garantiert. Deshalb werden die Fahrbahnflächen im verkehrsberuhigten Bereich vollständig dem MIV zugeordnet.

Die Fußverkehrsflächen im Wrangelkiez werden teilweise durch Nutzungen wie Außengastronomie, Einzelhandel, Technik oder abgestellte Fahrräder oder E-Scooter beansprucht. Auf Grundlage von Daten zu genehmigten Sondernutzungsflächen und Messungen vor Ort konnte für den gesamten Kiez eine Beanspruchung der Fußverkehrsfläche durch technische, kommerzielle und andere Nutzungen von rd. 10 % ermittelt werden. Diese werden im Folgenden begrifflich als Fläche für Sondernutzungen zusammengefasst.

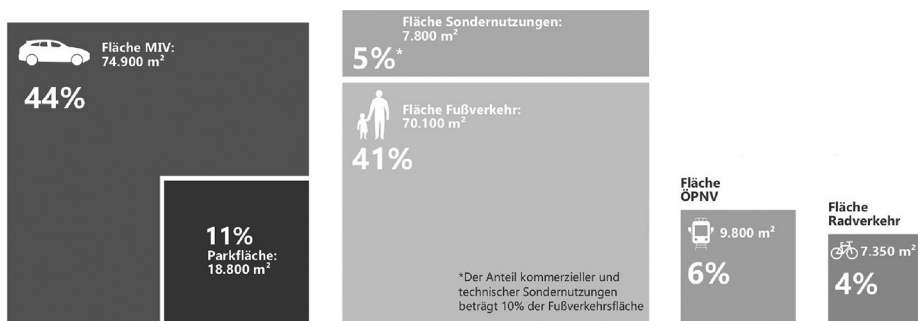


Abb. 3: Gegenüberstellung der Größen und Anteile der Verkehrsflächen im Wrangelkiez nach Verkehrsmittel (Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Geoportal Berlin 2019)

Unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten und des Verkehrsverhaltens konnte die Verteilung der Verkehrsflächen entsprechend der realen Nutzung ermittelt werden. Den kleinsten Anteil haben der Radverkehr mit rd. 4 % und der ÖPNV mit rd. 6 %. Den größten Anteil haben die Flächen des MIV mit 44 %. Dabei nimmt das Parken alleine 11 % der gesamten Verkehrsfläche ein – eine Fläche, größer als die von Radverkehr und ÖPNV zusammen! Die Fläche des Fußverkehrs liegt mit 41 % auf dem zweiten Platz. Hierbei mussten 10 % der Fußverkehrsfläche bzw. 5 % der gesamten Verkehrsfläche aufgrund der erhobenen Sondernutzungen abgezogen werden. Dieser Flächenanteil steht nicht für eine verkehrliche Nutzung zur Verfügung.

### 3.2 Integration einer nachhaltigen Zielsetzung als Bewertungsgrundlage

Im zweiten Schritt der Untersuchung wird als Grundlage für die Bewertung der Flächenverteilung eine nachhaltige Idealverteilung für die Verkehrsmittelnutzung ermittelt. Dazu werden die vier Hauptverkehrsmittel durch eine Nutzwertanalyse anhand von Nachhaltigkeitskriterien bewertet. Die Summe der vergebenen Punkte gibt den jeweiligen Beitrag zur Verwirklichung der Zielsetzung wider, der – in Relation zueinander gebracht – die anzustrebenden Anteile für die Verkehrsmittelnutzung ergibt. Durch die anschließende Verwendung der Idealverteilung als Maßstab für die Bewertung der Flächenverteilung gelingt es, die Zielsetzung einer nachhaltigen urbanen Mobilität in die Untersuchung zu integrieren.

Bei der durchgeführten Nutzwertanalyse der Verkehrsmittel handelt es sich um eine vereinfachte Nutzwertanalyse, die eine Kombination von unterschiedlichen quantitativen und qualitativen Zielkriterien ermöglicht (BMI 2007). Es wird von einer gleichbedeutenden Wichtigkeit der Kriterien ausgegangen. Als Zielkriterien wurden die Indikatoren für eine nachhaltige urbane Mobilität (Sustainable Urban Mobility Indicators – SUMI) der Europäischen Kommission zugrunde gelegt. Diese wurden entwickelt, um Städte und Stadtteile in Bestand und Planung evaluieren und dokumentieren zu können. Sie eignen sich daher zur Bewertung von Mobilität im urbanen Kontext entsprechend eines integrierten Ansatzes (Europäische Kommission 2021). Zur Verwendung bei der Nutzwertanalyse wurden die SUMI ins Deutsche übersetzt und zu Zielkriterien umformuliert. Bei großen thematischen Überschneidungen wurden die Indikatoren kombiniert. Aufgrund eines fehlenden Fokus auf Verkehrsmittel wurden drei der SUMI nicht verwendet. Die beiden Kriterien Flächenversiegelung (A.4) und Wahrscheinlichkeit der sozialen Begegnung (B.5) wurden aufgrund ihrer hohen ökologischen und sozialen Relevanz für die nachhaltige urbane Mobilität ergänzt. Thematisch sind die Indikatoren in vier Kategorien „Umwelt- und Klimaschutz“, „Soziale Funktionen und stadträumliche Qualitäten“, „Gesundheit und Verkehrssicherheit“ sowie „Verkehr und Ökonomie“ zugeordnet.

Tab. 1: Exemplarische Zielkriterien der Nutzwertanalyse in den vier Kategorien

Zielkriterien A <b>Umwelt- und Klimaschutz</b>	z. B. Treibhausgase, Lärmemissionen, Flächenversiegelung
Zielkriterien B <b>Soziale Funktionen und stadträumliche Qualitäten</b>	z. B. Kosten, räumlich-physische Barrieren, stadträumliche Sensibilität
Zielkriterien C <b>Gesundheit und Verkehrssicherheit</b>	z. B. Unfallgefährdung anderer, Vulnerabilität gegenüber Unfällen, körperliche Aktivität
Zielkriterien D <b>Verkehr und Ökonomie</b>	z. B. Reichweite /Verkehrsleistung, Material- und Energieverbrauch, Flächenbeanspruchung

Um einen Schwerpunkt auf den für die Mobilitätswende im Quartier besonders wichtigen Aspekten Umwelt, Soziales und Stadtraum zu legen, besteht eine größere Anzahl an Indikatoren in den entsprechenden Kategorien.

Im Gegensatz zur Methodik der Europäischen Kommission wurden die Werte bei den Indikatoren nicht rechnerisch ermittelt. Die Bewertung beruht auf der Auswertung verschiedener Quellen wie z. B. dem Bericht des Umweltbundesamtes zur Ökologischen Bewertung von Verkehrsarten (UBA 2020) sowie eigener Einschätzungen. Bei den einzelnen Indikatoren wurden Punkte von 0 bis 3 (nicht erfüllt; gerade noch erfüllt; positiv; sehr positiv) in Relation der Verkehrsmittel zueinander vergeben. Beim Indikator „Treibhausgasausstoß“ (Emissionen je Personenkilometer) schneidet der MIV bspw. am schlechtesten ab und erhält keine Punkte. Fuß- und Radverkehr erhalten in Relation dazu die volle Punktzahl. Beim Indikator „Reichweite / Verkehrsleistung“ verhält es sich nahezu umgekehrt, sodass der Fußverkehr keine Punkte und MIV und ÖPNV jeweils 3 Punkte erhalten.

Das Ergebnis der Nutzwertanalyse ist ein Ranking der Verkehrsmittel hinsichtlich ihres Beitrags zur nachhaltigen urbanen Mobilität. Der Fußverkehr, dicht gefolgt vom Radverkehr, trägt im höchsten Maße zur Zielsetzung bei. Der MIV hingegen schneidet am schlechtesten ab und kann lediglich bei den Indikatoren subjektive Sicherheit, Reichweite und Vulnerabilität bei Unfällen punkten. Der ÖPNV liegt im Mittelfeld. Im direkten Vergleich mit dem MIV schneidet er zwar unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten besser ab. Unter Berücksichtigung von Fuß- und Radverkehr fallen Aspekte wie Lärmemissionen, Kosten, Barrierefreiheit und subjektive Sicherheit sowie die Anfälligkeit für Verspätungen stärker ins Gewicht.

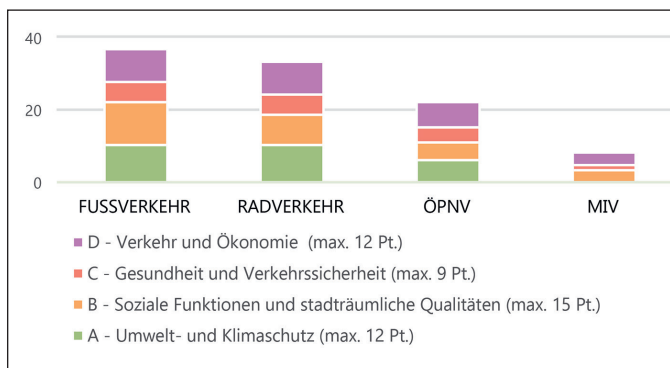


Abb. 4: Ergebnis der Nutzwertanalyse der Verkehrsmittel nach Nachhaltigkeitskriterien – Punktevergabe als Balkendiagramm (Quelle: eigene Darstellung)

Werden die Summen der für die einzelnen Verkehrsmittel vergebenen Punkte in

Beziehung zueinander gesetzt, entsteht eine gewichtete Rangfolge der Verkehrsmittel entsprechend ihrer Bedeutung für die nachhaltige urbane Mobilität. Insgesamt wurden 100 Punkte vergeben: Fußverkehr 37 Punkte, Radverkehr 33 Punkte, ÖPNV 22 Punkte und MIV 8 Punkte.

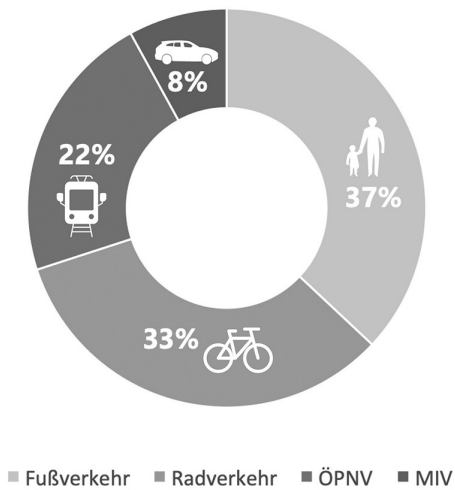


Abb. 5: Ermittelte nachhaltige Idealverteilung für die Nutzung der vier Hauptverkehrsmittel (Quelle: eigene Darstellung)

Die resultierenden prozentualen Anteile stellen die nachhaltige Idealverteilung der Verkehrsmittelnutzung in Stadtquartieren dar. Aufgrund der zentralen Funktion von Verkehrsfläche als Anreiz für die Verkehrsmittelnutzung wird die ermittelte Idealverteilung als Maßstab für die Bewertung der bestehenden Verkehrsflächenverteilung verwendet. Grundsätzlich ist dabei jedoch zu beachten, dass für eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens weitere Maßnahmen erforderlich sind.

Um die Plausibilität der ermittelten nachhaltigen Idealverteilung zu überprüfen und einordnen zu können, kann diese dem aktuellen Modal Split (2018) und einem Ziel-Modal-Split des Landes Berlin für den Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg gegenübergestellt werden.

Tab. 2: Vergleich der ermittelten nachhaltigen Idealverteilung für die Verkehrsmittelnutzung mit dem Modal Split für den Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg 2018 und 2030

Verkehrsmittel	Status quo (2018) <sup>1)</sup>	Zielsetzung Land Berlin (2030) <sup>2)</sup>	Nachhaltige Idealverteilung <sup>3)</sup>
Fußverkehr	33 %	33 %	37 %
Radverkehr	28 %	32 %	33 %
ÖPNV	26 %	27 %	22 %
MIV	14 %	8 %	8 %

(Quellen: 1): Gerike et al. 2019: 44; 2): eigene Daten auf Grundlage von SenUVK 2021: 17; 3): eigene Daten auf Grundlage von Europäische Kommission 2021)

Im Vergleich zeigt sich, dass die Idealverteilung auf Basis der EU-Indikatoren eine plausible Zielrichtung für eine Veränderung der Verkehrsmittelnutzung darstellt, die große Ähnlichkeiten mit der Zielsetzung des Landes Berlin aufweist. In beiden Fällen wird der Anteil der MIV-Nutzung auf 8 % reduziert und der Anteil des nicht-motorisierten Verkehrs (NMIV) gesteigert. Die nachhaltige Idealverteilung sieht jedoch einen noch höheren Anteil des NMIV, insbesondere beim Fußverkehr, vor. Durch eine leichte Reduzierung des ÖPNV-Anteils offenbart sich außerdem der der Idealverteilung inhärente Fokus auf soziale, ökologische und stadträumliche Aspekte.

### 3.3 Bewertung der bestehenden Flächenverteilung

Nach der Ermittlung der Flächen und der nachhaltigen Idealverteilung folgt im dritten Schritt die Bewertung der Flächenverteilung. Dazu werden die Anteile der Verkehrsmittel bei der Fläche und der Idealverteilung einander gegenübergestellt. Die sich ergebenden Abweichungen ermöglichen es, Schlüsse über den Zustand der Verkehrsflächenverteilung hinsichtlich ihres Beitrags zu einer nachhaltigen urbanen Mobilität zu ziehen. Zur Bewertung der Ergebnisse werden die Werte der Abweichung entsprechend der Logik der Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption, einer dreistufigen Skala zugeordnet. Die drei Stufen – hohe, mittlere und niedrige Belastung – veranschaulichen sowohl die bestehende Belastung der Menschen durch eine Über- und Unterdimensionierung der Flächen, als auch das dadurch begründete Handlungserfordernis.

#### Bewertung der Verkehrsflächen des gesamten Wrangelkiezes

Bei der Anwendung auf den Gesamtkiez werden deutliche Abweichungen zwischen der bestehenden Flächenverteilung und der anzustrebenden nachhaltigen Idealverteilung deutlich. Die größten Abweichungen liegen bei der Radverkehrsfläche und der MIV-Fläche vor: die Radverkehrsfläche ist um rd. 30 % unterdimensioniert und die MIV-Fläche um 36 % überdimensioniert. Die ausgehende Belastung und der Handlungsbedarf sind entsprechend hoch. Beim Fußverkehr ergibt sich, auch unter Berücksichtigung der erhobenen Sondernutzungen der Flächen, ein leichtes Plus. Angesichts der multifunktionalen Anforderungen an die Fläche werden die Belastung und der Handlungsbedarf dennoch als niedrig eingestuft. Beim ÖPNV besteht rechnerisch ebenfalls ein relativ großes Defizit. Aufgrund der teilweise straßenunabhängigen Führung des ÖPNV im Untersuchungsgebiet als Hochbahn werden Belastung und Handlungsbedarf als mittel eingestuft.

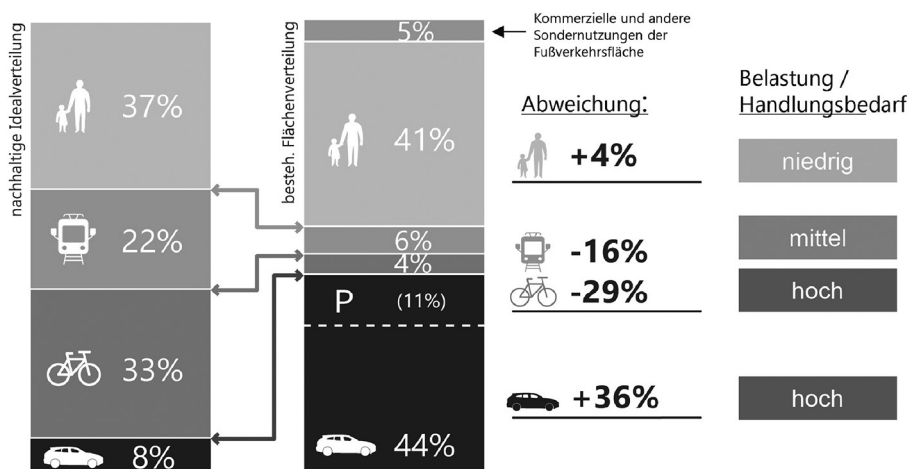


Abb. 6: Gegenüberstellung der bestehenden Flächen und der nachhaltigen Idealverteilung, Ermittlung der Abweichungen sowie Einordnung in Belastungsstufen. Gesamter Wrangelkiez. (Quelle: eigene Darstellung)



## **Bewertung einer repräsentativen Straße**

Bei der Anwendung der Methodik auf eine einzelne Straße – die zentrale Wohn- und Geschäftsstraße Wrangelstraße – zeigen sich noch deutlichere Abweichungen. Da die Straße keine ÖPNV-Flächen aufweist, wird die Idealverteilung ohne ÖPNV-Anteil zugrunde gelegt. Der ÖPNV-Anteil wird dazu auf die anderen Verkehrsmittel, entsprechend der Verkehrsmittelnutzung auf dem Weg zur Haltestelle, verteilt. So kommen dem Fußverkehr 95 % des ÖPNV-Anteils zu (Kosok et al. 2019: 2). Beim Vergleich mit der bestehenden Flächenverteilung zeigt sich, dass die Fußverkehrsfläche um rd. -20 %, die Radverkehrsfläche um rd. -30 % und die MIV-Fläche um +47 % von der nachhaltigen Idealverteilung abweicht. Bei allen drei Verkehrsarten besteht demnach eine hohe Belastung für die Menschen und ein entsprechender Handlungsbedarf für eine Neuaufteilung des öffentlichen Straßenraums.

## **4 Ausblick**

Zusätzlich zur Identifizierung von belasteten Straßenbereichen und der Begründung von Handlungsbedarfen kann die Methodik bei der Planung genutzt werden, um den Beitrag von Maßnahmen zu einer nachhaltigen Flächenverteilung abschätzen zu können. Zur Ergänzung wird hierbei empfohlen, die tatsächliche Nutzung der Flächen nach Umsetzung der Maßnahme zu evaluieren. Hierzu sollte die rechnerische Ermittlung der Auswirkungen auf die Flächengerechtigkeit um Erhebungen wie Raumbesichtigungen ergänzt werden. Dadurch kann überprüft werden, ob das Verkehrsverhalten im Einklang mit der Planung (z. B. straßenrechtliche Widmung) steht und insofern die volle Wirkung für eine nachhaltige Mobilität entfaltet werden kann. Gegebenenfalls muss durch weitere ordnungsrechtliche oder bauliche Maßnahmen nachjustiert werden.

## **5 Fazit**

Die entwickelte Flächengerechtigkeitsmethodik eignet sich für die Ermittlung der Verkehrsflächen und deren Bewertung im Sinne einer nachhaltigen urbanen Mobilität. Durch die Integration der sozialen, ökologischen, stadträumlichen und ökonomischen Kriterien in die Untersuchung können bestehende Belastungen durch die Flächenverteilung im Hinblick auf die Zielsetzung identifiziert und Handlungserfordernisse für eine Umverteilung aufgezeigt werden. Dabei wird nicht der Anspruch erhoben, exakte Zielgrößen für die Flächenumgestaltung zu ermitteln. Vielmehr handelt es sich bei den Ergebnissen um Größen, die eine allgemeine Zielrichtung der Flächenumverteilung vorgeben.

Grundsätzlich liegt der Fokus der Vorgehensweise auf der Quartierebene in urbanen Räumen. Im Unterschied zu den kurzen Wegen in stark verdichteten Innenstadtquartieren wie dem Wrangelkiez sind die Alltagsdistanzen in weniger stark besiedelten Gebieten

oft größer. Obwohl eine nachhaltige, sozial-ökologisch orientierte Verkehrsentwicklung dort eine gleichbedeutende Rolle spielt, müssen sich Aspekte wie soziale Interaktionen, Wahrnehmung des Stadtraums oder subjektives Sicherheitsempfinden bei der Verkehrsmittelnutzung den Aspekten Reichweite und Verkehrsleistung unterordnen. Im Ergebnis würde der ÖPNV in Gebieten mit einer weniger vielfältigen Mischung aus Wohnen, Arbeit, Soziales und Freizeit eine größere Bedeutung haben als der NMIV. Dementsprechend besteht Forschungsbedarf, um eine nachhaltige Idealverteilung für verschiedene Stadtraumtypologien zu ermitteln, wobei eine unterschiedliche Gewichtung der Zielkriterien zum Tragen kommen könnte.

Des Weiteren ist die Methodik hinsichtlich der Einordnung der Bewertungsergebnisse in Belastungsstufen weiterzuentwickeln. Durch vergleichende Untersuchungen anderer Quartiere kann die Skala kalibriert werden, wodurch sie an Aussagekraft gewinnen würde.

Aufgrund der Korrelation von Verkehrsfläche mit den mikroklimatischen Bedingungen im Quartier und den ermittelten Flächenpotenzialen durch die Überdimensionierung der MIV-Fläche wäre die Einbeziehung von Flächenbedarfen für die Klimafolgenanpassung (blaue und grüne Infrastruktur/Schwammstadt) zudem eine wichtige Ergänzung der Methodik, um einer ganzheitlichen nachhaltigen Verkehrs- und Quartiersentwicklung gerecht zu werden.

## 6 Literatur

BMI – Bundesministerium des Innern und für Heimat (2007) Qualitative Bewertungsmethoden.

[https://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6\\_Methoden-Techniken/65\\_Wirtschaftlichkeitsuntersuchung/652\\_Qualitative/qualitative-node.html](https://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6_Methoden-Techniken/65_Wirtschaftlichkeitsuntersuchung/652_Qualitative/qualitative-node.html) (Zugriff: 22.02.2022).

Europäische Kommission (2021): Sustainable Urban Mobility Indicators (SUMI).

[https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/sumi\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/sumi_en) (Zugriff: 09.03.2022).

Geoportal Berlin (2014): Geoportal Berlin/Straßenbefahrung 2014.

<https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp> (Zugriff: 18.03.2022).

Gerike, R.; Hubrich, S.; Ließke, F.; Wittig, S.; Wittwer, R. (2019): Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“ in Berlin (Friedrichshain-Kreuzberg), Dresden.

[https://www.berlin.de/sen/uvk/\\_assets/verkehr/verkehrsdaten/zahlen-und-fakten/mobilitaet-in-staedten-srv-2018/berlin\\_tabellen\\_friedrichshain-kreuzberg.pdf](https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/verkehr/verkehrsdaten/zahlen-und-fakten/mobilitaet-in-staedten-srv-2018/berlin_tabellen_friedrichshain-kreuzberg.pdf) (Zugriff: 18.03.2022).

Gruppe Planwerk GmbH; Hoffmann Leichter Ingenieurgesellschaft mbH (2022): Machbarkeitsuntersuchung Verkehrswende Wrangelkiez: Ergebnisbericht/Dokumentation. Stand 01/2022.

- Kosok, P.; Mayadoux, A.; Raudszus, A.; Täubert, K. (2019): Zu Fuß zur Haltestelle: Leitfaden für gute Wege zur Haltestelle, Berlin.  
[https://www.vcd.org/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/Themen/Fussverkehr/Zu\\_Fuss\\_zur\\_Haltestelle/VCD\\_Leitfaden\\_fuer\\_gute\\_Wege\\_zur\\_Haltestelle\\_2019.pdf](https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Fussverkehr/Zu_Fuss_zur_Haltestelle/VCD_Leitfaden_fuer_gute_Wege_zur_Haltestelle_2019.pdf)  
(Zugriff: 01.02.2022).
- Land Berlin (2018): Berliner Mobilitätsgesetz: MobG BE.  
<https://gesetze.berlin.de/bsbe/document/jlr-MobGBErahmen> (Zugriff: 23.07.2022).
- SenUVK – Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2014): Straßenbefahrung 2014 – (WMS).  
<https://daten.berlin.de/datensaetze/stra%C3%9Fenbefahrung-2014-wms>  
(Zugriff: 22.07.2022).
- SenUVK – Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2019) Basisbericht Umweltgerechtigkeit: Grundlagen für die sozialräumliche Umweltpolitik, Berlin.  
[https://datenbox.stadt-berlin.de/filr/public-link/file-download/8a8ae3ab73c9245d0173fc744ea3719c/2007/6593154860902717743/umweltgerechtigkeit\\_broschuere.pdf](https://datenbox.stadt-berlin.de/filr/public-link/file-download/8a8ae3ab73c9245d0173fc744ea3719c/2007/6593154860902717743/umweltgerechtigkeit_broschuere.pdf)  
(Zugriff: 09.03.2022).
- UBA – Umweltbundesamt (2020): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten: Abschlussbericht.  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_156-2020\\_oekologische\\_bewertung\\_von\\_verkehrsarten\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrsarten_0.pdf)  
(Zugriff: 15.02.2022).

# Auf dem Weg zur klimaneutralen Stadt 2030 – Quantifizierung des urbanen Solarpotenzials der Landeshauptstadt Dresden

*Martin Behnisch, Dirk Hladik, Markus Münzinger, Hanna Poglitsch*

## Zusammenfassung

Um das angestrebte Ziel der Klimaneutralität für die Landeshauptstadt Dresden zu erreichen, ist eine aktualisierte Betrachtung aller Potenziale von erneuerbaren Energien im Rahmen der Fortschreibung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes auf dem Stadtgebiet notwendig. Bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV) leistet einen hohen Beitrag an der erforderlichen Energiewende, für die eine Quantifizierung des technischen Potenzials nötig ist. Für das gesamte Stadtgebiet Dresdens wurde auf Grundlage eines virtuellen 3D-Stadtmodells die solare Einstrahlung auf allen Dach- und Fassadenflächen berechnet. Diese Modellierung ermöglicht, unter Anwendung flächenspezifischer Abschläge, eine qualifizierte Abschätzung des Photovoltaikpotenzials. Die Kombination der gebäudescharfen Solarpotenziale mit thematischen GIS-Datensätzen der Stadt Dresden und semantischen Attributen des 3D-Stadtmodells ermöglicht darüber hinaus eine detaillierte Auswertung nach verschiedenen Bauwerkskategorien und Nutzungstypen. Die Identifikation von Bauwerkskategorien mit großem Flächenpotenzial sowie die Berücksichtigung von Eigentumsstrukturen und Denkmalschutzaspekten bietet eine gezielte Unterstützung zur Aktualisierung der PV-Gebäudepotenziale in Dresden und zur Ableitung von konkreten Maßnahmen.

**Schlagwörter:** Klimaneutrale Stadt, Erneuerbare Energien, Solarpotenziale, Urbane Energie- und Klimaschutzkonzepte, Monitoring

## 1 Einführung

Energiekrise und Klimaziele, Atomausstieg und Ausbau der erneuerbaren Energien – um sich diesen aktuellen Krisen, Entwicklungen und Herausforderungen zu stellen, muss die Baubranche umweltgerechte, ressourcenschonende und energieeffiziente Lösungen anbieten und umsetzen. Aktuelle Studien zum zukünftigen, auf erneuerbaren Energien beruhenden, Energiesystem heben die Bedeutung von Photovoltaik für die Umsetzung der Transformation des Energiesystems hervor (Henning, Palzer 2013, 2015; Sterchele et al. 2020). In Deutschland wird im Jahr 2050 von einem Bedarf von 450 GWp an installierter elektrischer PV-Leistung ausgegangen, wovon etwa 300 GWp an Gebäuden installiert werden sollen (Eggers et al. 2020). Module der bauwerksintegrierten Photovoltaik (BIPV) können einen entscheidenden Beitrag leisten, indem diese als Teile der

Gebäudehülle in Form von Fassaden- oder Dachmodulen integriert werden. Ein großer Vorteil von BIPV gegenüber Photovoltaik-Freiflächenanlagen ist die verbrauchsnahe Stromproduktion. Zudem wird keine Fläche zur Aufstellung der Module beansprucht. Während viele Städte das Potenzial von Gebäudedächern zur solaren Energiegewinnung bereits in Solarkatastern führen und damit Anreize zur Installation von PV-Modulen schaffen, sind Gebäudefassaden bisher kaum adressiert (Fath et al. 2015). Die flächendeckende Verfügbarkeit von dreidimensionalen Daten zum Gebäudebestand ermöglicht es in jüngster Zeit, analog zum Potenzial der Dachflächen, auch Gebäudefassaden in Bezug auf ihre Eignung für BIPV einzuschätzen und damit die vertikale Stadt als solare Energiequelle perspektivisch stärker zu nutzen. Aktuell besteht ein enormer Bedarf an raumbezogenen Erkenntnissen, die der begründeten Entscheidungsfindung zum Ausbau von bauwerksintegrierter Photovoltaik dienen.

Vor diesem Hintergrund erfolgt in diesem Beitrag die Vorstellung von Resultaten aus der „PV-Gebäude-Potenzialstudie für die Landeshauptstadt Dresden“. Es handelt sich um die vertiefende modellbasierte kumulierte Ermittlung der theoretischen PV-Potenziale für einen urbanen Gebäudebestand mit engen Bezügen zu dem vom BMWi geförderten Forschungsprojekt „Standard-BIPV“ (Förderkennzeichen 0324063), welches neben raumbezogenen Analysen und Simulationen der Solarpotenziale als übergeordnetes Ziel die Entwicklung von standardisierten BIPV-Bauelementen mit integrierter elektrischer Systemtechnik verfolgt („Plug and Power“). Die Landeshauptstadt Dresden wurde zudem kürzlich als eine von hundert Städten für die EU-Mission «100 klimaneutrale und intelligente Städte bis 2030» ausgewählt. Gegenstand dieser Forschungs- und Innovationsmaßnahme sind saubere Mobilität, Energieeffizienz und grüne Stadtplanung (EC, 2022). Auch in Zusammenhang mit dieser Förderkulisse erlangt die Quantifizierung von urbanen Solarpotenzialen besondere Relevanz.

## **2 Ausgangssituation für die Landeshauptstadt Dresden**

Entgegen der Zielstellung des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts (IEK) der Landeshauptstadt Dresden (LHD) aus dem Jahre 2013 sank der Treibhausgasausstoß im Dresdner Stadtgebiet in den letzten Jahren kaum. Eine Emissionsreduktion um 41 Prozent wurde bereits in der ersten Beschlussfassung des IEK bis 2030 anvisiert. Im Jahr 2020 wurden vom Dresdner Stadtrat die Fortschreibung der formulierten Klimaschutzziele insgesamt und die Überarbeitung des bestehenden Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts beschlossen. Klimaschutz wird nach diesem Beschluss als kommunale Aufgabe von höchster Priorität definiert – dies sowohl für die Daseinsvorsorge der LHD als auch die städtischen Beteiligungsgesellschaften. Intensiviert wird der Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) unter Gesichtspunkten des Klimaschutzes, der Dämpfung der Energiepreisanstiege und im Hinblick auf die Unabhängigkeit im Sinne der Reduktion der Importabhängigkeit von Energieträgern bzw. zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit auf

dem Stadtgebiet der LHD. Raumbezogene Analysen der EE-Potenziale – insbesondere der Solarpotenziale – schaffen einen Mehrwert sowohl für städtische Akteure als auch Investoren im Stadtgebiet bzw. Adressaten inner- und außerhalb der Verwaltung und unterstützen die effiziente Erschließung dieser Potenziale. Die Fortschreibung des IEK berücksichtigt den technischen Fortschritt bei PV-Anlagen, die Veränderungen im urbanen Gebäudebestand der LHD und adressiert neben der Abschätzung von Potenzialen im Dachbereich nun auch erstmals die Fassadenpotenziale.

### **3 Modellierungsansatz für die urbanen Solarpotenziale**

Grundlage für die „PV-Gebäude-Potenzialstudie“ ist eine Modellierung der solaren Einstrahlung für die LHD, welche durch das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden und die Technische Universität München (TUM) im Rahmen des Forschungsprojekts „Standard-BIPV“ entstanden ist. Auf Grundlage des virtuellen 3D-Stadtmodells Dresden aus dem Jahr 2019 wurde die solare Einstrahlung auf allen Dächern und Fassaden der 135 583 enthaltenen Gebäude berechnet.

#### **3.1 Modellierung der solaren Einstrahlung**

Die Modellierung wurde mit dem am Lehrstuhl für Geoinformatik der TUM entwickelten Werkzeug zur Solarpotenzialanalyse auf Basis von semantischen 3D-Stadtmodellen durchgeführt (Willenborg et al. 2018). Als Berechnungsgrundlage wird auf den einzelnen Teilflächen (Dächer und Fassaden) des Gebäudemodells ein Raster aus Samplingpunkten erzeugt, bei dem der mittlere Punktabstand 2 m beträgt. Für jeden Samplingpunkt werden die direkte und die diffuse Strahlung berechnet, während die reflektierte Strahlung aktuell nicht berücksichtigt wird. Die Modellierung auf Basis semantischer 3D-Stadtmodelle ermöglicht die Berücksichtigung verschiedener 3D-Verschattungsobjekte. Für die vorliegende Strahlungsanalyse wurde die Verschattung durch die umliegende Bebauung, die Topographie sowie durch den urbanen Baumbestand berücksichtigt (Abb. 1). Die Berücksichtigung der Verschattung durch Bäume ist speziell für die Modellierung der Strahlungswerte auf Fassaden wichtig. Der urbane Baumbestand der Stadt Dresden konnte auf Basis von Laserscandaten flächendeckend modelliert und in das 3D-Stadtmodell integriert werden (Münzinger et al. 2022).

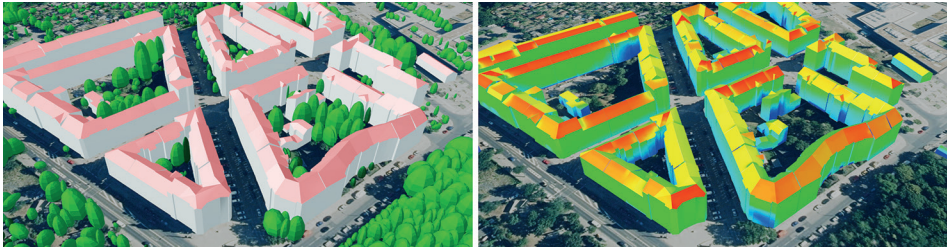


Abb. 1: Modellierung der solaren Einstrahlung. (a) Eingangsdaten der Modellierung: LoD2-Gebäudemodell und Baummodell. (b) Ergebnis dargestellt als Solartexturen auf den Gebäudeflächen. (Rot = hohe Strahlung, blau = geringe Einstrahlung) (Quelle: eigene Bearbeitung; Datenbasis: GeoSN, dl-de/by-2-0)

### 3.2 Ermittlung des möglichen Ertragspotenzials

Bei der Modellierung der solaren Einstrahlung wurden alle im Gebäudemodell vorhandenen Dächer und Fassaden berücksichtigt, ungeachtet ihrer möglichen Eignung zur Installation bauwerksintegrierter PV. Um eine qualifizierte Abschätzung des möglichen Ertrags vornehmen zu können, werden auf die berechnete Einstrahlung gebäude- und flächenspezifische Kriterien angewandt. Die einzelnen Potenzialbegriffe sowie die angewendeten Abschläge und Ausschlüsse sind in Abbildung 2 dargestellt und werden nachfolgend erläutert.

Als **theoretisches Potenzial** ist die auf einem Gebäude im Jahresverlauf auftreffende solare Einstrahlung unter Berücksichtigung von Gebäudemerkmalen und Ausschlussflächen definiert. Denkmalgeschützte Gebäude (11 % des Gesamtbestandes) werden von der Betrachtung ausgeschlossen, da an solchen nur nachrangig und in Ausnahmefällen PV-Module angebracht werden sollen. Ebenso werden alle Fassaden ohne südliche Ausrichtung ausgeschlossen, da diese vergleichsweise wenig Strahlung erhalten und für die konkreten Ausbaupläne nachrangigen Charakter haben. Der Ausschluss von Flächen unterhalb von 4 m dient dem präventiven Schutz vor Vandalismus. Die Mindestfläche von 7 m<sup>2</sup> schließt Teilflächen aus, die für eine Installation von PV-Modulen aufgrund ihrer geringen Größe weniger geeignet sind.

Das **theoretisch-technische Potenzial** ist als theoretisches Potenzial unter Anwendung flächenspezifischer Abschläge definiert. Im vorliegenden 3D-Gebäudemodell sind standardisierte Dachformen mit einer Höhengenaugigkeit von 1 m modelliert. Während Gauben und größere Aufbauten erfasst wurden, sind kleinere Aufbauten aufgrund der Modellkomplexität nicht modelliert. Die dadurch unberücksichtigten, solar nicht nutzbaren Bereiche, werden durch den Abschlag „Dachaufbauten“ erfasst. Der zusätzliche Abschlag für „Dachverschattung durch Aufbauten“ dient der Berücksichtigung der nicht modellierten Verschattung durch diese Aufbauten. Für Fassadenflächen werden die nicht nutzbaren Tür- und Fensterflächen berücksichtigt und ausgeschlossen.

Die Tatsache, dass eine Potenzialfläche in der Praxis meist nicht vollständig mit Modulen belegt werden kann, wird durch den Belegungsgrad berücksichtigt. Die Abschläge wurden basierend auf bisherigen Studien veranschlagt (Eggers et al. 2020) und nach Rücksprache mit der LHD an den bestehenden Datensatz angepasst.

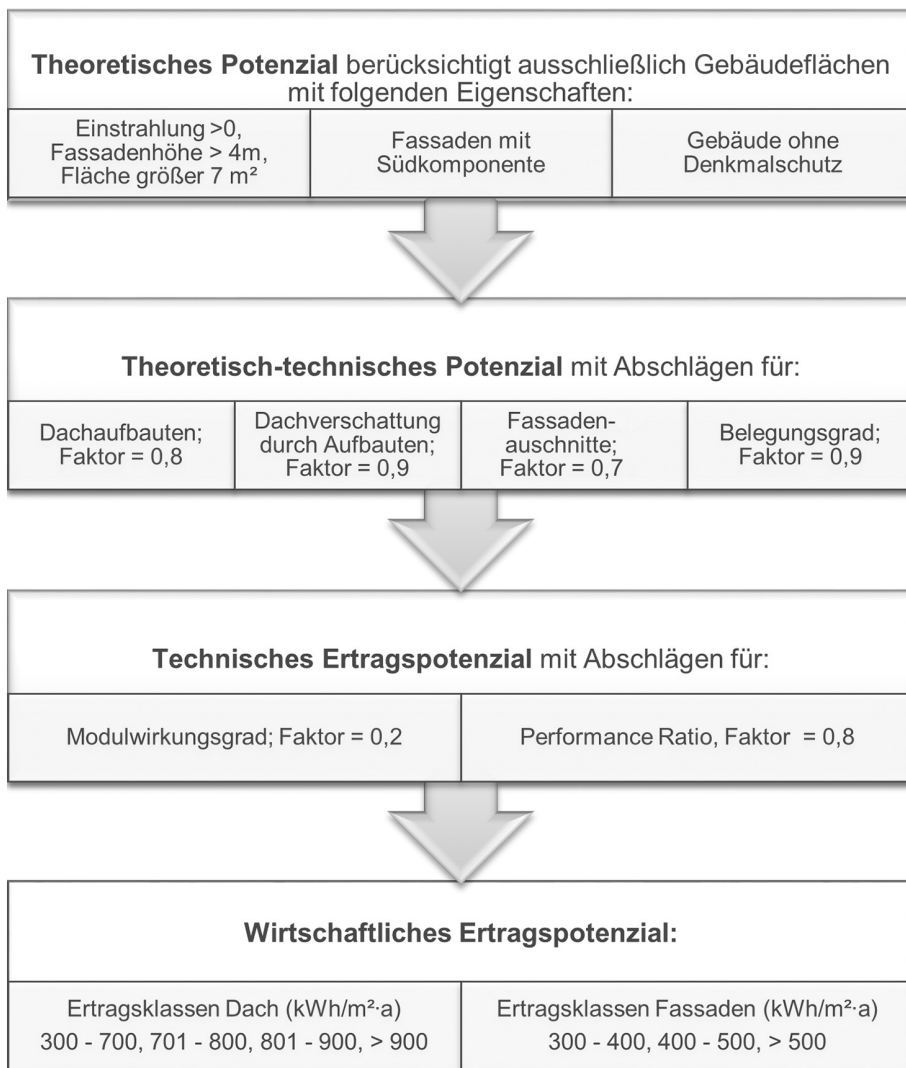


Abb. 2: Schrittweise Potenzialentwicklung vom theoretischen Einstrahlungspotenzial zum technischen und wirtschaftlichen Ertragspotenzial (Quelle: eigene Bearbeitung)

Das **technische Ertragspotenzial** ergibt sich über ein einfaches Ertragsmodell, welches den elektrischen Wirkungsgrad für PV-Module bei Auslegungsbedingungen sowie den mittleren jährlichen Wirkungsgrad für die restliche Installation über die „Performance Ratio“ berücksichtigt (Eggers et al. 2020).



Zur Betrachtung des **wirtschaftlichen Ertragspotenzials** wird das technische Ertragspotenzial nach Einstrahlungsklassen für Dächer und Fassaden ausgewiesen. Dadurch können in einer detaillierten Auswertung leicht erschließbare Potenziale identifiziert werden. Die Ertragsklassen für Dächer und Fassaden wurden in Anlehnung an das bestehende Solarkataster der LHD definiert. Fassaden und Dächer mit einer mittleren Einstrahlung unter  $300 \text{ kWh/m}^2\text{-a}$  werden durch die Klassifikation ausgeschlossen.

### 3.3 Themenspezifische Auswertung der Solarpotenziale

Die Kombination der gebäudescharfen Solarpotenziale mit thematischen GIS-Datensätzen der Stadt Dresden und semantischen Attributen des 3D-Gebäudemodells ermöglicht Auswertungen nach verschiedenen Bauwerkskategorien und Nutzungstypen. Solch eine Auswertung unterstützt die Aktualisierung des Maßnahmenkatalogs durch eine detaillierte Ausweisung möglicher Potenziale.

Offizielle Gebäudemodelle umfassen in Deutschland mehrere Attribute für jedes Gebäude wie z. B. die Höhe und die Gebäudefunktion (BKG 2022). Für weitere detaillierte Auswertungen wurden für die Dach- und Fassadenflächen jedes Gebäudes geometrische Attribute berechnet. Diese umfassen die horizontale Ausrichtung der Flächen, deren Größe sowie die Neigung der Dachflächen. Eine räumliche Verschneidung der Gebäudegrundrisse mit thematischen 2D-Datensätzen der Stadt Dresden ermöglicht die Identifikation von Gebäuden mit Denkmalschutz, Eigentumsstrukturen oder eine Zuordnung zu kommunalen Verwaltungseinheiten.

## 4 Ergebnisse

Die ermittelten Ergebnisse aus der Potenzialstudie Dresden machen deutlich, dass ein spürbarer Versorgungsbeitrag durch Gebäude-PV möglich ist. Der gesamte Stromverbrauch Dresdens liegt bei etwa  $2\,600 \text{ GWh/a}$ . Der maximale ermittelte technische Ertrag aller Dächer und Fassaden der LHD liegt unter Berücksichtigung der definierten Filterkriterien und Abschlägen bei  $1\,943 \text{ GWh/a}$ . Abbildung 3 verdeutlicht die abschlagsbasierte Potenzialberechnung auf Grundlage der Modellierungsergebnisse.

In Bezug auf die Fortschreibung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes erfolgt eine getrennte Ausweisung der Potenziale an denkmalgeschützten Gebäuden. Diese sollen nur nachrangig mit Photovoltaik ausgestattet werden und werden in der weiteren Betrachtung nicht mehr berücksichtigt. Ungeachtet dessen fällt mit einem technischen Ertrag von  $447 \text{ GWh/a}$  ein Viertel des Gesamtertrags auf denkmalgeschützte Gebäude. Für alle modellierten Gebäude beträgt das theoretische PV-Potenzial („Pot. theor.“) auf Dächern und Fassaden  $18\,855 \text{ GWh/a}$ . Durch Ausschluss der denkmalgeschützten Gebäude bleibt ein Potenzial von  $14\,518 \text{ GWh/a}$ . Durch die Anwendung der flächen-spezifischen Abschläge (Abb. 3) auf das theoretische Potenzial wird das theoretisch

technische Einstrahlungspotenzial („Pot. theor. techn.“) von insgesamt 9 353 GWh/a abgeleitet, woraus sich der technische Ertrag von 1 493 GWh/a ergibt. Davon entfallen 1 190 GWh/a auf Dächer und 307 GWh/a auf Fassaden.

### Solarpotenziale Gebäudebestand LHD

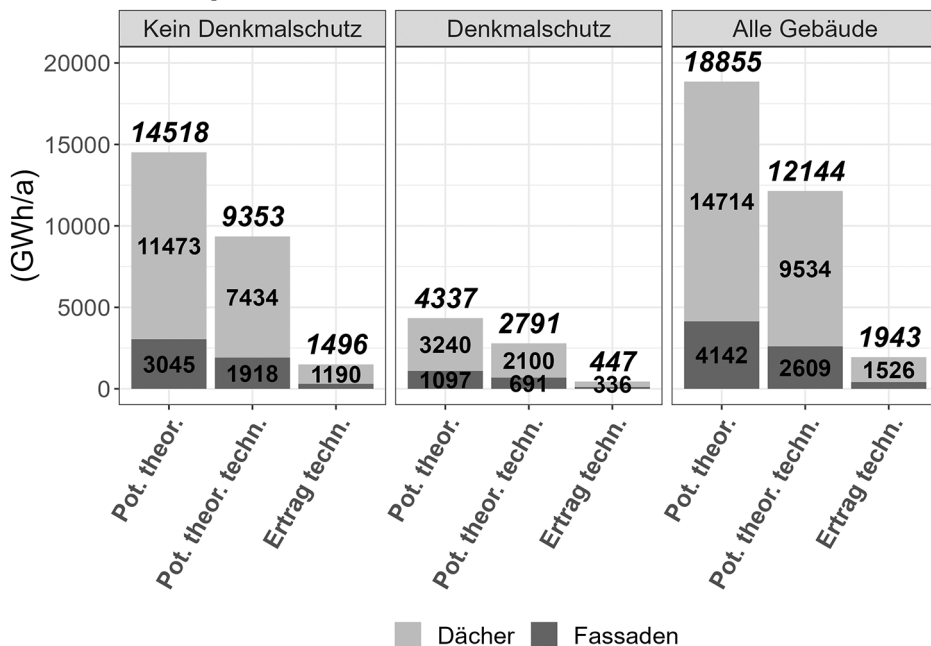


Abb. 3: Ermittelttes theoretisches Einstrahlungspotenzial (Pot. theor.), theoretisch-technisches Einstrahlungspotenzial (Pot. theor. techn.) und technisches Ertragspotenzial (Ertrag techn.) von gebäudeintegrierter Photovoltaik für die LHD (Quelle: eigene Bearbeitung)

Zur Quantifizierung der Gebäudeart mit dem höchsten Ertragspotenzial wird der Datensatz nach der Gebäudenutzung innerhalb der definierten Ertragsklassen klassifiziert (Abb. 4). Fassaden und Dächer mit einer mittleren Einstrahlung unter 300 kWh/m<sup>2</sup>-a werden durch die Klassifikation ausgeschlossen, da diese wirtschaftlich nicht relevant erscheinen. Wohngebäude bieten in der LHD das größte Potenzial, sowohl auf Dächern als auch auf Fassaden. Dächer mit hoher solarer Einstrahlung in den obersten Ertragsklassen ab 800 kWh/(m<sup>2</sup>-a), welche als effizient erschließbar angesehen werden, bieten bereits 751 (374+377) GWh/a möglichen Solarertrag. Insgesamt wird deutlich, dass auch Fassaden-PV mit 114 GWh/a in der höchsten Ertragsklasse an geeigneten Standorten einen nennenswerten Beitrag leisten kann.

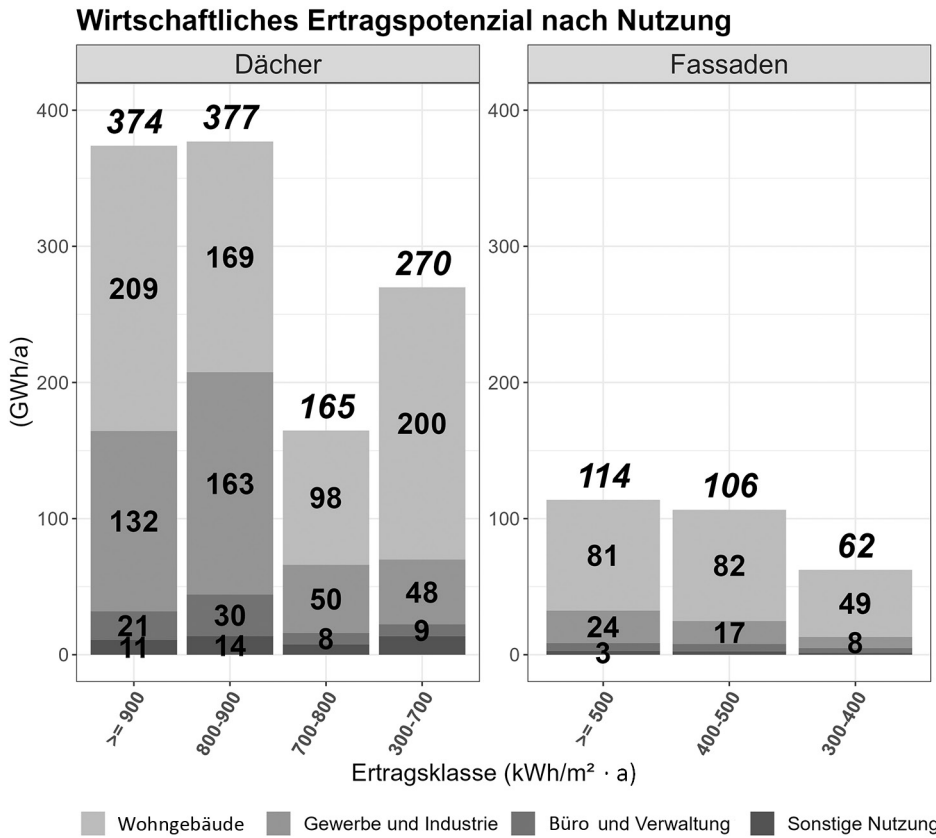


Abb. 4: Wirtschaftliches Ertragspotenzial je Gebäudenutzungs-kategorie (Quelle: eigene Bearbeitung)

Um einen detaillierten Blick über die Erträge auf dem Dach zu erhalten, werden verschiedene Dachneigungsklassen in den jeweiligen Ertragsklassen dargestellt (Abb. 5). Hier zeigt sich deutlich, dass die höchsten Erträge auf Flachdächern bzw. Dächern mit einer Neigung bis 15° zu erzielen sind. Um besonders attraktive zusammenhängende Flächen zu ermitteln, werden auch Dächer ab 100 m² Fläche getrennt ausgewiesen. Hier zeigt sich ebenfalls das sehr hohe Potenzial auf den Dächern mit Dachneigung bis 15°.

### Wirtschaftliches Ertragspotenzial nach Dachneigung und Dachgröße

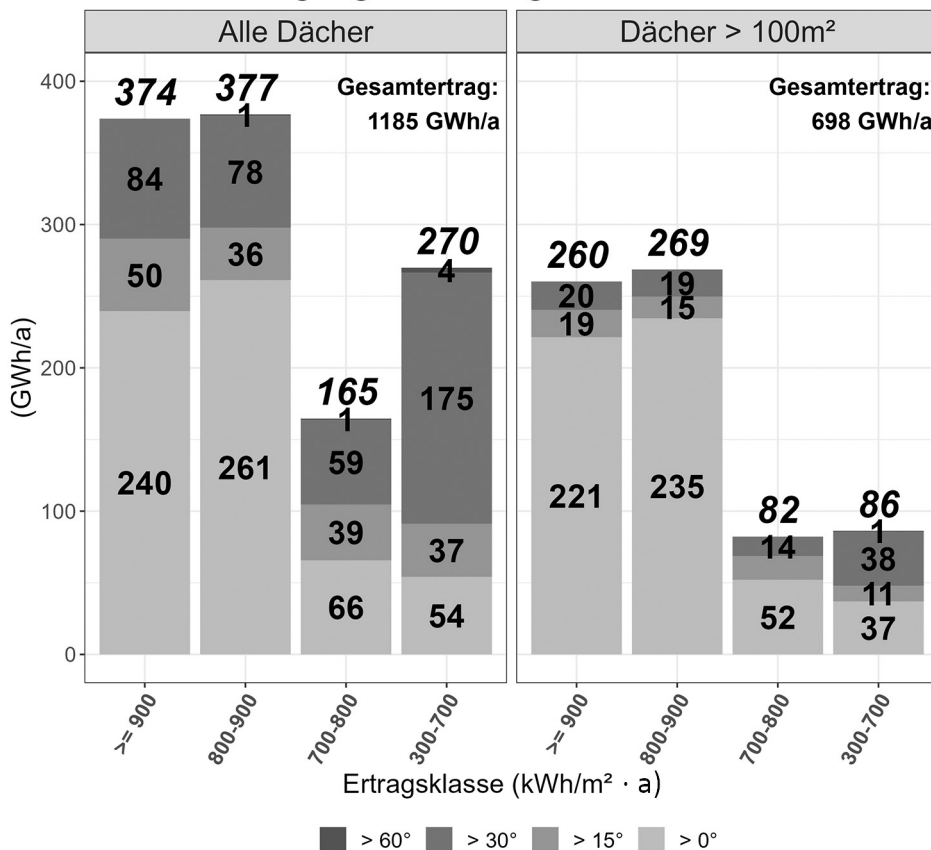


Abb. 5: Wirtschaftliches Ertragspotenzial nach Dachneigung für alle Dächer und für Dächer mit einer Fläche größer 100 m² (Quelle: eigene Bearbeitung)

## 5 Fazit

Raumbezogene Analysen unterstützen die begründete Entscheidungsfindung zum Ausbau von bauwerksintegrierter Photovoltaik und ermöglichen die Identifikation von Gebäudeflächen mit erhöhtem theoretischem Potenzial, so dass im Anschluss eine Abschätzung von erzielbarer elektrischer Leistung und wirtschaftlichem Potenzial möglich wird.

Zur Erstellung eines wirkungsvollen Energiekonzepts sind, neben der Ermittlung von verfügbaren Datengrundlagen, die Beteiligung relevanter Akteure innerhalb und außerhalb der Verwaltung, die Entwicklung und Priorisierung von Maßnahmen zur Zielerreichung sowie ein raumbezogenes Monitoring von besonderer Relevanz.

Mit Blick auf die Bestimmung der Potenziale von erneuerbaren Energien empfiehlt sich die Entwicklung von georeferenzierten, digitalen Werkzeugen zur Entscheidungsvorbereitung und -unterstützung. Diese sollten zunächst verlässliche Analyseergebnisse erbringen und mit erweiterten Informationen derart kombinierbar sein, dass lokal- oder akteurspezifische Maßnahmen ableitbar sind. Idealerweise können Maßnahmen digital veranschaulicht und in ihrer Wirksamkeit bewertet werden. Zudem ist eine eigenständige Weiterbearbeitung und Aktualisierbarkeit der Datensätze sowie Weiterentwicklung der Werkzeuge und ihrer Routinen mit vorzuhalten.

Perspektivisch sind Beratungs- und Entwicklungsleistungen aus der Wissenschaft und Ansätze des Co-Design und der Co-Creation aus Sicht der Autor\*innen dieses Beitrages vermehrt zu verfolgen, um die Transformation hin zu einem klimaneutralen Gebäudebestand zu unterstützen, Potenziale der erneuerbaren Energien zu identifizieren und innovative Lösungsansätze im Kontext von urbanen Energie- und Klimaschutzkonzepten bereitzustellen.

## 6 Literatur

- Behnisch, M.; Münzinger, M.; Poglitsch, H.; Willenborg, B.; Kolbe, T. H. (2020): Anwendungsszenarien von Geomassendaten zur Modellierung von Grünvolumen und Solarflächenpotenzial. <https://doi.org/10.26084/12DFNS-P025>
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022): Dokumentation 3D Gebäudemodell Deutschland – LoD2.
- Eggers, J.-B.; Behnisch, M.; Eisenlohr, J.; Poglitsch, H.; Phung, W.-F.; Münzinger, M.; Ferrara, C.; Kuhn, T. (2020): PV-Ausbauerfordernisse versus Gebäudepotenzial: Ergebnis einer gebäudescharfen Analyse für ganz Deutschland. In: 35. PV-Symposium. Kloster Banz, Bad Staffelstein: 837-856.
- EC – European Commission. Directorate General for Research and Innovation (2022): EU missions: 100 climate neutral and smart cities. Publications Office, LU.
- Fath, K.; Stengel, J.; Sprenger, W.; Wilson, H. R.; Schultmann, F.; Kuhn, T. E. (2015): A method for predicting the economic potential of (building-integrated) photovoltaics in urban areas based on hourly Radiance simulations. *Solar Energy* 116: 357-370. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.03.023>
- Henning, H.-M.; Palzer, A. (2015): Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050 (Studienpapier). Fraunhofer ISE, Freiburg.
- Henning, H.-M.; Palzer, A. (2013): Energiesystem Deutschland 2050: Sektor- und Energieträgerübergreifende, modellbasierte, ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieeffizienz und den Einsatz Erneuerbarer Energien (Studienpapier). Fraunhofer ISE, Freiburg.

- Münzinger, M.; Prechtel, N.; Behnisch, M. (2022): Mapping the urban forest in detail: From LiDAR point clouds to 3D tree models. *Urban Forestry & Urban Greening* 74: 127637. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127637>
- Sterchele, P.; Brandes, J.; Heilig, J.; Wrede, D.; Senkpiel, C.; Haun, M.; Jürgens, P.; Kost, C.; Schlegl, T.; Bett, A.; Henning, H.-M. (2021): Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem: Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen (Studienpapier). Fraunhofer ISE, Freiburg.
- Willenborg, B.; Sindram, M.; Kolbe, T. H. (2018): Applications of 3D City Models for a Better Understanding of the Built Environment. In: Behnisch, M.; Meinel, G. (Eds.): *Trends in Spatial Analysis and Modelling, Geotechnologies and the Environment*. Springer International Publishing, Cham: 167–191. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52522-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52522-8_9)



# Ableitung demographischer Indikatoren aus offenen Datenquellen

*Dominik Visca, Max Hoppe, Pascal Neis*

## Zusammenfassung

Die zunehmende Verfügbarkeit von offenen (Geo-)Daten aus Beständen des öffentlichen Sektors ermöglicht die Generierung neuer Datensätze. Dieser Beitrag geht auf den Bedarf an hoch aufgelösten Daten ein, auf deren Basis kleinräumige Dynamiken abgebildet und ausgewertet werden können. Daraus lassen sich z. B. demographische Indikatoren aus offenen Datenquellen ableiten. Unter Einhaltung datenschutzrechtlicher Bestimmungen kann ein auf Gebäudeebene georeferenzierter Datensatz erstellt werden, der, trotz Abstrichen bezüglich Qualität, Aktualität und Belastbarkeit der Daten, als zweckmäßige Lösung bzw. Ergänzung für verschiedene Forschungsfragen dienen kann.

**Schlagwörter:** Demographie, Open Data, Disaggregation, Zensus, OpenStreetMap

## 1 Einführung

Die Öffnung und Verknüpfung von Datenbeständen des öffentlichen Sektors hin zu standardisierten, offenen (Geo-)Daten trägt zu einer transparenteren Aufgabenerfüllung staatlichen Handelns bei. In der Folge können Akteure aus unterschiedlichen Bereichen, beispielsweise aus Wissenschaft oder Wirtschaft, Wissen generieren, um Potenziale zu aktivieren und Fragen von großer gesellschaftlicher Tragweite zu beantworten (u. a. von Lucke, Gollasch 2022; Siebenlist, Mainka 2019).

Demographische Transformationsprozesse sind Beschäftigungsfelder verschiedenster Disziplinen – z. B. der Raumplanung, der Geografie oder der Soziologie. Um diesbezüglich aussagekräftige Indikatoren ableiten zu können, werden feingranulare Geodaten-sätze benötigt. Bestimmungen des Datenschutzes und divergierende Rahmenbedingungen führen jedoch dazu, dass Informationen, insbesondere mit Blick auf Kommunen im ländlichen Raum, zumeist nur auf Ebene der Gesamtgemeinde zugänglich sind.

Mit Methoden der Geoinformatik und im Rückgriff auf frei verfügbare Daten, lassen sich Datensätze generieren, die, unter Beachtung des Datenschutzes, Auswertungen auf kleinräumiger Ebene zulassen. Dafür werden die im 100-m-Gittersystem bereitgestellten Ergebnisse der Zensus-2011-Volkszählung disaggregiert, um auf Basis von OpenStreetMap-Daten einen hochauflösenden Gebäudegeometriedatensatz zu erzeugen. Aufgrund der den Projekten im Kontext von Volunteered geographic information (VGI) inhärenten Problemen bzgl. Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit sowie dem



SAFE-Anonymisierungsverfahren und dem Erhebungszeitraum der Zensusdaten nimmt diese Vorgehensweise Einschränkungen hinsichtlich Anwendbarkeit und Verwertbarkeit in Kauf (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2014). Analysen und Ergebnisse sollten daher vor allem als zweckmäßiges Mittel bzw. potentielle Ergänzung für Forschungsvorhaben verstanden werden.

## 2 Hintergrund und Herausforderungen

Für zahlreiche Fragestellungen der vergleichenden Raum- und Stadtbeobachtung besteht ein großes Interesse am Zugang zu möglichst kleinräumigen Daten und Indikatoren. Kleinräumig bedeutet in diesem Zusammenhang zunächst die Abgrenzung von Teilräumen unterhalb der Gesamtadministration (u. a. Großmann et al. 2021). Viele Autoren verweisen auf Daten aus öffentlichen Registern, z. B. diskutieren Dittrich-Wesbuer & Sturm (2020) im Rahmen von Multilokalität über Melderegister; Schaffert & Höcht (2018) und Oku et al. (2016) machen darauf aufmerksam, dass in Registern hinterlegte Adressen als indirekte Geokoordinaten Gebäude referenzierbar sind. Ausgehend von der Gebäudeebene können in der Folge Geodatensätze erzeugt werden, die sich auf unterschiedlichste Flächenbezüge aggregieren lassen.

In der Praxis erschweren Datenschutz sowie organisatorische Hürden und personelle Aufwendungen jedoch die Bereitstellung von (Geo-)Datensätzen unterhalb der Gemeindeebene. Porsche et al. (2021) benennen hierfür das Fehlen einer leistungsfähigen Kommunalstatistik als Kernproblem: Kleinstädte bzw. kleine Kommunen haben in der Regel keine eigene Statistikstelle bzw. genügend Personal, um Daten gezielt aufzubereiten. Dies spiegelt sich in Versorgung und Tiefe wider: Da viele Daten, wenn überhaupt, nur auf Gemeindeebene verfügbar sind, ist eine Differenzierung beispielsweise von demographischen Entwicklungspfaden nach Ortsteilen nur in Ausnahmefällen möglich bzw. nur dann, wenn Informationen tatsächlich untergemeindlich zur Verfügung gestellt werden (Porsche et al. 2021). Für amtliche statistische Daten sind Bundesstatistikgesetz (BstatG<sup>1</sup>) und Datenschutzgrundverordnung (DSGVO<sup>2</sup>) maßgebliche rechtliche Grundlagen. Bei Geodaten stellt sich zudem immer die Frage, ob und inwieweit diese vollends als personenbezogene bzw. personenbeziehbare Daten betrachtet werden können, oder ob sie lediglich als datenschutzrechtlich unerhebliche Sachdaten zu verstehen sind (Kriesten 2021). Werden beispielsweise geokodierte Adressdaten mit zusätzlichen Informationen kombiniert, kann über die räumliche Verortung ein Re-Identifikationsrisiko entstehen bzw. eine Deanonymisierung von Personen möglich werden.

Viele Privatunternehmen nutzen diese Informationslücke und bieten kostenpflichtige mikrogeographische Kennziffern an. Die Methodik, mit der Unternehmen solche Daten

<sup>1</sup> [https://www.gesetze-im-internet.de/bstatg\\_1987/](https://www.gesetze-im-internet.de/bstatg_1987/)

<sup>2</sup> <https://dsgvo-gesetz.de/>

erstellen, wird zumeist jedoch nicht offengelegt. Für Analysen auf Basis dieser Daten ist eine tiefgreifende Qualitätskontrolle folglich nicht möglich (Milbert, Fina 2021). Es besteht somit ein Bedarf an Methoden, die unter Einhaltung des Datenschutzes ausreichend flexibel und transparent sind, um eine kleinräumige Modellierung hinsichtlich verschiedener Fragestellungen der Raum- und Stadtbeobachtung zu erlauben.

### 3 Methodik

Zur Ableitung von demographischen Indikatoren aus offenen Daten werden die Ergebnisse der Zensus 2011-Volkszählung (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022) sowie die frei nutzbaren Geodaten vom OpenStreetMap-Projekt genutzt (OpenStreetMap 2022). Tabelle 1 zeigt eine Übersicht möglicher demographischer Merkmale, die aus den Zensusdaten abgeleitet und später zu aussagekräftigeren Indikatoren verarbeitet werden können.

Tab. 1: Mögliche Demographie-Merkmale und die jeweiligen Zensus-Datenquellen

Demographisches Merkmal	Zensus-Datenquelle
Alter	Bevölkerung je Hektar
Anzahl Kinder	Familie je Hektar
Eigentumsverhältnis der Wohnung/des Gebäudes	Wohnungen und Gebäude je Hektar
Familienstand	Bevölkerung je Hektar
Geschlecht	Bevölkerung je Hektar
Geburtsland	Bevölkerung je Hektar
Staatsangehörigkeit	Bevölkerung je Hektar
Religion	Bevölkerung je Hektar
Wohnfläche	Wohnungen und Gebäude je Hektar

Während die Zensusergebnisse als CSV-Tabellen zur Verknüpfung mittels ID mit einem geografischen 100-m-Gittersystem verfügbar und visualisierbar sind, werden die demographischen Merkmale in Anlehnung an Visca et al. (2022) zunächst auf Wohnungsbäudeebene disaggregiert (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2020). Eine Abbildung auf dieser Ebene erlaubt eine Aggregation auf unterschiedliche Flächeneinheiten, um auf verschiedene Ansprüche hinsichtlich kleinräumiger Auswertungen möglichst dynamisch reagieren zu können.

Abbildung 1 zeigt eine Übersicht der jeweiligen Verarbeitungsschritte zur Erstellung eines Datensatzes auf Grundlage der frei verfügbaren OSM-Daten. Für die Ableitung von demografischen Merkmalen für ein bestimmtes Gebiet kann ein Polygon als Grenzbereich zugewiesen werden.

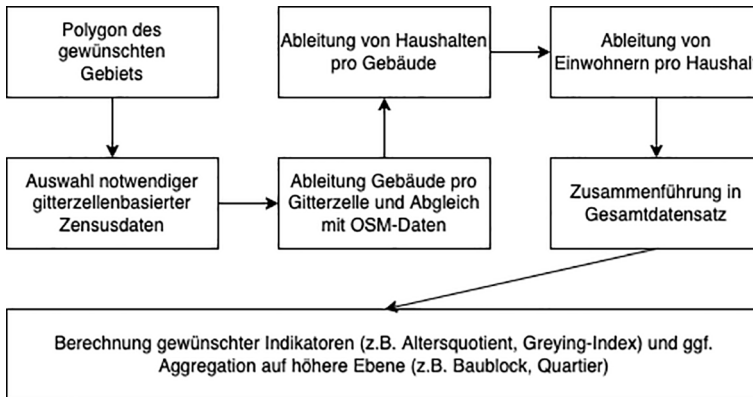


Abb. 1: Übersicht der Verarbeitungsschritte zur Berechnung aggregierter Indikatoren (Quelle: eigene Darstellung nach Visca et al. 2022)

Zentrales Attribut zur Verknüpfung mit dem OpenStreetMap-Datensatz ist das Attribut „Gebäudetyp (Größe)“ der Zensus-Ergebnistabellen. Mit diesem Attribut lässt sich aufschlüsseln, ob beispielsweise ein Ein- oder Mehrfamilienhaus vorliegt. Die Grundgesamtheit der wohnlich genutzten Gebäude einer Gitterzelle resultiert aus der aufsummierten Menge an Gebäuden pro Attributsausprägung. Mit dem Werkzeug Overpass API<sup>3</sup> können aus den OpenStreetMap-Daten für ein räumlich definiertes Gebiet Adressinformationen entnommen werden (Olbricht 2015). Darüber hinaus kann mit der Overpass Query Language (Overpass QL) auch eine inhaltliche Auswahl auf Grundlage des Datenmodelles und der Tagging-Richtlinien von OpenStreetMap vorgenommen werden. Weil nach der Erstellung eines Benutzerkontos Mitwirkende direkt Änderungen vornehmen können, finden sich in den Datenbeständen des OpenStreetMap Projektes auch falsche oder irrtümliche Informationen (Neis, Zielstra 2014). Adressinformationen werden nicht nur am Polygon des Gebäudes vorgehalten, sondern können auch an einem Punktobjekt inmitten des Gebäudepolygons vorliegen. Eine entsprechende Abfrage muss dies berücksichtigen. Werden Datensätze entdeckt, die einen *amenity*-Tag oder einen nicht verwendbaren *landuse*-Wert beinhalten, werden diese selektiert. So werden ausschließlich Wohn- oder Siedlungsfläche einbezogen, da die im Zensus-Datensatz enthaltenen Gebäude nur Gebäude mit (Teil-)Wohnnutzung umfassen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2015).

Sofern machbar, wird die Zuordnung der Adressdaten aus OpenStreetMap und den Gebäudeinformationen der Zensus-Datensätze über die eindeutige Zuordnung von Gebäudetypen oder einem iterativ durchgeführten Ausschlussverfahren vollzogen, respektive durch eine zufallsbedingte Verteilung. Die Zuteilung der Wohnungen bzw. Haushalte auf die Gebäude erfolgt auf Grundlage des Gebäudetyps und dem Zensusdaten-Attribut

<sup>3</sup> <https://dev.overpass-api.de/overpass-doc/de/>

„Zahl der Wohnungen im Gebäude“. Die Grundgesamtheit der Haushalte kommt durch die aufsummierten Haushalte des Attributs „Größe des privaten Haushalts“ zustande. Diesem wurden im Einzelnen passende Sachinformationen des Merkmals „Größe des privaten Haushalts“ zugeteilt. Dadurch sind Gebäuden jeweils Haushalte mit einer adäquaten Anzahl an Personen zugeordnet. Im Anschluss wird für jeden Haushalt gemäß dem Attribut der Haushaltsgröße eine verbindliche Anzahl an Personen-Datensätzen erstellt. Auch diese Ableitungen werden entsprechend eindeutiger Zuordnungen und Ausschlussverfahren durchgeführt. Schlussendlich wird die generierte Zellen-Datenstruktur nach gelungener Iteration einem Gesamtdatensatz übergeben, wo sie anschließend auf Basis der georeferenzierten Gebäudeadresse zu beliebigen räumlichen Bezugsebenen wie Baublöcke oder Quartiere aggregiert werden können.

## 4 Ergebnisse und Diskussion

Die im vorherigen Kapitel aufgezeigte Methodik wurde beispielhaft für die Stadt Herborn (Bundesland Hessen) angewendet. Hierfür wurden für eine Fläche von ca. 4,52 km<sup>2</sup> insgesamt 257 wohnlich genutzte Gitterzellen und 1 992 Häuser abgeleitet und mit relevanten demografischen Attributen angereichert. Durch das Anonymisierungsverfahren kommt es bei der Summenbildung der unterschiedlichen Merkmale der Zensusdaten zu Grunde liegenden Informationen zu differenten Ergebnissen (Statistische Ämter des Bundes und Länder 2015). Bemerkbar macht sich dies bei der Aufsummierung der Gesamtausprägungen des Merkmals „Gebäudetyp (Größe)“ mit nur 1 805 Gebäuden. Dies ist eine Differenz von ca. 9 %. Insgesamt lassen sich für 161 der 257 Gitterzellen Abweichungen (63 %), mit einem Mittelwert von 1,75 Gebäuden und einer Standardabweichung von 0,89 der jeweiligen Merkmale ausmachen, die sich sowohl positiv als auch negativ äußern können. Auch in anderen Merkmalen des Zensusdatensatzes sind Abweichungen feststellbar. Die potentiell realisierbare Verlässlichkeit der Disaggregation wird somit vermindert, erfüllt zugleich jedoch das Ziel des SAFE-Verfahrens zur Anonymisierung (ebd.).

Auch korreliert das Resultat der Methodik mit der Adressvollständigkeit in OpenStreetMap. Für das Testgebiet ist mit 71 % eine mittlere bis gute Vollständigkeit im Vergleich zum Verhältnis des Adressdatensatzes des amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS) ermittelt worden. Dort wo eine niedrigere Adressvollständigkeit vorliegt, kann eine gebäudebezogene Genauigkeit nur begrenzt vorausgesetzt werden. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Aktualität der Datensätze. Der Zensusdatensatz gibt den Stand von 2011 wieder. OpenStreetMap bietet laufend aktualisierte Daten an. Abweichungen stehen im Zusammenhang mit städtebaulicher Dynamik und Bevölkerungsbewegungen – je nach Ausmaß fällt die Abweichung stärker oder weniger stark aus. Auch ist das vorgesehene Anwendungsgebiet zu beachten. In einer Folgeuntersuchung sollte auf beides eingegangen werden.

Die generierten Merkmale können abhängig von der Fragestellung zu aussagekräftigen Indikatoren wie z. B. Alters- und Jugendquotient oder durchschnittliche Haushaltsgröße weiterverarbeitet werden. Abbildung 2 zeigt beispielhaft den Anteil Kinder pro Gebäude (in Prozent) innerhalb eines ausgewählten Areals. Die Angaben bewegen sich zwischen keinem ermittelbaren (schwarz) und bis zu ca. 83 % (hellgrün) Anteil an Kindern aller Einwohner eines Gebäudes. Für das Gebiet lässt sich festhalten, dass die Siedlungsstruktur vergleichsweise homogen ist. Möglicherweise ist dies ein Faktor für die ausgeprägte Ähnlichkeit zwischen Zensus- und OpenStreetMap-Daten.

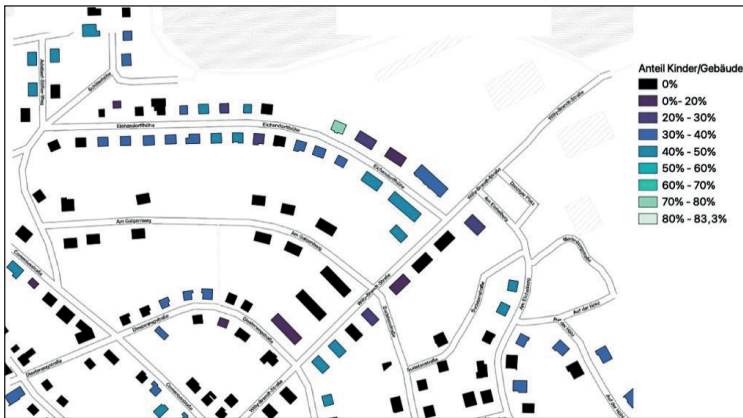


Abb. 2: Anteil Kinder pro Gebäude (in Prozent) (Quelle: Map Tiles von Stamen Design, CC BY 3.0. Daten von OpenStreetMap, ODbL)

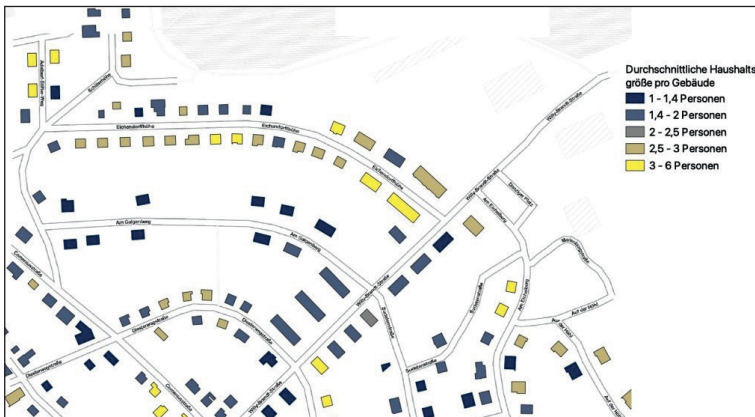


Abb. 3: Durchschnittliche Haushaltsgröße pro Gebäude (Quelle: Map Tiles von Stamen Design, CC BY 3.0. Daten von OpenStreetMap, ODbL)

In Verbindung mit anderen Attributen lassen sich potenziell Auswertungen über Familienstruktur bzw. wenn aggregiert über lebenszyklusbedingte Generationenwechsel innerhalb eines Quartiers vornehmen (vgl. hierzu auch Schaffert, Höcht 2018). Abbildung 3 zeigt die durchschnittliche Haushaltsgröße pro Gebäude. Maximal leben

sechs Personen in einem Haushalt (gelb hervorgehoben). Einpersonenhaushalte bilden die kleinste Einheit (dunkelblau hervorgehoben).

## 5 Fazit

Auf der Grundlage von frei verfügbaren Daten aus öffentlichen Beständen wurde in diesem Beitrag eine Methode vorgestellt, die ein auf Gebäudeebene georeferenzierten Datensatz erzeugt. Im Ergebnis sind Adresszuordnungen zu demographischen Merkmalen aus den Zensusergebnissen von 2011 als Basis weitergehender Indikatorberechnungen und Aggregationen abgeleitet worden. Verlässlichkeit und Tiefe können unter Hinzunahme weiterer Zensusdaten-Attribute und OpenStreetMap-Tags sowie ggf. zusätzlicher offener Datensätze noch verbessert werden. Eine ausführlichere Evaluierung der Qualitätsmerkmale der hier aufgezeigten Methode ist aufgrund der fehlenden internen Konsistenz der Zensusdaten, bedingt durch die notwendige Anonymisierung durch das SAFE-Verfahren sowie der eingeschränkten Datenqualität von OpenStreetMap erforderlich. Zu diesem Zweck wird ein Abgleich mit realen Melderegisterdaten angestrebt.

Zukünftig bietet die Methode, insbesondere im Hinblick auf die Ergebnisse des Zensus 2022 viel Potenzial, Datensätze ohne die Restriktionen des Datenschutzes für die Forschung bereitzustellen. Darüber hinaus lässt die Zugänglichkeit zu bisher nicht erhältlichen Daten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft mit einem breiteren inhaltlichen Spektrum hoffen.

## 6 Literatur

- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2020): Dokumentation. Geographische Gitter für Deutschland. GeoGitter.  
[https://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/gdz/dokumentation/deu/geogitter.pdf](https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/geogitter.pdf) (Zugriff: 24.06.2022).
- Dittrich-Wesbuer, A.; Sturm, G. (2020): Quantitative Daten I: Amtliche Daten zur Verbreitung multilokaler Lebensformen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. In: Danielzyk, R.; Dittrich-Wesbuer, A.; Hilti, N.; Toppel, C. (Hrsg.): Multilokale Lebensführungen und räumliche Entwicklungen: ein Kompendium. Hannover: Forschungsberichte der ARL 13: 104-111.
- Großmann, K.; Franke, R.; Henkel, L. (2021): Erfahrungsbericht Segregationsanalysen, Teil 1: Die Hürden der Datenbeschaffung. In: Steinführer, A.; Porsche, L.; Sondermann, M. (Hrsg.): Kompendium Kleinstadtforschung. Hannover: Forschungsberichte der ARL 16: 50-61.
- Kristen, M. (2021): Geodaten im Kontext von Datenschutz, Urheberrecht und Informationsfreiheitsansprüchen. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 5/2021, 146. Jg.: 340-347.
- Lucke, J. von; Gollasch, K. (2022): Open Government: Offenes Regierungs- und Verwaltungshandeln – Leitbilder, Ziele und Methoden. Springer Fachmedien: Wiesbaden.

- Milbert, A.; Fina, S. (2021): Methoden der Kleinstadtforschung: Definitionen, Daten und Raumanalysen. In: Steinführer, A.; Porsche, L.; Sondermann, M. (Hrsg.): Kompendium Kleinstadtforschung. Hannover: Forschungsberichte der ARL 16: 24-49.
- Neis, P.; Zielstra, D. (2014): Recent Developments and Future Trends in Volunteered Geographic Information Research: The Case of OpenStreetMap. *Future Internet*, 2014, 6: 76-106.
- Oku, N.; Nonaka, Y.; Ito, Y. (2016): A Discussion about Effective Ways of Basic Resident Register on GIS. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B4: 175-179.
- Olbricht, R. M. (2015): Data Retrieval for Small Spatial Regions in OpenStreetMap. In: Jokar Arsanjani, J.; Zipf, A.; Mooney, P.; Helbich, M. (Hrsg.): *OpenStreetMap in GIScience. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*: 101-122.
- OpenStreetMap (2022): OpenStreetMap.  
<https://www.openstreetmap.org> (Zugriff: 28.06.2022).
- Porsche, L.; Sondermann, M.; Steinführer, A. (2021): Jenseits der "Aufmerksamkeitslücke" – Was wir bisher über Kleinstädte (nicht) wissen. In: Steinführer, A.; Porsche, L.; Sondermann, M. (Hrsg.): *Kompendium Kleinstadtforschung*. Hannover: Forschungsberichte der ARL, 16: 314-338.
- Schaffert, M.; Höcht, V. (2018): Geokodierte Meldedaten als Basis bedarfsgerechter Planungen in ländlichen Gemeinden und Regionen. *Raumforschung und Raumordnung* 76(5): 421-435.
- Siebenlist, T.; Mainka, A. (2019): Digitale Transformation in der Verwaltung: An Open Data geht kein Weg vorbei. In: Büttner, S. (Hrsg.): *Die digitale Transformation in Institutionen des kulturellen Gedächtnisses: Antworten aus der Informationswissenschaft*: 111-133.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2014): Nutzer-Kurzinformationen zu SAFE.  
[https://www.zensus2011.de/SharedDocs/Downloads/DE/Merkmale/Nutzerhinweise\\_safe.pdf;jsessionid=DD285B7C567AFCF8E32D62F525D094BD.live292?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.zensus2011.de/SharedDocs/Downloads/DE/Merkmale/Nutzerhinweise_safe.pdf;jsessionid=DD285B7C567AFCF8E32D62F525D094BD.live292?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff: 24.06.2022).
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2015): Zensus 2011. Methoden und Verfahren. [https://www.zensus2011.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Aufsaeetze\\_Archiv/2015\\_06\\_MethodenUndVerfahren.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.zensus2011.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Aufsaeetze_Archiv/2015_06_MethodenUndVerfahren.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff: 24.06.2022).
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2020): Ergebnisse des Zensus 2011 zum Download – erweitert.  
<https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html> (Zugriff: 24.06.2022).
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2022): Zensus 2011.  
[https://www.zensus2011.de/DE/Zensus2011/zensus2011\\_node.html](https://www.zensus2011.de/DE/Zensus2011/zensus2011_node.html) (Zugriff: 28.06.2022).
- Visca, D.; Hoppe, M.; Neis, P. (2022): Zur Generierung eines Melderegisters als Pseudo-Derivat aus frei verfügbaren Informationen. In: *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik* 8: 73-82.

# „Klima-Isopren-Navigationssystem“ – Ein Tool für human-biometeorologisch angepasste Routenführungen

Lena Albert, Sascha Henninger

## Zusammenfassung

Zur Erholung, der Bewegung und dem Aufenthalt im Freien werden besonders innerstädtische Grünflächen, aber auch Waldflächen von verschiedenen Bevölkerungsgruppen aufgesucht. Bei der Nutzung des Freiraums spielen bioklimatische und lufthygienische Faktoren eine wichtige Rolle. Während von der grünen Infrastruktur viele Vorteile ausgehen, können allerdings auch gesundheitliche Beeinträchtigungen durch sogenannte biologische Noxe entstehen.

Ziel dieses Projektes ist es, möglichst lokalklimatisch, lufthygienisch und gesundheitlich optimierte Routen am Beispiel des Ozonbildungspotenzials auszuweisen. Um dies zu erreichen, soll eine Applikation programmiert werden, die initial als „Klima-Isopren-Navigationssystem“ nutzbar ist und eine optimierte human-biometeorologische Routenführung für Nutzer aufzeigt, unabhängig vom Standort.

**Schlagwörter:** Human-Biometeorologie, grüne Infrastruktur, Lokalklima, Luftqualität, Warn-App

## 1 Einführung

Innerstädtische Grünflächen, aber auch stadtnahe Wälder und urbane Waldflächen spielen für Menschen eine wichtige Rolle. Sie dienen als Orte der Erholung, der Bewegung, der Begegnung oder auch lediglich dem Aufenthalt im Freien. Somit leisten Grünflächen einen Beitrag zur physischen und psychischen Gesundheit der Bevölkerung. Sie verbessern u. a. das Siedlungsklima sowie die Luftqualität und können dazu beitragen, dass Lärm vermindert wahrgenommen wird. Zudem regen sie zur Bewegung und Kreativität an und fördern die Entspannung sowie die Stressreduktion (Dosch et al. 2015: 45 ff.).

Es ist unbestritten, dass von der grünen Infrastruktur viele Vorteile ausgehen. Allerdings können auch gesundheitliche Risiken durch Pflanzen auftreten, die dem positiven Aspekt der Grünflächen entgegenwirken. Hierzu zählen zum einen Allergien, die durch Pollen ausgelöst und verstärkt werden, aber auch biogene flüchtige organische Kohlenwasserstoffe, die als Vorläuferstoffe von Ozon dienen und somit die Bildung des bodennahen Ozons verstärken können. Mit diesem Untersuchungsfeld der Human-Biometeorologie und der Stadtklimatologie befasst sich dieses Forschungsprojekt.



Um den Aufenthalt im Grünen mit einem möglichst geringen Risiko für die Bevölkerung und besonders vulnerablen Gruppen zu verbinden, soll ein Navigationssystem entwickelt werden, das es ermöglicht, potenziell gesundheitsgefährdende Gebiete bei bestimmten Wetterlagen vermeiden und umgehen zu können.

Dieses Vorhaben ist in das Verbundprojekt „Ageing Smart – Räume intelligent gestalten“ eingebunden. Das Projekt wird durch die Carl-Zeiss-Stiftung gefördert. Der Förderzeitraum erstreckt sich von April 2021 bis März 2026 mit einer Fördersumme von insgesamt rund 4,3 Mio. Euro. Neben sieben Fachgebieten aus dem Fachbereich Raum- und Umweltplanung der TU Kaiserslautern sind sowohl eine Arbeitsgruppe des Fachbereichs Mathematik sowie zwei Lehrstühle aus dem Fachbereich Informatik in das Projekt eingebunden. Außerdem tragen das Deutsche Zentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) sowie das Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE) zur Forschung bei. Das Gesamtprojekt adressiert die geburtenstarken Jahrgänge 1955 bis 1969. Durch deren Eintritt in das Rentenalter sind viele Kommunen damit konfrontiert, altersgerechte Wohnstandorte, Versorgungs- sowie Freizeitstrukturen zu schaffen. Ziel des Gesamtprojektes ist es, ein datengestütztes Entscheidungsunterstützungssystem zu entwickeln, das öffentliche Akteure in ihren Planungsprozessen unterstützt. Das Teilprojekt hat sich zum Ziel gesetzt, primär diese Altersgruppe im Zusammenhang mit verfügbaren lokalen öffentlichen Grünflächen zu untersuchen. Hierbei steht die Frage im Fokus, ob diese Rückzugsräume von allen Personengruppen gleichermaßen nutzbar sind, mit besonderem Blick auf die meteorologischen Rahmenbedingungen.

## 2 Untersuchungsgegenstände

Zur Entwicklung und Erprobung für ein human-biometeorologisches Navigationssystem werden ein Luftschadstoff- sowie ein Untersuchungsgebiet benötigt. In einem ersten Schritt erfolgt die Untersuchung am Beispiel des Ozonvorläuferstoffes Isopren sowie den Waldgebieten in und um Kaiserslautern.

### 2.1 Ozon und Isopren

Ozon ist ein sekundärer Schadstoff. Es wird durch photochemische Reaktionen aus Vorläuferstoffen in der Gegenwart von Sonnenstrahlung produziert und ist dementsprechend stark temperaturabhängig. Die höchsten Ozonkonzentrationen treten im Sommer auf, wenn hohe Sonnenstrahlung und damit verbunden hohe Temperaturen vorhanden sind (Butler et al. 2020: 14 f.).

Eine Art der Ozonvorläuferstoffe sind die biogenen Kohlenwasserstoffe (biogenic volatile organic compounds – BVOC). Verschiedene Pflanzen- und Baumarten emittieren unterschiedliche Raten an BVOC. Biogene Kohlenwasserstoffe spielen eine wichtige

Rolle in der Atmosphärenchemie und beeinflussen die Bildung von troposphärischem Ozon sowie weiteren sekundären Aerosolen (Kesselmeier, Staudt 1999: 25). Bereits in der Vergangenheit wurde festgestellt, dass die Emissionsraten von biogenem Kohlenwasserstoff diejenigen von anthropogenen Kohlenwasserstoffen übersteigen (Sharkey et al. 2008: 5). Während die Emissionen, die vom Menschen verursacht werden, weitestgehend kontrolliert und gemindert werden können, sind die biogenen Emissionen nur schwer beeinflussbar.

Die Emissionsrate von BVOCs ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Hierzu zählen zum einen die Pflanzen- und Blattphänologie, das Baumalter, die Nährstoffe, der Wasser- und Hitzestress, zum anderen aber auch besondere meteorologische Bedingungen wie die Lufttemperatur und die Intensität der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) (Wiedinmyer et al. 2004: 128 ff.).

Eine Stoffgruppe der biogenen Kohlenwasserstoffe sind die sogenannten Isoprenoide. Das dazugehörige Isopren schützt beispielsweise Pflanzen vor Hitzestress sowie vor Stress durch Luftschadstoffe (Sharkey et al. 2008: 6 ff.).

Durch die hohe Reaktivität und die hohe Emission durch die Vegetation ist Isopren ein wichtiger Ozonvorläuferstoff (Wagner, Kuttler 2014: 104). Besonders an Tagen mit autochthonen Wetterlagen, die sich durch eine hohe Strahlungsintensität und hohe Lufttemperaturen auszeichnen, sind hohe Isoprenemissionen durch Grünpflanzen zu verzeichnen. Vor allem Laubbäume weisen eine hohe Emission von Isopren auf. Nadelbäume hingegen emittieren eher selten Isopren, stattdessen Monoterpene, einen weiteren biogenen Kohlenwasserstoff, der ebenfalls als Vorläuferstoff für bodennahes Ozon dienen kann (Henninger, Weber 2020: 220).

## 2.2 Waldflächen

Wie bereits beschrieben wird zur Entwicklung und Erprobung des Navigationssystems primär ein Untersuchungsgebiet benötigt, das durch das Vorhandensein vieler Bäume und verschiedener Baumarten gekennzeichnet ist. Waldflächen bieten sich daher besonders gut für solche Analysen an – hier am Beispiel der Ausläufer des Pfälzerwaldes in und um Kaiserslautern. Um eine vereinfachte Betrachtung zu ermöglichen, liegt der Fokus auf den vorhandenen Hauptbaumarten in den jeweils ausgewählten Gebieten.

Neben den vorhandenen Bäumen spielt auch das Vorhandensein von offiziell ausgewiesenen Wanderwegen eine Rolle für das Forschungsvorhaben. Im Rahmen eines bereits abgeschlossenen Projektes wurden in Kooperation mit der Stadt Kaiserslautern zahlreiche offizielle und inoffizielle, regionale sowie überregionale Wanderwege untersucht und in übersichtlichen Routen zusammengefasst. Diese bilden die Grundlage für die Entwicklung des Navigationssystems bzw. zur Optimierung der Wegeführung.

### 3 Vorgehensweise

In Kooperation mit den zuständigen Forstämtern werden die Informationen über vorhandene Baumarten im Untersuchungsgebiet aufgearbeitet und mithilfe von Geodaten in ein Geographisches Informationssystem (GIS) übernommen. Durch die Anzeige von Polygonen wird so eine Übersicht über die Verteilung der Baumarten visualisiert (Abb. 1). Um eine Übertragbarkeit auf andere Waldflächen zu ermöglichen, werden die Baumarten gemäß ihren Gattungen in Cluster zusammengefasst (Tab. 1).



Abb. 1: Baumgattungskataster am Beispiel der Wälder der Forstämter Kaiserslautern und Otterberg (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage ökologische Hauptbaumarten Landesforsten Rheinland-Pfalz)

Den so entstandenen Clustern werden Isopren-Mittelwerte nach Wiedinmyer et al. 2004, sowie aus der weiteren Literatur aus den Jahren nach 2004 (Aydin et al. 2014; Pérez-Rial et al. 2009; Pokorska et al. 2012; Räisänen et al. 2009; Ruuskanen et al. 2007; Smiatek, Steinbrecher 2006), zugeordnet. Die Emissionen wurden gemäß der normalen Vorgehensweise durch den Guenther-Algorithmus (Guenther et al. 1993) auf 30 °C sowie auf PAR 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  standardisiert. Hierbei werden durch Experimente ermittelte Messdaten in den Algorithmus eingepflegt, um die licht- und temperaturabhängigen biogenen Emissionspotenziale zu modellieren.

Die Auswahl der Isoprenemissionswerte erfolgt nach der Maßgabe, dass eine Sammlung von im Untersuchungsgebiet bzw. in Deutschland vorkommenden Baumarten erstellt

wird. Hinzugenommen werden zudem Messwerte aus der Literatur als generalisierte Referenzen für die jeweilige Baumgattung sowie für unidentifizierte Arten der Gattung. Diese Vorgehensweise wird im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung gewählt, da bei den generalisierten sowie unidentifizierten Arten nicht ausgeschlossen werden kann, dass im Untersuchungsgebiet vorhandene Arten in den Messungen enthalten waren. Im „schlimmsten“ Fall kann es dazu führen, dass Messwerte von Baumarten in die Betrachtung einbezogen wurden, die nicht in Deutschland vorkommen und somit ein verfälschtes Emissionspotenzial darstellen. Ebenso im Sinne des Worst-Case-Szenarios werden bei Werten, für die Messspannen angegeben sind, die jeweils höchsten Werte zur weiteren Bearbeitung ausgewählt. Aus den jeweiligen gesammelten Messwerten wird das arithmetische Mittel gebildet, um einen Durchschnittswert für die entsprechende Baumgattung zu erhalten.

Zur besseren Betrachtung werden die Isopren-Mittelwerte zusätzlich in Emissionsklassen eingeteilt, angelehnt an Calfapietra et al. 2009 (Tab. 1). Die gewählten Klassen sind low-emitter-Baumarten mit einer Spanne von  $0,1-3 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$  Isopren, medium-emitter-Arten mit Werten von  $3-20 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$  sowie high-emitter-Arten mit Emissionsraten von mehr als  $20 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$  (Calfapietra et al. 2009: 1479).

Tab. 1: Isopren-Mittelwerte nach Wiedinmyer et al. 2004 für vorhandene Baumgattungen (Quelle: eigene Bearbeitung nach Wiedinmyer et al. 2004; Calfapietra et al. 2009: 1479)

Wiss. Name Gattung	Deutscher Name	Isopren-Mittelwert ( $\mu\text{g g(dw)}^{-1} \text{h}^{-1}$ )	Emitter-Klasse nach Calfapietra et al. 2009
<i>Abies</i>	Tanne	27	high
<i>Acer</i>	Ahorn	< 0,1	low
<i>Alnus</i>	Erle	< 0,1	low
<i>Betula</i>	Birke	< 0,1	low
<i>Carpinus</i>	Hainbuche	0,21	low
<i>Fagus</i>	Buche	< 0,1	low
<i>Fraxinus</i>	Esche	< 0,1	low
<i>Larix</i>	Lärche	< 0,1	low
<i>Picea</i>	Fichte	4,24	medium
<i>Pinus</i>	Kiefer	0,28	low
<i>Populus</i>	Pappel	58,32	high
<i>Pseudotsuga</i>	Douglasie	0,7	low
<i>Quercus</i>	Eiche	61,83	high
<i>Robinia</i>	Robinie	32	high
<i>Tilia</i>	Linde	0	low

Durch die Wahl von drei Emissionsklassen ist es möglich, die Klassen und damit verbunden die Waldflächen im Sinne eines Ampel-Systems mit den Farben grün, gelb und rot kartographisch darzustellen. Hierdurch entsteht ein „Isopren-Waldflächen-Kataster“, das aufzeigt, welche Waldflächen eine Hauptbaumart mit potenziell hohen Isopren-Emissionen und somit ein erhöhtes Ozonbildungspotenzial besitzen.

In einem weiteren Schritt wird das Isopren-Waldflächen-Kataster mit den vorhandenen Wanderwegen überlagert (Abb. 2). Bei diesen Wegen handelt es sich um die offiziellen regionalen und überregionalen Wanderwege, eigens erfasste GPS-Routen, aber auch um OpenData durch die Nutzung von OpenStreetMap. Diese Fülle an unterschiedlichen, digitalisierten Daten ermöglicht es, eine möglichst engmaschige Optimierung einer lufthygienisch sinnvollen Routenführung zu generieren.

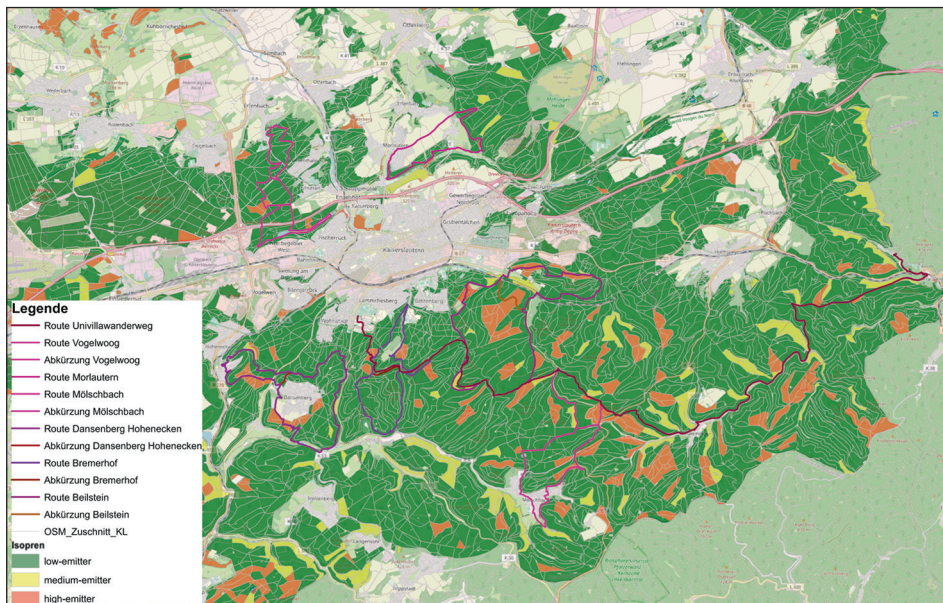


Abb. 2: Überlagerung des Emissionskatasters und der Wanderwege am Beispiel der Wälder der Forstämter Kaiserslautern und Otterberg (Quelle: Eigene Darstellung, Datengrundlage ökologische Hauptbaumarten Landesforsten Rheinland-Pfalz)

Die Überlagerung des Isopren-Waldflächen-Katasters mit den vorhandenen Wanderwegen ermöglicht die Visualisierung von Standorten im Wald, an denen während autochthoner Wetterlagen potenziell hohe Isopren-Konzentrationen vorhanden sein können und das bodennahe Ozonbildungspotenzial erhöht ist. Auf dieser Basis erfolgt nun die mathematische Optimierung der vorhandenen Wanderwege. Durch das bereits angesprochene Vorhandensein vieler Wege im Untersuchungsgebiet besteht hierbei eine Vielzahl an möglichen alternativen Routen.

Die Ergebnisse der mathematischen Optimierung und der entwickelte Algorithmus sollen im Anschluss genutzt werden, um das lufthygienische Navigationssystem in Form einer App zu entwickeln. Diese App soll es Nutzenden ermöglichen, potenziell gesundheitsschädigende Routenabschnitte von Wanderwegen bei diversen Wetterlagen vermeiden und umgehen zu können. Der Fokus liegt hierbei auf alternativen Streckenabschnitten, die sich an der Länge der ursprünglichen Route orientieren und möglichst kurze Umwege beinhalten.

## 4 Ausblick und Herausforderungen

Ist die Entwicklung der Applikation erfolgt und als Klima-Isopren-Navigationssystem anwendbar, wird die Übertragbarkeit der Anwendung auf weitere Luftschadstoffe sowie Standorte angestrebt. Dementsprechend soll die App im ruralen, im suburbanen auch im urbanen Raum funktional sein. In einer weiteren Phase des Projektes soll bzgl. der Anwendbarkeit der Applikation der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) geprüft und erprobt werden. Denkbar wäre die Datengenerierung anhand von Sensoren und damit verbundene automatische KI-gestützte Analysen.

Neben den Handlungsempfehlungen für Nutzende im Sinne der Navigationsapp sollen auch Handlungs- und Planungsempfehlungen an die Planungs- und Entscheidungsträger gegeben werden können. Hierbei soll aufgezeigt werden, wie bei Neuplanungen und Neupflanzungen von Grün- und Waldflächen, aber auch im Bestand, mit möglichen Gesundheitsbelastungen durch Pflanzen und Bäume umgegangen werden kann. Vor allem mit Blick auf den rezenten Klimawandel und dessen Auswirkungen auf der lokalen Ebene sind Anpassungsmaßnahmen und neue Forschungsansätze unabdingbar, um besonders städtische Räume lebenswert zu erhalten.

## 5 Literatur

- Aydin, Y. M.; Yaman, B.; Koca.; Dasdemir, O.; Kara, M.; Altioek, H.; Dumanoglu, Y.; Bayram, A.; Tolunay, D.; Odabasi, M.; Elbir, T. (2014): Biogenic volatile organic compound (BVOC) emissions from forested areas in Turkey: Determination of specific emission rates for thirty-one tree species. In: *Science of the Total Environment* 490: 239-253.
- Butler, T.; Dauert, U.; Mues, A.; Wichmann-Fiebig, M. (2020): Ozonsituation in Deutschland. Wissensstand, Forschungsbedarf und Empfehlungen. Dokumentationen 02/2020. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/dokumentation\\_02-2020\\_uba-iass\\_ozon-workshop\\_fin.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/dokumentation_02-2020_uba-iass_ozon-workshop_fin.pdf) (Zugriff: 28.07.2022).
- Calfapietra, C.; Fares, C.; Loreto, F. (2009): Volatile organic compounds from Italian vegetation and their interaction with ozone, In: *Environmental Pollution* 157: 1478-1486.

- Dosch, F.; Haury, S.; Skowski, J.; Wahler, B.; Willinger, S.; Arndt, T.; Mayer, F.; Hommes, M.; Mösch, S. (2015): Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft – Grünbuch Stadtgrün. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin.  
[https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/gruenbuch-stadtgruen.pdf;jsessionid=0579552F86E06061833DBE35443E1754.2\\_cid373?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/gruenbuch-stadtgruen.pdf;jsessionid=0579552F86E06061833DBE35443E1754.2_cid373?__blob=publicationFile&v=4) (Zugriff: 28.07.2022).
- Guenther, A.; Zimmerman, P.; Harley, P.; Monson, R.; Fall, R. (1993): Isoprene and Monoterpene Emission Rate Variability: Model Evaluations and Sensitivity Analyses. In: *Journal of Geophysical Research* 98: 12,609-12,617.
- Henninger, S.; Weber, S. (2020): Stadtklima. Schöningh Verlag, Paderborn.
- Kesselmeier, J.; Staudt, M. (1999): Biogenic Volatile Organic Compounds (VOC): An Overview on Emission, Physiology and Ecology. In: *Journal of Atmospheric Chemistry* 33: 23-88.
- Pérez-Rial, D.; Penuelas, J.; López-Mahia, P.; Llusà, J. (2009): Terpenoid emissions from *Quercus robur*. A case study of Galicia (NW Spain). In: *Journal of Environmental Monitoring* 11: 1268-1275.
- Pokorska, O.; Dewulf, J.; Amelynck, C.; Schoon, N.; Simpraga, M.; Steppe, K.; Van Langenhove, H. (2012): Isoprene and terpenoid emissions from *Abies alba*: Identification and emission rates under ambient conditions. In: *Atmospheric Environment* 59: 501-508.
- Räisänen, T.; Ryyppö, A.; Kellomäki, S. (2009): Monoterpene emission of a boreal Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 808-819.
- Ruuskanen, T. M.; Hakola, H.; Kajos, M. K.; Hellén, H.; Tarvainen, V.; Rinne, J. (2007): Volatile organic compound emissions from Siberian larch. In: *Atmospheric Environment* 41: 5807-5812.
- Sharkey, T.; Wiberley, A.; Donohue, A. (2008): Isoprene Emission from Plants: Why and How. In: *Annals of Botany* 101: 5-18.
- Smiattek, G.; Steinbrecher, R. (2006): Temporal and spatial variation of forest VOC emissions in Germany in the decade 1994-2003. In: *Atmospheric Environment* 40: 166-177.
- Wagner, P.; Kuttler, W. (2014): Biogenic and anthropogenic isoprene in the near-surface urban atmosphere – A case study in Essen, Germany. In: *Science of the Total Environment* 475: 104-115.
- Wiedinmyer, C.; Guenther, A.; Harley, P.; Hewitt, N.; Geron, C.; Artaxo, P.; Steinbrecher, R.; Rasmussen, R. (2004): Global Organic Emissions from Vegetation. In: Granier, C.; Artaxo, P.; Reeves, C. (Edit.): *Emissions of Atmospheric Trace Compounds*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 115-170.

# Erfassung der Bodenversiegelung im Freistaat Sachsen

Bernd Siemer, Uwe Ferber, Karl Eckert

## Zusammenfassung

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) hat einen handhabbaren methodischen Ansatz zur quantitativen Erfassung des mittleren Versiegelungsgrades für die gesamte Landesfläche aus vorhandenen Datensätzen entwickelt und auf die Fläche des Freistaates Sachsen angewendet. Bisher nicht verfügbare Versiegelungsinformationen wurden abgeleitet und quantitativ belastbar erhoben. Damit ist es möglich, die Bodenversiegelung besser wiederkehrend erheben und sukzessiv in Planungs- und Genehmigungsvorhaben integrieren zu können. Die fortschreibbare Methodik zielt auf eine Erfassung aus vorhandenen Informationsgrundlagen des ATKIS-Basis-DLM.

**Schlagnörter:** Bodenversiegelung, Versiegelungskartierung, Umweltmonitoring, Landnutzung, Flächeninanspruchnahme

## 1 Hintergrund

Die Inanspruchnahme des Bodens durch den Menschen durch bauliche Maßnahmen ist noch immer hoch (LfULG, o. J.). Der Indikator Flächenneuanspruchnahme des Bodens beschreibt die täglich neu im Außenbereich wachsende Siedlungs- und Verkehrsfläche. Dazu zählen die baulichen Nutzungen des Bodens für Siedlungs- und Verkehrszwecke inklusive ihrer Begleitflächen, die durch die statistischen Ämter (z. B. das *Sächsische Statistische Landesamt*) jährlich veröffentlicht werden. Auch die landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Fläche ist teilweise einer baulichen und bodenversiegelnden Inanspruchnahme unterworfen. Die Zahlen finden jedoch keinen Niederschlag in den Berichten zur Flächenneuanspruchnahme.

Die Flächennutzungen sind stark differenziert, z. B. kann die Gebäude- und Freifläche eine Wohnhausfläche mit Garten sein oder auch eine Gewerbefläche mit Parkplatz. Die konkreten Flächennutzungen verursachen unterschiedliche Grade der Bodenversiegelung. Aus diesem Grund ist die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche nicht gleichbedeutend mit einer Versiegelung des Bodens.

Auch durch den Bau von Straßen, asphaltierten Wegen und Plätzen werden freie Flächen in großem Umfang versiegelt und sind oftmals die infrastrukturelle Wegbereitung der weiterwachsenden Flächenneuanspruchnahme im Außenbereich.

Bodenversiegelung zerstört und beeinträchtigt die natürlichen Bodenfunktionen und hat einen Einfluss auf den natürlichen Wasserhaushalt, da der Boden nicht mehr als



Speicher oder Regulator dient. Der Abfluss wird durch Bodenversiegelung gesteigert und die Wasserrückhaltung verringert. Insbesondere nach starken Niederschlägen können örtliche Überschwemmungen entstehen.

Die Abkühlungsfunktion des Bodens wird vermindert. Heiße Tage in Verbindung mit hohen Versiegelungsgraden lassen die Temperaturen auf hoch versiegelten Flächen auf Werte steigen, die signifikant höher sind als auf unversiegelten oder begrünten Bereichen. Hitze und Trockenheit vermindern die Luftqualität.

Die Inanspruchnahme des Bodens im Freistaat Sachsen für Siedlungs- und Verkehrsflächen nimmt weiterhin deutlich zu. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche des Freistaates Sachsen im Zeitraum 2005-2021 ist von 11,6 % auf über 13,7 % der Landesfläche angewachsen (LfULG 2019). Daten zur tatsächlich versiegelten Fläche lagen bisher nicht vor, denn diese wird von der amtlichen Statistik nicht erhoben. Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung und das Umweltbundesamt schätzen, dass etwa 50 % der Siedlungs- und Verkehrsfläche der Bundesrepublik Deutschland versiegelt sind (UBA 2022b).

Der bundesweite Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung ermöglicht, den quantitativen Anteil versiegelter Flächen grob abzuschätzen. Der Indikator „Bodenversiegelungsgrad“ wird für die Jahre 2006, 2009, 2012, 2015 und 2018 auf verschiedenen räumlichen Bezugsebenen zur Verfügung gestellt. Die Datengrundlage bilden die Versiegelungsdaten des High Resolution Layers Imperviousness Degree aus dem europäischen Erdbeobachtungsprogramm Copernicus. Die Auflösung der Karten des IÖR-Monitors für die Darstellung der Bodenversiegelung beträgt 100 x 100 m.

Vor diesem Hintergrund hat das LfULG eine Methode zur quantitativen Erfassung des mittleren Versiegelungsgrades für die gesamte Landesfläche aus vorhandenen Datensätzen entwickelt und auf die Landesfläche Sachsens angewendet. Bisher nicht verfügbare Versiegelungsinformationen wurden methodisch begründbar und quantitativ belastbar erhoben, um den Versiegelungsgrad besser monitoren und in Planungs- und Genehmigungsvorhaben integrieren zu können.

## **2 Eingangsdaten und methodisches Vorgehen**

### **2.1 Eingangsdaten**

Die fortschreibbare Methodik zielt auf eine Erfassung aus vorhandenen Informationsgrundlagen des ATKIS-Basis-DLM (GeoSN o. J. a). Dieses hat eine hohe Bodenauflösung und wird durch die Landesvermessungsverwaltung (in Sachsen Staatsbetrieb Geobasisinformationen und Vermessung GeoSN) erfasst und zyklisch aktualisiert.

Die Informationen des ATKIS-Basis-DLM werden herangezogen, um den jeweiligen Landschaftsobjekten bzw. Flächennutzungen konkrete und repräsentative Versiegelungswerte zuzuordnen. Die Versiegelungswerte werden aus digitalen Luftbildern erhoben und auf die jeweilige Objektart des ATKIS-Basis-DLM als gewogenes Mittel übertragen (GeoSN o. J. b).

In Sachsen wird ein Drittel der Landesfläche jährlich neu beflogen, d. h. jedes Jahr werden ein Drittel der Luftbilder des Landes neu erzeugt. Insofern ist wichtig für die Erfassung des Versiegelungsgrades, den Zeitschnitt der verwendeten Luftbilder mit dem Zeitschnitt des ATKIS-Basis-DLM zu parallelisieren (z. B. ATKIS 2021, Luftbilder 2021). Digitale Luftbilder haben eine Bodenauflösung von 20 cm, so dass die quantitative Ableitung der Bodenversiegelung grundsätzlich fachlich möglich ist.

Die Erfassung des Bodenversiegelungsgrades aus vorhandenen Informationsgrundlagen bietet den Vorteil, dass diese Grundlagen nicht separat erhoben werden müssen und lediglich eine Methode der Erfassung der Bodenversiegelung aufgesetzt werden muss. Die Grundlage des digitalen Basis-Landschaftsmodell (kurz ATKIS-Basis-DLM) ist im Freistaat Sachsen wie auch allen anderen Bundesländern vollumfänglich vorhanden. Das Digitale Landschaftsmodell ist objektbasiert, attribuiert, vektoriell sowie abfrageorientiert ausgelegt und enthält eine große Informationsdichte sowie eine hohe geometrische Genauigkeit.

Die qualitativen und quantitativen Eigenschaften der Objekte werden durch Attribute beschrieben (z. B. Straßennamen, Gebäudefunktionen, Vegetationsmerkmale). Welche Objektarten ein DLM enthält und wie die Objekte zu bilden sind, ist bundeseinheitlich in den zugehörigen ATKIS-Objektartenkatalogen (ATKIS-OK) festgelegt.

Die Objekte werden durch räumliche Lage, geometrischen Typ, beschreibende Attribute und Beziehungen zu anderen Objekten (Relationen) beschrieben. Jedes Objekt besitzt deutschlandweit eine eindeutige Identifikationsnummer (Identifikator). Die räumliche Lage wird für das Basis-DLM maßstabs- und abbildungsunabhängig im Koordinatensystem der Landesvermessung angegeben.

Einige Daten liegen teils oder ganz nur als Linien-Objekt vor. Darunter fallen Verkehrswege wie Straßen oder Bahnstrecken. In solchen Fällen muss um die Linien im GIS ein Puffer generiert werden, um die Fläche des Verkehrsweges ermitteln zu können. Dazu bedarf es der Kenntnis über die Breite verschiedenspuriger Verkehrswege. Richtlinien wie die "Richtlinien für die Anlage von Straßen – Querschnitt" (RAS-Q) legen die Breiten anhand des täglichen Verkehrsaufkommens fest. So beträgt die Breite der befestigten Fläche für Landstraßen mit einem Aufkommen von 15 000 Fahrzeugen am Tag 6,50 m, die Gesamtbreite liegt bei 9,50 m. Höchstbelastete Autobahnen mit einem täglichen Aufkommen von 50 000 bis 100 000 Fahrzeugen weisen eine befestigte Breite von 2 x 14,50 m auf (Wikipedia 2022).

Jedoch ändert sich die Zahl der Spuren im Verlauf der Verkehrswege (z. B. die A4 zwischen Görlitz und Dresden), weshalb ein Mittelwert als Puffer zur Flächengenerierung gebildet wurde, da eine abschnittsweise Pufferung der Fahrbahnbreite zu aufwendig gewesen wäre. Bei der Pufferung können eventuell vorhandene mittige Grünstreifen nicht immer herausgefiltert werden. Ebenso können Mündungsbereiche, z. B. an Kreuzungen nicht in den Puffer einbezogen werden. Da beide Varianten sich in der Waage halten, wurde auf die Verwendung eines Korrekturwertes verzichtet.

## 2.2 Auswahl der Luftbilder/Auswertung

Zur Projektbearbeitung und Validierung der Versiegelungsinformation wurden auf Grundlage von Luftbildern repräsentative Abbildungen ausgewählt. Beispielsweise wurde darauf geachtet, dass sowohl urbane wie auch rurale Strukturtypen aus den ländlichen Räumen Sachsens mit herangezogen wurden. Die Luftbilder wurden mit dem ATKIS-Basis-DLM in GIS überlagert. Anschließend wurde jede auf Versiegelung zielende Objektart des ATKIS-Basis-DLM mit dem Luftbild auf den Versiegelungsgrad hin bewertet. Dieser Arbeitsschritt wurde von geschultem Personal durchgeführt. Die klassifizierten Flächen sind durch Koordinaten-Punkte dokumentiert. Die Koordinaten-Punkten zeigen die jeweilig bewerteten Flächen.



Abb. 1: Erfassung der Versiegelung, Luftbild Eilenburg (Quelle: StadtLand GmbH)

Die genaue Auswahl der Flächen variiert. Dies ist auf die unterschiedlich vorhandene Anzahl der Nutzungskategorien pro Luftbild-Kachel zurückzuführen. Die Berechnung

berücksichtigt nicht die Versiegelung der Gebäude, da die Gebäude eine eigene Klasse bilden. Insgesamt wurden 620 Flächen betrachtet und für die Bildung von repräsentativen Versiegelungsklassen herangezogen.

### 3 Ergebnisse – Ermittlung der mittleren Versiegelungsgrade

Als erstes Teilergebnis illustriert die Abbildung 2 die Erfassung der Bodenversiegelung im Freistaat Sachsen 2021.

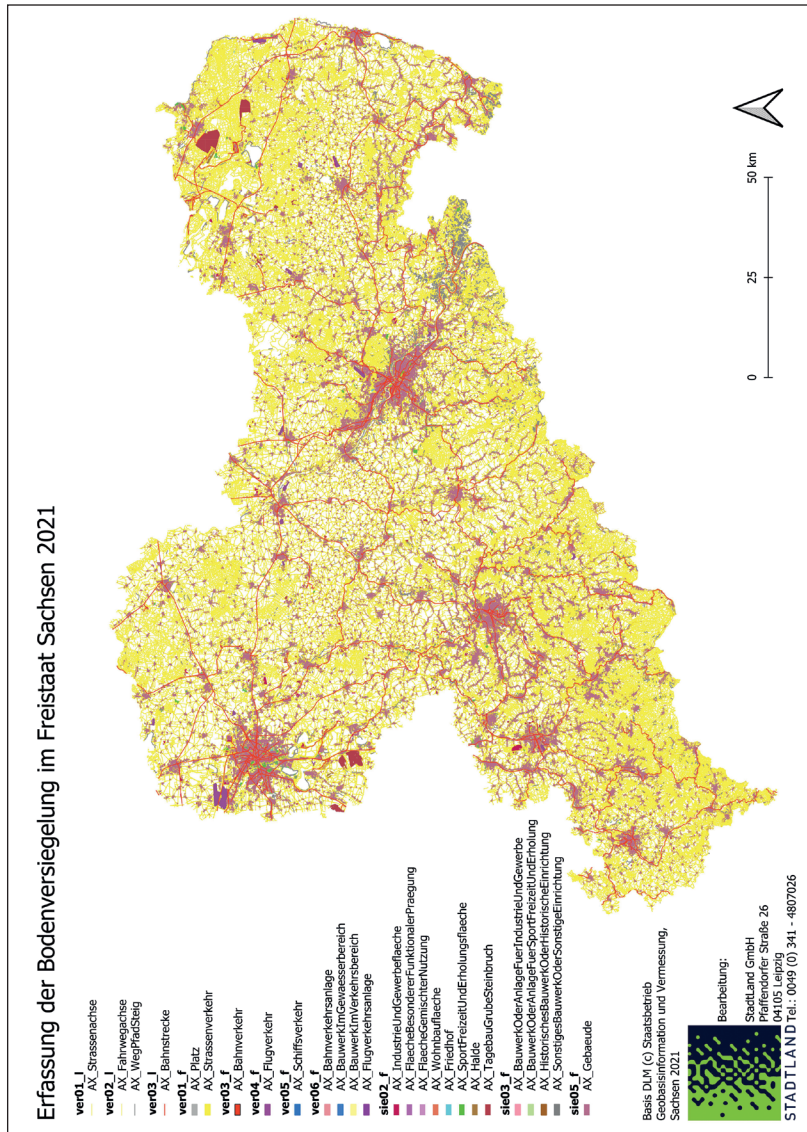


Abb. 2: Siedlungs- und Verkehrsflächen Sachsen 2021 (Quelle: StadtLand GmbH nach Daten des GeoSN, 2021)

Die folgende Tabelle enthält die berechneten mittleren Versiegelungsgrade 2021.

Tab. 1: Spannweiten und Mittelwerte der Versiegelung pro Objektart (Quelle: StadtLand GmbH)

Bezeichnung	Objektart (Flächentyp)	Mittlerer Versiegelungsgrad 2021 (%)	Spannweite (%)
Siedlungsflächen	AX_Industrie- und Gewerbefläche	57,4	1,0 - 98,0
Siedlungsflächen	AX_Wohnbaufläche	14,9	2,5 - 45,0
Siedlungsflächen	AX_Fläche gemischter Nutzung	25,0	1,0 - 90,0
Siedlungsflächen	AX_Fläche besonderer funktionaler Prägung	46,9	1,0 - 100,0
Siedlungsflächen	AX_Friedhof	3,4	0,0 - 10,0
Siedlungsflächen	AX_Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	9,2	0,0 - 85,0
Gebäude		100,0	100,0
Plätze	AX_Platz	74,9	15,0 - 100,0
Landwirtschaft		3,6	0,0 - 40,0

Die jeweiligen spezifischen Flächennutzungstypen wurden zur besseren Übersicht in folgende Flächennutzungstypen zusammengefasst:

- Gebäude- und Freiflächen,
- Betriebsflächen ohne Abbauland,
- Erholungsflächen (z. B. Wochenendhäuser, Grün- oder Sportanlagen)
- Verkehrsflächen,
- Friedhofsflächen.

Die ermittelten jeweils unterschiedlichen Versiegelungsgrade wurden in Versiegelungsklassen eingeteilt. Es wurden insgesamt 11 Versiegelungsklassen für eine vereinfachte Kategorisierung des Versiegelungsgrades gebildet: 0 - 1; > 1 - 10; > 10 - 20; > 20 - 30; > 30 - 40; > 40 - 50; > 50 - 60; > 60 - 70; > 70 - 80; > 80 - 90; > 90. Durch die erhobenen Daten ist zusätzlich der durchschnittliche Versiegelungsgrad der einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte des Freistaats Sachsens ermittelt worden.

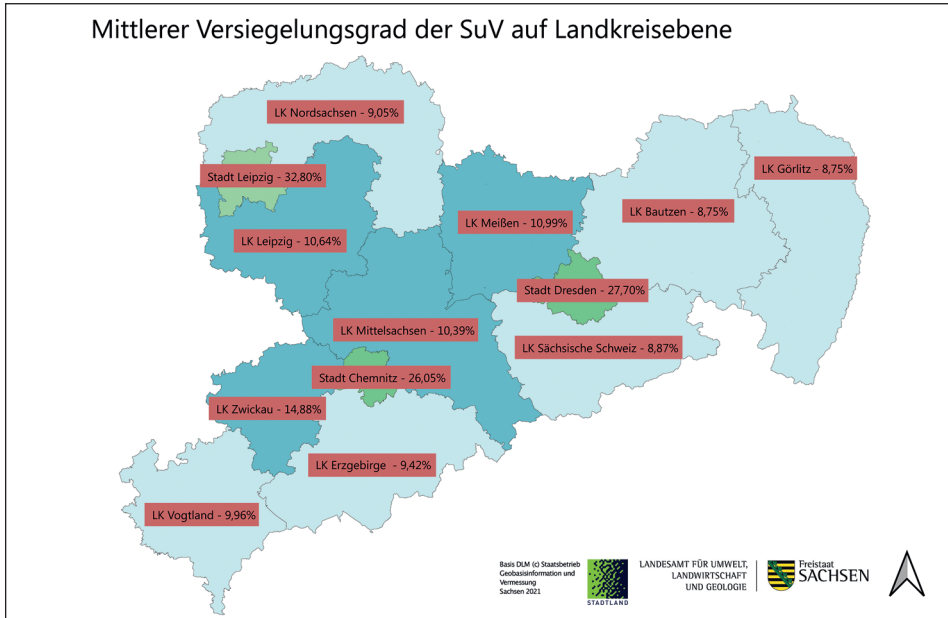


Abb. 3: Mittlerer Versiegelungsgrad der SuV auf Landkreisebene (Quelle: StadtLand GmbH basierend auf den Daten des GeoSN, 2021)

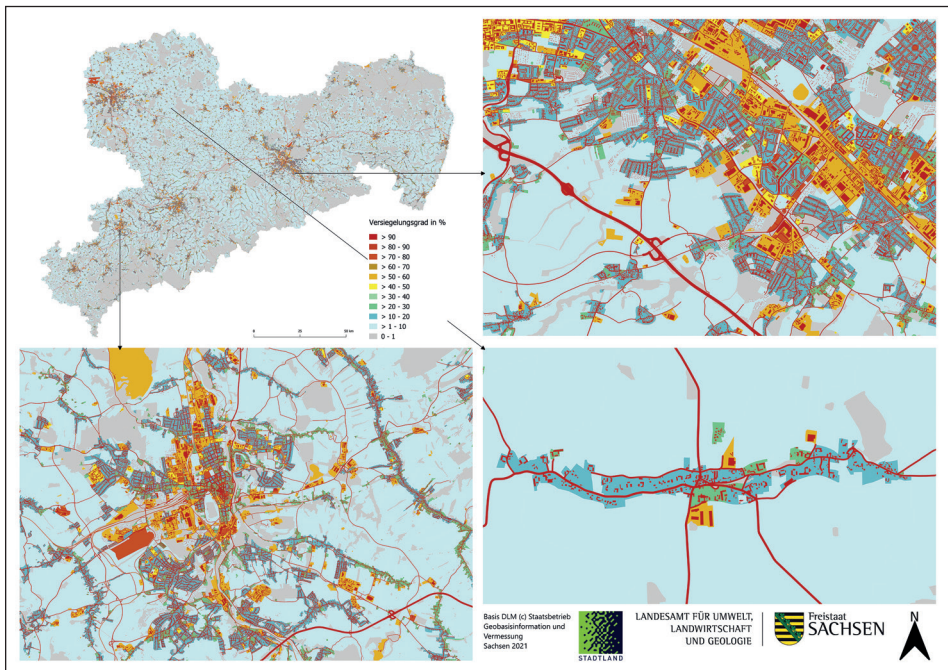


Abb. 4: Detailsichten der mittleren Versiegelungsgrade der SuV (Quelle: StadtLand GmbH basierend auf Daten des GeoSN, 2021)

## 4 Zusammenfassung

Mit dem Projekt „Erfassung der Bodenversiegelung im Freistaat Sachsen“ des LfULG wurde die mittlere Bodenversiegelung für die gesamte Landesfläche des Freistaats Sachsen ermittelt. Dazu wurden Informationen des ATKIS-Basis-DLM 2021 und Luftbilder 2021 herangezogen, um den jeweiligen Objektarten des ATKIS-Basis-DLM konkrete und repräsentative Versiegelungswerte zuzuordnen. Die Versiegelungen von Verdichtungsräumen und ländlichen Räumen in Sachsen wurden verglichen. Zusätzlich wurde auf den Flächen der digitalen Luftbilder der Zuwachs von neu versiegelten Flächen erfasst.

Die abgeleiteten Produkte sind:

- Ein Datensatz der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Freistaat Sachsen mit unterschiedlichen Flächennutzungskategorien. Gemeint sind die bebauten, versiegelten und teilversiegelten Flächen, welche im ATKIS-Basis-DLM abgebildet sind.
- Eine Zuordnungstabelle der mittleren Versiegelungsgrade der Objektarten mit bebauten Flächennutzungen des ATKIS-Basis-DLM.
- Ein Datensatz zum mittleren Versiegelungsgrad der Bodenflächen im Freistaat Sachsen auf Grundlage von Luftbildern.

Die Erhebung aus den zu Grunde liegenden Informationen (ATKIS-Basis-DLM 2021 und digitale Luftbilder 2021) ergeben einen landesweiten Versiegelungsgrad der Böden in Höhe von 198 073,2 Hektar. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 10,7 % der Landesfläche des Freistaates Sachsen. Der hohe Wert der Bodenversiegelung resultiert aufgrund einer umfassenden Erfassung des Versiegelungsgrades. Böden der land- oder forstwirtschaftlichen Nutzung, z. B. Gebäude, Wirtschafts- und Energieanlagen sowie land- und forstwirtschaftliche Wege mit ihren Teil- und Vollversiegelungen sind ebenfalls erfasst und dem Versiegelungsgrad zugeordnet worden. Eine Vielzahl versiegelter Flächen ist nicht der Siedlungs- und Verkehrsfläche der Landesstatistik zugeordnet, sondern in anderen Flächennutzungskategorien „statistisch maskiert“ (z. B. in der Land- oder Forstwirtschaft).

Die Methode wird für ein fortlaufendes Monitoring der wachsenden Bodenversiegelung empfohlen. Die Produkte sind vielseitig einsetzbar, beispielsweise

- für Planungszwecke auf Landes-, Regional- und Kommunalebene,
- in besonders betroffenen Räumen und Schutzgütern in unterschiedlichen Fragestellungen,
- für die Detaillierung der Versiegelung und Neuversiegelung des Bodens in verschiedenen räumlichen Einheiten in verschiedenen Größen.

## 5 Literatur

- Copernicus Programme (2018): Imperviousness.  
<https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness>  
(Zugriff: 29.07.2022).
- GeoSN – Staatsbetrieb Geobasisinformationen und Vermessung Sachsen (o. J. a): Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS).  
<https://www.landesvermessung.sachsen.de/amtliches-topographisch-kartographisches-informationssystem-atkis-5869.html> (Zugriff: 29.07.2022).
- GeoSN – Staatsbetrieb Geobasisinformationen und Vermessung Sachsen (o. J. b): Luftbilder.  
<https://www.landesvermessung.sachsen.de/luftbilder-4054.html>  
(Zugriff: 29.07.2022).
- LfULG – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2019): Erfassung der Bodenversiegelung im Freistaat Sachsen. Abschlussbericht vom 10. April 2019).  
[https://www.boden.sachsen.de/download/Abschlussbericht\\_Bodenversiegelung\\_2019.pdf](https://www.boden.sachsen.de/download/Abschlussbericht_Bodenversiegelung_2019.pdf) (Zugriff: 29.07.2022).
- LfULG – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2019): Bodenversiegelung.  
<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12216.html>  
(Zugriff: 29.07.2022).
- LfULG – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (o. J.): Flächeninanspruchnahme – Was ist das?  
<https://www.boden.sachsen.de/bodenversiegelung-und-flaecheninanspruchnahme-18604.html> (Zugriff: 29.07.2022).
- UBA – Umweltbundesamt (2022 a): Bodenversiegelung.  
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#textpart-1> (Zugriff: 29.07.2022).
- UBA – Umweltbundesamt) (2022 b): Siedlungs- und Verkehrsfläche.  
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke-> (Zugriff: 29.07.2022).
- Wikipedia (2022): Richtlinien für Anlagen von Straßen -Querschnitt.  
[https://de.m.wikipedia.org/wiki/Richtlinien\\_f%C3%BCr\\_die\\_Anlage\\_von\\_Stra%C3%9Fen\\_%E2%80%93\\_Querschnitt](https://de.m.wikipedia.org/wiki/Richtlinien_f%C3%BCr_die_Anlage_von_Stra%C3%9Fen_%E2%80%93_Querschnitt) (Zugriff: 30.10.2018).





# KI-basierte Simulation des Einflusses von Flächennutzungsänderungen auf die städtische Luftqualität

*Hendrik Herold, Thomas Meiers, David Reuschenberg, Lisanne Petry*

## Zusammenfassung

Die Luftqualität hat sich in vielen europäischen Städten in den letzten Jahrzehnten verbessert. Doch auch wenn die derzeit noch gültigen gesetzlichen Grenzwerte zunehmend eingehalten werden, stellen die 2021 aktualisierten, deutlich strengeren Leitlinien der WHO zur Luftreinhaltung neue Herausforderungen dar. Neue Daten des Copernicus-Programms sowie innovative Modellierungsansätze ermöglichen hochaufgelöste Analysen der raumzeitlichen Verteilung von Luftschadstoffen. Mit Hilfe von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) können die amtlichen, jedoch nur punktuell gemessenen Luftschadstoffdaten mit aktuellen Satelliten-, Verkehrs-, Wetter- und Flächennutzungsdaten so kombiniert und analysiert werden, dass flächenhafte Prognosen der städtischen Luftqualität für die nächsten Tage möglich werden. Diese flächigen Vorhersagen können Kommunen u. a. bei der Planung von kurzfristigen Gegenmaßnahmen wie der temporären Verkehrsbeeinflussung unterstützen. Des Weiteren kann ein auf Basis von aktuellen Daten trainiertes KI-Modell auf eine durch Planungsvarianten veränderte Flächennutzung angewendet werden. Damit lassen sich – ceteris paribus – vorab die Auswirkungen verschiedener Planungsvarianten auf die lokale Luftqualität simulieren. In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten und Ergebnisse derartiger KI-basierter Simulationen anhand realer Planungsbeispiele aufgezeigt.

**Schlagwörter:** Simulation, Luftqualität, Flächennutzung, Künstliche Intelligenz, Sentinel 5p

## 1 Einführung

Luftverschmutzung stellt nach wie vor eines der bedeutendsten Umweltprobleme weltweit in Städten dar. Sie beeinträchtigt nicht nur die menschliche Gesundheit, sondern auch die biologische Vielfalt sowie funktionierende terrestrische und aquatische Ökosysteme sind durch Luftschadstoffe gefährdet. Zu den Hauptverursachern der anthropogenen Luftverschmutzung zählen Verkehr, Industrie, Landwirtschaft und Verbrennungsprozesse (Petry et al. 2020). In den europäischen Städten hat sich die Luftqualität in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert (EEA 2020). Auch wenn die bisherigen gesetzlichen Grenzwerte zunehmend eingehalten werden, stellen die 2021 veröffentlichten, sehr viel strengeren Luftqualitätsrichtlinien (Air Quality Guidelines) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) viele Städte vor neue Herausforderungen (WHO 2021).

Um Kommunen und Behörden bei der Bewältigung dieser Herausforderungen zu unterstützen und bessere Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung zu stellen, wurden im Rahmen des vom Bund geförderten Projektes „Satellitenbasiertes System zur Anzeige, Prognose und Simulation von Luftschadstoffen für eine nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung“ (SAUBER)<sup>1</sup> die Potenziale von neuen Daten des Copernicus-Programms (insbesondere des Satelliten Sentinel 5p) sowie innovativer KI-basierter Modellierungsansätze (Deep Learning) untersucht. Darauf aufbauend wurde gemeinsam mit Praxispartnern ein Verfahren entwickelt, das automatisiert hochaufgelöste Vorhersagen der flächenhaften Verteilung von Luftschadstoffen ermöglicht und so Kommunen bei der Planung von kurzfristigen Gegenmaßnahmen wie der temporären Verkehrsbeeinflussung unterstützt (Petry et al. 2021). In einer zweiten Verfahrenskomponente wurde der Zusammenhang zwischen der aktuellen Flächennutzung und der langfristigen Luftqualität modelliert. Mit diesem Modell lassen sich die Auswirkungen verschiedener Planungsvarianten auf die lokale Luftqualität vorab simulieren. Dies wurde von den assoziierten Partnern Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) Nordrhein-Westfalen und Landeshauptstadt Stuttgart als besonders relevant für die Planungspraxis angesehen. Im Folgenden werden die Methodik, Möglichkeiten und Grenzen derartiger KI-basierter Simulationen anhand realer Planungsbeispiele aufgezeigt.

## 2 Methodik und verwendete Daten

Der kombinierte Einsatz von Wettermodellen, chemischen Transport- oder Partikel-dispersionsmodellen ermöglicht die raumzeitlich konsistente Simulation und Vorhersage von Luftschadstoffkonzentrationen von der globalen bis zur lokalen Ebene (Petry et al. 2021). Zum Beispiel liefert auf europäischer Ebene der Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) tägliche Luftqualitäts-Vorhersagen mit einer räumlichen Auflösung von  $0,1^\circ$ . Das entspricht rund 10 km Rasterauflösung (Copernicus 2022). Für die Vorhersage der Luftqualität in höherer räumlicher Auflösung liefert das Luftqualitätsmodellierungssystem Polyphemus/DLR operationell Vorhersagen von bis zu 72 Stunden bei räumlichen Auflösungen von 2 km bis hinunter zu 500 m (Khorsandi et al. 2018; Mallet et al. 2007). Weitere in Deutschland eingesetzte Luftqualitätsmodellierungssysteme sind EURAD-IM (Elbern et al. 2007) und REMCAL-GRID (Stern 2003). Ein großer Teil der Variabilität der Luftverschmutzung findet jedoch auf sehr kleinen Skalen statt (Lefebvre et al. 2013). Chemische und physikalische Modelle erfordern laut Petry et al. (2021: 90) daher: (1) eine genaue und hochaufgelöste Initialisierung statischer (Topographie) und dynamischer (Meteorologie, Emissionen, Landnutzung) Felder, (2) eine gute Darstellung und Parametrisierung von Prozessen, (3) einen numerisch stabilen Löser (Solver) und (4) nicht zuletzt massive Rechenkapazitäten, um die lokalen Effekte in komplexem Gelände oder städtischen Umgebungen aufzulösen.

<sup>1</sup> Gefördert durch das Bundesministerium für Digitalisierung und Verkehr (BMDV) im Rahmen des Modernitätsfonds (mFund), FKZ: 19F2064F.

In dem hier vorgestellten Forschungsprojekt sollte eine weitere Methode mit einer vorwiegend implizierten Modellierung der physikalisch-chemischen Prozesse untersucht und getestet werden: die Vorhersage und Simulation von Luftschadstoffen mittels Machine Learning. Weit verbreitete Modelle in diesem Feld sind Deep Neural Networks (DNN). Hier wurde ein Fully Connected Neural Network (FCNN) mit 3 Hidden Layers und Rectified Linear Unit (ReLU) Aktivierungsfunktion verwendet. Ziel der Simulation war die Modellierung der Schadstoffbelastung an einem Ort in Abhängigkeit der räumlichen Beschaffenheit der Umgebung. Um diese Abhängigkeit zu lernen, wurde das neuronale Netz darauf trainiert, die durchschnittliche Schadstoffbelastung an den Messstationen auf Grundlage der Landnutzungsklassifikation des umliegenden Gebiets vorherzusagen. Als Input hat das Netz ein distanzgewichtetes Histogramm der Häufigkeiten einzelner Landschaftsklassen in 300 m Radius um den Messstationenpunkt erhalten, das für jeden Punkt im Preprocessing berechnet wurde. Die durchschnittliche Schadstoffbelastung an den Messstationen über mehrere Jahre wurde für die jeweiligen Schadstoffarten berechnet und als Target im Training benutzt. Die Implementierung erfolgte in PyTorch 1.4.

Für die Vorhersagequalität aller KI-basierten Modelle ist die Qualität der Eingabedaten (der sogenannten Trainingsdaten) entscheidend. Daher wurden hier ausschließlich Luftschadstoffdaten der offiziellen amtlichen Messstationen berücksichtigt. Ein Überblick aller amtlichen deutschen Messstationen ist auf der Stationsübersicht des Umweltbundesamtes (UBA 2022) zu finden. Für das Training des KI-Modells wurden neben den Stationsmesswerten auch Verkehrs-, Wetter-, Satelliten- und Flächennutzungsdaten verwendet. Die Satellitendaten umfassten u. a. die seit 2017 zur Verfügung stehenden Atmosphärendaten des TROPOMI-Instruments an Bord von Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P). Dieser Sensor aus dem Copernicus-Programm misst – in der troposphärischen Säule und bei täglich globaler Abdeckung – Luftschadstoffe und Treibhausgase wie Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Formaldehyd (HCHO), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Methan (CH<sub>4</sub>) mit einer räumlichen Auflösung von 3,5 × 5,5 km (Taubenböck et al. 2020). Diese Daten dienen im Modell der flächenhaften Modellierung der punktuell gemessenen in-situ Luftschadstoffwerte. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Anwendung des Modells vorgestellt.

### 3 Simulationen der Luftqualität

Das im vorangegangenen Abschnitt beschriebene FCNN-Modell wurde auf Basis der Daten der kleinräumigen aktuellen Flächennutzung des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (Meinel et al. 2022) trainiert und damit implizit der Zusammenhang zwischen der Flächennutzung und den Jahresmittelwerten diverser Luftschadstoffe modelliert. Für die Simulationen wurden gemeinsam mit den Praxispartnern unterschiedlich große Fallstudiengebiete in Nordrhein-Westfalen und Stuttgart ausgewählt, für die aktuell Bebauungsplanungen vorliegen. Die geplante Bebauung wurde anschlie-

ßend in die Flächennutzungsdaten übertragen. Zusätzlich wurde ein weiterer, simulierter Datensatz (Kontrolldatensatz) erstellt, in dem der beplante Bereich virtuell in eine Grünfläche umgewidmet wurde (Abb. 1, obere Reihe). Die simulierten Datensätze wurden als Eingabelayer für das zuvor trainierte FCNN-Modell verwendet und auf diese Weise im Ergebnis die jeweilige Luftschadstoffbelastung flächenhaft simuliert (Abb. 1, untere Reihe, hier am Beispiel von Stickstoffdioxid, NO<sub>2</sub>). Abbildung 2 zeigt die Simulationsexperimente für den Vergleich der Jahresmittelwerte der Luftschadstoffe Feinstaub (PM<sub>10</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Ozon (O<sub>3</sub>) in der aktuellen Flächennutzung, der geplanten Flächennutzung und bei Umwidmung als Grünfläche bzw. Siedlungsfreifläche.

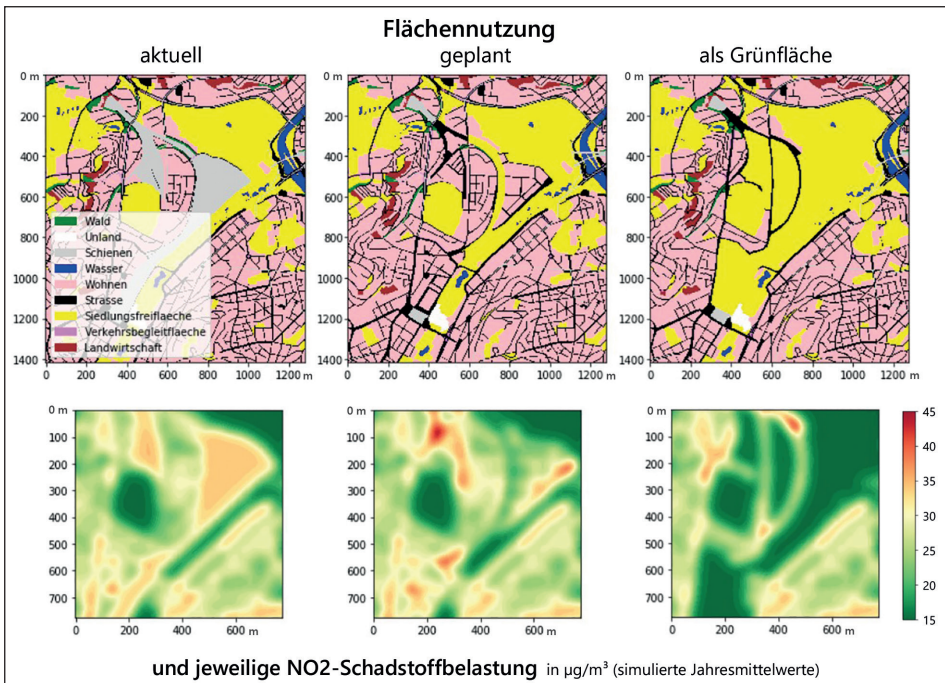


Abb. 1: Vergleich der aktuellen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte (links unten) für die aktuelle Flächennutzung (oben links), der simulierten Jahresmittelwerte (unten Mitte) entsprechend der geplanten Flächennutzung (oben Mitte) und der simulierten Jahresmittelwerte (links unten) entsprechend der Planungen als Siedlungsfreifläche bzw. Grünfläche (rechts oben). (Quelle: eigene Darstellung, HHI)

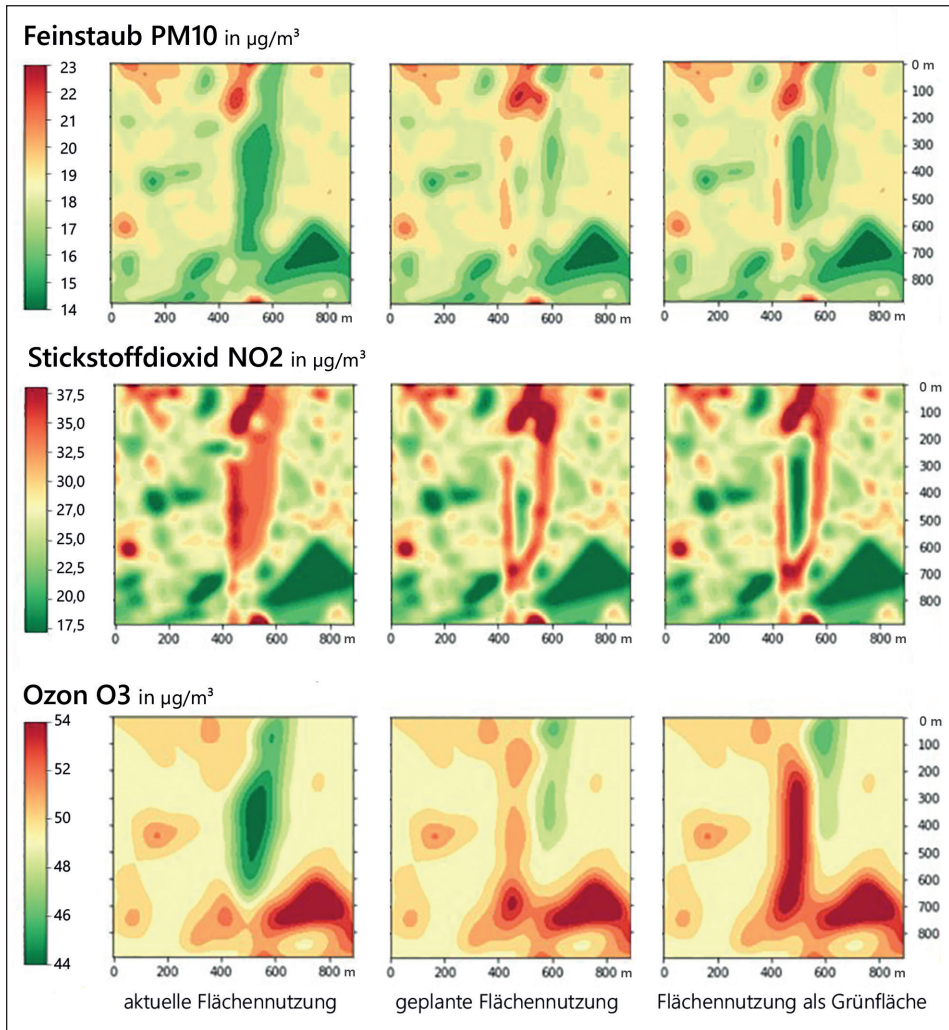


Abb. 2: Vergleich Jahresmittelwerte für PM10 (oben), NO2 (Mitte) und O3 (unten) für die aktuelle Flächennutzung (links), für entsprechend der Planungen simulierten Flächennutzung (Mitte) und der Planung als Siedlungsfreifläche bzw. Grünfläche (rechts). (Quelle: eigene Darstellung, HHI)



## 4 Fazit und Forschungsbedarf

Im Zuge der neuen und im Vergleich zu aktuellen Grenzwerten wesentlich strengeren Luftqualitätsrichtlinien der Weltgesundheitsorganisation sind Anstrengungen seitens der Politik und zuständigen Verwaltungen notwendig. Um die lokale Ebene bei der Planung und Entscheidungsfindung zu unterstützen, wurde ein Verfahren vorgestellt, das die kleinräumige Simulation der räumlichen Verteilung von Luftschadstoffen auf Basis verschiedener Planungsvarianten ermöglicht. Im Gegensatz zu den verbreiteten physikalisch-chemischen Modellen, modelliert das hier vorgestellte Verfahren die Zusammenhänge der abhängigen Parameter implizit durch Training eines FCNN und ist damit zumindest hinsichtlich der Eingangsdaten und Parametrisierung weniger voraussetzungsvoll. Ein besonderer Gewinn stellen hierfür die neuen Copernicus-Daten des Sentinel-5P/TROPOMI-Instruments dar. Es wurde gezeigt, dass die Simulationen für ausreichend große Planungsgebiete plausible Jahresmittelwertverteilungen liefern. Für kleinere Gebiete unter einem Hektar sollte das Verfahren weiterentwickelt werden bzw. mit höheren Auflösungen simuliert werden. Dies wäre durch die hohe Auflösung des Flächennutzungslayers möglich, erforderte jedoch deutlich mehr Rechenleistung, insbesondere beim Training des KI-Modells. Ausstehend ist derzeit noch eine Validierung der Simulationsergebnisse anhand realer Messwerte nach Realisierung der geplanten Situation. Generell wird die Validierung aller Simulationsverfahren zur Luftqualität jedoch dadurch erschwert, dass in den neu bebauten Gebieten typischerweise keine neue amtliche Messstation eingerichtet wird, die eine lokale Validierung erlauben würde. Für eine praxisnahe Anwendung des Simulationsverfahrens wäre zudem ein Tool zur vereinfachten bzw. automatisierten Übertragung der Planungen in den Modellinput bzw. sogar eine direkte Eingabe der Bebauungspläne bzw. Planungsvarianten wünschenswert.

## 5 Literatur

- Copernicus (2022): Copernicus Atmosphere Monitoring Service. European air quality. <http://www.regional.atmosphere.copernicus.eu> (Zugriff: 16.09.2022).
- EEA – European Environment Agency (2020): Air quality in Europe – 2020 report. European Environment Agency, Copenhagen: 164 S.
- Elbern, H.; Strunk, A.; Schmidt, H.; Talagrand, O. (2007): Emission rate and chemical state estimation by 4-dimensional variational inversion, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7: 3749-3769.
- Khorsandi, E.; Baier, F.; Erbertseder, T.; Bittner, M. (2018): Air quality monitoring and simulation on urban scale over Munich, SPIE Remote Sensing, 2018, Berlin, Germany, Proceedings Volume 10793, Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments III; 1079303.
- Lefebvre, W.; van Poppel, M.; Maiheu, B.; Janssen, S.; Dons, E. (2013): Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain, *Atmospheric Environment*, 77: 325-337.



- Mallet, V.; Quelo, D.; Sportisse, B.; Ahmed de Biasi, M.; Debry, E.; Korsakissok, I.; Wu, L.; Roustan, Y.; Sartelet, K.; Tombette, M.; Foudhil, H. (2007): Technical Note: The air quality modeling system Polyphemus, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7: 5479-5487.
- Meinel, G.; Sikder, S.; Krueger, T. (2022): „IOER Monitor: A Spatio-Temporal Research Data Infrastructure on Settlement and Open Space Development in Germany“. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, vol. 242, no. 1, 2022: 159-170. <https://doi.org/10.1515/jbnst-2021-0009>
- Petry, L.; Herold, H.; Meinel, G.; Meiers, T.; Müller, I.; Kalusche, E.; Erbertseder, T.; Taubenböck, H.; Zaunseder, E.; Srinivasan, V.; Osman, A.; Weber, B.; Jäger, S.; Mayer, C.; Gengenbach, C. (2020): Air quality monitoring and data management in Germany – Status quo and suggestions for improvement. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLIV-4/ (2020): 37-43*. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W2-2020-37-2020>
- Petry, L.; Meiers, T.; Reuschenberg, D.; Mirzavand Borujeni, S.; Arndt, J.; Odenthal, L.; Erbertseder, T.; Taubenböck, H.; Müller, I.; Kalusche, E.; Weber, B.; Käflein, J.; Mayer, C.; Meinel, G.; Gengenbach, C.; Herold, H. (2021): Design and results of an AI-based forecasting of air pollutants for smart cities. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (2021) VIII-4/W1-20: 89-96*. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W1-2021-89-2021>
- Stern, R. (2003): Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 298 41 252 des Umweltbundesamts „Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon“: 180 S.
- Taubenböck, H.; Schmich, P.; Erbertseder, T. et al. (2020): Satellitendaten zur Erfassung gesundheitsrelevanter Umweltbedingungen: Beispiele und interdisziplinäre Potenziale. *Bundesgesundheitsblatt* 63: 936-944. <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03177-w>
- Tang, Y.; Xu, J.; Matsumoto, K.; Ono, C. (2016): Sequence-to-Sequence Model with Attention for Time Series Classification. <https://doi.org/10.1109/ICDMW.2016.0078>
- UBA – Umweltbundesamt (2022): Umweltbundesamt – Überblick und Werte aller Messstationen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftdaten> (Zugriff: 16.09.22).
- WHO – World Health Organization (2021): WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization: 300 S.

# Modellierung regionaler Zeitreihen landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen

*Friederike Naegeli de Torres, Tom Karras, Sebastian Semella*

## Zusammenfassung

Am Deutschen Biomasseforschungszentrum wird im Projekt Pilot-SBG eine Anlage zur Herstellung von erneuerbaren Kraftstoffen basierend auf Methan und Wasserstoff entwickelt. Das Methan soll u. a. aus landwirtschaftlichen Reststoffen gewonnen werden. Um die Biomassepotenziale hierfür zu berechnen und deren Verfügbarkeiten über die Jahre räumlich abzubilden, sind Zeitreihen regionaler Produktionsmengen als Berechnungsgrundlage notwendig. Mittels regionaler Daten zu Anbauflächen und jährlicher Ertragsinformationen können solche Zeitreihen regionaler Produktionsmengen berechnet werden. Anbauflächen werden auf Landkreisebene (NUTS-3) jedoch nur im mehrjährigen Abstand erhoben, während auf Bundeslandebene entsprechende Daten jährlich verfügbar sind. In diesem Beitrag wird daher eine Methode präsentiert, um regionale Anbauflächen für die Zwischenjahre an Hand der Bundeslandtrends zu modellieren. Mittels der modellierten Anbauflächen und den jährlich erhobenen Hektarerträgen ist es so möglich, Aussagen über die zeitlichen Entwicklungen der Flächen und darauf basierend auch der regionalen Produktionsmengen zu treffen. In diesem Beitrag werden zwei Modellierungsverfahren miteinander verglichen: lineare Flächeninterpolation und ein Ansatz zur Flächenmodellierung mittels Bundeslandtrend (gewichteter Anteil). Die Ergebnisse zeigen, dass die Modellierung mittels gewichtetem Bundeslandtrend genauere Werte liefert und somit die Genauigkeit der linearen Flächenmodellierung deutlich übertrifft.

**Schlagwörter:** Zeitreihenmodellierung, Anbauflächen, Zeitreihen, NUTS-3, Pilot-SBG

## 1 Einführung

Regionale Daten landwirtschaftlicher Produktionsmengen und deren Schwankung über die Jahre sind unverzichtbare Basisinformationen für die Strategieentwicklung und -umsetzung einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft unter dem Ziel der Emissionsreduktion gemäß Klimaschutzgesetz. Im Rahmen des Projektes Pilot-SBG (Pilotanlage Synthetisiertes Biogas) des DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH) werden Rest- und Abfallstoffe auf regionaler Ebene quantifiziert und deren Schwankungen analysiert, um Aussagen über deren zeitliche und räumliche Verfügbarkeit für die Produktion von erneuerbaren nachhaltigen Kraftstoffen zu ermöglichen. Für die Erfassung von Biomassepotenzialen landwirtschaftlicher Rest- und Abfallstoffe werden die

Produktionsmengen als Berechnungsgrundlage benötigt. Bekanntermaßen schwanken die landwirtschaftlichen Produktionsmengen von Jahr zu Jahr beträchtlich, da diese an die jeweiligen Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode eines Jahres gekoppelt sind. Allerdings sind mitunter auch markante jährliche Schwankungen in der landwirtschaftlich genutzten Fläche für bestimmte Kulturarten zu verzeichnen. Da Informationen über die Flächennutzung in Verbindung mit den Hektarerträgen Annahmen über die landwirtschaftlichen Produktionsmengen und deren -stabilität ermöglichen, sind zuverlässige Informationen über räumliche und zeitliche Veränderungen der Flächenwidmung von besonderem Interesse. Diese Daten werden jedoch nur für einzelne Jahre auf Landkreisebene erfasst. Für die Erstellung von lückenlosen Zeitreihen regionaler landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen ist es daher erforderlich, die kulturartspezifischen landwirtschaftlich genutzten Flächen für die Zwischenjahre zu modellieren.

Bisherige Modellierungsansätze haben die regionalen landwirtschaftlich genutzten Flächen für die Zwischenjahre mittels einer linearen Interpolation abgeschätzt (Brosowski et al. 2020). Da auf Bundeslandebene die landwirtschaftlich genutzten Flächen jährlich veröffentlicht werden, wird in diesem Beitrag ein optimierter Ansatz zur Modellierung der Anbauflächen auf Landkreisebene vorgestellt, der den Entwicklungstrend der Flächennutzung auf Bundeslandebene einbezieht. Dies ermöglicht die Erstellung von präziseren Zeitreihen landwirtschaftlicher Produktionsmengen auf regionaler Ebene, die nicht nur im Rahmen des Projektes Pilot-SBG, sondern auch für weitere Nutzungskonzepte landwirtschaftlicher Haupt- und Nebenprodukte eine wichtige Datengrundlage darstellen.

## 2 Modellierung regionaler Anbauflächen

Landwirtschaftliche Anbauflächen nach Fruchtart werden – wie in Abbildung 1 dargestellt – in der GENESIS-Onlinedatenbank der amtlichen Statistik auf Landkreisebene nur für die Erhebungsjahre 2010, 2016 und 2020 erfasst (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022a).

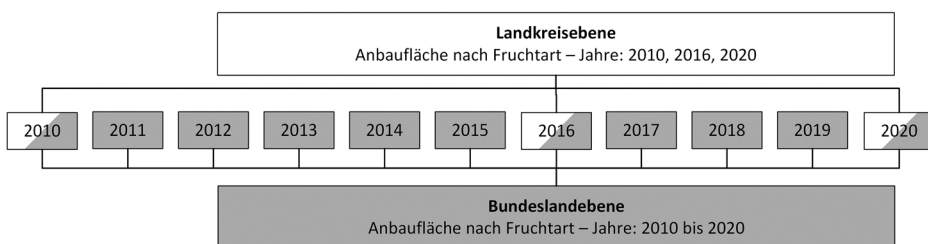


Abb. 1: Datenverfügbarkeit für landwirtschaftlich genutzte Anbauflächen nach Fruchtart auf Landkreis- und Bundeslandebene (Quelle: eigene Darstellung)

Für die fehlenden Zwischenjahre von 2011-2015 und 2017-2019 hingegen finden sich in der GENESIS-Onlinedatenbank nur zu den landwirtschaftlich genutzten Anbauflächen auf Bundeslandebene Informationen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022b). Für die Berechnung der Anbauflächen auf Landkreisebene werden im Folgenden für die Komplettierung der Zwischenjahre zwei Methoden vorgestellt: 1) lineare Flächeninterpolation und 2) ein Ansatz zur Flächenmodellierung mittels Bundeslandtrend (gewichteter Anteil).

## 2.1 Methoden

### 2.1.1 Lineare Flächeninterpolation

Die erste Methode verfolgt den Ansatz einer linearen Interpolation für die Zwischenjahre der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Dazu werden die Datenpunkte in den Jahren 2010, 2016 und 2020 auf Landkreisebene miteinander linear verbunden (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022a). Dieses Vorgehen wird für jeden Landkreis durchgeführt. Zuerst wird die Veränderung der landwirtschaftlich genutzten Fläche zwischen den Erhebungsjahren berechnet. Anschließend wird diese Veränderung der Fläche durch die Anzahl der Jahre geteilt, um die jährliche Änderungsrate zu ermitteln. Diese durchschnittliche jährliche Flächenänderung wird mit der landwirtschaftlich genutzten Anbaufläche im Landkreis jeweils zum Folgejahr addiert. Schwankungen in der Anbaufläche zwischen den Erhebungsjahren finden bei dieser Methode keine Berücksichtigung.

### 2.1.2 Flächenmodellierung mittels des gewichteten Anteils am Bundesland

Die zweite Methode berücksichtigt im Gegensatz zur linearen Interpolation den jährlichen Änderungstrend der Anbauflächen auf Bundeslandebene. Hierbei wird die amtliche Statistik zu den jährlich verfügbaren fruchtartspezifischen Anbauflächen der einzelnen Bundesländer genutzt, um die Anbauflächen der Landkreise für die Zwischenjahre zu berechnen. Im ersten Schritt werden die bundeslandspezifischen Änderungsraten der Anbauflächen je Fruchtart bestimmt. Anschließend wird die Anbaufläche eines Landkreises für ein Zwischenjahr basierend auf den Anbauflächen der Erhebungsjahre und den jeweiligen gewichteten Bundeslandtrends berechnet. Die Gewichtung erfolgt in Abhängigkeit der zeitlichen Entfernung des betrachteten Zwischenjahres zu den Erhebungsjahren.

Die modellierte Anbaufläche für das zu betrachtende Zwischenjahr ergibt sich dabei gemäß Gleichung (1) wie folgt

$$A_{Zj} = \frac{E_{j_2} - Z_j}{E_{j_2} - E_{j_1}} * \Delta_{Zj}^{E_{j_1}} + \frac{Z_j - E_{j_1}}{E_{j_2} - E_{j_1}} * \Delta_{Zj}^{E_{j_2}} \quad (1)$$

wobei  $A$  die Anbaufläche beschreibt,  $Z_j$  das betrachtete Zwischenjahr definiert,  $E_{j_1}$  dem jeweils ältesten und  $E_{j_2}$  dem zeitaktuelleren Erhebungsjahr entspricht.

Die Änderungsraten für die Zwischenjahre ( $Z_j$ ) 2011 bis 2015 beziehen sich auf das Erhebungsjahr 2010 ( $E_{j_1}$ ), sowie das Erhebungsjahr 2016 ( $E_{j_2}$ ). Für die Änderungsraten der Zwischenjahre ( $Z_j$ ) 2017 bis 2019 gelten entsprechend die Erhebungsjahre 2016 ( $E_{j_1}$ ) und 2020 ( $E_{j_2}$ ).

### 2.1.3 Validierung der Ergebnisse und Vergleich der Methoden

Zur Validierung und Genauigkeitsanalyse der beiden Methoden wurden amtliche Regionalstatistiken für einzelne Zwischenjahre aus den Bundesländern Sachsen (SN), Sachsen-Anhalt (SA) und Mecklenburg-Vorpommern (MVP) als Referenzwerte herangezogen (eigene Datenanfrage über das Statistische Landesamt Sachsen). Hier finden sich Angaben zur Fruchtartspezifischen Landnutzung aus 36 Landkreisen wieder, jedoch in un-einheitlicher zeitlicher Auflösung. Für Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern liegen die Daten für die Jahre 2017-2019 vor, während für Sachsen-Anhalt die Daten nur für das Jahr 2013 verfügbar sind. Für jede Kulturart konnten auf diese Weise insgesamt 78 Datenpunkte kompiliert werden. Da jedoch die Qualität der amtlichen Daten für einige Fruchtarten als ungenau angegeben wird, wurde die Validierung und die Bewertung der beiden Modellierungsansätze auf Weizen und Roggen/Wintermengengetreide beschränkt. Einen Überblick über die Referenzwerte aus den verwendeten amtlichen Statistiken sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Datengrundlage der Referenzwerte auf Landkreisebene für die Modellvalidierung (Quelle: eigene Darstellung)

Datensatz	Bundesland	Landkreise (n)	Referenzjahre	Datenpunkte (n)
SN	Sachsen	14	2017, 2018, 2019	42
SA	Sachsen-Anhalt	15	2013	15
MVP	Mecklenburg-Vorpommern	7	2017, 2018, 2019	21

Die univariaten Merkmale der Teildatensätze in Tabelle 2 veranschaulichen die Verteilung der Flächennutzungen für Weizen und Roggen/Wintermengengetreide in den jeweiligen Bundesländern. Es wird deutlich, dass sich die Wertebereiche deutlich unterscheiden, woraus sich große Spannweiten der betrachteten Werte ergeben.

Tab. 2: Statistische Merkmale der für die Referenzjahre erhobenen Teildatensätze zur Flächennutzung für den Anbau von Weizen (W) und Roggen und Wintermenggetreide (RMG) auf Landkreisebene, die für die Modellvalidierung verwendet wurden. Die Daten sind in 1 000 ha angegeben (Quelle: eigene Darstellung)

Daten-satz	Minimum		Median		Mittelwert		Maximum		Stand.-Abw.	
	W	RMG	W	RMG	W	RMG	W	RMG	W	RMF
SN	0,7	0,2	12,9	1,1	14,9	2,4	34	6,8	11,2	2,4
SA	0,8	0,4	24,5	5,4	26	7,5	50,8	21,4	17,1	7,8
MVP	30,9	2,9	56,6	9,2	58,2	10,3	78,9	22,8	12,6	6,3

Die großen Spannweiten der Werte führen dazu, dass sich bei der Berechnung der Bestimmtheitsmaße ( $R^2$ ) sehr hohe Werte ergeben. Aus diesem Grund wurde als zusätzliches Gütemaß der *Root Mean Square Error* (RMSE) verwendet, der eine gute Vergleichsmöglichkeit zur Bewertung der Genauigkeit beider Modellansätze darstellt. Der RMSE ist als Standardabweichung der Residuen zu verstehen und wird gemäß Gleichung (2) berechnet:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{Modellierter Wert}_i - \text{Referenzwert}_i)^2}}{n} \quad (2)$$

#### 2.1.4 Berechnung von agrarischen Produktionsmengen und Reststoffpotenzialen

Mithilfe der modellierten Nutzflächen und Angaben zu durchschnittlichen Hektarerträgen, welche jährlich auf Landkreisebene für alle wichtigen landwirtschaftlichen Kulturarten erhoben werden, lassen sich die landwirtschaftlichen Produktionsmengen auf Landkreisebene berechnen. Darauf basierend können in einem weiteren Berechnungsschritt auch die Mengen an potenziell anfallenden Reststoffen abgeschätzt werden. Nähere Informationen zur Berechnung einzelner theoretischer Biomassepotenziale finden sich in der DBFZ Ressourcendatenbank (<https://webapp.dbfz.de/resource-database>).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Zeitreihen modellierter Anbauflächen

In den Ergebnissen zeigt sich, dass die Interpolation der Zwischenjahre anhand des gewichteten Bundeslandtrends, gegenüber der linearen Abschätzung, zu schwankenden Anbauflächen über den Zeitverlauf führt. Eine lineare Interpolation zwischen den Erhebungsjahren aus den Agrarstrukturerhebungen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022a) führt somit ggf. zu einer Unter- oder Überschätzung der Anbauflächen. Die Betrachtung der Modellierungsergebnisse, wie in Abbildung 2 für ausgewählte Feldfrüchte im Landkreis Diepholz (Niedersachsen) beispielhaft dargestellt, lässt bereits bei

der visuellen Betrachtung erkennen, dass eine rein lineare Interpolation der Zwischenjahre zu Fehleinschätzungen der tatsächlichen Ackernutzung führt. Es wird deutlich, dass es auch innerhalb kurzer Zeiträume bereits zu markanten Zu- und Abnahmen der Flächenwidmung für eine bestimmte Feldfrucht kommen kann. Diese Dynamik muss bei der Interpolation der Zwischenjahre Berücksichtigung finden und wird mit der neu vorgeschlagenen Methode möglich, deren Überlegenheit gegenüber der linearen Interpolation auch im folgenden direkten Methodenvergleich verdeutlicht wird:

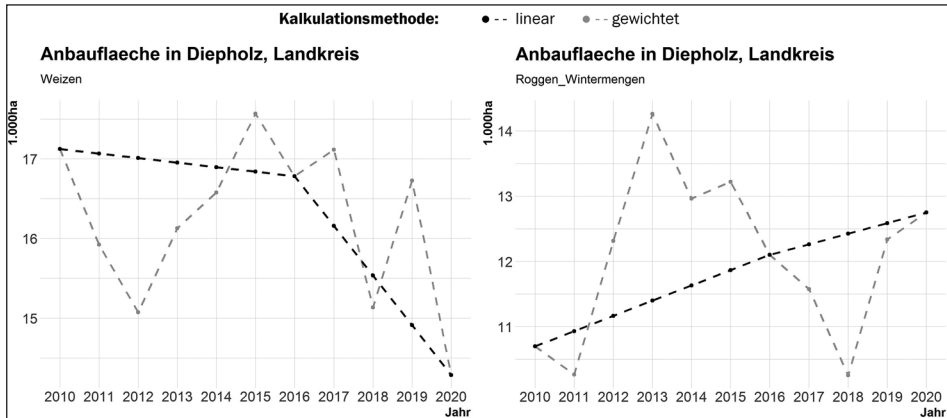


Abb. 2: Erhobene (2010, 2016, 2020) und über lineare (schwarz) und Bundeslandtrend-gewichtete (grau) modellierte landwirtschaftlich genutzte Anbauflächen für Weizen und Roggen (Wintermengen) im Landkreis Diepholz für den Zeitraum 2010 bis 2020 (Quelle: eigene Darstellung)

### 3.2 Methodenvergleich

In den Streudiagrammen der Abbildung 3 sind die Korrelationen und Gütemaße der Korrelation (Bestimmtheitsmaß  $R^2$  und RMSE) für die jeweilige Methode veranschaulicht. Diese spiegeln den Zusammenhang zwischen den Werten der modellierten Anbauflächen und den entsprechenden amtlichen Angaben der statistischen Landesämter (SN, SA, MVP) wider.

Betrachtet man die Streudiagramme der Anbauflächen für Weizen, so zeigt sich für beide Methoden eine sehr gute lineare Korrelation zwischen den modellierten Werten und den Referenzwerten. Dies wird auch durch die sehr hohen Bestimmtheitsmaße gekennzeichnet ( $R^2 > 0,99$ ). Ein genauerer Blick auf die Punktverteilung der linearen Methode zeigt jedoch, dass die Werte für Mecklenburg-Vorpommern (schwarze Punkte) systematisch unterschätzt werden, während sie bei der aus dem Bundeslandtrend abgeleiteten Methode wie auf einer Perlschnur aufgereiht auf der gestrichelten 1:1 Linie liegen. Der RMSE verringert sich bei Anwendung der neuen Methode entsprechend stark auf weniger als die Hälfte des Wertes der linearen Methode und stellt eine deutliche Verbesserung dar.

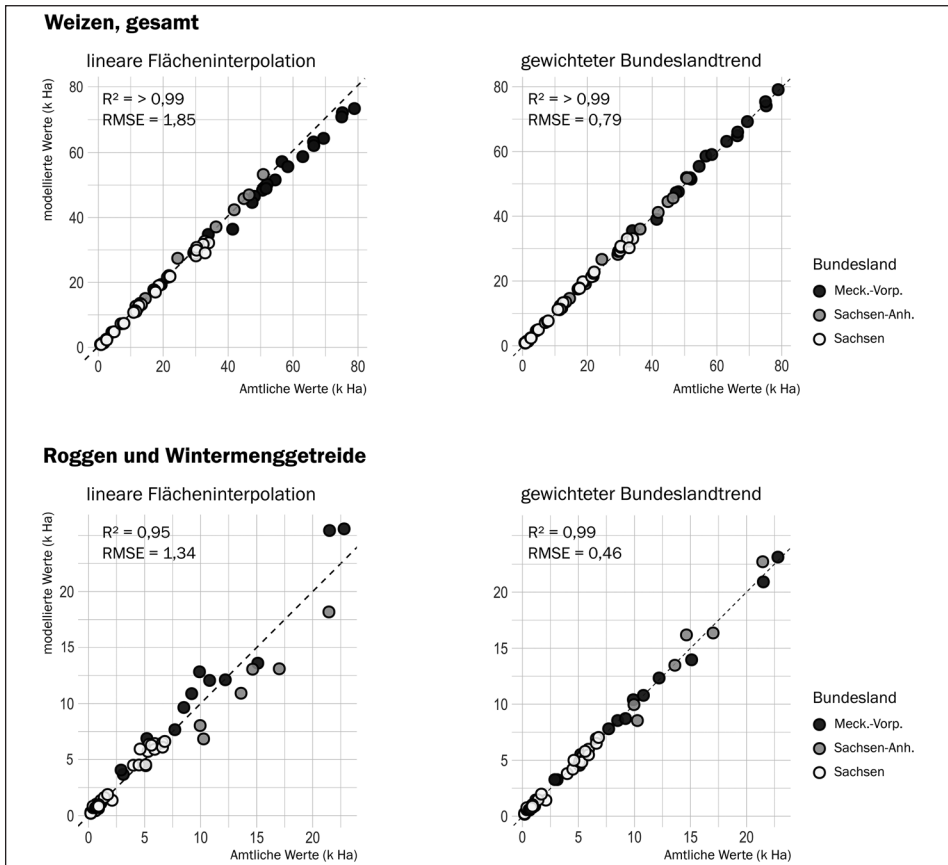


Abb. 3: Streudiagramme der modellierten Flächen für den Freistaat Sachsen im Jahr 2013. Die gestrichelte Linie stellt einen 1:1 Zusammenhang dar. Flächenangaben werden in 1 000 ha vorgenommen (Quelle: eigene Darstellung)

Noch deutlicher ist die Verbesserung bei der Berechnung der Anbauflächen für Roggen und Wintermenggetreide. Hier zeigen sich bei Anwendung der linearen Methode deutliche Abweichungen von den Referenzwerten aller drei betrachteten Bundesländer; das Bestimmtheitsmaß nimmt daher hier einen vergleichsweise niedrigen Wert von 0,95 an. Die Anwendung der länderkorrigierten Methode verbessert das Bestimmtheitsmaß ( $R^2 = 0,99$ ) und bringt einen dreifach niedrigeren RMSE hervor (RMSE 1,34 vs. 0,46).

### 3.3 Zeitreihen regionalisierter Produktionsmengen

Anhand der modellierten Anbauflächen für die Zwischenjahre können mittels Multiplikation mit den jährlich und regionalspezifisch erhobenen Hektarerträgen für die einzelnen Fruchtarten Produktionsmengen für die Landkreise berechnet werden. So lassen sich auf regionaler Ebene Zeitreihen erstellen, um Aussagen über die Produktionsstabilität treffen



zu können. Diese Informationen sind ausschlaggebend für Entscheidungsträger\*innen. Um diese Informationen der breiten Öffentlichkeit bereitstellen zu können, wurde am Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) ein Dashboard entwickelt, das für verschiedene Rest- und Abfallstoffe diese regionalisierten jährlichen Informationen bereitstellt (<https://datalab.dbfz.de>). Aktualisierte Daten zu den Biomassepotenzialen werden voraussichtlich 2023 veröffentlicht.

## 4 Diskussion und Fazit

Anbauflächen variieren über die Jahre und unterliegen hierbei keinem linearen Trend. Die lineare Interpolation von Anbauflächen für die Jahre, in denen keine Informationen vorliegen, erreicht daher nur eine ungefähre Approximation der Flächen, die zu Unter- und Überschätzungen führen können. In diesem Beitrag wurde eine Berechnungsmethodik vorgestellt, die den jährlichen Schwankungen der Anbauflächen auf Bundeslandebene Rechnung trägt und so den Bundeslandtrend der Anbauflächen bei der Modellierung der Anbauflächen in den Landkreisen berücksichtigt. Auch wenn einzelne Landkreise nicht ihrem Bundeslandtrend folgen, so erzielen die präsentierten Ergebnisse dennoch eine höhere Genauigkeit im Vergleich zu einer linearen Interpolation der Anbauflächen. Eine weitere Präzisierung der Interpolation wäre durch eine Erhöhung der Erhebungsfrequenz auf Landkreisebene, ebenso wie anhand zusätzlicher regionaler Vergleichsdaten für die Zwischenjahre aus weiteren Bundesländern, möglich. Insgesamt wäre es wünschenswert zusätzliche Datenpunkte aus allen Bundesländern, wie auch für alle betrachteten Fruchtarten, als Referenzdaten für die Validierung der Modellierungsergebnisse nutzen zu können. Die Erhebung dieser Daten könnte perspektivisch u. a. durch Methoden der Fernerkundung unterstützt werden.

Die lückenlose Modellierung der Anbauflächen auf Landkreisebene bildet so auch die Grundlage für die Erstellung von u. a. Zeitreihen regionaler Biomassepotenziale, die für verschiedenste Akteure von Interesse sind. So dienen die hier präsentierten regionalen Biomassepotenziale und deren Schwankungen über die Jahre auch im Rahmen des Pilot-SBG Projektes (<https://www.dbfz.de/projektseiten/pilot-sbg/start>) als Entscheidungshilfe für die Standortwahl potenzieller Anlagenstandorte.

## 5 Literatur

Brosowski, A.; Bill, R.; Thrän, D. (2020): Temporal and spatial availability of cereal straw in Germany. Case study: Biomethane for the transport sector. *Energy, Sustainability and Society* 10: 42. DOI: 10.1186/s13705-020-00274-1

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2022a): Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Größenklassen der LF. GENESIS-Tabelle: 41141-05-01-4. Agrarstrukturerhebung/Landwirtschaftszählung. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Düsseldorf.  
<https://www.regionalstatistik.de> (Zugriff: 27.07.2022).

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2022b): Landwirtschaftliche Betriebe, Landwirtschaftlich genutzte Fläche, Bodennutzungsarten. GENESIS-Tabelle: 41271-0012. Bodenhauptnutzungserhebung. GENESIS-Online. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.  
<https://www.genesis.destatis.de> (Zugriff: 27.07.2022).



# Unplausibilitäten filtern: Ein Ansatz zur Verbesserung fernerkundungsbasierter Landbedeckungsdaten

Silas Eichfuss, Martina Hollen

## Zusammenfassung

Im mFUND-finanzierten Projekt „Inwertsetzung von Copernicus-Daten für die Raumbeobachtung“ (incora) wurden, basierend auf dem optischen Erdbeobachtungssatellitensystem Sentinel-2, Landbedeckungsklassifizierungen sowie Veränderungsdatensätze erstellt. Der Veränderungsdatensatz (2019-2020) beinhaltet auffallend große Unplausibilitäten klassifizierter bebauter Fläche auf Agrar- und Waldflächen. Gründe hierfür sind vielfältig, aber keineswegs unbekannt. Mixed Pixels gelten als Herausforderung, sowie die spektralen Ähnlichkeiten unter den Klassen, sodass es hier zu Fehlklassifizierungen kommen kann. Anhand der visuellen Überprüfung dieser auffälligen Befunde wurde ein Workflow zur Reduzierung dieser Flächen entwickelt. Der Workflow beinhaltet verschiedene Schritte, bei denen sowohl die Form und Größe der Flächen als auch die Lage beachtet werden. Mit der Postprozessierung konnte ein Großteil der Unplausibilitäten reduziert werden. Der postprozessierte Datensatz der Veränderung der baulich geprägten Fläche gilt als hilfreiche Unterstützung zur Einschätzung der Siedlungsflächenentwicklung. Ergebnisse sind auf der Plattform [www.incora-flaeche.de](http://www.incora-flaeche.de) einsehbar.

**Schlagwörter:** incora, Landbedeckung, Postprozessierung, Siedlungsflächen, Copernicus, GIS

## 1 Einleitung

Die Qualität primärer Flächendaten ist stark abhängig vom erfassenden Medium. Bei Landnutzungs- und Landbedeckungsklassifikationen treten unterschiedliche Arten von Herausforderungen auf. In den Flächennutzungsdaten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS), als Basis der deutschen Flächenstatistik, können technische Änderungen Unplausibilitäten hervorrufen (Schmitz et al. 2021; Destatis 2019). Sie treten dabei z. B. in der Erfassung von Objekten durch unterschiedliche Auslegung der Erfassungsregeln auf. In fernerkundlich erhobenen Landbedeckungsdaten auf Basis pixelbasierter Landbedeckungsklassifikationen gilt es vor allem, technische Herausforderungen wie Mischpixel (ein Pixel umfasst mehrere Landbedeckungsklassen) zu beachten. Zudem gilt die unterschiedliche Wolkenbedeckung, die eine Auswahl zeitgleicher Daten erschwert, als Herausforderung.

Basierend auf dem optischen Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 wurden im Projekt incora pixelbasierte Landbedeckungsklassifizierungen erstellt und daraus

Veränderungsdatensätze abgeleitet. Diese wurden routinemäßig mit Filtern der Nachbearbeitung von Fernerkundungsdaten bereinigt (Lillesand 2004; Khorram 2012). In verschiedenen iterativen Prozessen wurden die Daten von regionalen Testgebieten auf die deutschlandweite Ebene skaliert, geprüft und angepasst. Bei Testberechnungen von Indikatoren der Siedlungsflächenentwicklung mit den incora-Landbedeckungsdaten (Eichfuss et al. 2021) wurden unplausible Ergebnisse aufgrund erhöhter Werte der baulich geprägten Fläche erkannt. Diese wurden größtenteils im Osten Deutschlands identifiziert und visuell bestätigt. Für eine plausible deutschlandweite Nutzbarkeit der incora-Landbedeckung gilt es, die Veränderungsdaten bezüglich der Auffälligkeiten zu filtern. Hierzu wurde in einem qualifizierten GIS-Workflow eine Routine entwickelt, die es ermöglicht, den Datensatz zur Berechnung von Indikatoren der Siedlungsflächenentwicklung vorzubereiten.

## 2 Landbedeckung mit Fernerkundung erfassen

Frei verfügbare, räumlich und zeitlich hochauflösende Fernerkundungsprodukte des Copernicus-Programms bieten neue Möglichkeiten, bestehende Datenquellen mit neuen Informationen der Siedlungsflächenentwicklung zu ergänzen (Beckmann, Dosch 2018). Die Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 liefern seit 2015 Daten. Aufgrund ihres gesicherten Fortbestandes bis mindestens 2030 sind sie für längere Zeitreihen und für ein Monitoring der Landbedeckung geeignet (ESA 2017). Hauptziele des incora-Projekts waren die automatisierte Erstellung von Landbedeckungsdaten und die Berechnung von Indikatoren für die Siedlungsflächenentwicklung. Zu diesem Zweck wurden für die Jahre 2016, 2019 und 2020 deutschlandweite Landbedeckungsklassifikationen aus Sentinel-2-Daten abgeleitet. Diese weisen die Klassen „bebaute Fläche“, „hohe Vegetation“, „niedrige Vegetation“, „landwirtschaftliche Fläche“, „vegetationslose Fläche“, Wasser auf und haben eine räumliche Auflösung von 10x10 m (Eichfuss et al. 2021; Riembauer et al. 2021). Je nach Klasse, enthält die incora-Landbedeckung nicht nur Informationen über Siedlungsentwicklung und -struktur, sondern kann auch für die Berechnung von Indikatoren zur Grünüberdeckung verwendet werden. Aus der Kombination der Klassifikationen 2016 und 2019 sowie 2019 und 2020, wurden Veränderungen der Landbedeckung abgeleitet, die für die Berechnung dynamischer Indikatoren (z. B. Zunahme von baulich geprägter Fläche) herangezogen werden können. Die Basisdaten, Veränderungen und Indikatoren können unter [www.incora-flaeche.de](http://www.incora-flaeche.de), der explorativen Ergebnisplattform des Projekts incora, betrachtet werden (siehe hierzu Beitrag Fina et al. in diesem Band).

## 3 Postprozessierung von Landbedeckungsdaten

Der Veränderungsdatensatz, der aus den deutschlandweiten incora-Landbedeckungsdatensätzen von 2016, 2019 und 2020 abgeleitet wurde, enthält alle möglichen

Kombinationen der Landbedeckungsveränderungen. Dieser wurde mittels Filterprozessen zur Indikatorenberechnung überarbeitet. Ein 3×3-Modalfilter im Moving-Window-Modus wurde angewendet, um isolierte Veränderungspixel und Kanteneffekte zu eliminieren. Zudem wurde der Information Gain berechnet (Quinlan 1986). Dieses Maß bewertet Änderungen der Werteverteilungen innerhalb des Fensters und keine pixelweisen. Dieses Maß kann verwendet werden, um vermeintliche Änderungen zu entfernen, die auf Klassifizierungsrauschen, der spektralen Mehrdeutigkeit eines beobachteten Bereichs zurückzuführen sind. Der Information Gain ergibt Werte von 0 (keine Veränderung) bis 1 (vollständige Veränderung). Bildpunkte mit Werten kleiner als 0,5 werden bei der Veränderungsklassifikation ausgelassen. Weiterhin wurden Änderungen mit Flächen kleiner als 0,5 ha entfernt. Insgesamt wurde der Fokus auf die Zu- bzw. Abnahme der Klasse „Baulich geprägte Fläche“ gelegt, da diese für die Berechnung von dynamischen Siedlungsindikatoren am relevantesten ist. Es verblieben je nach Untersuchungsgebiet teilweise deutliche Fehldetektionen von vermeintlich hinzugekommenen bzw. reduzierten baulich geprägten Flächen (Riembauer et al. 2021).

Die Verwechslungen von vegetationsloser Fläche bzw. unbewachsenen Landwirtschaftsflächen und baulich geprägter Fläche wurden durch die Automatisierung der Trainingsgebietserstellung zwar reduziert, aber nicht komplett entfernt (Abb. 1).

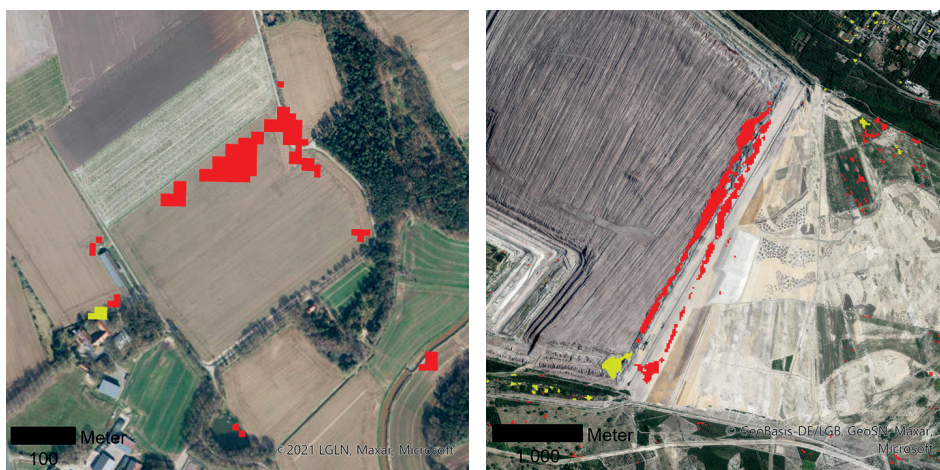


Abb. 1: Beispiele des *incora*-Veränderungsdatensatzes der baulich geprägten Fläche (2019-2020): l.) baulich geprägte Fläche auf Agrarflächen, (r.) baulich geprägte Fläche auf offenem Boden (Quelle: eigene Abbildung)

Die geringere Datenverfügbarkeit für die Klassifikation von 2016 und die damit verbundene geringere Klassifikationsgenauigkeit sowie trockenheitsbedingte Ausweitung vegetationsarmer Bereiche begünstigen Fehlklassifikationen und entsprechende Fehldetektionen in der Veränderungsanalyse.

Die Pixelgröße von 10×10 m führt bei kleinen abgebildeten Objekten dazu, dass mehrere Oberflächentypen in einem Pixel auftreten. Jedoch wird zu mehreren Zeitpunkten eine diskrete Klassifikation erstellt, sodass bei stark heterogenen Landbedeckungen die Klassifikation von Jahr zu Jahr unterschiedlich ausfällt.

Für die Klassifikation von Agrarflächen ist der „Normalized Difference Vegetation Index“ (NDVI) entscheidend. Der Index dient der Erfassung radiometrischer Eigenschaften von Vegetation im Infrarotbereich. Sorgt jedoch hohe Wolkenbedeckung dafür, dass während der Vegetationsperiode keine Daten vorliegen, gibt es nur unbewachsene Zeitpunkte in der Zeitreihe und die Verwechslungsgefahr aufgrund der spektralen Ähnlichkeit zu den bebauten Flächen ist gegeben.

Anhand der Erkenntnisse wurde der Veränderungsdatensatz 2019-2020 als Basis zur Berechnung der baulich geprägten Veränderungsindikatoren genutzt, da in beiden Jahren ausreichend wolkenfreie Bildmosaike erstellt werden konnten. Fehldetektionen der baulich geprägten Flächen befanden sich aufgrund der oben genannten Gründe vor allem in Sachsen (-32 km<sup>2</sup>), Sachsen-Anhalt (-14,7 km<sup>2</sup>) und Brandenburg (+153,7 km<sup>2</sup>). Mit einer GIS-gestützten Postprozessierung sollten diese Fehldetektionen minimiert werden mit dem Ziel, eine Nutzung der Daten für plausible Ergebnisse der Flächenbilanzierung für Indikatoren und das Monitoring zu erreichen.

## 4 Postprozessierung der incora-Veränderungsdaten

Die meisten Fehlklassifikationen der baulich geprägten Fläche traten auf Agrar- und Forstflächen sowie vegetationslosen Boden auf. Die Postprozessierung des Datensatzes wurde speziell auf diese Herausforderungen angepasst. Es wurden dabei unterschiedliche Vorgehensweisen für innerhalb und außerhalb der Siedlungsflächen, definiert durch die ATKIS-Ortslage, durchgeführt (Abb. 2).

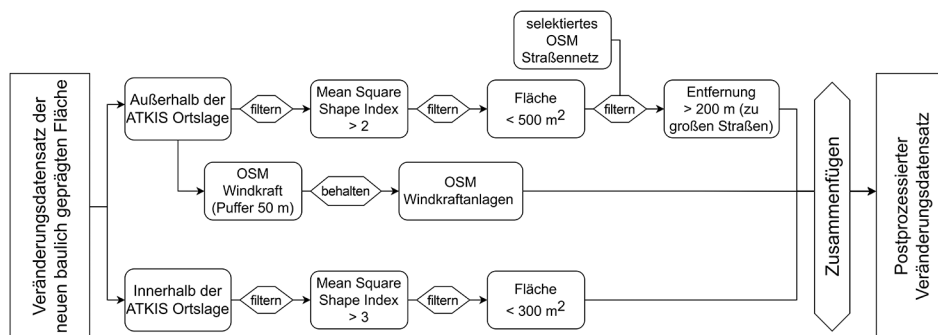


Abb. 2: Workflow der Postprozessierung des incora-Veränderungsdatensatzes der baulich geprägten Fläche (Quelle: eigene Abbildung)

Die als baulich geprägte Fläche klassifizierten Pixelverbände weisen in vielen Fällen, vor allem auf Agrarflächen, eine wenig kompakte Form auf. Kompakt wird in diesem Zusammenhang als Siedlungskörper (rechteckig) definiert, nicht Kompakt sind Flächen ohne definierte Form (Abb. 3).

Die Kompaktheit wurde im ersten Schritt der Postprozessierung genutzt und für jedes Objekt, innerhalb als auch außerhalb der Ortslage, berechnet. Dafür wurde der Mean Square Shape Index verwendet, bei dem der maximale Durchmesser des Objektes durch die Wurzel der Fläche geteilt wird (Lang, Blaschke 2007; SAGA-GIS o. J.). Die Werte geben das Maß der Kompaktheit des Objektes an. Bei sinkender Kompaktheit steigt der Wert des Index. Als Schwellenwert für die Objekte außerhalb der Ortslage wurde nach visueller Überprüfung der Wert 2 genutzt, denn baulich geprägte Flächen auf Forst- und Agrarflächen sind meist weniger kompakt. Für Objekte innerhalb der Ortslage wurde ein höherer Wert festgelegt. Innerhalb der Siedlungsflächen entstehen neue bebaute Fläche in einem anderen Ausmaß als fehlklassifizierte bebaute Flächen auf Agrarflächen im Außenbereich. Um eine zu starke Filterung wichtiger innerstädtischer Nachverdichtung vorzubeugen, wurde der Wert auf 3 hochgesetzt.

Anschließend wurden Kleinstflächen im Datensatz gefiltert. Als Schwellenwert außerhalb der Ortslage wurde eine Mindestgröße von 500 m<sup>2</sup> verwendet, innerhalb von 300 m<sup>2</sup> (Abb. 4 I.).

Neue baulich geprägte Flächen außerhalb der Ortslage müssen erschlossen sein und sich in der Nähe einer größeren befahrbaren Straße befinden. Dem Prinzip der vorwiegenden Nutzung frei verfügbarer Daten im incora Projekt folgend, wurde der aktuelle OpenStreetMap-Datensatz (OSM) verwendet und gefiltert. Eine neue Siedlungsfläche wird als erschlossen betrachtet, wenn sie sich höchstens in 200 m Entfernung zu einer größeren Straße befindet (Abb. 2). Es wurde um die Straße ein Puffer von 200 m gesetzt und die neuen baulich geprägten Flächen selektiert.

Neue Windkraftanlagen werden meist auf Agrar- oder Waldflächen gebaut, die Errichtung ist dynamisch, Entwicklungen werden in der incora-Landbedeckung erkannt. Mit den vorherigen Postprozessierungsschritten können diese Flächen allerdings wegfallen, da sie durch den Größenfilter der baulich geprägten Flächen eliminiert werden oder aufgrund der Distanz zur Straße als nicht erschlossen bewertet werden. Um dies zu verhindern, wurden aus dem OSM-Datensatz alle Windkraftanlagen selektiert, mit 50 m gepuffert und die darin befindlichen baulich geprägten Flächen selektiert.

Der Verbund der einzelnen Arbeitsschritte (Abb. 2) ergibt den postprozessierten Veränderungsdatensatz der incora-Landbedeckung für die baulich geprägte Fläche und kann für Veränderungsindikatoren mit Bezug zur baulich geprägten Fläche genutzt werden (vgl. Indikatoren baulich geprägte Fläche [www.incora-flaeche.de](http://www.incora-flaeche.de), Eichfuss et al. 2021).



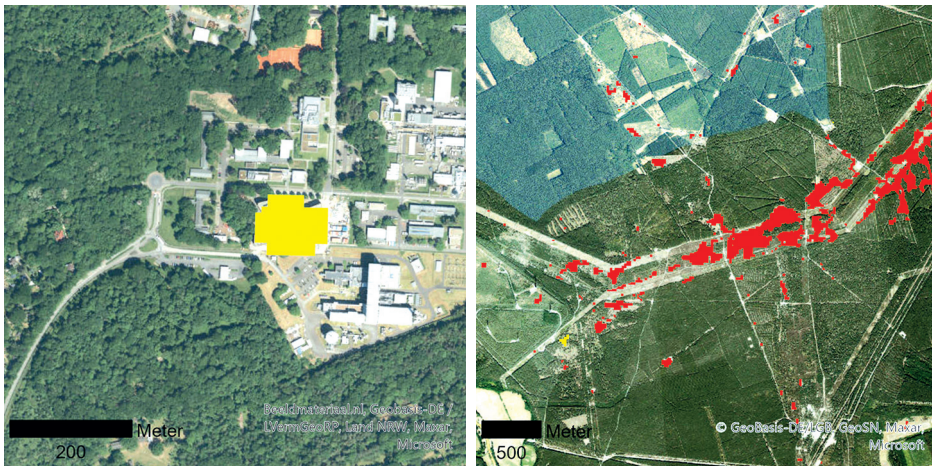


Abb. 3: Anwendung der Filter: gelb bleibt, rot wird gefiltert, (l.) kompakte Fläche innerhalb der Siedlungsfläche, (r.) nicht kompakte Flächen außerhalb der Siedlungsfläche (Quelle: eigene Abbildung)



Abb. 4: Anwendung der Filter: gelb bleibt, rot wird gefiltert, (l.) Teil einer Siedlungsfläche mit neuen Industriehallen > 300 m<sup>2</sup>, (r.) Windkraftanlagen werden in die Postprozessierung mit einbezogen (Quelle: eigene Abbildung)

## 5 Effekt der Postprozessierung auf die Flächenbilanzen

Mit der Postprozessierung konnten viele Unplausibilitäten aus dem Datensatz gefiltert werden. Vor der Postprozessierung betrug die deutschlandweite Veränderung der baulich geprägten Fläche 296,1 km<sup>2</sup> was einem Anstieg dieser um 81 ha bebauter Fläche pro Tag entspräche; davon lagen 254,6 km<sup>2</sup> außerhalb und 41,5 km<sup>2</sup> innerhalb der Ortslage. Mittels Postprozessierung ergab sich eine minimierte Veränderungsrate. Insgesamt

samt wurde sie mit der Postprozessierung um 196,7 km<sup>2</sup> reduziert und beträgt 99,5 km<sup>2</sup> (27 ha/Tag Anstieg der bebauten Fläche), wovon 59,7 km<sup>2</sup> außerhalb und 39,8 km<sup>2</sup> innerhalb der Ortslage liegen (Abb. 5).

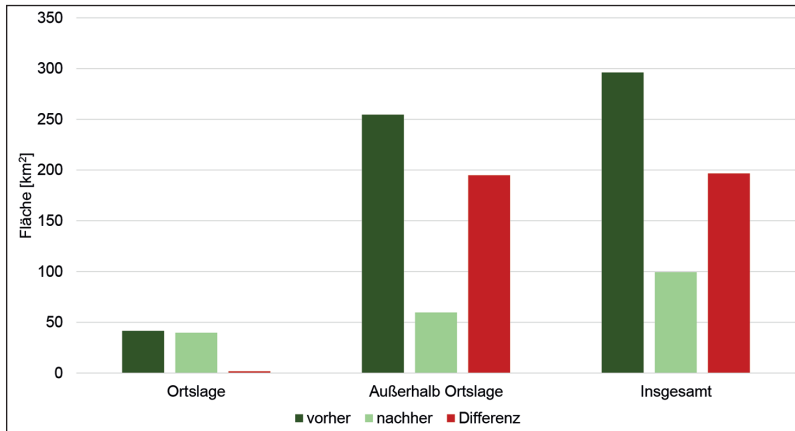


Abb. 5: Deutschlandweite Änderung neuer baulich geprägter Fläche vor (dunkles grün) und nach der Postprozessierung (helles grün) und die Differenz (rot) (eigene Abbildung)

Auf landwirtschaftlich geprägten Flächen (basierend auf dem ATKIS Basis-DLM), konnten die Fehlklassifikationen reduziert werden. Vor der Postprozessierung wurde 163,5 km<sup>2</sup> als neue baulich geprägte Fläche identifiziert. Durch die Postprozessierung wurde diese Fläche um 124,3 km<sup>2</sup> reduziert und beträgt 39,1 km<sup>2</sup>. Die Reduzierung um 1,6 km<sup>2</sup> innerhalb der Ortslage ist aufgrund der geringen Anzahl landwirtschaftlicher Flächen erwartungsgemäß gering (Abb. 5).

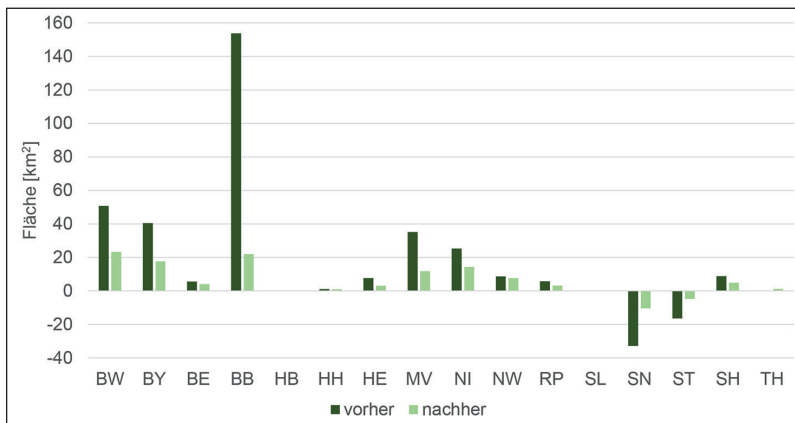


Abb. 6: Veränderungsrate neuer baulich geprägter Fläche vor (dunkles grün) und nach der Postprozessierung (helles grün) aufgeteilt nach Bundesland (eigene Abbildung)

Die flächenmäßig größten Unplausibilitäten konnten in Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt identifiziert werden (Abb. 6). Durch die Postprozessierung wurden viele der

Unplausibilitäten entfernt und der Zuwachs von baulich geprägter Fläche in Brandenburg konnte von 153,7 km<sup>2</sup> um 131,7 km<sup>2</sup> reduziert werden und beträgt noch 22,0 km<sup>2</sup>. In Sachsen und Sachsen-Anhalt konnte die negative Entwicklung der baulich geprägten Fläche nicht umgekehrt werden, jedoch wurde der Anteil der negativen Entwicklung deutlich reduziert. In Sachsen wurde der Verlust von -32,8 km<sup>2</sup> an baulich geprägter Fläche um 22,4 km<sup>2</sup> reduziert, sodass dieser nun -10,4 km<sup>2</sup> beträgt. In Sachsen-Anhalt konnte die negative Entwicklung von -14,7 km<sup>2</sup> auf -4,3 km<sup>2</sup> reduziert werden.

Mit der Postprozessierung konnten Unplausibilitäten aus dem Veränderungsdatensatz der baulich geprägten Flächen entfernt werden. Durch die Postprozessierung konnte der Zuwachs von vormals 300 km<sup>2</sup> bundesweit stark reduziert werden und beträgt noch knapp 100 km<sup>2</sup>. Beträgt der Zuwachs vor der Postprozessierung ca. 80 ha/Tag beträgt er danach 27,1 ha/Tag. Nach Vergleich mit der Flächenstatistik, die den Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche für 2020 um 54 ha/Tag SuV zeigt (Destatis 2021) und der Annahme, dass ca. 40-50 % davon versiegelt/baulich geprägt sind, liegt der Wert mit 27,1 ha/Tag auf relativ vergleichbarem Niveau (Frie, Hensel 2009). Die Überprüfung der Veränderung der baulich geprägten Flächen auf den landwirtschaftlichen Flächen des ATKIS Basis-DLM zeigt, dass die Probleme zum großen Teil dort liegen und der Ansatz erfolgreich angewandt wurde. Doch nicht alle Unplausibilitäten können entfernt werden. So ist ein (scheinbarer) Rückgang der baulich geprägten Fläche in Sachsen und Sachsen-Anhalt zu verzeichnen, deren Ursachen zwar im Rückbau liegen können, aber landesweit nicht bekannt sind. Der (scheinbare) Rückgang konnte durch die Postprozessierung zwar stark reduziert, jedoch nicht komplett beseitigt werden. Dies gilt es in den Datensätzen der folgenden Jahre zu beobachten.

## 6 Fazit

Wie die Prozessierung der Fernerkundungsdaten ist auch eine themenspezifische Postprozessierung – also eine Nachbearbeitung der Klassifizierungsergebnisse – aufgrund der Automatisierung schnell und einfach durchführbar. Für den angedachten Zweck, die Qualität der Änderungsindikatoren basierend auf der baulich geprägten Fläche zu steigern, ist die Methode erfolgreich. Dabei ist das Vorgehen an den Zweck, die Änderungswerte der baulich geprägten Fläche zu verbessern, gebunden und nicht universell für andere Zwecke einsetzbar.

Ziel ist es, eine Zeitreihe anzustreben, die auf reproduzierbaren Basisdaten beruht.

Neben stetig verfügbaren Daten ist die Voraussetzung hierfür, die ermittelten Änderungsdaten der baulich geprägten Fläche auch in den künftigen IncoLandbedeckungsdaten mit einer Postprozessierung nach gleichem Verfahren zu ergänzen und zu qualifizieren.

Die Qualität der Klassifikation hängt von vielen Faktoren wie Wolkenbedeckung, Bodenfeuchte u. a. m. ab. Es können nicht alle Herausforderungen fragwürdiger Klassifikationsergebnisse mit einer Postprozessierung gelöst werden. Es bleibt zu beobachten, ob und wie die fehlerhaften Klassifikationen wie z. B. klassifizierte baulich geprägte Flächen auf Ackerflächen in den folgenden Jahren auftreten. Auch sind größerer Zeitabstände wichtig, um reale und rechnerische Änderungen zu unterscheiden, wobei sich die Postprozessierung beweisen muss.

Festzuhalten bleibt, dass ein fernerkundlich erhobenes Produkt mit Ungenauigkeiten behaftet ist. Eine Postprozessierung kann themenspezifische Herausforderungen adressieren und die Nutzbarkeit der Daten erhöhen, verbessert jedoch nicht die Güte der Erstklassifizierung. Der Datensatz wurde dem Workflow entsprechend gefiltert und wird für die Berechnung der Indikatoren (siehe Siedlungsindikatoren [www.incora-flaeche.de](http://www.incora-flaeche.de)) erfolgreich genutzt.

## 7 Literatur

- Beckmann, G.; Dosch, F. (2018): Monitoring der Siedlungsflächenentwicklung zwischen Wunsch und Wirklichkeit. In: Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G. (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. Heidelberg: Springer: 3-24.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2019): Methodenbericht zur Flächenerhebung 2018.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2021): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Indikatorenbericht 2021.
- Eichfuss, S.; Hollen, M.; Riembauer, G.; Xu, S. (2021): Monitoring von Siedlungsflächen auf Basis von Sentinel-2. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Erhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79: 189-200. <https://doi.org/10.26084/13dfns-p017>
- ESA – European Space Agency (2017): Sentinel-2 factsheet, color vision for Copernicus. [https://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/SENTINEL-2\\_sheet\\_170125.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/SENTINEL-2_sheet_170125.pdf) (Zugriff: 20.06.2022).
- Frie, B.; Hensel, R. (2009): Schätzverfahren zur Bodenversiegelung – Ansatz der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring – Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen, Shaker: 17-45.
- Khorrarn, S.; Koch, F.; Wiele, C.; Nelson, S. (2012): Remote Sensing. Springer Briefs in Space Development. Springer, New York, Heidelberg.
- Lang, S.; Blaschke, T. (2007): Landschaftsanalyse mit GIS. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Lillesand, T.; Kiefer, R.; Chipman, J. (2004): Remote Sensing an Image Interpretation. Wiley, Hoboken.
- Quinlan, J. R. (1986): Induction of decision trees. In: Machine Learning, 1(1): 81-106.

- Riembauer, G.; Weinmann, A.; Xu, S.; Eichfuss, S.; Eberz, C.; Neteler, M. (2021): Germany-wide Sentinel-2 based Land Cover Classification and Change Detection for Settlement and Infrastructure Monitoring. 2021 conference on Big Data from Space (BiDS'2021).  
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ac7c57e5-b787-11eb-8aca-01aa75ed71a1> (Zugriff: 20.06.2022).
- SAGA-GIS (o. J.): Tool Polygon Shape Indices.  
[http://www.saga-gis.org/saga\\_tool\\_doc/7.2.0/shapes\\_polygons\\_7.htm](http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/7.2.0/shapes_polygons_7.htm)  
(Zugriff: 20.06.2022).
- Schmitz, J.; Fina, S.; Riembauer, G.; Hollen, M. (2021): Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche nachgerechnet: Ein Plädoyer für frei zugängliche ALKIS-Daten. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Erhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79: 161-169.  
<https://doi.org/10.26084/13dfns-p015> (Zugriff: 20.06.2022).

# Automatische Extraktion von Brachflächen aus Luftbildern mittels eines neuronalen Netzes

Konrad Dürrbeck, Stefan Lippl-Seifert

## Zusammenfassung

Die Flächenknappheit in Ballungsräumen zwingt zu einer Reaktivierung nicht mehr genutzter Gewerbeflächen. Ziel der Machbarkeitsstudie des in der Arbeitsgruppe für Supply Chain Services des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS angesiedelten Projektes ist die Evaluierung einer automatischen Extraktion von Brachflächen aus Luftbildern mittels eines neuronalen Netzes, wodurch im Vergleich zur manuellen Auswertung eine deutliche Zeit- und Kostenersparnis möglich ist. Die Genauigkeit wird durch einen Vergleich mit von der Firma Spacedatists GmbH zur Verfügung gestellten Brachflächen sowie einer manuellen Überprüfung für Untersuchungsgebiete in Nordrhein-Westfalen evaluiert. Die Ergebnisse zeigen hierbei Möglichkeiten einer automatischen Extraktion von Brachflächen auf und geben Hinweise auf den Nutzen der Integration weiterer Daten.

**Schlagwörter:** Brachflächen, Flächennutzung, Fernerkundung, Künstliche Intelligenz

## 1 Einführung

Die Flächenneuversiegelung in Deutschland beträgt ca. 54 Hektar/Tag (Stand: 2020) und soll nach Plänen der Bundesregierung über 30 Hektar/Tag im Jahr 2030 auf 0 Hektar/Tag im Jahr 2050 reduziert werden (BMUV 2022). Eine Reduzierung der Flächenneuversiegelung ist deshalb ein wichtiger Baustein im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung im kommunalen Flächenmanagement. Zusätzlich herrscht in Ballungsräumen bereits jetzt eine Flächenknappheit insbesondere für großflächige Gewerbeansiedlungen, sodass sowohl Marktentwicklung als auch politische Vorgabe zu einer Reaktivierung nicht mehr genutzter Flächen zwingen.

Eine bundesweite Ausweisung von Brachflächen gibt es in Deutschland nicht. Gemäß Umweltbundesamt liegen keine zuverlässigen und aktuellen bundesweiten Daten zum innerörtlichen Brachflächenbestand vor. Schätzungen gehen von circa 150 000 bis 176 000 Hektar ungenutzten Flächen aus (UBA 2020). Durch die hohe Relevanz sind *„Flächenrecycling und verstärkte Innenentwicklung [...] in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie als Kernelemente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme ausgewiesen. [...] Weiter werden die Planungsträger im BauGB verpflichtet, die Möglichkeiten zur Innenentwicklung (Innenentwicklungspotenziale) zu ermitteln*

*bevor landwirtschaftliche oder als Wald genutzte Flächen umgewandelt werden.*" (UBA 2020).

Für das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) ist die Ermittlung der Brachflächenpotenziale und eine entsprechende Aufbereitung zur Nutzung für alle Beteiligten für eine effektive kommunale Planung äußerst wichtig (LANUV 2015: 3). Die Ergebnisse eines Pilotprojektes haben hierbei gezeigt, dass Luftbildauswertungen ein wesentliches Instrument für die Identifizierung von Brachflächen sind und die Anzahl der erfassten Flächen deutlich über dem bekannten Umfang lag (LANUV 2015: 9).

Eine manuelle Luftbildinterpretation ist allerdings mit einem großen Personal- bzw. Zeitaufwand verbunden. Ziel der vorliegenden Machbarkeitsstudie ist deshalb die Evaluierung einer automatischen Extraktion von Brachflächen aus hochaufgelösten Luftbildern (DOP20 des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie) mittels eines neuronalen Netzes.

## **2 Definition von Brachflächen, Datenquellen und Erarbeitung der Untersuchungsdaten**

### **2.1 Definition von Brachflächen**

Grundsätzlich muss eine Industrie-, Gewerbe- oder Wohnbrache von einer landwirtschaftlichen Brache unterschieden werden. Eine Brache in der Landwirtschaft ist eine temporär aus der wirtschaftlichen Nutzung entnommene Fläche, bei der es sich u. a. um eine temporäre Nichtnutzung zur Regeneration des Bodens oder auch um längerfristig angelegte Brachen mit wichtiger ökologischer Funktion handeln kann (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2021). In einem Vorschlag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz wird eine Brachfläche als eine nach Aufgabe einer gewerblich-industriellen oder sonstigen baulichen Nutzung über einen längeren Zeitraum ungenutzte und funktionslos gewordene Fläche mit Potenzial für Neunutzungen beschrieben. Das LANUV unterscheidet hierbei ob Flächen über einen längeren Zeitraum „ungenutzt“, „mindergenutzt“ bzw. „temporär zwischengenutzt“ werden oder ob eine Aufgabe der Nutzung absehbar ist (LANUV 2015: 11). Da die vorliegenden hochaufgelösten Luftbilder immer nur einen bestimmten Zeitpunkt darstellen können, muss der Fokus dieser Machbarkeitsstudie auf der Erkennung von „ungenutzten“ bzw. „mindergenutzten“ Brachflächen liegen.

Weiterhin beschränkt sich diese Studie auf industrielle oder gewerbliche Brachen, weshalb das untersuchte Gebiet auf Flächen mit gewerblicher Nutzung, wie im folgenden Abschnitt beschrieben, eingeschränkt wird.

## 2.2 Datenquellen und Erarbeitung der Untersuchungsdaten

Als erster Schritt erfolgte eine Recherche zu bereits bestehenden Brachflächen-Datensätzen. Mittels des Dienstes OverpassTurbo wurde auf die frei zugänglichen Daten von OpenStreetMap (OSM) mit dem Tag „landuse=brownfield“ (Stand 03.11.2021) zugegriffen. Hierdurch konnten über ganz Deutschland verteilt 6 435 von OSM-Benutzern als Brachfläche erfasste Polygone ermittelt werden. Durch die Firma Spacedatists GmbH konnten zusätzlich Daten in Nordrhein-Westfalen zur Verfügung gestellt werden, für die im Vergleich zu den „Community-based“ Daten von OSM eine zusätzliche Kontrolle auf Richtigkeit sichergestellt ist. Ohne die Massendaten aus OSM würde der Datensatz allerdings hinsichtlich der Anzahl und Variation den Anforderungen an einen Trainingsdatensatz für ein neuronales Netzwerk nicht gerecht.

Für die Erarbeitung der Untersuchungsdaten wurde auf die flächendeckend für Deutschland über das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) beziehbaren Datensätze zur Bodennutzung (Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland, LBM-DE2018; Digitales Basis-Landschaftsmodell, Basis-DLM) zurückgegriffen. Hierfür wurden Flächen mit gewerblicher/industrieller Nutzung im LBM-DE2018 (Landnutzungs-kategorie N120: „Produktion“) für die Landbedeckungsklassen B110: „Bebauung“ sowie B121: „Anlagen“ extrahiert, welche ca. 75 % der möglichen Landbedeckungsklassen innerhalb von Flächen der Landnutzungs-kategorie N120 abdecken.

Als zusätzliche Datenquellen fließen im weiteren Verlauf Einträge der Datenbanken von Gelbe Seiten bzw. den Handelsregistern der Amtsgerichte für die Überprüfung einer „aktiven“ Gewerbenutzung sowie die digitalen Orthophotos (DOP20) des BKG als Bilddaten in die Prozessierungskette ein. Deren weitere Verarbeitung bei der Erzeugung der Lerndaten wird im nächsten Abschnitt genauer erläutert. Sämtliche Datensätze wurden für eine Übernahme in ein Geographisches Informationssystem (GIS) aufbereitet, wenn notwendig in ein einheitliches Koordinatensystem projiziert und für die Möglichkeit zur effizienten Verschneidung der großen Datensätze in eine Geodatenbank (PostgreSQL mit PostGIS-Erweiterung) übernommen. Durch die Verschneidung der georeferenzierten Daten im GIS können die Lerndaten zum Trainieren des Modells generiert und die Untersuchungsdaten für die anschließende Anwendung des neuronalen Netzes gewonnen werden. Je nach gewünschtem Klassifikationstyp kann durch eine Extraktion der betreffenden Gegenklassen für aktive Gewerbeflächen das neuronale Netz auf bestimmte Parameter bzw. Landbedeckungsklassen trainiert werden. Bei der anschließenden Anwendung zur Vorhersage muss allerdings darauf geachtet werden, dass derselbe Extraktionsschritt auch auf die zu untersuchenden Daten angewendet wird.



### 3 Methodik – Extraktion potenzieller Brachflächen

#### 3.1 Erzeugen der Lerndaten

Die Datensätze für ein Trainieren und Testen des neuronalen Netzes können durch eine Verschneidung und automatisierte Extraktion der Digitalen Orthophotos des BKG erstellt werden. Hierfür wurde für jede Brachfläche eine Bilddatei mit 1 000 x 1 000 Pixel mit einem Maßstab von 1:1 000 erstellt, welche 200 m x 200 m Bodenfläche abdeckt und dadurch der maximalen räumlichen Auflösung von 20 cm des DOP20 entspricht. Abbildung 1 veranschaulicht schematisch den gesamten Lernprozess.

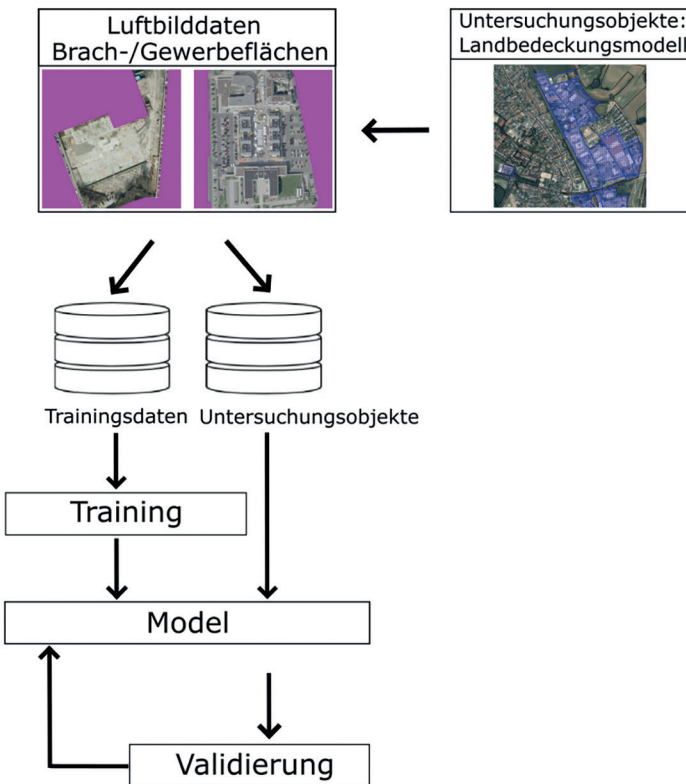


Abb. 1: Schematische Darstellung der im Rahmen der Machbarkeitsstudie erarbeiteten Prozessierungskette (Quelle: Fraunhofer IIS, Geobasisdaten: © GeoBasis-DE/BKG 2022)

Durch die aus OSM extrahierten Polygone können somit Bilder von Brachflächen vollständig automatisch generiert werden. Bei Flächen mit industrieller oder gewerblicher Nutzung wurde für die Generierung der entsprechenden Gegenklasse („sich in Nutzung befindende Gewerbefläche“) zusätzlich zur Kategorisierung im LBM-DE2018 auf

verortbare Einträge in der Datenbank von Gelbe Seiten bzw. den Handelsregistern der Amtsgerichte zurückgegriffen. Durch eine Analyse der Einträge innerhalb eines Polygons einer bestimmten Landbedeckungs- und Landnutzungsklasse kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer nicht erfassten Brachfläche innerhalb des Polygons minimiert werden, indem nur die Polygone mit einer hohen Dichte (definiert als die Anzahl von bekannten Unternehmen geteilt durch die Polygonfläche) berücksichtigt werden. Durch die hohe Anzahl an Polygonen je Nutzungsklasse im LBM-DE2018, die die Anzahl an Beispielen für Brachflächen weit übersteigt, ist es hiermit möglich, durch Auswahl von über Deutschland zufällig verteilten Polygonen einen adäquat großen Lerndatensatz zu generieren.

Einen wichtigen Punkt im Lernprozess stellt die Auswahl der Eingangsdaten dar. Neuronale Netze benötigen hierbei eine gleichbleibende, rechteckige Bildgröße. Durch die starke Schwankung der räumlichen Ausdehnung der Brachflächen würde dies zu einer unterschiedlichen räumlichen Auflösung oder zu einer hohen Anzahl an Pixeln der Klasse „Nicht-Brachfläche“ auch in den Lerndatensätzen für Brachflächen führen. Aus diesem Grund werden bei der Generierung der Bilddaten im GIS-System alle Flächen außerhalb der betreffenden Polygone ausmaskiert. Hierdurch wird ein Resampling zu einer einheitlichen Rastergröße vermieden und eine konstante Auflösung kann später auch bei den Untersuchungsdaten angewendet werden. Weiterhin erhält das neuronale Netz im Lernprozess nur Bilddaten, die der jeweiligen Klasse angehören.

### 3.2 Training des Neuronalen Netzes

Die Zuordnung von Landbedeckungen mittels Klassifizierung ist ein im Bereich Fernerkundung häufig angewendetes Verfahren, bei dem in vielen Fällen „gefaltete neuronale Netze“ angewendet werden (Ma et al. 2019). Für die beiden Landbedeckungs-/Landnutzungskombinationen B110/N120 sowie B121/N120 wurde jeweils ein eigenes neuronales Netz für eine binäre Bildklassifikation in die Klassen „Brachfläche“ und „aktive Gewerbefläche“ bestehend aus sieben „Convolutional Layern“ (LeCun et al. 2015) mit steigender Anzahl an Filtern (32 bis 1024) trainiert. Hierdurch können durch das neuronale Netz mit steigender Tiefe immer feinere Bildstrukturen gelernt werden, während in einem abschließenden „Dense Layer“ nach einem Dropout mit Faktor 0,5 die Wahrscheinlichkeit für eine Zugehörigkeit des Bildes zu den jeweiligen beiden Klassen ausgegeben wird. Die neuronalen Netze wurden für jeweils 10 Epochen trainiert, bis die Genauigkeit der Validationsdaten einen stabilen Wert angenommen hat. In den besten Durchläufen konnten hierbei Genauigkeiten von ~90 % (B110/N120) bzw. ~88 % (B121/N120) erreicht werden, welche in einer sich an das Training anschließenden Überprüfung mit für das neuronale Netz unbekanntem Testdaten knapp niedriger ausfielen (~85 % für B110/N120 und ~80 % für B121/N120).

### 3.3 Extraktion realer Untersuchungsdaten und Vorhersage

Bei der Anwendung des neuronalen Netzes in der Praxis muss im Vergleich zu einer Anwendung der Testdaten allerdings bedacht werden, dass es sich bei den übermittelten Bilddaten um keine Polygone mit festen Grenzen handelt, welche in ihren Eigenschaften einem zusammenhängenden Grundstück bzw. einer fest definierten Brachfläche entsprechen. Aus diesem Grund wird auf die Erstellung eines regelmäßigen 200 x 200 m Gitters zurückgegriffen, welches auf die Fläche der jeweiligen Nutzungsklasse zugeschnitten wird. Pro einzelner Gitterzelle über 4 000 m<sup>2</sup> wird der Bildinhalt an das neuronale Netz übergeben, welches anschließend eine Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Brachfläche innerhalb dieses Ausschnitts ausgibt.

## 4 Ergebnisse und Genauigkeit

Das im Abschnitt Methodik beschriebene Verfahren zur Extraktion potenzieller Brachflächen wurde im Anschluss an das Training des neuronalen Netzes und der Extraktion realer Untersuchungsdaten in Form von 200 x 200 m Gitterzellen für die beiden Landbedeckungs-/Landnutzungskombinationen B110/N120 und B121/N120 auf sämtliche Bundesländer Deutschlands angewendet. Hierbei ergibt sich folgende Häufigkeitsverteilung der Vorhersagewerte je zugeschnittener Gitterzelle/Polygon (Abb. 2).

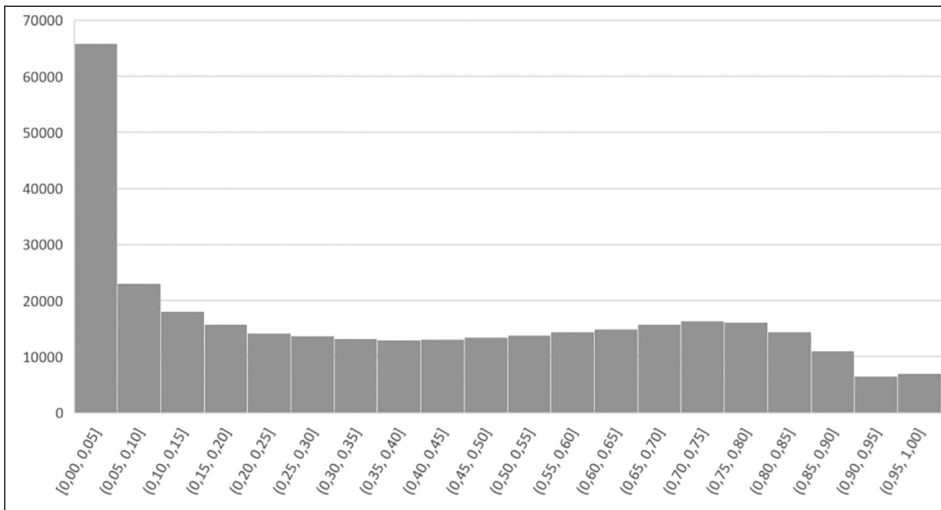


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Vorhersagewerte je Polygon für die untersuchten Gewerbeflächen in Deutschland (Quelle: eigene Bearbeitung)

Ein Großteil der Fläche wird hierbei mit einer niedrigen Wahrscheinlichkeit für eine Brachfläche klassifiziert, nur ca. 10 % der Fläche erhalten Werte über 0,8. Berücksichtigt man die Fläche des jeweiligen Polygons, so erhält man für die in 10 %-Schritten

aufgeteilten Vorhersageklassen die in Tabelle 1 dargestellten Werte. Abbildung 3 zeigt eine Visualisierung der Ergebnisse in einem Geoinformationssystem.

Tab. 1: Summierte Flächen und prozentualer Anteil nach Vorhersageklassen für die untersuchten Gewerbeflächen in Deutschland (Quelle: eigene Bearbeitung)

Vorhersagewerte	Flächensumme (km <sup>2</sup> )	Anteil (%)
0,0-0,1	1 662	40,70
0,1-0,2	444	10,87
0,2-0,3	326	7,97
0,3-0,4	277	6,77
0,4-0,5	256	6,27
0,5-0,6	248	6,08
0,6-0,7	243	5,94
0,7-0,8	239	5,86
0,8-0,9	195	4,77
0,9-1,0	195	4,78

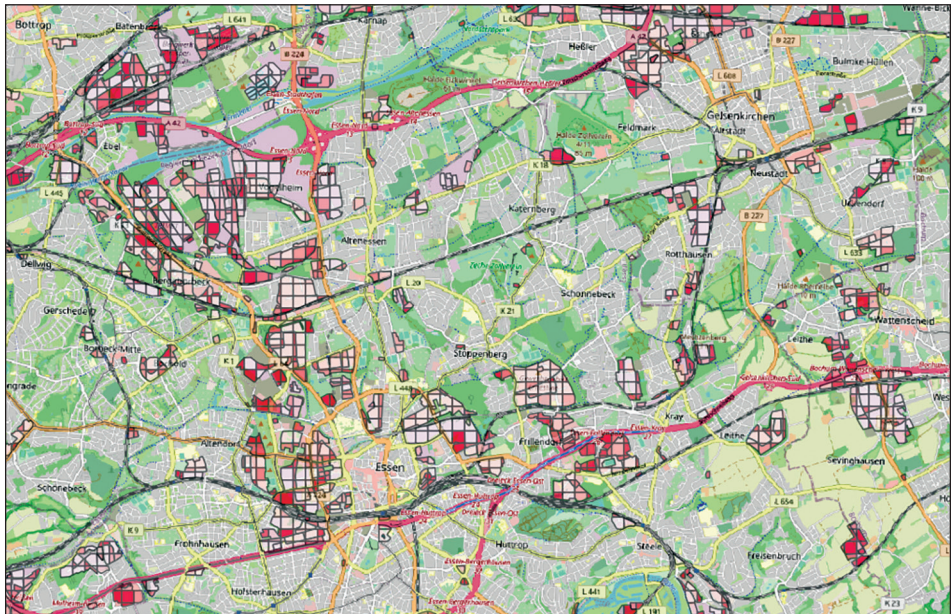


Abb. 3: Beispielhafte Darstellung der durch die KI ermittelten Wahrscheinlichkeiten für Brachflächen im Raum Essen-Gelsenkirchen (Quelle: Fraunhofer IIS, Hintergrundkarte: © OpenStreet-Map-Mitwirkende)

Auch hinsichtlich der Flächenverteilung entscheidet sich das neuronale Netz also in der überwiegenden Mehrheit für eine geringe Wahrscheinlichkeit für eine Brachfläche

(~72 % liegen unter dem Grenzwert 0,5). Insgesamt wurden über 4 000 km<sup>2</sup> untersucht, von denen etwas über 1 000 km<sup>2</sup> eine erhöhte Wahrscheinlichkeit (über Grenzwert 0,5) für das Vorliegen einer Brachfläche haben. Knapp 400 km<sup>2</sup> treten hierbei durch einen besonders hohen Wert (über Grenzwert 0,8) hervor.

Da es im Bereich Brachen kein flächendeckendes Kataster und somit nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Überprüfung der Ergebnisse gibt, wurden für die Berechnung der Genauigkeit der Ergebnisse von der Firma Spacedatists GmbH im Bundesland Nordrhein-Westfalen eigens manuell überprüfte Datensätzen verwendet. Hierbei wurde zusätzlich zum Expertenwissen der in Nordrhein-Westfalen bereits langjährig im Bereich Brachflächenerkennung tätigen Firma auf Zeitreihenaufnahmen historischer Luftbilder zurückgegriffen. Für die Berechnung der entsprechenden Kennzahlen wurde auf eine prozentuale Gewichtung der Vorhersageklassen gemäß der in der Realität vorkommenden Klassen geachtet, sodass für die folgenden Abbildungen 4 und 5 die summierte Anzahl an Polygonen mit niedrigen Vorhersagewerten deutlich höher ist als diejenige mit hohen Vorhersagewerten. Dies bewirkt ebenfalls eine niedrigere Anzahl an durch die Spacedatists GmbH als (Teil-) Brachfläche eingestuftem Datensätzen im Vergleich zur Anzahl an aktiven Gewerbeflächen.

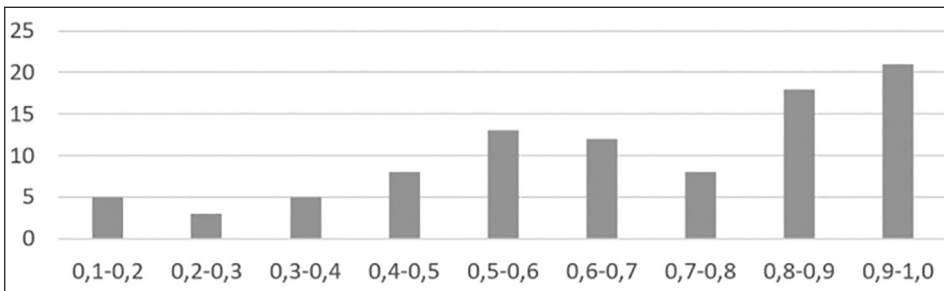


Abb. 4: Anzahl der Polygone nach Vorhersagewerten für (Teil-)Brachflächen für die untersuchten Gewerbeflächen (Quelle: eigene Bearbeitung)

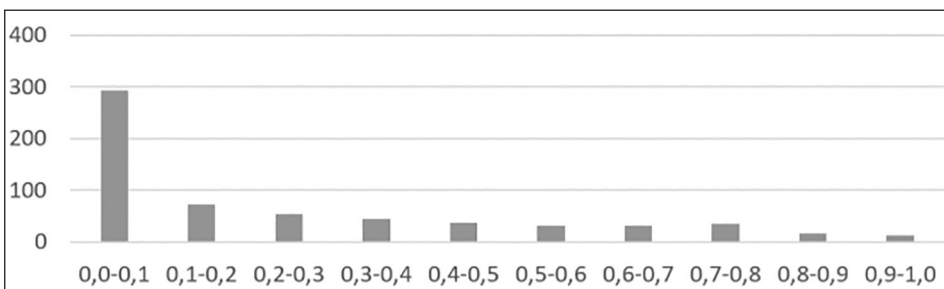


Abb. 5: Anzahl der Polygone nach Vorhersagewerten für aktive Gewerbeflächen für die untersuchten Gewerbeflächen (Quelle: eigene Bearbeitung)

Bei der Berechnung der entsprechenden Kennzahlen muss also bedacht werden, dass sich eine prozentual kleine Anzahl an fälschlicherweise als Brachfläche eingestuftes aktiven Gewerbeflächen in großem Maße auf die „Precision“ (d. h. auf den Anteil an korrekt klassifizierten Brachflächen unter allen Brachflächenklassifikationen) auswirkt. Tabelle 2 veranschaulicht dies. Ähnlich wie bei anderen Klassifikationsverfahren für sehr ungleichverteilte Daten (z. B. Tests für die Erkennung seltener Krankheiten) muss hierbei zwischen einem hohen Anteil an positiven Vorhersagewerten oder einer hohen Sensitivität abgewogen werden (Neumann 2003).

Tab. 2: Kennzahlen der Klassifizierungsgenauigkeit (Quelle: eigene Bearbeitung)

Kennzahl	Brachflächen	Gegenklasse
Präzision (Precision)	0,37	0,96
Sensitivität (Recall)	0,77	0,80
F1-Score	0,50	0,87
F2-Score	0,63	0,83
Korrektklassifikationsrate (Accuracy)	0,80	

## 5 Fazit

Durch die beschriebene Machbarkeitsstudie konnten Wege zu einer flächendeckenden und automatisierten Erstellung eines Brachflächenkatasters aufgezeigt werden. Da sich die Erstellung eigener neuronaler Netze je Bedeckungstyp für die Gegenklasse aktiver Gewerbeflächen als zu präferieren herausgestellt hat, empfiehlt sich die Erzeugung weiterer Lerndatensätze für die restlichen 25 % der Gewerbefläche umfassenden Landbedeckungsklassen des LBM-DE2018. Weiterhin gilt es, die Genauigkeit des Klassifizierungsansatzes über die Verwendung weiterer Eingangsdaten (Luftbilder mit höherer räumlicher Auflösung, Zeitreihen) bzw. über methodische Weiterentwicklung (z. B. die Extraktion realistischer Polygongrenzen anstatt der „willkürlichen“ Gitterzellen zur Vermeidung gemischter Klassen je Eingangsbild an das neuronale Netz) zu erhöhen.

## 6 Literatur

- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Flächenverbrauch – Worum geht es?  
<https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/flaechenverbrauch-worum-geht-es> (Zugriff: 07.07.2022).
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022): Digitale Orthophotos Bodenauflösung 20 cm.  
<https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/webdienste/digitale-orthophotos.html> (Zugriff: 03.03.2022).

- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022): Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland, Stand 2018 (LBM-DE2018 <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitales-landbedeckungsmodell-fur-deutschland-stand-2018-lbm-de2018.html>) (Zugriff: 03.03.2022).
- Gelbe Seiten (2002): DTM Deutsche Tele Medien GmbH. <https://www.gelbeseiten.de> (Zugriff: 07.04.2022).
- LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2015): Leitfaden zur Erfassung von Brachflächen in Nordrhein-Westfalen. LANUV-Arbeitsblatt 26.
- LeCun, Y.; Bengio, Y.; Hinton, G. (2015): Deep learning. *Nature* 521 (7553): 436-444.
- Ma, L.; Liu, Y.; Zhang, X.; Ye, Y.; Yin, G.; Johnson, B. A. (2019): Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Volume 152: 166-177.
- Neumann, A. (2003): Korrekturverfahren für Stichproben von Verkehrsverhaltenserhebungen des Personenfernreiseverkehrs. Dissertationsarbeit zur Erlangung des Doktorgrads an der Universität für Bodenkultur Wien.
- UBA – Umweltbundesamt (2020): Flächenrecycling und Innenentwicklung. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/flaechenrecycling-innenentwicklung#brachennutzen-grune-wiesen-schonen> (Zugriff: 07.07.2022).

# Erreichbarkeits- und Analyseinstrumente für die Daseinsvorsorgeplanung: Potenziale und Hindernisse

*Robert Hecht, Benjamin Büttner, Ulrike Jehle, Manfred Klaus, Falko Krügel, Bartosz McCormick, Elias Pajares, Denis Reiter, Theodor Rieche, Sebastian Seisenberger, Mathias Jehling*

## Zusammenfassung

Systeme zur Entscheidungsunterstützung haben große Potenziale, Planungsprozesse im Rahmen der Daseinsvorsorge zu verbessern. Allerdings werden mit zunehmenden technischen Möglichkeiten Fragen nach verbesserter Anwendungsorientierung und Nutzbarkeit für Akteure der Planung deutlich. In einem Workshop haben Akteure aus Planungspraxis, Wissenschaft und Wirtschaft anhand von konkreten Fragen aus der Planung die Anwendung der web-basierten Tools „Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen“ und „GOAT 3.0“ diskutiert. Im Rahmen von Arbeitsgruppen wurden die Anwendbarkeit, Indikatoren und Modellierungen sowie Hindernisse für eine Integration in Verfahren erarbeitet.

**Schlagwörter:** 15-Minuten Stadt, Mobilität, Siedlungsentwicklung, Anforderungsanalyse, Web-GIS

## 1 Einführung

Der demographische Wandel, die Abwanderung aus strukturschwachen Gebieten sowie eine gestiegene Motorisierung gefährden in vielen Teilen Deutschlands zunehmend die Tragfähigkeit von Einrichtungen der Daseinsvorsorge (siehe Seisenberger im selben Band). Die Sicherung einer nachhaltigen Daseinsvorsorge (Weingarten, Steinführer 2022) ist daher seit vielen Jahren ein zentrales Leitbild der Raumordnung in Deutschland (BMVI 2016). Zur Planung von Daseinsvorsorgeeinrichtungen gibt es mittlerweile ein gesteigertes Interesse an digitalen Planungsinstrumenten, die auch kleinräumige Analysen ermöglichen (Ahlmeyer, Wittowsky 2018). Grundlage solcher kleinräumigen Analysen ist vor allem der Erreichbarkeitsansatz, der eine Integration von Verkehrs- und Raumplanung und somit eine integrierte Standortentwicklung ermöglicht. Jedoch besteht eine Wissenslücke zwischen der technischen Entwicklung von entsprechenden Analyseinstrumente in der wissenschaftlichen Forschung und den Anforderungen an sie in der Planungspraxis.

Ziel des Workshops im Rahmen des DFNS war es, entsprechend ein Forum für den erforderlichen Austausch zwischen Wissenschaftlern, Entwicklern und Experten aus der Planungspraxis zu bieten. Ausgangspunkt waren die beiden Forschungsprojekte



„Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen (DVAN)“ und „GOAT 3.0“ in denen entscheidungsunterstützende Tools im Zentrum stehen. Im Workshop konnten die Möglichkeiten des Einsatzes der Tools zur Ableitung von Entscheidungsgrundlagen anhand konkreter, planungsrelevanter Fälle diskutiert werden. Der Beitrag fasst die zentralen Ergebnisse des Workshops zusammen.

Der Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen (DVAN)<sup>1</sup> ist eine WebGIS-Anwendung, die neben zahlreichen Standortdaten relevanter Infrastrukturen der Daseinsvorsorge wie Augenärzte, Apotheken, Bäcker/Fleischer, Grundschulen, Hausärzte, Supermärkte, auch Bevölkerungsdaten sowie Erreichbarkeitsberechnungen verschiedener Verkehrsmodi vorhält. Mittels der Berechnung von Reisezeiten und Einzugsgebieten lassen sich Versorgungsanalysen durchführen. Damit sind wichtige Grundlagen geschaffen, um den DVAN mit räumlich-multikriteriellen Analysemethoden auszustatten, die zur Entscheidungsunterstützung bei Standortplanungen für Anwendergruppen aus Politik und Verwaltung dienlich sein können (Klaus et al. 2020).

GOAT 3.0 steht für die Weiterentwicklung des Geo Open Accessibility Tools (GOAT)<sup>2</sup> im Rahmen eines mFUND-Projektes. GOAT ist eine WebGis-Anwendung, die eine einfache Durchführung räumlicher Analysen ermöglicht (Pajares et al. 2021). Bisher lag der Fokus auf Erreichbarkeitsanalysen für den Fuß- und Radverkehr. Nun wird das Tool um Analysen für den ÖPNV und MIV sowie um spezifische Analysen im Bereich der Daseinsvorsorge, der Freiraumplanung sowie der 15-Minuten Stadt erweitert.

## 2 Ziele und Vorgehen des Workshops

Ziele des Workshops waren die Erarbeitung und Diskussion zentraler Anforderungen an Erreichbarkeits- und Analyseinstrumente in der Daseinsvorsorgeplanung sowie die Identifikation von Hindernissen für deren Nutzung. Hierzu wurden in kurzen Impulsvorträgen und Demonstrationen die interaktiven Erreichbarkeitsinstrumente GOAT 3.0 und DVAN vorgestellt. Im Anschluss wurden mit den Teilnehmer\*innen in Gruppen konkrete Planungsfälle, die ein Nutzungspotenzial darstellen, erarbeitet und hierfür geeignete Indikatoren, Analysemethoden und Modellierungen (Typologien, Maßstäbe etc.) ermittelt. Auf dieser Basis konnten Hindernisse für deren Anwendung und Nutzung in formalen oder vorbereitenden informellen Planungsverfahren mit verschiedenen Akteursgruppen und auf lokaler oder regionaler Planungsebene diskutiert und mögliche Lösungswege erarbeitet werden, diese zu überwinden.

<sup>1</sup> Forschungsprojekt „Weiterentwicklung des Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen“ der TU Dresden und dem Land Niedersachsen.

<sup>2</sup> Forschungsprojekt GOAT 3.0 der Partner Plan4Better, TU München, PSU | Prof. Schaller UmweltConsult GmbH und IÖR, Förderung durch mFund

Die Veranstaltung wurde in einem hybriden Format durchgeführt. Neben der Diskussion im Plenum vor Ort war auch die Online-Teilnahme möglich. Insgesamt wurde an fünf moderierten Thementischen mit Teilnehmenden aus regionaler und kommunaler Planungspraxis, Wissenschaft und Wirtschaft gearbeitet. Die Ergebnisse der Thementische wurden anschließend dem gesamten Kreis der Beteiligten präsentiert.



Abb. 1: Fokussierte Diskussion in der Gruppenarbeit während des hybriden Workshops (Quelle: R. Hecht, IÖR)

### 3 Ergebnisse des Workshops

Im Folgenden werden die Ergebnisse der fünf Arbeitsgruppen zusammenfassend vorgestellt.

#### 3.1 Bewertung des ÖPNV-Angebotes

Für die Teilnehmer der digitalen Gruppe „Bewertung des ÖPNV-Angebotes“ waren vor allem die Entwicklung von Szenarien, zum Beispiel zur Analyse von Maßnahmenalternativen und neuer (virtueller) Stationen, aber auch klassische ÖPNV-Indikatoren wie die Erschließung von Bedeutung. Für die Bewertung der Erschließung sollten Qualitätsmerkmale wie die Anzahl der Abfahrten und die Art der Verkehrsmittel berücksichtigt werden. Als besonders wichtig erachteten die Teilnehmer\*innen die Möglichkeit einer zeitlichen Differenzierung der Analysen nach Tageszeit, Wochentag und Schul-/Ferienwoche. Großes Potenzial für den Einsatz von GOAT sahen die Teilnehmer\*innen aufgrund der einfachen Bedienbarkeit des Tools, die es von klassischen Desktopanwendungen abhebt. Es müssen jedoch die Interoperabilität mit anderen Datensätzen, ein

Datenexport und -import in gängigen Formaten sowie die Verfügbarkeit aktueller Daten gewährleistet sein. Zudem sollte klar herausgearbeitet werden, für welche Use Cases GOAT genutzt werden kann.

### **3.2 Planung der 15-Minuten-Stadt**

Die Gruppe diskutierte die Gestaltung der 15-Minuten-Stadt und den Einsatz von digitalen Erreichbarkeitsinstrumenten. Von allen Teilnehmer\*innen wurde die Meinung geäußert, dass die Wegezeit von 15 Minuten in der Praxis differenzierter betrachtet werden muss. Aufgrund der Vielfalt von Einrichtungstypen sollten möglichst verschiedene Reisezeiten angesetzt werden. Als konkrete Anwendungsfälle hierzu wurde das Monitoring der lokalen Erreichbarkeit identifiziert. Teilnehmer\*innen merkten an, dass dadurch die Veränderung von Erreichbarkeiten in regelmäßigen zeitlichen Abständen (z. B. jährlich) gemessen werden könnte. Neben den Grunddaseinsfunktionen wie Supermarkt, Arzt oder Kindergarten wurde auch Freizeiteinrichtungen und Grünräumen eine hohe Relevanz beigemessen. Weitergehend wurden Potenziale für Analysen gesehen, die die Verfügbarkeit von verschiedenen Mobilitätsangeboten messen und dadurch die Güte der Multimodalität in bestimmten Räumen zu quantifizieren.

### **3.3 Bewertung lokaler und regionaler Daseinsvorsorge**

Die Teilnehmer\*innen der digitalen Gruppe „Bewertung lokaler und regionaler Daseinsvorsorge“ fokussierten sich in der Diskussion besonders auf mögliche Anwendungsfälle. Die Erreichbarkeit verschiedener Einrichtungstypen wie Bildung, Medizin und Pflege war dabei von hoher Relevanz. Deren Berechnung sollte möglichst auch verkehrsmittelübergreifend durchgeführt werden können, so der Wunsch der Teilnehmenden. Darauf aufbauend wurde über die mögliche Integration von ÖPNV-Bedarfsanalysen auch hinsichtlich Taktungen diskutiert. Als weitere Anwendungsfälle wurden der Brandschutz mit Standortplanung für Feuerwachen und Wegezeiten zu möglichen Einsatzorten sowie die Instandhaltung von Straßen mit Empfehlungsmatrizen für die Sanierung genannt. Wichtige Indikatoren bzw. Modellierungen für diese Planungsfälle sind den Teilnehmer\*innen nach die Reisezeit bzw. -entfernung als Isochrone sowie qualitative Eigenschaften der Standorte, wie Öffnungszeiten. Mögliche Hindernisse könnten die technische Umsetzung multimodaler Reisezeiten sowie die Datenverfügbarkeit sein.

### **3.4 Planung von Freiräumen**

In der Gruppe „Planung von Freiräumen“ diskutierten die Teilnehmenden relevante Handlungsfelder wie die innerstädtische Erreichbarkeit von Grünflächen unter Nutzung der ÖPNV-Angebote. Wichtige Indikatoren wurden vor allem im Kontext von Grünflächendichte, Stadtklima, Erhalt von Lebensräumen und kleinen aber sehr gut

erreichbaren „Pocket“-Parks verortet. Anschließend wurde eine Vielzahl an Nutzergruppen unterschiedlichen Alters, wie Familien mit Kindern, Senioren, Naturfreunden oder Kleingärtner\*innen genannt. Zur Beschreibung der Grünflächen konnte eine umfangreiche Aufzählung an Merkmalen erarbeitet werden, die neben Größe und Beschaffenheit oder neben Ökosystemleistungen einer Grünfläche auch die Ausstattung sowie die Attraktivität bezüglich Tourismus oder Sportarten umfasst. Große Potenziale zur Entscheidungsunterstützung sahen die Teilnehmer\*innen in Visualisierungen durch Karten und Dashboards.

### 3.5 Überprüfung zentraler Orte

Ausgehend von einer mittels DVAN erstellten Karte fand eine anregende Diskussion über die Bedeutung von Reisezeiten mit dem ÖPNV oder MVI statt. Die Karten stellten die planerisch ausgewiesenen zentralen Orte einer Region der Ist-Situation der Infrastrukturstandorte mit hoher Erreichbarkeit gegenüber. Ein Vergleich von Reisezeiten via ÖPNV oder MVI zu Bedarfsorten der Daseinsvorsorge mittels kartographischer Darstellung stellten die Teilnehmer als wichtigen Zugewinn heraus. Einen weiteren Anwendungsfall sahen sie in der Schulnetzplanung. Ob Webanwendungen oder Desktopanwendungen im Planungsalltag die Erfordernisse besser erfüllen, diskutierten die Teilnehmenden mit der einhelligen Meinung, dass Webanwendungen mit zugeschnittenen Werkzeugen entlasten. Durch die Integration von Daten und Analysetool entfällt Recherche- und Arbeitszeit.

## 4 Fazit

Die Ergebnisse aus dem Workshop zeigen, dass neben inhaltlichen Anwendungsfällen auch technische Aspekte relevant für die Integration von web-basierten Tools zur Entscheidungsunterstützung eine hohe Bedeutung haben. Inhaltlich zeichnet sich die Standortplanung für öffentliche Infrastruktur als wichtiger Anwendungsfall heraus. Als Analysetool können die betrachteten Tools DVAN und GOAT 3.0 besonders auch in der Überprüfung von Siedlungskonzepten eine wichtige Rolle für die Daseinsvorsorge spielen. Über die Gruppen hinweg zeigte sich die Berücksichtigung von Multimodalität als wichtige Anforderung zur Unterstützung einer nachhaltigen Mobilität.

## 5 Literatur

Ahlmeyer, F.; Wittowsky, D. (2018): Was brauchen wir in ländlichen Räumen? Erreichbarkeitsmodellierung als strategischer Ansatz der regionalen Standort- und Verkehrsplanung. *Raumforschung und Raumordnung*, 76(6): 531-550.  
<https://doi.org/10.1007/s13147-018-0558-8>

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland.

Klaus, M.; Käker, R.; Mäs, S.; Weitkamp, A. (2020): Daseinsvorsorge sichern und überwachen: Der Daseinsvorsorge-Atlas Niedersachsen. Flächenmanagement und Bodenordnung (fub), 82(5): 223-234.

Pajares, E.; Büttner, B.; Jehle, U.; Nichols, A.; Wulfhorst, G. (2021): Accessibility by proximity: Addressing the lack of interactive accessibility instruments for active mobility. *Journal of Transport Geography*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103080>

Weingarten, P.; Steinführer, A. (2020): Daseinsvorsorge, gleichwertige Lebensverhältnisse und ländliche Räume im 21. Jahrhundert. *Zeitschrift für Politikwissenschaft*, 30(4): 653-665. <https://doi.org/10.1007/s41358-020-00246-z>

# Anforderungen an innovative und praxistaugliche Methoden, Informationen und Tools für die urbane Hitzeanpassung

*Juliane Wright, Hendrik Herold*

## Zusammenfassung

Methoden, Informationen und Tools verbessern die notwendige Evidenzbasis für die urbane Hitzeanpassung. Allerdings stellt sich im Kontext ihrer Entwicklung die Frage der Praxistauglichkeit und ihrer konkreten Anwendungen für die Planungspraxis. Die diversen Anforderungen und Herausforderungen der unterschiedlichen Akteure müssen daher sichtbar gemacht und diskutiert werden. Durch die städtische Verdichtung in Folge der verstärkten Innentwicklung und die daraus resultierenden konkurrierenden Flächennutzungen besteht ein zusätzlicher Bedarf, das Problem der urbanen Wärmeinseln besser zu verstehen, vorherzusagen und zu simulieren. Im Rahmen des durch den Bund geförderten Entwicklungsprojekts „KI-basierte Informationsplattform für die Lokalisierung und Simulation von Hitzeinseln für eine innovative Stadt- und Verkehrsplanung“ (KLIPS) wird in einem iterativen Prozess mit den Städten Dresden und Langenfeld eine neue Informationsplattform entwickelt. Im Rahmen des Dresdner Flächennutzungssymposiums wurde durch einen Workshop dieser Prozess durch die Öffnung der Diskussion um weitere Anforderungen ergänzt. Im Beitrag werden die gewonnenen Erkenntnisse reflektiert.

**Schlagwörter:** Urbaner Wärmeineleffekt, Anforderungsanalyse, Praxistauglichkeit, Hitzeanpassung

## 1 Einführung

Das Thema Hitzeanpassung hat in Europa und Deutschland in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen und wird sich durch den Klimawandel weiter verstärken. Der sogenannten Hitzeineleffekt, der erstmals 1968 von Robert D. Bornstein in New York City wissenschaftlich diskutiert wurde (Bornstein 1968), beschreibt die „Lufttemperaturdifferenz zwischen der wärmeren Stadt und ihrem kühleren Umland“ (DWD 2022), wodurch die sommerlichen Tages- als auch Nachttemperaturen in städtischen Agglomerationen um bis zu 10 Grad höher sind als im Umland (ebd.). Besonders Tropennächte stellen eine gesundheitliche Gefahr für städtische Bewohner\*innen dar und führen zu einem statistisch signifikanten Anstieg der Mortalität (Fenner et al. 2015: 30). Neben den gesundheitlichen Auswirkungen auf (vulnerable) Bevölkerungsgruppen (Augustin et. al. 2018: 138), werden zunehmend auch Schäden an Infrastrukturen beobachtet (UBA 2020).

Durch die zunehmende Verdichtung der Städte und die konkurrierenden Flächennutzungen verstärken sich die Herausforderungen rund um den urbanen Wärmeinselleffekt. Um Kommunen, die eine zentrale Rolle in der Hitzeanpassung einnehmen (Aguiar et al. 2018), in ihrer Arbeit zu unterstützen, wurden und werden neue Daten erhoben als auch Methoden und Tools entwickelt, die auf eine bessere Evidenzbasis und Entscheidungsunterstützung für die Hitzeanpassung abzielen. Im Kontext dieser Entwicklung werden häufig die Begriffe Anwender- und Nutzerfreundlichkeit sowie Praxistauglichkeit verwendet und in die Bearbeitung von Projekten systematisch einbezogen und verankert. Ziel dabei ist es, die Bedürfnisse aus der Planungs- und Verwaltungspraxis stärker in den Vordergrund zu rücken, um die dortigen Prozesse gezielt zu unterstützen (Weber et al. 2019: 123). Die Mitgestaltung der Tools durch die späteren Anwender\*innen in den Verwaltungsbehörden garantiert ein maßgeschneidertes System für ihre Bedürfnisse und fördert die Praxistauglichkeit und Akzeptanz eines neuen Systems (Petry et al. 2020: 42).

Ein Vorhaben in diesem Kontext ist das Forschungsprojekt KLIPS<sup>1</sup>, welches das Ziel verfolgt, eine digitale Informationsplattform zur Lokalisierung, Prognose und Simulation von Hitzeinseln in einem iterativen Prozess mit den Kommunen Dresden und Langenfeld zu entwickeln. Die neue Plattform soll es ermöglichen, durch den kombinierten Einsatz eines lokalen Sensornetzwerks und Künstlicher Intelligenz, Hitzeinseln nicht nur in Echtzeit zu lokalisieren, sondern auch vorherzusagen und Hitzeanpassungsmaßnahmen zu simulieren. Ziel ist es, durch die neuen Methoden und Daten die Anpassungskapazität in Bezug auf Hitzeinseln zu verbessern.

Durch einen Workshop im Rahmen des DFNS wurde der Beteiligungsprozess mit den Kommunen Langenfeld und Dresden erweitert, um weitere Anforderungen aus diversen Sichtweisen anderer Akteure zu erheben und zu diskutieren. Der DFNS-Workshop ermöglichte dementsprechend einen Raum für den notwendigen Austausch zwischen Wissenschaftler\*innen, Entwickler\*innen und Expert\*innen aus der Planungs- und Verwaltungspraxis und zielte auf einen damit verbundenen Verhandlungsprozess zwischen datenproduzierenden und datennutzenden Akteuren (Lucia Lupi 2019: 11) ab.

## 2 Ziele und Vorgehen des Workshops

Ziel des Workshops war die Diskussion praktischer und technischer Sichtweisen auf die Entwicklung neuer Wissensgrundlagen für die Hitzeanpassung. Die Teilnehmenden wurden eingeladen, eine Vogelperspektive auf den Status quo einzunehmen und durch die Verknüpfung der zwei unterschiedlichen Sichtweisen Ideen für eine bessere Verschneidung von Planungspraxis und der technischen Umsetzung zu entwickeln.

<sup>1</sup> Forschungsprojekt KLIPS der Partner Software AG, HHI, DLR, Hochschule Hof, terrestris, meggsimum, pikobytes, ERGO, Stadt Dresden und IÖR, Förderung durch mFund, FKZ: 19F2134.

Zur inhaltlichen Strukturierung der Diskussion wurden drei zentrale Fragestellungen auf Pinnwänden platziert:

- Vor welchen Herausforderungen stehen die Kommunen im Kontext der Hitzeanpassung und welche Anforderungen bestehen an neues praxistaugliches Wissen?
- Vor welchen Herausforderungen steht die Entwicklung neuer Methoden, Informationen und Tools für die Hitzeanpassung?
- Wie kann neues praxistaugliches Wissen zur Hitzeanpassung in Deutschland geschaffen werden?

Für die inhaltliche Auseinandersetzung mit der Thematik sammelten die Teilnehmenden in einer Stillarbeit ihre Gedanken auf Karten. Diese wurden im Anschluss für jede Fragestellung vorgestellt. Übereinstimmungen wurden geclustert und Widersprüche sichtbar gemacht. Alle Anregungen wurden abschließend in ihrer Gesamtheit im Plenum diskutiert. Die Veranstaltung wurde in einem hybriden Format durchgeführt, wodurch neben der Diskussion vor Ort auch Beiträge der online Teilnehmenden berücksichtigt werden konnten.

### 3 Ergebnisse des Workshops

Nachfolgend werden die Ergebnisse entsprechend der drei genannten Fragen vorgestellt. Abbildung 1 zeigt die Sammlung aller Ideen, gegliedert nach den jeweiligen Fragestellungen. Die Ergebnisse aus dem DFNS-Workshop wurden durch Erkenntnisse aus weiteren Formaten im Rahmen des KLIPS Projektes ergänzt und reflektiert.

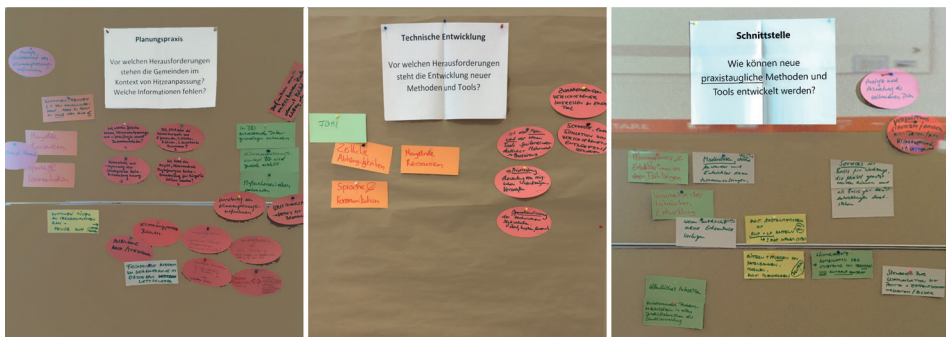


Abb. 1: Dokumentation der Diskussion während des Workshops (Quelle: J. Wright, IÖR)

#### 3.1 Kommunale Herausforderungen

Da Hitze insbesondere im bereits verdichteten städtischen Bestand eine große Rolle spielt, besteht aus kommunaler Sicht ein großer Bedarf, kleinräumige Fragestellungen in Bezug auf die Hitzeanpassung zu beantworten. Durch den hohen Wohnungsbaudruck



liegt eine immer weiter zunehmende Flächennutzungskonkurrenz vor, die eine immer komplexere Abwägung aller Belange im Rahmen der Planung erfordert. Zusätzlich kommen weitere Belange, wie die Berücksichtigung des Denkmalschutzes, wie beispielsweise der Konflikt zwischen Bepflanzung und historischen und steinernen Plätzen, dazu. Neben einem allgemeinen Mangel an Daten, der jedoch stark zwischen den Kommunen variiert, sehen viele Akteure vor allem ein Umsetzungsproblem. Außerdem fehlen den Kommunen eigene Definitionen von messbaren Zukunftsszenarien und ein strukturiertes Monitoring der Auswirkungen von Planungsentscheidungen.

Bezüglich der Mitarbeit an der Erhebung neuer Daten und Entwicklung neuer Tools wurden mangelnde Ressourcen, fehlendes Hintergrundwissen sowie unklare Sprache und Kommunikation als große Herausforderungen genannt. Zusätzlich fehlt den kommunalen Entscheidungsträgern oft die Gewissheit, dass die Umsetzung gelingt. Dies erschwert die Kommunikation und vermindert die Bereitschaft, sich an solchen iterativen und ko-produzierenden Prozessen zu beteiligen. Eine weitere Herausforderung stellt die Unterscheidung zwischen verschiedenen Methoden und Datenprodukten dar. Denn die Menge der Ergebnisse, welche durch unterschiedliche Methoden gewonnen wurden, erfordern ein tiefes Verständnis der Akteure für deren Interpretation.

## 3.2 Technische Herausforderungen

Für die technische Entwicklung stellen zeitliche und inhaltliche Abhängigkeiten im Entwicklungsprozess eine Herausforderung dar, die eine enge Abstimmung aller Beteiligten erfordert. Des Weiteren ist eine Übersetzung der Anforderungen aus der Praxis in technische Details und eine Priorisierung dieser für die Umsetzung notwendig. Konkret bedeutet dies beispielsweise der Umgang mit der Anforderung von kleinräumigen und mikroklimatischen Simulationen, für die oftmals keine ausreichend detaillierten Daten vorliegen. Insbesondere in Bezug auf den Transfer einer Methode ist die deutschlandweite Verfügbarkeit kleinräumiger und zeitlich aktueller Strukturdaten eine Herausforderung.

Im Kontext der Vermittlung der Bedarfe aus der Verwaltung wurden Sprache und Kommunikation ebenfalls als zentrale Herausforderung genannt. Durch einen ko-produzierenden und interdisziplinären Ansatz sind ein stetiger Austausch und eine Überprüfung der Ziele notwendig. Darüber hinaus stellen die frühzeitige Definition des Mehrwerts und die Abgrenzung zu anderen Produkten eine wichtige und gleichzeitig schwierige Aufgabe dar, da eine Neuentwicklung zwar ein Ziel verfolgt, die Details und Umsetzung jedoch noch im Prozess zu klären sind.

### 3.3 Praxistaugliche Entwicklung

Aus dem DFNS-Workshop und weiteren Austauschformaten mit Akteuren aus der Wissenschaft, Planungspraxis und technischen Entwicklung wurden die folgenden Handlungsempfehlungen für eine praxistaugliche Erhebung von Daten und der Entwicklung neuer Methoden und Tools abgeleitet. Eine praxistaugliche Entwicklung bedeutet:

- Alle Akteure an einen Tisch zu bringen und gemeinsame Ziele zu definieren.
- Eine Offenheit aller Beteiligten durch gezieltes Erwartungsmanagement zu schaffen.
- Klare Kommunikation und bewusste Sprache einzusetzen.
- Modelle für die systematische Erfassung von Anforderungen zu entwickeln und Einflussmöglichkeiten für die Kommunen klar zu benennen.
- Iterationsschleifen ohne eine Überlastung der kommunalen Ressourcen zu definieren.
- Die Einbindung in bestehende kommunale Infrastrukturen und Akteure von Beginn an mitzudenken, um eine nachhaltige Nutzung zu gewährleisten.
- Die Interpretation und gemeinsame Festlegung von normativen Schwellenwerten (ab wann ist heiß zu heiß?) zu diskutieren.

Das Ziel, alle Denkweisen und Fähigkeiten für die Entwicklung bestmöglich zu nutzen und zwischen diversen Anforderungen abzuwägen, wird durch eine strukturierte Anforderungsanalyse, in der Regel durch eine Schnittstellenposition, erreicht. Die Einrichtung einer solchen externen Schnittstellenposition, das heißt einer Person mit planerischem als auch technischen Verständnis, erfüllt somit eine vermittelnde, moderierende, aber auch inhaltlich lenkende Funktion und verbindet zwei unterschiedliche Sichtweisen.

## 4 Fazit

Die Ergebnisse des DFNS-Workshops und weiterer Austauschformate zeigt deutlich den Bedarf, sich den genannten Fragen systematisch zu nähern. Die Kommunen stehen vor der Herausforderung, zwischen dem starken Wohnungsbaudruck, der Hitzeanpassung und weiteren Belangen abzuwägen. Im Bestand müssen auf kleiner Fläche Maßnahmen umgesetzt und ihre Wirkung im besten Fall vorab quantifiziert werden. Die technischen Entwickler\*innen stehen vor der Aufgabe, die praktischen Anforderungen technisch umzusetzen. Außerdem ist räumliche Auflösung der flächendeckend verfügbaren Daten oftmals nicht ausreichend, um die kleinräumigen Anpassungsmaßnahmen zu simulieren. Um beide Sichtweisen produktiv zu nutzen und zu vereinen, spielt die Kommunikation und eine bewusste Wahl der Sprache eine zentrale Rolle. Darüber hinaus muss ein iterativer und daher zeitintensiver Prozess vorab systematisiert und an die in den Kommunen vorhandenen Ressourcen angepasst werden. Im Sinne einer nachhaltigen Nutzung ist eine Einbindung in bestehende kommunale Daten- und Wissensstrukturen und eine vorhabenbezogene Vorinterpretation der Ergebnisse notwendig.

## 5 Literatur

- Aguiar, F. C.; Bentz, J.; Silva, João M.N.; Fonseca, A. L.; Swart, R.; Santos, F. D.; Penhalopes, G. (2018): Adaptation to climate change at local level in Europe: An overview. In: *Environmental Science & Policy*, Vol. 86: S. 38-63.
- Augustin, J.; Sauerborn, R.; Burkart, K.; Endlicher, W.; Jochner, S.; Koppe, S.; Menzel, A.; Mücke, H.-G.; Herrmann, A. (2018): Gesundheit. In: Brasseur, G.; Jacob, D.; Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): *Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven*: 137-146.
- Bornstein, D. R. (1968): Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City. In: *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Volume 7, Issue 4: 575-582.
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2022): Stadtklima – die städtische Wärmeinsel. [https://www.dwd.de/DE/forschung/klima\\_umwelt/klimawirk/stadt/pl/projekt\\_warmeinseln/projekt\\_waermeinseln\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadt/pl/projekt_warmeinseln/projekt_waermeinseln_node.html) (Zugriff: 12.10.2022).
- Fenner, D.; Mücke, H.-G.; Scherer, D. (2015): Innerstädtische Lufttemperatur als Indikator gesundheitlicher Belastungen in Großstädten am Beispiel. *UMID* 1: 30-38.
- Lupi, L. (2019): City Data Plan: The Conceptualisation of a Policy Instrument for Data Governance in Smart Cities. *Urban Science*, Bd. 3, Nr. 3.
- Petry, L.; H. Herold, G.; Meinel; T. Meiers, I. Müller, E. Kalusche, T. Erbertseder, H. Taubenböck, E. Zaunseder, V. Srinivasan, A. Osman, B. Weber, S. Jäger, C. Mayer, C. Gengenbach (2020): air quality monitoring and data management in germany – status quo and suggestions for improvement: 37-43.
- UBA – Umweltbundesamt (2020): Technische Maßnahmen Verkehrsinfrastruktur Straße. <https://www.umweltbundesamt.de/technische-massnahmen-verkehrsinfrastruktur-strasse-0#undefined> (Zugriff: 12.10.2022).
- Weber, F.-A.; Bolle, F.-W.; Halbig, G.; Willen, L.; Weber, B.; Völker, V.; Hasse, J.; Schultze, J.; Hölsgens, R.; Dankwart-Kammoun, S.; Schlumberger, J.; Büter, B.; Burmeister, C.; Frerichs, S.; Simon, A. (2019): Stadtklima im Wandel [UC]<sup>2</sup> – Klimamodelle für die Praxis (KliMoPrax). Abschlussbericht des BMBF-Verbundvorhaben KliMoPrax, Förderkennzeichen 01LP1603A-E, FiW e. V., Aachen.

## **Analysen**



# Analyseergebnisse zur Flächennutzung in Naturschutz- und FFH-Gebieten Deutschlands

Lisa Eichler, Gotthard Meinel

## Zusammenfassung

Naturschutzgebiete (NSG) und FFH-Gebiete sind in Deutschland überwiegend mit Wald bedeckt. Jedoch auch aus Naturschutzsicht problematische Landnutzungen wie Ackerflächen liegen in Schutzgebieten bzw. in deren unmittelbarer Umgebung. Deren Größe wurde auf Grundlage des Landbedeckungsmodells Deutschland (LBM-DE) quantitativ bestimmt. So befinden sich 0,36 % bzw. 1,04 % der Gesamtackerfläche Deutschlands innerhalb von NSG bzw. FFH-Gebieten. Des Weiteren nehmen auch Autobahnen und Windenergieanlagen Flächen in einigen Schutzgebieten in Anspruch. Inwiefern die Schutzziele durch solche Nutzungen in und um das Schutzgebiet beeinträchtigt werden, bedarf weiterer Untersuchungen.

**Schlagwörter:** Naturschutz, Landnutzung/Landbedeckung, Landwirtschaft, Zerschneidung, Insekten

## 1 Einführung

Zum besonderen Schutz von Natur und Landschaft erfolgte die rechtsverbindliche Festsetzung von 8 878 Naturschutzgebieten (NSG) in Deutschland (Stand 2019). Diese umfassen eine Gesamtfläche von 26 702 km<sup>2</sup> und dienen nach ihrer Definition insbesondere der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung von Lebensräumen, Biotopen oder Lebensgemeinschaften bestimmter wildlebender Tier- und Pflanzenarten. Handlungen, die mit einer Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung des Naturschutzgebiets einhergehen, sind nach dem Bundesnaturschutzgesetz verboten (BNatSchG 2009: § 23).

Des Weiteren wurde 1992 von der EU die Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie) erlassen, um dem anhaltenden Rückgang von wildlebenden Arten und natürlichen Lebensräumen entgegen zu wirken. Eine Kernbestimmung dieser Richtlinie ist die Ausweisung von Schutzgebieten, sogenannter FFH-Gebiete. In Deutschland wurden bis 2019 4 544 FFH-Gebiete festgelegt, welche eine Gesamtfläche von 54 493 km<sup>2</sup> aufweisen. In diesen Gebieten soll die Wiederherstellung oder Wahrung eines günstigen Erhaltungszustandes der natürlichen Lebensräume und der Arten erfolgen. Pläne und Projekte, die sich auf die im Gebiet verfolgten Erhaltungsziele wesentlich auswirken könnten, sind einer angemessenen Prüfung zu unterziehen (FFH-Richtlinie 1992).

Die schützende Wirkung eines Schutzgebietes auf Arten und Lebensräume ist abhängig von der dort vorhandenen Flächennutzung und in vielen Fällen auch von der in unmittelbarer Umgebung. So zeigen beispielsweise Untersuchungen im Rahmen des Insektenschutzes, wie sie im Forschungsprojekts DINA<sup>1</sup> – Diversity of Insects in Nature protected Areas (FKZ 01LC1901) durchgeführt werden, dass die Ackernutzung in Schutzgebieten und deren Umgebung Pestizidbelastungen der dort lebenden Insekten bedingen (Brühl et al. 2021).

Mittels einer räumlichen Flächenanalyse lassen sich Landbedeckung und Landnutzung in den Naturschutz- und FFH-Gebieten charakterisieren. Zudem kann das Ausmaß möglicher Störfaktoren wie Ackernutzung, Windkraft oder die Zerschneidung durch Straßen ermittelt werden. Die Ergebnisse solcher Analysen können als Grundlage für die Diskussion dienen, ob Schutzgebiete ihrer eigentlichen Funktion, dem Schutz der Natur, der Lebensräume und Arten nachkommen können oder aber ein stärkerer Schutz der Schutzgebiete einschließlich ihrer Umgebung notwendig ist.

## 2 Datengrundlage

### 2.1 Geometrien der Schutzgebiete

Für die Festlegung der Naturschutz- und FFH-Gebiete sind die Bundesländer zuständig. Der Bezug der digitalen Gebietsabgrenzungen dieser Gebiete für die gesamte Bundesrepublik erfolgte über das Bundesamt für Naturschutz (BfN), welches die Daten des Bundes und der Bundesländer zusammenführt und aufbereitet.

Naturschutz- und FFH-Gebiete können sich überlagern. Aufgrund unterschiedlicher Ausweisungsverfahren stimmen die Grenzen jedoch nur in wenigen Fällen exakt überein, sodass im Folgenden eine getrennte Auswertung von NSG und FFH-Gebieten stattfindet.

In den nachfolgenden Untersuchungen bleiben die sechs Naturschutzgebiete und acht FFH-Gebiete innerhalb der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) unberücksichtigt.

### 2.2 Landbedeckungsmodell Deutschland

Um einen deutschlandweiten Überblick über die Landbedeckung in Naturschutzgebieten und FFH-Gebieten zu bekommen, bedarf es einer digitalen, bundesweit einheitlichen, flächendeckenden Datengrundlage mit hoher Aktualität. Diese liegt mit dem Landbedeckungsmodell (LBM-DE) des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) für Deutschland vor, welche flächendeckend die Landschaft durch topographische Objekte beschreibt, wobei Landnutzung (LN) und Landbedeckung (LB) geometrisch abgegrenzt

<sup>1</sup> [www.dina-insektenforschung.de](http://www.dina-insektenforschung.de)

werden. Das LBM-DE ist für die Jahre 2012, 2015 und 2018 verfügbar. Grundlage für die Klassifizierung der Objekte bilden das ATKIS Basis-DLM sowie multitemporale Satellitenbilder der Missionen RapidEye und Copernicus Sentinel-2. Für die Objekte beträgt in der Regel die Mindestkartierfläche 1 Hektar und die Mindestkartierbreite 15 Meter (BKG 2020). Den nachfolgenden Analysen liegt das LBM-DE 2018 zugrunde.

## 2.3 Weitere Geodaten

Für punktuelle oder linienförmige Störfaktoren wie Windkraftanlagen und Straßen bedarf es der Hinzunahme weiterer Geodaten. So bildet das ATKIS Basis-DLM neben flächenhaften Objekten der Landnutzung auch lineare Strukturen und punktuelle Objekte ab. Entsprechend ihrer Attribuierung zu Art und Breite können so verschiedene Straßentypen ermittelt und entsprechend ihrer Straßenbreite gepuffert werden (AdV 2018).

Auch Windenergieanlagen sind im ATKIS Basis-DLM als punktförmige Objekte erfasst, wenn sie eine Mindesthöhe von 15 Metern aufweisen (ATKIS-Objektarten 51002 Attribut BWF = 1220 Windrad sowie 41002 Attribut PEG = 4000 Wind). Deren Bearbeitungsstand wird entsprechend AdV-Anforderung nach spitzentaktueller Erfassung mindestens aller 12 Monate aktualisiert (AdV 2018). Ergänzend zu den im ATKIS Basis-DLM erfassten Windenergieanlagen können auch die in OpenStreetMap (OSM) eingetragenen Windenergieanlagen hinzugezogen werden. Vorteil an OSM ist die schnelle Kartierung neu entstandener Anlagen, unabhängig von Bearbeitungszeiträumen und -fristen. Durch die freiwillig organisierte OSM-Kartierung bleibt aber auch die Erfassung von WEA immer ein Stück unsicher.

# 3 Verteilung und Charakteristik der Landbedeckung der NSG und FFH-Gebiete in Deutschland

## 3.1 Bundesweite Verteilung

Die Ausweisung von NSG und FFH-Gebieten erfolgte in den Bundesländern unterschiedlich stark, wie die Abbildung 1 zeigt. Sehr viele NSG sind dabei kleiner als 1 km<sup>2</sup>, wie der Tabelle 1 entnommen werden kann. Bei den FFH-Gebieten dominieren Größenordnungen von 1 km<sup>2</sup> bis 10 km<sup>2</sup> ausgewiesene Fläche. Vor allem die Schutzgebiete im Meeresraum weisen die größten unter Schutz stehenden Flächen auf.



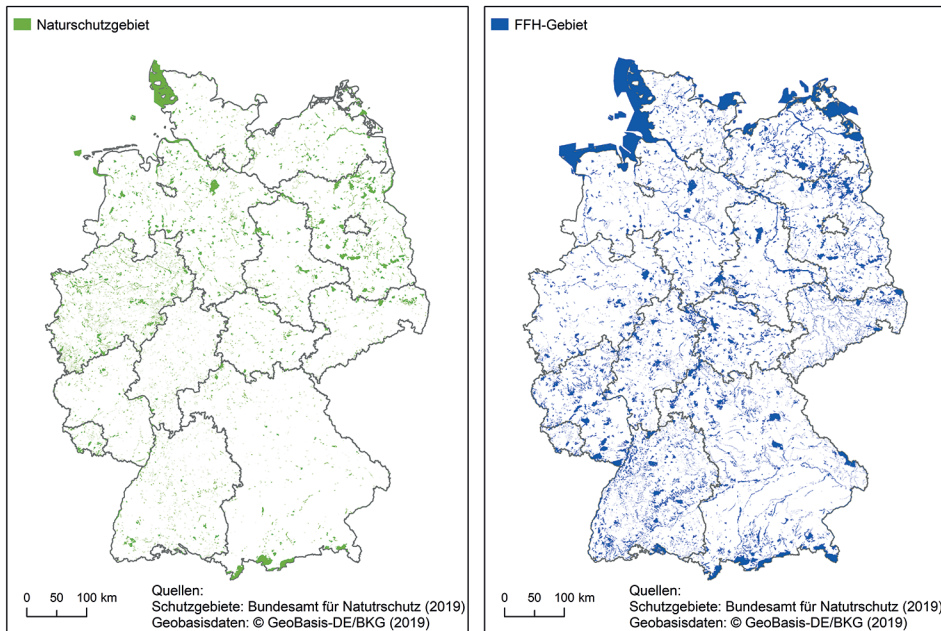


Abb. 1: Deutschlandweite Verteilung der Naturschutzgebiete und FFH-Gebiete (incl. AWZ) (Stand 2019) (Quelle: eigene Bearbeitung)

Tab. 1: Häufigkeit der Größenklassen der Naturschutzgebiete und FFH-Gebiete (incl. AWZ) (Stand 2019) (Quelle: eigene Bearbeitung)

Größe in km <sup>2</sup>	Häufigkeit NSG	Häufigkeit FFH-Gebiete
bis 1	6 539	1 729
größer 1 bis 10	2 092	2 019
größer 10 bis 100	230	738
größer 100 bis 1000	13	53
größer 1000	4	5

In Nordrhein-Westfalen nehmen die NSG mit 2 761 km<sup>2</sup> die größte Fläche ein, gefolgt von Brandenburg mit 2 425 km<sup>2</sup>, womit so in beiden Bundesländern über 8 % der Landesfläche unter Naturschutz stehen. Bei den FFH-Gebieten fällt im Vergleich hingegen der unter Schutz stehende Anteil der Landesfläche für Nordrhein-Westfalen mit nur 5 % (1 850 km<sup>2</sup>) deutlich geringer aus, wie die Abbildung 2 zeigt. Mit über 10 % der als FFH-Gebiet geschützten Landesfläche wurden in Flächenländern wie Mecklenburg-Vorpommern (13 %), Rheinland-Pfalz (13 %), Baden-Württemberg (12 %), Brandenburg (11 %), Hessen (10 %) Thüringen (10 %) und dem Saarland (10 %) deutlich stärker Schutzgebiete ausgewiesen. Mit 6 456 km<sup>2</sup> hat Bayern die größte Gesamtfläche an FFH-Gebieten, hier macht deren Anteil an der Landesfläche jedoch nur 9 % aus.

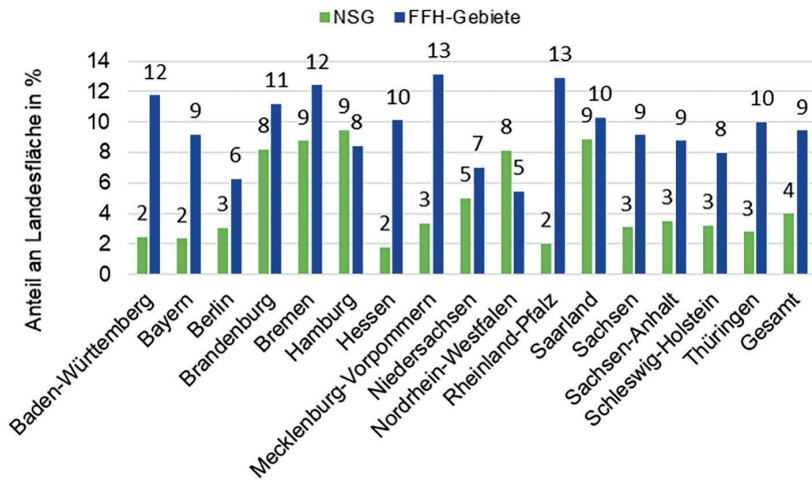


Abb. 2: Anteil NSG und FFH-Gebiete an Landesfläche, ohne Meeresschutzgebiete (Stand 2019)  
(Quelle: eigene Bearbeitung)

### 3.2 Landbedeckung

Das LBM-DE unterscheidet in 31 Landbedeckungsklassen, welche weiter mit Nutzungscodes für die Landnutzung spezifiziert werden können. Die nachfolgende Tabelle 2 gibt eine Übersicht zu Fläche und Anteil der einzelnen Landbedeckungsklassen an der Gesamtfläche der NSG und FFH-Gebiete. Sowohl NSG als auch FFH-Gebiete sind insgesamt zu fast 50 % mit Wald bedeckt. Grünland und Wasser nehmen ebenfalls einen hohen Anteil in beiden Schutzgebietskategorien ein.

Tab. 2: Landbedeckung der Naturschutz- und FFH-Gebiete nach LBM-DE 2018 (Stand 2019)  
(Quelle: eigene Bearbeitung)

Klasse	NSG		FFH	
	Fläche (km <sup>2</sup> )	Anteil (%)	Fläche (km <sup>2</sup> )	Anteil (%)
Bebauung	8	0,1	35	0,1
Anlagen	3	0,0	13	0,0
Versiegelte gebäudelose Flächen	4	0,0	9	0,0
Mischflächen	2	0,0	10	0,0
Ackerland	457	2,8	1 316	2,9
Weinbau	8	0,1	14	0,0
Obst- und Beerenobst	7	0,0	12	0,0
Hopfen	0,02	0,0	0,1	0,0
Homogenes Grünland	3 092	19,0	5 910	13,1

Klasse	NSG		FFH	
	Fläche (km <sup>2</sup> )	Anteil (%)	Fläche (km <sup>2</sup> )	Anteil (%)
Grasland mit Bäumen	291	1,8	726	1,6
Inhomogenes Grünland	603	3,7	1 352	3,0
Aufforstung	110	0,7	364	0,8
Laubbäume	3 712	22,8	10 480	23,3
Nadelbäume	2 395	14,7	5 648	12,5
Nadel- und Laubbäume	997	6,1	2 856	6,3
Zwergsträucher (Heide)	356	2,2	758	1,7
Büsche, Sträucher	307	1,9	491	1,1
Sand, Steine, Erde	135	0,8	276	0,6
Fels	47	0,3	89	0,2
Schnee, Eis	0,2	0,0	1	0,0
Sumpf	239	1,5	380	0,8
Moor	415	2,5	376	0,8
Sumpf mit Büschen	45	0,3	64	0,1
Moor mit Büschen	88	0,5	93	0,2
Watt	957	5,9	2 969	6,6
Wasserlauf	188	1,2	664	1,5
Wasserfläche	654	4,0	1 524	3,4
Lagune	51	0,3	1 080	2,4
Mündungstrichter	235	1,4	358	0,8
Offenes Meer	902	5,5	7 181	15,9

## 4 Größenordnung der Beeinträchtigung durch ausgewählte Landnutzungen

### 4.1 Ackerflächen

Ackerflächen können mit ihrer Segetalflora (Ackerbegleitflora) einen wichtigen Lebensraum für Insekten darstellen und so die Biodiversität auch in Schutzgebieten steigern. Ein Großteil der Ackerflächen wird in Deutschland jedoch konventionell bewirtschaftet (Destatis 2020), womit der Einsatz von Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden einhergeht. Dies beeinträchtigt die Ackerwildkrautflora und somit die Lebensgrundlage für viele Insekten und Vögel stark (Sorg et al. 2019).

Durch den Pestizideinsatz auf Ackerflächen sind auch Insekten in Naturschutz- und FFH-Gebieten direkt betroffen, wie eine Studie im Rahmen des Forschungsprojekts DINA – Diversity of Insects in Nature protected Areas zeigt. So konnten nach Brühl et al. (2021) Pestizide an in Naturschutzgebieten gefangenen Insekten nachgewiesen werden,

welche von Ackerflächen stammen, die sich innerhalb oder in einem 2-km weiten Umkreis um das Schutzgebiet befanden.

Mit den einhergehenden Änderungen des Bundesnaturschutzgesetzes und der Pflanzenschutzmittelanwendungsverordnung durch das von der Bundesregierung am 1. März 2022 verabschiedete Insektenschutzgesetz ist der Einsatz bestimmter Pestizide in Naturschutzgebieten verboten (BNatSchG 2009; PflSchAnwV 1992). Diese Regelungen gelten jedoch nicht explizit für die FFH-Gebiete, zudem sind Ausnahmen möglich. Des Weiteren bleiben die Ackerflächen, welche die Schutzgebiete umgeben, von diesen Regelungen unberücksichtigt.

Welches Ausmaß Ackerflächen in und um Naturschutzgebiete und FFH-Gebiete einnehmen, zeigt eine aktuelle Raumanalyse für das Jahr 2018. So weisen 2 231 NSG eine Ackerfläche von mehr als 0,5 ha auf. Unter Verwendung des LBM-DE 2018 als Datengrundlage wurde ermittelt, dass sich mit 441 km<sup>2</sup> 0,36 % der Gesamtackerfläche Deutschlands innerhalb von NSG befinden. Bei den FFH-Gebieten weisen 2 128 Schutzgebiete mehr als 0,5 ha Ackerfläche auf. Mit 1 283 km<sup>2</sup> liegen 1,04 % der Gesamtackerfläche Deutschlands in FFH-Gebieten (Eichler et al. 2022).

Betrachtet man einen Puffer von 2 km um die Schutzgebiete, so befinden sich um die NSG 38 474 km<sup>2</sup> Ackerfläche (23 211 km<sup>2</sup> direkt angrenzend) und um die FFH-Gebiete 63 075 km<sup>2</sup> Ackerfläche (41 603 km<sup>2</sup> direkt angrenzend). Damit liegen 31 % bzw. 51 % der Gesamtackerfläche Deutschlands in einem 2-km-Radius um NSG und FFH-Gebiete.

## 4.2 Zerschneidung durch Straßen

Mit Straßen eng verbunden sind Auswirkungen auf die Biodiversität wie die Zerschneidung und Fragmentierung von Lebensräumen, die damit verbundene Kollisionsgefahr und Barrierewirkung, die Verschmutzung der Landschaft durch Abfälle, Abgase, Licht und Lärm, sowie das Einschleppen von nicht heimischen Tier- und Pflanzenarten (Baier et al. 2006).

In Deutschland werden die Naturschutzgebiete von 15 585 km Straße durchzogen, vom Hauptwirtschaftsweg bis zur Autobahn. Davon entfallen 80 km auf Autobahnen, so z. B. im Melzower Forst, den 11 km Autobahn durchschneiden, wie die Abbildung 3 zeigt. FFH-Gebiete werden von 54 764 km Straße durchzogen, wobei 113 km auf die Kategorie Autobahn entfallen. Der größte Abschnitt mit 10 km Autobahn liegt in der Westricher Moorniederung.

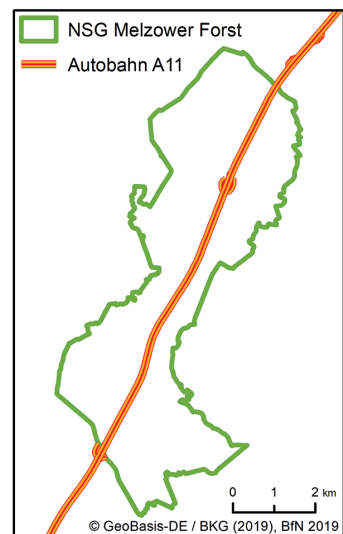


Abb. 3: Zerschneidung Melzower Forst durch 11 km Autobahn (Quelle: eigene Bearbeitung)

### 4.3 Windenergieanlagen

Mit Windenergieanlagen (WEA) ist vor allem ein Kollisionsrisiko für Vögel und Fledermäuse verbunden. Daher werden Naturschutzgebiete als sogenannte harte Tabuzonen betrachtet, welche sich möglichst frei von menschlichen Einflüssen entwickeln sollen, sodass innerhalb von NSG Windenergieanlagen nicht genehmigungsfähig sind (FA Wind 2017). In FFH-Gebieten ist für die Zulassung von Projekten, zu denen auch die Errichtung von Windenergieanlagen zählt, eine FFH-Verträglichkeitsprüfung durchzuführen. Mit dieser wird festgestellt, inwieweit geschützte Lebensraumtypen oder geschützte Arten von der Nutzung betroffen sind. Die Errichtung von WEA in FFH-Gebieten hängt somit von dem Ergebnis der Verträglichkeitsprüfung ab, wenn nicht bereits in Windenergieerlassen die Errichtung von WEA vorsorglich ausgeschlossen ist (FA Wind 2017).

Unter Berücksichtigung der im ATKIS Basis-DLM und in den OSM-Daten verorteten WEA konnten in vier NSG insgesamt sieben WEA ermittelt werden. In 29 FFH-Gebieten befinden sich insgesamt 93 WEA. Betrachtet man einen Puffer von 500 m als möglichen Vorsorgeabstand zum Schutzgebiet, wie er beispielsweise in Mecklenburg-Vorpommern gefordert wird (Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern 2012), so können für die NSG mehr als 1 000 WEA und bei den FFH-Gebieten mehr als 1 600 WEA innerhalb dieses Puffers ermittelt werden. Dabei befinden sich die WEA-Standorte teilweise in unmittelbarer Nähe zur Schutzgebietsgrenze, wie der Abbildung 4 entnommen werden kann.

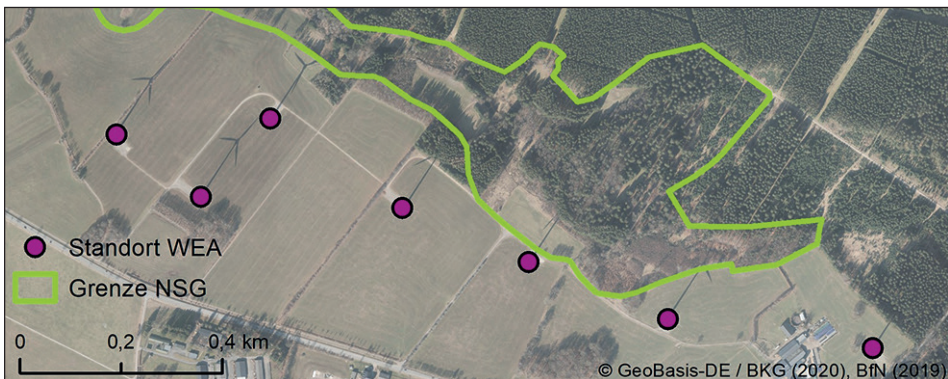


Abb. 4: Windenergieanlagen in unmittelbarer Nähe des NSG Holderbachtal/Dürholderbachtal (Quelle: eigene Darstellung)

## 5 Diskussion und Fazit

Unser Bild von unberührter Natur in Schutzgebieten wird durch verschiedene problematische Landnutzungen getrübt: Ackerbau, Straßen und Windenergieanlagen sind Nutzungen, deren Größenordnungen in NSG und FFH-Gebieten im Rahmen dieser Studie

erstmalig erfasst wurden. Wie stark sich diese Flächennutzungen in den betroffenen Schutzgebieten auf deren Schutzziele auswirken, muss jeweils vor Ort kritisch überprüft werden.

Neben der Schutzgebietsfläche selbst sollte bei der Prüfung auf Beeinträchtigung des Schutzgebietes auch dessen Umgebung betrachtet werden. So zeigt es sich beispielsweise an der Pestizidbelastung von Insekten, dass die Bewirtschaftung auch der umliegenden Ackerflächen einen starken Einfluss hat. So ist hier ein Puffer von 2 km mit eingeschränktem, besser aber keinem Pestizideinsatz (am besten Ökolandbau) zu empfehlen. Inwiefern bereits Ackerflächen in und um Schutzgebiete ökologisch bewirtschaftet werden, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Konflikte in der Landnutzung sollten zum Erhalt und der Stärkung der Biodiversität mindestens innerhalb der dafür vorgesehenen Schutzgebiete prioritär hinsichtlich des Schutzes der Lebensräume, Biotope oder Lebensgemeinschaften von wildlebenden Tier- und Pflanzenarten gelöst werden. Problematische Landnutzungen in Schutzgebieten bedingen die Frage, ob Schutzgebiete noch besser geschützt werden müssen, damit diese ihre Funktion erfüllen können.

## Danksagung

Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das im Rahmen seiner Forschung für die Artenvielfalt das Projekt DINA (FKZ 01LC1901) finanziert und damit diese Untersuchung ermöglicht hat.

## 6 Literatur

- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2018): ATKIS-Objektartenkatalog basis-DLM. Version 7.1 rc.1, Stand 31.07.2018.  
<https://www.adv-online.de/icc/extdeu/nav/a63/binarywriterservlet?imgUid=9201016e-7efa-8461-e336-b6951fa2e0c9&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111> (Zugriff: 20.07.2022).
- Baier, H.; Erdmann, F.; Holz, R.; Waterstraat, A. (Hrsg.) (2006): Freiraum und Naturschutz Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft. 692 S. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2020): Dokumentation: Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE2018.  
[https://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/gdz/dokumentation/deu/lbm-de2018.pdf](https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/lbm-de2018.pdf) (Zugriff: 20.07.2022).

- Brühl, C.; Bakanov, N.; Köthe, S.; Eichler, L.; Sorg, M.; Hörrn, T.; Mühlethaler, R.; Meinel, G.; Lehmann, G. (2021): Direct pesticide exposure of insects in nature conservation areas in Germany. In: *Scientific Reports* 11: 24144. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03366-w>
- Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3908) geändert worden ist. [https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg\\_2009/BNatSchG.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BNatSchG.pdf)
- Destatis (2021): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Betriebe mit ökologischem Landbau, Landwirtschaftszählung – Fachserie 3 Reihe 2.2.1 2020
- Eichler, L.; Meinel, G.; Hörrn, T. et al (2022): Raumanalyse der ackerbaulichen Flächennutzung in Naturschutz- und FFH-Gebieten in Deutschland – Ein Beitrag zur Minderung von Biodiversitätsschäden in Schutzgebieten. IN: *Naturschutz und Landschaftsplanung* (NuL) 54, S.30–36. <https://doi.org/10.1399/NuL.2022.04.03>
- FA Wind (2017): Windenergienutzung und Gebietsschutz- eine Bestandsaufnahme. Berlin
- FFH-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen) vom 21 Mai 1992, Abl. Nr. L 206: 7. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:DE:PDF> (Zugriff: 20.07.2022).
- EM MV – Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern (2012): Anlage 3 der Richtlinie zum Zwecke der Neuaufstellung, Änderung und Ergänzung Regionaler Raumentwicklungsprogramme in Mecklenburg-Vorpommern – Hinweise zur Festlegung von Eignungsgebieten für Windenergieanlagen, vom 22. Mai 2012.
- Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung vom 10. November 1992 (BGBl. I S. 1887), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 1. Juni 2022 (BGBl. I S. 867) geändert worden ist. [https://www.gesetze-im-internet.de/pflschanwv\\_1992/PfISchAnwV\\_1992.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/pflschanwv_1992/PfISchAnwV_1992.pdf) (Zugriff: 20.07.2022).
- Sorg, M.; Ssymank, A.; Hörrn, T. (2019): Bestandsrückgänge von Insekten in Schutzgebieten – bisherige Erkenntnisse aus einem laufenden Forschungsprogramm. In: *Natur und Landschaft* 94: 255-260.

# Raumzeitliche Muster und Determinanten der COVID-19-Ausbreitung in Deutschland

*Nguyen Xuan Thinh, Kerstin Malcher*

## Zusammenfassung

Vorgestellt werden die Ergebnisse einer Untersuchung zu raumzeitlichen Mustern und Determinanten der COVID-19-Ausbreitung auf drei räumlichen Skalen im Zeitraum von März 2020 bis März 2021: (1) 401 Landkreise und kreisfreie Städte, (2) 46 Stadtbezirke von Berlin, Bochum, Dortmund, Duisburg und Essen sowie (3) 46 Raumeinheiten der kleinteiligsten Ebene, der Ortsteilebene der Stadt Duisburg. Identifiziert wurden mithilfe der geographischen, kartographischen und statistischen Analysen (Korrelation, explorative Datenanalyse) Muster sowie Determinanten der COVID-19-Ausbreitung. Die Datenbasis der untersuchten Raumeinheiten bilden die monatlichen Infektions- und Inzidenz-Zahlen vom März 2020 bis März 2021 sowie 30 sozioökonomische Indikatoren. Herausgearbeitet wurde u. a. die raumzeitliche Dynamik bzw. Verschiebung von Corona-Hotspots, deutschlandweite, zeitabhängige Nord-Süd- und Ost-West-Gefälle, räumliche Muster innerhalb der Bundesländer sowie zahlreiche aufschlussreiche Korrelationen und statistische Beziehungen.

**Schlagerwörter:** Raumzeitliche Muster, Determinanten, COVID-19-Ausbreitung

## 1 Einführung

Die COVID-19-Pandemie bestimmt seit Anfang 2020 den Alltag aller Menschen. Angefangen hat sie mit einer Meldung vom 31.12.2019 in China über eine bislang unbekannte Lungenerkrankung. Im Unterschied zur ersten Pandemie im 21. Jahrhundert, welche durch die SARS-Coronaviren (SARS-Cov-1) begründet ist, sind die Infektions- und Todesfälle im Zusammenhang mit COVID-19 aufgrund der Ausbreitungsfähigkeit des Virus deutlich höher. Weltweit gibt es bis heute (Stand: 17.08.2022) 588 757 628 COVID-19 Fälle und 6 433 794 Menschen die an einer COVID-19 Erkrankung gestorben sind (WHO 2022).

Um die rasche Ausbreitung des Virus zu vermeiden, gilt als erste Maßnahme die räumliche Distanzierung, das sogenannte social distancing (Ahmad et al. 2020). Zwischen den Ländern gibt es unterschiedliche COVID-19-Bewältigungsstrategien, wobei die meisten Maßnahmen in Form eines Lockdowns umgesetzt wurden. Die Pandemie und die damit zusammenhängenden Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbreitung des Virus haben weitreichende Auswirkungen und werden häufig als eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen der letzten Jahre beschrieben. Abgesehen von



individuellen Auswirkungen lassen sich zusätzlich Auswirkungen für die gesamte Gesellschaft erkennen.

Die Pandemie gilt als Trendverstärker für bereits vorhandene Prozesse. Dazu gehören die Digitalisierung von Lern- und Kommunikationsprozessen sowie eine Zunahme der Arbeit im Homeoffice. Aufgrund von vorübergehenden Schließungen des Einzelhandels, ausgenommen von Geschäften der täglichen Versorgung, hat sich ebenfalls der Trend des Onlinehandels verstärkt. Außerdem zeigen sich Veränderungen im Mobilitätsverhalten. Infolge eines erhöhten Ansteckungsrisikos und der Verringerung der Taktungen im Bereich des öffentlichen Verkehrs steigen mehr Menschen auf Pkw und Fahrrad um. Währenddessen bremst die Krise einige Entwicklungen aus. Dazu gehören Fernreisen aufgrund von Reiseverboten bzw. Reisebeschränkungen sowie globaler Handel und eine geschlechtergerechte Arbeitsteilung in Bezug auf Kinderbetreuung und Haushalt (Adli et al. 2021). Weiterhin ergeben sich Folgen für die Wirtschaft. Die deutsche Wirtschaft hat 2020 die schwerste Rezession der Nachkriegsgeschichte zu verzeichnen mit sinkendem Bruttoinlandsprodukt (Ipb 2021). Es wird deutlich, dass die Krise mit infrastrukturellen, sozialräumlichen sowie ökologischen und ökonomischen Auswirkungen das Leben der gesamten Gesellschaft beeinträchtigt (Adli et al. 2021).

Von dem Ausbruch der COVID-19 Pandemie sind nicht alle Menschen gleichermaßen betroffen. Eine Studie des Robert-Koch-Instituts (RKI) zeigt einen Zusammenhang zwischen sozialem Status und dem Risiko an COVID-19 zu erkranken oder zu sterben (RKI 2021). Die Pandemie legt die Folgen der auseinanderklaffenden Schere zwischen Arm und Reich, dem globalen Norden und globalen Süden offen (Stumm 2020). Nicht nur innerhalb der Länder mit niedrigen und mittleren Einkommen, sondern auch in Ländern mit höherem Einkommen werden Unterschiede in der Ausbreitung von COVID-19 in Zusammenhang mit sozioökonomischen Unterschieden verzeichnet (Baena-Diez et al. 2020). Die Unterschiede in den Infektionsraten resultieren aus strukturellen Ungleichheiten, die sich auf Minderheiten auswirken, durch Faktoren wie Rassismus, Nachbarschaftssegregation, Wohn- und Bildungsunterschiede, Einkommen und unzureichender medizinischer Versorgung (Anyane-Yeboah et al. 2020).

In diesem Rahmen sind Städte und Regionen ebenfalls unterschiedlich von der COVID-19 Krise betroffen. Es bestehen Zusammenhänge zwischen den Auswirkungen der Pandemie und der Bewältigung einerseits und der Stadtentwicklung sowie der Stadt andererseits (BBSR 2020).

Die COVID-19 Pandemie stellt den Eintritt einer bis zum jetzigen Zeitpunkt unvorstellbaren Situation dar, deren mittel- und langfristige Folgen bis heute nur gering einschätzbar sind. Der Umgang mit Unsicherheiten verlangt eine zukunftsorientierte Planung und Stärkung kontinuierlicher Anpassungsvorgänge von Raumnutzungen und -strukturen sowie Kooperationsformen und Zuständigkeiten. Den kritischen Infrastrukturen wird

eine besondere Bedeutung während der Krisenbewältigung zugeschrieben, denn sie sind notwendig für das Funktionieren der Städte und Regionen und somit systemrelevant. Während der Pandemie steht der Zugang zur Gesundheitsversorgung und die Gesundheitsversorgung an sich im Fokus. Die Erreichbarkeiten und funktionierende Mobilität ist fundamental in Krisenfällen mit Einfluss der regionalen Standortplanung. Für Städte und das Land selbst besteht ein Bedarf an Analysen der Raummuster und Determinanten der Ausbreitung, um damit mögliche Ungleichheiten und vulnerable Strukturen, Bevölkerungsgruppen sowie Regionen, im Hinblick auf das Infektionsrisiko zu erkennen. Diesem Bedarf widmet sich die nachfolgend Untersuchung.

## 2 Datenmaterial

Die Datenbasis der oben genannten Raumeinheiten der drei Raumebenen bilden die monatlichen Infektions- und Inzidenz-Zahlen vom März 2020 bis März 2021 sowie folgende 30 sozioökonomische Indikatoren (Malcher 2022):

- Primäreinkommen der privaten Haushalte (2018),
- Verfügbares Einkommen der Haushalte je Einwohner\*in (2018),
- Bruttolöhne und -gehälter (2018),
- Durchschnittliches Haushaltseinkommen je Einwohner\*in (2017),
- Monatlicher Bruttoverdienst von Arbeitnehmer\*innen (2017),
- Anteil Kinderarmut (2017),
- Anteil Altersarmut (2017),
- Anteil Haushalte mit einem monatlichen Einkommen unter 1500 € (2016),
- Anteil der Schulabgänger\*innen ohne Hauptschulabschluss (2019),
- Anteil der Schulabgänger\*innen mit allgemeiner Hochschulreife (2019),
- Studierende an wissenschaftlichen Hochschulen und Fachhochschulen je 1 000 Einwohner\*innen (2017),
- Anteil der Beschäftigten mit dem akademischen Abschluss an den sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten am Arbeitsort (2017),
- Erwerbstätigenbesatz (2017),
- Sozialversicherungspflichtige Beschäftigte (2020),
- Beschäftigungsquote (2020),
- Arbeitslosenquote (2020-2021),
- Arbeitslosenquote (2020),
- Langzeitarbeitslosenquote (2020-2021),
- Langzeitarbeitslosenquote (2020),
- Erwerbsfähige Leistungsberechtigte (ELB) (2021),
- Nichterwerbsfähige Leistungsberechtigte (NEF) (2021),
- Leistungsbeziehende von Arbeitslosengeld (2020-2021),
- Anteil der Haushalte mit 5 oder mehr Personen (2011),

- Wohnfläche je Einwohner\*in (2017),
- Wohnfläche je Wohnung (2011),
- Ärztliches Fachpersonal je 10 000 Einwohner\*innen (2017),
- Hausärztliches Fachpersonal je 10 000 Einwohner\*innen (2017),
- Ausländer\*innenanteil (2019),
- Ausländer\*innen insgesamt (2020),
- Anteil Schutzsuchender (2019).

### 3 Raumzeitliche Muster und Determinanten der COVID-19-Ausbreitung in Deutschland

Seit dem Beginn der Pandemie im Januar 2020 waren vier Infektionswellen zu beobachten, die fünfte dauert noch an (Stand Mai-August 2022): erste Infektionswelle März-April 2020; zweite Infektionswelle Oktober 2020-Januar 2021; dritte Infektionswelle März-Mai 2021; vierte Infektionswelle Oktober-Dezember 2021. In den beiden ersten Wellen waren die höchsten Altersgruppen weit überproportional von Ansteckungen betroffen, was zu hohen Zahlen von Todesfällen führte. Die dritte, vierte und fünfte Infektionswelle betrafen und betreffen aber überwiegend die Altersgruppen unter 65 Jahren (Abb. 1, Abb. 2).

Abbildung 3 zeigt drei Karten der Infektionszahlen pro 100 000 Einwohner der drei Monate April 2020, Dezember 2020 und März 2021 jeweils als Repräsentanten der ersten, zweiten und dritten Wellen, mit hohen Fallzahlen und Inzidenzzahlen (Mittelwert der Fälle: 04/20 221, 12/20 1688, 03/21 978; Mittelwert der Inzidenz: 04/20 113, 12/20 821, 03/21 486). Es ist ersichtlich, dass eine regionale Streuung der COVID-19-Ausbreitung zu erkennen ist. Es ergeben sich ein *Süd-Nord-Gefälle*, ein *Ost-West-Gefälle* sowie besondere Betroffenheit in *Grenzregionen wie im Osten als auch im Süden*.

In Ergänzung zu den bundesweiten Analysen wurden für die Stadtbezirke von Berlin deutlich höhere Inzidenzen vor allem in der Stadtmitte registriert. Im zeitlichen Verlauf ergeben sich hierbei nur geringe Veränderungen in der Verteilung der Infektionsraten. In den Bezirken der ausgewählten Städte im Ruhrgebiet lassen sich bei Betrachtung von Bochum, Dortmund, Duisburg und Essen *Nord-Süd-Gefälle* erkennen. Diese kristallisieren sich vor allem im Verlaufe der Pandemie und damit während der zweiten Welle für die Monate ab Oktober 2020 heraus. Die Ortsteilebene am Beispiel Duisburgs verdeutlicht einmal mehr die unterschiedlichen Raummuster, die bereits auf Bezirksebene für die Stadt Duisburg erkennbar sind. Vor allem die Verlagerung einer zunächst hohen Betroffenheit im südlichen Teil zu einer deutlicheren Betroffenheit im Norden der Stadt ist erkennbar. Die Betrachtung der Ortsteile verdeutlicht, ob und welche Ortsteile für die hohen Infektionszahlen bzw. Inzidenzen der Bezirke verantwortlich sind.

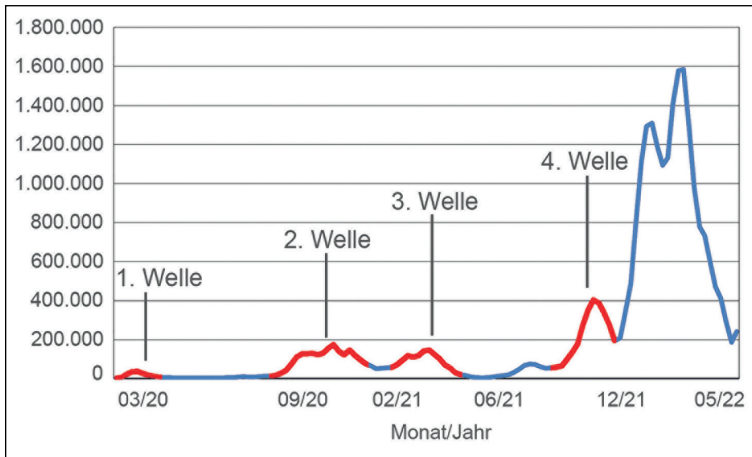


Abb. 1: Entwicklung der COVID-19-Fallzahlen in Deutschland  
(Quelle: eigene Bearbeitung anhand der RKI-Daten)

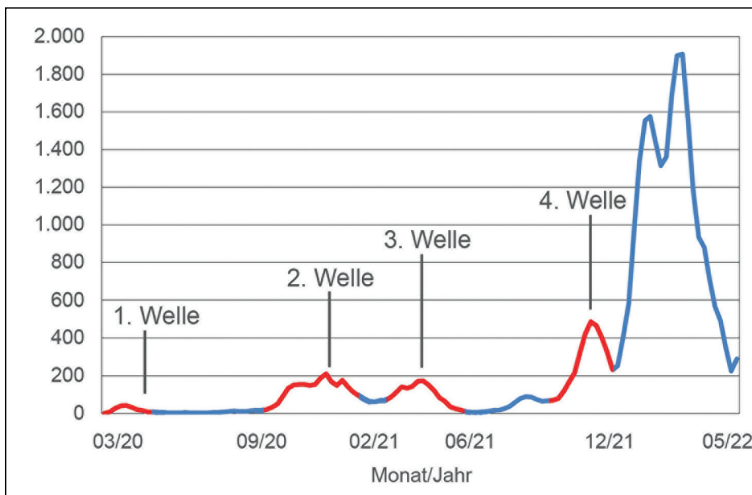


Abb. 2: Entwicklung der COVID-19-Inzidenz in Deutschland  
(Quelle: eigene Bearbeitung anhand der RKI-Daten)

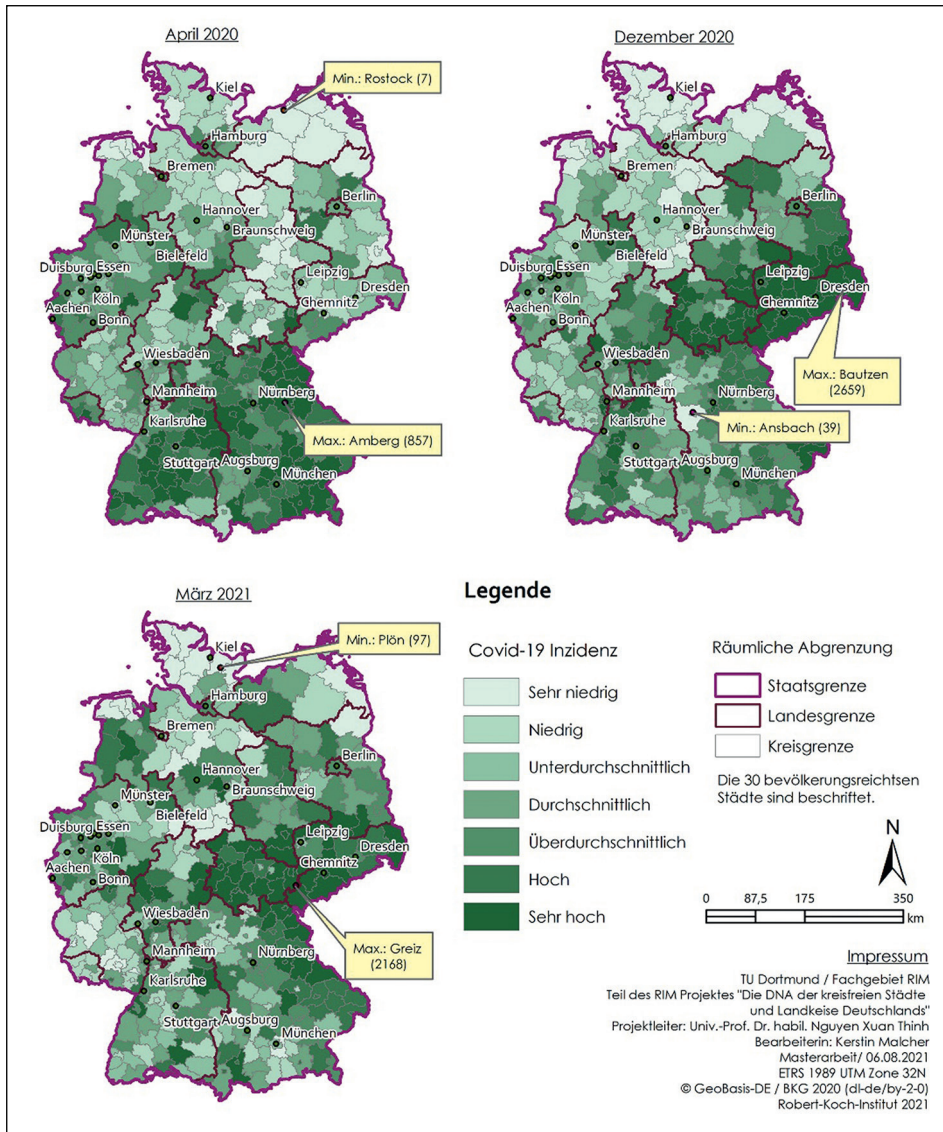


Abb. 3: COVID-19-Fallzahlen pro 100 000 Einwohnern nach Kreisen und kreisfreien Städten in Deutschland (Quelle: eigene Bearbeitung anhand der RKI-Daten)

Wir konnten u. a. die raumzeitliche Dynamik bzw. Verschiebung von Corona-Hotspots, die deutschlandweiten, zeitabhängigen Nord-Süd-Gefälle und Ost-West-Gefälle, geographische Gefälle innerhalb der Bundesländer sowie zahlreiche aufschlussreiche Korrelationen und Determinanten der COVID-19-Ausbreitung identifizieren.

- Auf Kreisebene korreliert das Primäreinkommen sehr stark mit den COVID-19 Fallzahlen, Korrelationskoeffizient  $r_{xy}$  größer als 0,8 für 12 Monate, nur für Juni 2020

gilt  $r_{xy} = 0,6$ . Für den ersten Monat März 2020 erreicht  $r_{xy}$  den Wert 0,9. Dieselbe Korrelationsbeziehung ist für den Anteil von Arbeitslosengeld-Beziehenden festzustellen. Diese sehr starke Korrelation gilt ebenfalls für den Indikator Anteil der Haushalte mit 5 oder mehr Personen bei allen drei Raumebenen. Diese Befunde legen nahe, dass die Pandemie in reichen Orten begann bzw. das Corona-Virus durch Personen mit höherem Einkommen ins Land kam und es das Virus danach leichter hatte, sich in armen Orten auszubreiten.

- Des Weiteren gilt: Je kleiner die Wohnfläche pro Einwohner:in, desto höher sind die Inzidenzen. Auf Ebene der Stadtbezirke von Berlin korrelieren sowohl die Fallzahlen als auch die Inzidenz am Anfang sehr stark und danach stark mit dem Anteil von Schulabgänger:innen ohne Hauptschulabschluss. Auf Ebenen der Stadtbezirke von Berlin und der Otsteile im Ruhrgebiet weisen sowohl die Fallzahlen als auch die Inzidenz einen starken bis sehr starken statistischen Zusammenhang mit dem Ausländer:innen-Anteil aus. Aus diesen Befunden lassen sich neue Erkenntnisse ableiten, dass die COVID-19-Ansteckungsgefahr auch von dem Wohnverhältnis, dem Bildungsstand und der Nationalität der Menschen abhängt und das Virus insbesondere die sozial schwachen Menschen trifft. Und es ist klar: COVID-19 wurde zum „sozialen Spaltpilz“. Weil sich deren Bildungsstand, Arbeits- und Lebensbedingungen sowie Einkommens-, Vermögens- und Wohnverhältnisse zum Teil voneinander unterscheiden, sind die Infektionsrisiken ungleich auf die einzelnen Berufsgruppen, Klassen und Schichten der Bevölkerung verteilt.

## 4 Ausblick

Als eine Fortsetzung der Arbeit werden die Infektions- und Inzidenz-Zahlen mit folgenden IÖR-Monitor-Indikatoren *Anteil Siedlungsfreifläche an Siedlungsfläche (2020)*, *Grünflächenausstattung pro Einwohner (2013)*, *Erreichbarkeit städtischer Grünflächen (2013)*, *Erreichbarkeit naher städtischer Grünflächen (2013)* und *Erreichbarkeit größerer städtischer Grünflächen (2013)* in Beziehung gesetzt und Poisson-Regressionsmodelle entwickelt, um weitere Zusammenhänge zwischen Infektionsgeschehen und Versorgung von Grünflächen und öffentlichen Räumen herauszuarbeiten. Mithilfe einer Poisson-Regressionsanalyse können wir z. B. quantifizieren, welche Änderung der Corona-Fallzahl eine bestimmte Zunahme der Grünflächenausstattung pro Einwohner bewirkt.

## Danksagung

Wir bedanken uns sehr herzlich beim IÖR-Forschungsbereich Raumbezogene Information und Modellierung für die freundliche Bereitstellung der Daten. Des Weiteren danken wir Ben Luca Schumacher für die technische Bearbeitung der Abbildungen und Karten.

## 5 Literatur

- Adli, M.; Baumgart, S.; Beckmann, K. J.; Brenner, J.; Bolte, G.; Gärtner, S.; Hartz, A.; Havekost, C.; Henckel, D.; Köckler, H.; Kramer, C.; Krätzig, S.; Matthes, G.; Völker, S.; Winter, R. (2021): SARS-CoV-2-Pandemie: Was lernen wir daraus für die Raumentwicklung? Reihe: Positionspapier aus der ARL, Bd. 118. Verlag der ARL-Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft, Hannover.
- Ahmad, K.; Choudhary, G.; Erqou, S.; Morrison, A. R.; Nazir, U.; Shah, N.; Wu, W.-C. (2020): Association of poor housing conditions with COVID-19 incidence and mortality across US counties. *PLOS ONE*, 15 (11): 1-13.
- Anyane-Yeboah, A.; Sakuraba, A.; Sato, T. (2020): Racial disparities in COVID-19 deaths reveal harsh truths about structural inequality in America. *Journal of Internal Medicine*, 288 (4): 479-480.
- Baena-Díez, J. M. B.; Cordeiro-Coelho, S. I.; Díaz, J. L.; Grau, M. (2020): Impact of COVID-19 outbreak by income: hitting hardest the most deprived. *Journal of Public Health*, 42 (4): 698-703.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2020): COVID-19 und die Folgen. Der öffentliche Raum in der Krise: Nutzung, Sicherheit und Wandel. Projektsteckbrief.  
<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/refo/staedtebau/2020/covid-19-oeffentlicher-raum/01-start.html#doc3212654bodyText1>  
 (Zugriff: 21.09.2021).
- lpb – Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg (2021): Folgen von Corona | Welche Auswirkungen hat die Pandemie? 19.10.2021 (letzte Aktualisierung).  
<https://www.lpb-bw.de/was-aendert-corona> (Zugriff: 19.10.2021).
- Malcher, K. (2022): Die Herausarbeitung von Raummustern und Determinanten der COVID-19-Ausbreitung in unterschiedlichen räumlichen Ebenen. Abgeschlossene Masterarbeit am Fachgebiet RIM, Fakultät Raumplanung der Technischen Universität Dortmund.
- RKI – Robert Koch Institut (2021): Sozialer Status und soziale Ungleichheit - Soziale Unterschiede in der COVID-19-Sterblichkeit während der zweiten Infektionswelle in Deutschland, 03.06.2021 (letzte Aktualisierung).  
[https://www.rki.de/DE/Content/GesundAZ/S/Sozialer\\_Status\\_Ungleichheit/Faktenblatt\\_COVID-19-Sterblichkeit.html](https://www.rki.de/DE/Content/GesundAZ/S/Sozialer_Status_Ungleichheit/Faktenblatt_COVID-19-Sterblichkeit.html) (Zugriff: 03.06.2021).
- Stumm, A. (2020): Was das Virus über Architektur in Anthropozän und die Resilienz von Stadtstrukturen lehrt. *Stadtbauwelt – Themenheft der Bauwelt* (226): 66-69.  
<https://www.bauwelt.de/dl/1573825/artikel.pdf> (Zugriff: 22.09.2021).
- WHO – World Health Organization (2022): WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard, 16.08.2022 (letzte Aktualisierung). <https://covid19.who.int/> (Zugriff: 17.08.2022).

# Kartierung theoretischer Biomassepotenziale in Europa

*Susann Günther, Sebastian Semella*

## Zusammenfassung

Eine räumliche Erfassung theoretischer Biomassepotenziale biogener Neben-, Rest- und Abfallstoffe für die Etablierung einer zirkulären Bioökonomie und damit einen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu schaffen, ist im Moment von besonderer Relevanz. Dennoch fehlt eine umfassende europaweite Datenbank, in der die theoretischen Potenziale verschiedener biogener Reststoffe räumlich dargestellt werden.

Im Rahmen von H2020-BBI-JTI geförderten EU-Projekts CAFIPLA werden verschiedene landwirtschaftliche, urbane und industrielle Reststoffe erfasst, kartiert und das theoretische Biomassepotenzial in einem webbasierten Dashboard visualisiert. Als Grundlage wird ein umfangreicher Datensatz basierend auf Rechercharbeiten, automatisierten Datenanalysen, Interviews und Stakeholder Workshops generiert. Dadurch ist es möglich, die theoretisch anfallende Menge biogener Reststoffe und je nach Datenlage auch die zeitliche Entwicklung der Mengen auf regionaler und nationaler Ebene darzustellen.

**Schlagwörter:** biogene Reststoffpotenziale, GIS, Monitoring, EU, Circular Bioeconomy

## 1 Einführung

Im Horizon2020 und Bio-based Industries Joint Undertaking geförderten EU-Projekt CAFIPLA (Grant Agreement No. 887115) steht die stoffliche Nutzung unterschiedlicher biogener Rest- und Abfallstoffe sowie von Nebenprodukten im Vordergrund. Für die optimale Nutzung dieser Ressourcen werden zwei technische Ansätze miteinander kombiniert. Die bereits in einem Vorgängerprojekt (Volatile, H2020-NMBP-BIO-2016) entwickelte Plattform für die Gewinnung von flüchtigen (kurzkettigen) Fettsäuren wird mit einer Faserrückgewinnungsplattform kombiniert. Dadurch können neben Fasern auch industriell bedeutsame Säuren sowie Proteine und Biopolymere (PHA) gewonnen werden. Die Flexibilität der Anlage in der Nutzung unterschiedlicher Ressourcen und der Produktion konstanter Produkte bietet einen großen Vorteil, auf einen sich schnell verändernden Markt reagieren zu können.

Während des vorherigen Projektes VOLATILE wurde die Technologie zur Bildung von flüchtigen Fettsäuren entwickelt, mit Fokus auf maximaler Fettsäureproduktion. Basierend auf dem Wissen von VOLATILE wird während der CAFIPLA-Projektphase durch optimierte Prozessführung die Bildung von spezifischen flüchtigen Fettsäuren gefördert. Zusätzlich werden verwertbare Fasern aus dem Gärückstand gewonnen. Um den Betrieb der neuen Pilotanlage zu gewährleisten und eine zukunftsfähige Technologie auf



dem Markt zu etablieren, muss eine stetige Versorgung mit den Eingangsressourcen gesichert sein. Deswegen ist ein Ressourcen-Screening einhergehend mit einer Markt- und Stakeholderanalyse in der frühen Phase des Projekts von essentieller Bedeutung. Um die Technologie schnell und erfolgreich auf andere Regionen übertragen zu können, werden Potenzialkarten der wichtigsten biogenen Ressourcen erstellt. Im folgenden Beitrag wird auf das regionale Ressourcen-Screening rund um die Pilotanlage sowie den Aufbau eines europaweiten online verfügbaren Dashboards eingegangen.

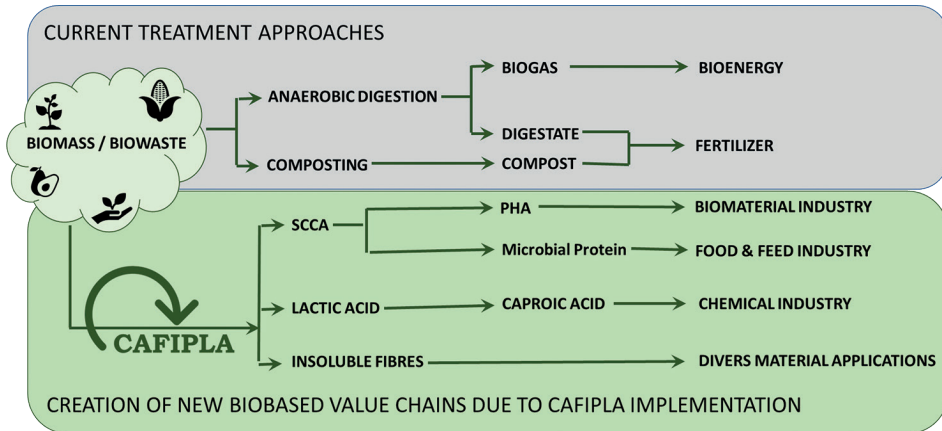


Abb. 1. Vergleich von CAFIPLA und derzeitigen Bioabfallverwertungskonzepten (Quelle: Dietrich 2021)

## 2 Abschätzung biogener Reststoffpotenziale

Neben der Ressourcenverfügbarkeit muss die technische und rechtliche Nutzbarkeit der Rest- und Abfallstoffe für die Pilotanlage geklärt werden. Dafür wurde eine Liste der in der DBFZ-Ressourcendatenbank (Brosowski et al. 2019; DBFZ 2021) verfügbaren Ressourcen sowie einigen weiteren erstellt. Diese wurden mit den Partnern im Konsortium diskutiert und die erfolgversprechendsten wurden im Labor hinsichtlich Säure-, Protein- und Faserproduktion unter verschiedenen Bedingungen analysiert. Ressourcen, die die technischen und rechtlichen Anforderungen erfüllen, wurden in das regionale Ressourcen-Screening miteinbezogen. Die zwölf identifizierten biogenen Rest-, Abfall- und Nebenstoffe lassen sich in drei Kategorien einteilen: Siedlungsabfälle, industrielle Reststoffe und landwirtschaftliche Nebenprodukte.

Ausgehend von den identifizierten technisch und rechtlich möglichen nutzbaren Ressourcen wird bis Projektende eine europaweite Kartierung des überwiegenden Teils erfolgen. Die Ergebnisse werden in einem Ressourcendashboard auf der DBFZ-Homepage (<https://www.dbfz.de/forschung/forschungsdaten>) veröffentlicht.

## 2.1 Vom regionalen hin zum nationalen Ressourcen Screening

Die Pilotanlage des Projekts befindet sich in Tenneville, Belgien, und wird durch den Abfallentsorger und Projektpartner IDELUX Environment betrieben. In CAFIPLA wird auf die Nutzung regional verfügbarer Rest- und Abfallstoffe gesetzt. Deswegen wurde zu Beginn des Projekts entschieden, das Ressourcen-Screening auf 50 km um die Pilotanlage zu begrenzen. Dadurch soll die regionale Bioökonomie und damit auch die ländlich geprägte Region gestärkt werden.

Für die schnelle Markteinführung ist es von Bedeutung, bereits auf Regionen mit hohem Potenzial für die CAFIPLA-Technologie verweisen zu können und mit den dort tätigen Abfallentsorgern in Kontakt zu treten. Das o. g. Ressourcendashboard dient der Darstellung der europaweit regional identifizierten Ressourcen.

## 2.2 Siedlungsabfälle

IDELUX Environment ist autorisierter Abfallentsorger der belgischen Provinz Luxemburg sowie elf weiterer Gemeinden. Da Biomüll sowie Grünschnitt separat gesammelt werden und durch die staatliche Lizenzierung als gesicherter Ressourcenstrom angesehen werden können, ist diese Kategorie der Haupteingangsstoff für die Pilotanlage mit knapp 80 %.

Neben den Unternehmensdaten zum Abfallaufkommen von IDELUX Environment wurde die regionale Verfügbarkeit von Biomüll durch einen erarbeiteten Datensatz (Bellot et al. 2021) aus dem Horizon2020-geförderten Projekt HyFlexFuel (Grant Agreement No. 764734) abgeschätzt. Dieser Datensatz ist auf EU-Ebene für die administrativen Einheiten NUTS0 bis NUTS3 verfügbar und zeigte gute Ergebnisse bei der räumlichen Lokalisierung der Potenzialgebiete. Bei der Quantität des Biomülls gab es jedoch eine weitreichende Überschätzung des Biomassepotenzials. Deswegen wurde an einer Verbesserung der Eingangsdaten und damit des theoretisch und technisch berechneten Biomassepotenzials auf EU-Ebene gearbeitet. Die zeitliche Auflösung wird von 2010 mit einem Zweijahresrhythmus verfügbar sein.

Mit der *Waste Framework Directive* (WFD) (Directive 2008/98/EC) ist das separate Einsammeln von Biomüll sowie dessen weitere Nutzung in unbedenklichen Produkten auch in den nationalen Abfallstrategien in den Vordergrund gerückt. Damit ist mit einer starken Zunahme der Nachfrage nach Konzepten, wie es der CAFIPLA-Ansatz bietet, zu rechnen.

## 2.3 Industrielle Reststoffe

Die im Projekt in den Fokus gerückten biogenen industriellen Reststoffe sind bislang kaum erfasst. Grund hierfür sind die oft vertraulichen Unternehmensdaten zu Produktion und anfallenden Reststoffen. Laut WFD müssen biogene industrielle Reststoffe allerdings einer anschließenden Verwertung zugeführt werden. Oft wird das durch Biogasanlagen oder Kompostierung umgesetzt. Allerdings kann durch eine Kaskadennutzung sowie eine Transformation in biogene Produkte die Wertschöpfung erheblich verbessert werden.

Im regionalen Ressourcen-Screening konnten mit Hilfe einer regionalen Unternehmensliste die örtlichen Unternehmen nach Branchen gefiltert, kartiert und mit relevanten Betrieben Kontakt aufgenommen werden. Bereits hier zeigten sich erheblich Hürden in der Datenerhebung zur Berechnung der Reststoffpotenziale. Nur wenige der kontaktierten Betriebe gaben Auskunft über die Menge der vorhandenen Reststoffe und deren derzeitige Nutzung. Die Verfügbarkeit bzw. die Abgabebereitschaft der Rohstoffbesitzer hängt dabei hauptsächlich vom Preis für die Ressource ab, die regionale Kreislaufwirtschaft war aber auch ein wichtiger Grund zur Abgabe an das Abfallunternehmen.

Da es auf EU-Ebene keine öffentlich verfügbare Unternehmensdatenbank mit Reststoffmengen gibt, musste das Biomassenpotenzial anhand der in der Datenbank der von Eurostat veröffentlichten Daten zu den Hauptprodukten auf NUTS0-Ebene (wenn vorhanden) abgeleitet werden. Die räumliche Kartierung wurde anhand von Rechercharbeiten zu den wichtigsten Produzenten und ihrer Produktionsstandorte vorgenommen. Da es oft keine exakte Verbindung von Produktionsmenge und Produktionsort gibt, kann nur die Unternehmenszahl pro NUTS3-Einheit wiedergegeben werden. Durch diese Methode entstehen zwei Produkte: Zum einen theoretische Biomassepotenziale auf Länderebene, zweitens regionale Hotspot-Karten der Reststofforte. Durch die schwierige Datenlage ist die zeitliche Auflösung in dieser Kategorie oft auf einen Zeitpunkt begrenzt.

## 2.4 Agrarische Nebenprodukte

Für das regionale Ressourcen Screening sowie das Europa umfassende Dashboard der theoretischen Potenziale der agrarischen Nebenprodukte wird die Eurostat-Datenbank zur Berechnung der relevanten Nebenprodukte herangezogen. Die Berechnung basiert auf der in Bellot et al. (2021) bereits angewandten Methode und wird auf eine jährliche Zeitreihe (2010-2020) ausgedehnt.

### 3 Ressourcendashboard

Mit der öffentlichen und kostenfreien Visualisierung der gesammelten Daten im DBFZ Ressourcendashboard wird ein wirkungsvolles Tool für politische Entscheidungsträger sowie Unternehmen erarbeitet. Mit Hilfe der europaweiten Visualisierung theoretischer Biomassepotenziale relevanter Abfall- und Reststoffe sowie von Nebenprodukten sind Regionen, die für den Einsatz der CAFIPLA-Technologie in Frage kommen, direkt ersichtlich. Das Dashboard soll auch nach Projektende stetig erweitert werden. Dem Nutzer werden verschiedene Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung gestellt, um individuelle Reststoffe, Zeiträume und Regionen auswählen zu können (Abb. 2). Dazu werden verschiedene geostatistische Auswertungen der gewählten Daten angezeigt. Die Daten stehen Nutzern in verschiedenen Formaten zum Herunterladen zur Verfügung. Regional räumliche Entwicklungen können somit gezielt unterstützt werden. Auch Cluster sowie zeitliche Entwicklungen der Potenziale werden dargestellt. Dies ist ein wichtiges Tool für die Marktanalyse und Standortwahl zukünftiger Anlagen, aber auch für die Wahl der Anteile verschiedener Eingangsressourcen.

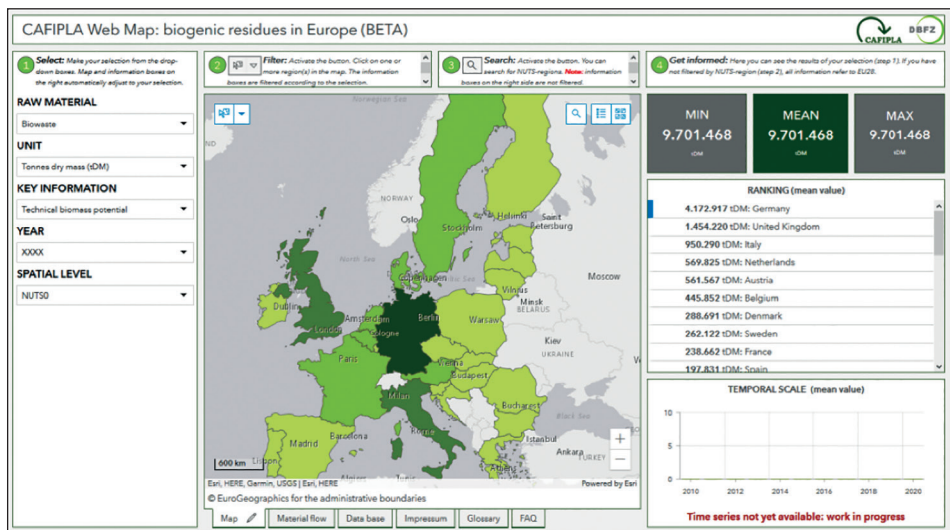


Abb. 2: Ressourcendashboard (Quelle: DBFZ 2022)

Zukünftig soll einzelnen Unternehmen die Möglichkeit geboten werden, ihre eigenen Biomassepotenziale zu kartieren. Es ist die Entwicklung einer Funktion angedacht, mit deren Hilfe nutzerbasiert einzelne Reststoffe sowie deren Menge in eine Datenbank eintragen werden kann. Es kann dabei selbst entschieden werden, ob diese Daten frei verfügbar sind oder nur standortunabhängig angezeigt werden sollen. Dadurch soll Unternehmen die Möglichkeit geboten werden, Reststoffe effizienter in die zirkuläre Bioökonomie einzubringen sowie lokale Alternativen zu finden und Transportwege zu verkürzen.

## 4 Fazit

Die homogene Kartierung von Biomassepotenzialen ist insbesondere im Bereich der industriellen Reststoffe schwierig. Bei der Datenrecherche zeigten sich nicht nur große Lücken beim Anfall industrieller Reststoffe, sondern auch bezüglich deren derzeitiger Weiterverwendung. Für die Etablierung einer nachhaltigen Bioökonomie und den gezielten Einsatz von Reststoffen im Sinne der europäischen *List of Waste* ist die Erfassung dieser Daten jedoch von großer Bedeutung. Dies gilt auch für die Erfassung der bereits in Nutzung befindlichen Rest- und Abfallstoffe sowie Nebenprodukte anderer Kategorien. Die Identifizierung von Regionen mit hohem, noch zu mobilisierendem Potenzial ist gerade vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen von großer Bedeutung.

Das Dashboard bietet ein gutes Werkzeug für die Etablierung der CAFIPLA-Technologie auf dem Markt und zur Analyse von Reststoffpotenzialen. Durch die stetige Erweiterung von Rest- und Abfallstoffen sowie Nebenprodukten im Ressourcendashboard wird ein wichtiger, freizugänglicher Datensatz auch für andere Fragestellungen der Biomassenutzung generiert.

## 5 Literatur

- Bellot, F. F.; Horschig, T.; Brosowski, A. (2021): Quantification of European Biomass Potentials. Open Agrar Repository. Göttingen.  
[https://www.openagrar.de/receive/openagrar\\_mods\\_00073600](https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00073600)  
(Zugriff: 28.07.2022).
- Brosowski, A.; Krause, T.; Mantau, U.; Mahro, B.; Noke, A.; Richter, F. et al. (2019): How to measure the impact of biogenic residues, wastes and by-products. Development of a national resource monitoring based on the example of Germany. In: *Biomass and Bioenergy* 127(6): 105275. DOI: 10.1016/j.biombioe.2019.105275
- DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum (2021): Resource data repository. Hrsg. v. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.  
<https://webapp.dbfz.de/resource-database/?lang=en>, (Zugriff: 28.07.2022).
- Dietrich, T. (2021): Welcome and short introduction to CAFIPLA. In: *From organic waste to biochemicals Part: How to pre-treat biomass*.  
<https://youtu.be/2hCMxxm8G9c> (Zugriff: 14.09.2022).
- WFD – Waste Framework Directive (2008): Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). In: *Official Journal of European Union*.

## Autorenverzeichnis

**Lena Albert**

Technische Universität Kaiserslautern,  
Fachbereich Raum- und Umweltplanung  
E-Mail: lena.albert@ru.uni-kl.de

**Dr. Martin Behnisch**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: m.behnisch@ioer.de

**Christian Bender**

Universität Leipzig, Institut für Öffentliche  
Finanzen und Public Management  
E-Mail: bender@wifa.uni-leipzig.de

**Prof. Dr. Ralf Bill**

Universität Rostock  
E-Mail: ralf.bill@uni-rostock.de

**Mirko Blinn**

Universität Bonn, Professur Städtebau und  
Bodenordnung, Institut für Geodäsie und  
Geoinformation  
E-Mail: blinn@igg.uni.-bonn.de

**Andreas Blum**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: a.blum@ioer.de

**Max Bohnet**

GGR Gertz Gutsche Rümenapp,  
Stadtentwicklung und Mobilität GbR  
E-Mail: bohnet@ggr-planung.de

**Tobias Buchwald**

Frankfurt University of Allpied Sciences  
E-Mail: tobias.buchwald@stud.fra-uas.de

**Dr. Benjamin Büttner**

Technische Universität München  
E-Mail: benjamin.buettner@tum.de

**Dr. Jarmila Curtiss**

Martin-Luther-Universität  
Halle-Wittenberg  
E-Mail: jarmila.curtiss@landw.uni-halle.de

**Dr. Fabian Dosch**

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und  
Raumforschung  
E-Mail: Fabian.Dosch@BBR.Bund.de

**Konrad Dürrbeck**

Fraunhofer Institut für Integrierte  
Schaltungen IIS  
E-Mail: konrad.duerrbeck@iis.fraunhofer.de

**Anna Dunkl**

Leibniz-Institut für Länderkunde  
E-Mail: a\_dunkl@leibniz-ifl.de

**Karl Eckert**

StadtLand GmbH  
E-Mail: karl.eckert@stadtland.eu

**Silas Eichfuss**

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und  
Raumforschung  
E-Mail: silas.eichfuss@bbr.bund.de

**Sebastian Eichhorn**

ILS Research gGmbH  
E-Mail: sebastian.eichhorn@ils-forschung.de

**Lisa Eichler**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: l.eichler@ioer.de

**Uwe Ferber**

StadtLand GmbH

E-Mail: uwe.ferber@stadtland.eu

**Prof. Dr. Stefan Fina**Hochschule Augsburg, Fakultät für  
Architektur und Bauwesen

E-Mail stefan.fina@hs-augsburg.de

**Pascal Glass**

Kreis Ahrweiler, Strukturentwicklung

E-Mail: pascal.glass@kreis-ahrweiler.de

**Paul Goede**Bezirksregierung Münster,  
Regionalentwicklung

E-Mail: paul.goede@bezreg-muenster.nrw.de

**Christian Günster**

DB Netz AG

E-Mail: christian.guenster@deutschebahn.com

**Susann Günther**Deutsches Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH

E-Mail: Susann.guenther@dbfz.de

**Dr. Robert Hecht**Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung

E-Mail: r.hecht@ioer.de

**Jörg Hennersdorf**Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung

E-Mail: j.hennersdorf@ioer.de

**Tobias Henning**Rhein-Sieg-Kreis, Referat Wirtschaftsförde-  
rung und strategische Kreisentwicklung

E-Mail: tobias.henning@rhein-sieg-kreis.de

**Sascha Henninger**Technische Universität Kaiserslautern,  
Fachbereich Raum- und Umweltplanung

E-Mail: sascha.henninger@ru.uni-kl.de

**Dr. Hendrik Herold**Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung

E-Mail: h.herold@ioer.de

**Dr. Mario Hesse**Universität Leipzig, Institut für Öffentliche  
Finanzen und Public Management

E-Mail: hesse@wifa.uni-leipzig.de

**Axel Hilker**Ministerium für Inneres, Kommunales,  
Wohnen und Sport des Landes Schleswig-  
Holstein, Abt. Landesplanung und  
ländliche Räume

E-Mail: Axel.Hilker@im.landsh.de

**Dirk Hladik**

Landeshauptstadt Dresden

E-Mail: dhladik@dresden.de

**Martina Hollen**Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und  
Raumforschung

E-Mail: martina.hollen@gmx.net

**Max Hoppe**

i3mainz, Hochschule Mainz

E-Mail: max.hoppe@hs-mainz.de

**Ulrike Jehle**

Plan4better

E-Mail: ulrike.jehle@plan4better.de

**Dr. Mathias Jehling**Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung

E-Mail: m.jehling@ioer.de

**Mohit Kapoor**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: m.kapoor@ioer.de

**Tom Karras**

DBFZ Deutsches Biomasseforschungs-  
zentrum gemeinnützige GmbH  
E-Mail: tom.karras@dbfz.de

**Manfred Klaus**

Technische Universität Dresden  
E-Mail: manfred.klaus1@tu-dresden.de

**Prof. Dr. Theo Kötter**

Universität Bonn, Professur Städtebau und  
Bodenordnung, Institut für Geodäsie und  
Geoinformation  
E-Mail: tkoetter@uni-bonn.de

**Daniel Kretzschmar**

Technische Universität Dresden  
E-Mail: daniel.kretzschmar@tu-dresden.de

**Falko Krügel**

Technische Universität Dresden  
E-Mail: falko.kruegel@tu-dresden

**Dr. Tobias Krüger**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: t.krueger@ioer.de

**Manuela Lagrange**

Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen  
E-Mail: manuela.lagrange@leipzig.de

**Sandra Lanig**

mena GmbH Umweltdaten  
E-Mail: sandra.lanig@mena-online.de

**Laura Liepelt**

GICON-Großmann Ingenieur Consult GmbH  
E-Mail: l.liepelt@gicon.de

**Dr. Stefan Lippl-Seifert**

Fraunhofer Institut für Integrierte  
Schaltungen IIS  
E-Mail: stefan.lippl-seifert@iis.fraunhofer.de

**Dr. Gerd Lintz**

Leibniz-Institut für ökologische Raument-  
wicklung  
E-Mail: g.lintz@ioer.de

**Kerstin Malcher**

TU Dortmund  
E-Mail: kerstin.malcher@tu-dortmund.de

**Bartosz McCormick**

Technische Universität München  
E-Mail: bartosz.mccormick@tum.de

**Thomas Meiers**

Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik,  
Heinrich-Hertz-Institut, HHI  
E-Mail: thomas.meiers@hhi.fraunhofer.de

**Dr. Gotthard Meinel**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: g.meinel@ioer.de

**Christoph Mengers**

Universität Leipzig  
E-Mail: mengers@wifa.uni-leipzig.de

**Dr. Sabine Müller-Herbers**

Baader Konzept GmbH  
E-Mail: s.mueller-herbers@baaderkonzept.de



**Markus Münzinger**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: m.muenzinger@ioer.de

**Dr. Friederike Naegeli de Torres**

DBFZ Deutsches Biomasseforschungs-  
zentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig  
E-Mail: friederike.naegeli@dbfz.de

**Prof. Dr. Pascal Neis**

i3mainz, Hochschule Mainz  
E-Mail: pascal.neis@hs-mainz.de

**Prof. Dr. Nguyen Xuan Thinh**

TU Dortmund  
E-Mail: nguyen.thinh@tu-dortmund.de

**Elias Pajares**

Plan4better  
E-Mail: elias.pajares@plan4better.de

**Josefine Petrenz**

GICON-Großmann Ingenieur Consult GmbH  
E-Mail: J.Petrenz@gicon.de

**Lisanne Petry**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: l.petry@ioer.de

**Hanna Poglitsch**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: h.poglitsch@ioer.de

**Dr. Thomas Prinz**

Research Studios Austria  
Forschungsgesellschaft, Studio iSPACE  
E-Mail: thomas.prinz@researchstudio.at

**Denis Reiter**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: d.reiter@ioer.de

**Josef Reithofer**

Stadt Salzburg, Amt für Stadtplanung  
und Verkehr  
E-Mail: josef.reithofer@stadt-salzburg.at

**David Reuschenberg**

Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik,  
Heinrich-Hertz-Institut, HHI  
E-Mail: david.reuschenberg@hhi.fraunhofer.de

**Guido Riebauer**

mundialis GmbH & Co KG  
E-Mail: riebauer@mundialis.de

**Johannes Roderer**

Technische Universität Berlin  
E-Mail: j.roderer@tu-berlin.de

**Florian Schöpflin**

Research Studios Austria  
Forschungsgesellschaft mbH  
E-Mail: florian.schoepflin@researchstudio.at

**Martin Schorcht**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: m.schorcht@ioer.de

**Prof. Dr. Oliver Schwedes**

Technische Universität Berlin, Fachgebiet  
Integrierte Verkehrsplanung  
E-Mail: oliver.schwedes@tu-berlin.de

**Sebastian Seisenberger**

Technische Universität München  
E-Mail: sebastian.seisenberger@tum.de

**Thorben Sell**

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Lehrstuhl  
für Wirtschaftsgeographie  
E-Mail: thorben.sell@uni-jena.de

**Sebastian Semella**

DBFZ Deutsches Biomasseforschungs-  
zentrum gemeinnützige GmbH  
E-Mail: sebastian.semella@dbfz.de

**Prof. Dr.-Ing. Stefan Siedentop**

ILS - Institut für Landes- und  
Stadtentwicklungsforschung  
E-Mail: stefan.siedentop@ils-forschung.de

**Arne Siemer**

StadtLand GmbH  
E-Mail: arne.siemer@stadtland.eu

**Bernd Siemer**

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft  
und Geologie Sachsen  
E-Mail: bernd.siemer@smekul.sachsen.de

**SaeBom Song**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
E-Mail: saebom.song@kit.edu

**Alexander Stricker**

Bundesstadt Bonn, Amt für Wirtschafts-  
förderung, Standortentwicklung  
E-Mail: alexander.stricker@bonn.de

**Prof. Dr. Insa Theesfeld**

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
E-Mail: insa.theesfeld@landw.uni-halle.de

**Till Uppenkamp**

Technische Universität Berlin, Fachgebiet  
Integrierte Verkehrsplanung  
E-Mail: till.uppenkamp@campus.tu-berlin.de

**Dominik Visca**

Hochschule Mainz, i3mainz Institut für  
raumbezogene Informations- und  
Messtechnik  
E-Mail: dominik.visca@hs-mainz.de

**Martha Vobruba**

Technische Universität Berlin, Fachgebiet  
Integrierte Verkehrsplanung  
E-Mail: martha.vobruba@tu-berlin.de

**Alexander Weiß**

Baader Konzept GmbH  
E-Mail: a.weiss@baaderkonzept.de

**Juliane Wright**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: j.wright@ioer.de

**Dr. Shaojuan Xu**

ILS - Institut für Landes- und Stadtentwick-  
lungsforschung gGmbH Dortmund  
E-Mail: shaojuan.xu@ils-forschung.de

**Georg Zinder**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
E-Mail: g.zinder@ioer.de

# IÖR Schriften

Herausgegeben vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.

- 79 Gotthard Meinel, Tobias Krüger, Martin Behnisch, Denise Ehrhardt (Hrsg.)  
**Flächennutzungsmonitoring XIII**  
**Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools**  
Dresden 2021, ISBN: 978-3-944101-79-8
- 78 Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.)  
**Flächennutzungsmonitoring XII**  
mit Beiträgen zum Monitoring von Ökosystemleistungen und SDGs  
Dresden 2020, ISBN: 978-3-944101-78-1
- 77 Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.)  
**Flächennutzungsmonitoring XI**  
**Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün**  
Dresden 2019, ISBN: 978-3-944101-77-4
- 76 Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.)  
**Flächennutzungsmonitoring X**  
**Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren**  
Dresden 2018, ISBN: 978-3-944101-76-7
- 75 Constanze Zöllter, Stefanie Rößler, Robert Knippschild (Hrsg.)  
**Probewohnen Görlitz-Altstadt**  
Dresden 2017, ISBN: 978-3-944101-75-0
- 74 Georg Schiller (Hrsg.)  
**Wege zur Umsetzung von Ressourceneffizienzstrategien in der Siedlungs- und Infrastrukturplanung**  
Dresden 2017, ISBN: 978-3-944101-74-3
- 73 Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Steffen Schwarz, Benjamin Richter (Hrsg.)  
**Flächennutzungsmonitoring IX**  
**Nachhaltigkeit der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung?**  
Dresden 2017, ISBN: 978-3-944101-73-6
- 72 Sabine Scharfe  
**Engagement zivilgesellschaftlicher Akteure für die Entwicklung der Region**  
**Annäherungen an ein Phänomen über Erfahrungen des Wohnens**  
**im Umgebendehaus in der Oberlausitz**  
Dresden 2017, ISBN 978-3-944101-72-9
- 71 Stefan Esch  
**Regionale Fachkräftesicherung durch Rück- und Zuwanderung**  
Der Beitrag von Rück- und Zuwanderungsinitiativen zur Resilienz ostdeutscher Regionen  
Dresden 2017, ISBN 978-3-944101-71-2

Bezug über RHOMBOS-VERLAG Berlin, Fachverlag für Forschung, Wissenschaft und Politik  
[www.rhombos.de](http://www.rhombos.de) bzw. über den Buchhandel



Die weltweite Inanspruchnahme von natürlichen Böden für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist nach wie vor viel zu hoch. Damit gehen auch immer mehr Böden für die Landwirtschaft verloren. Bei immer noch zunehmender Weltbevölkerung und dem erforderlichen Wandel zu einer ökologischen Landwirtschaft werden aber mehr statt weniger natürliche Böden gebraucht, um die Ernährungssicherheit zu gewährleisten. Lösen lässt sich dieses Dilemma nur durch eine vollständige Kreislaufwirtschaft für Siedlungs- und Verkehrsflächen, d. h. keine neue Inanspruchnahme von Freiraumflächen ohne Ausgleich. Dieses Ziel umzusetzen, hat sich die EU und Deutschland bis 2050 gestellt. Das ist mit riesigen Herausforderungen verbunden.

Die IÖR-Buchreihe *Flächennutzungsmonitoring* informiert über die vielfältigen Ursachen des Flächenverbrauchs und wie diesen begegnet werden kann. Instrumente dafür sind u. a. ein Siedlungsflächenmonitoring, Innenentwicklungs-, Brach- und Leerstandskataster und Best-Practice-Beispiele des Flächenmanagements. Mit den Präsentationen im Rahmen des Dresdner Flächennutzungssymposiums und den in diesem Buch verschriftlichten Beiträgen sollen der Praxis hilfreiche und zielgenaue Informationen an die Hand gegeben werden, um dem Flächenverbrauch, der Bodenversiegelung, der Zersiedlung und der Landschaftszerschneidung wirksam zu begegnen.

Das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung veröffentlicht hiermit inzwischen den 14. Band der etablierten Buchreihe „Flächennutzungsmonitoring“ ([www.ioer.de/publikationen/ioer-schriften](http://www.ioer.de/publikationen/ioer-schriften)).

