

Flächennutzungsmonitoring XIII: Flächenpolitik - Konzepte - Analysen - Tools

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.). (2021). *Flächennutzungsmonitoring XIII: Flächenpolitik - Konzepte - Analysen - Tools* (IÖR Schriften, 79). Berlin: Rhombos-Verlag. <https://doi.org/10.26084/13dfns-buch>

Nutzungsbedingungen:

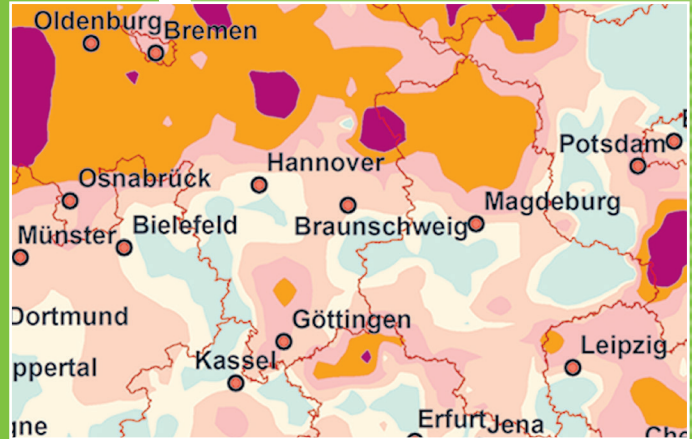
Dieser Text wird unter einer CC BY Lizenz (Namensnennung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

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 XIII

Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools

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

Homepage: <https://www.ioer.de>

Verlag

RHOMBOS-VERLAG

Kurfürstenstraße 15/16

10785 Berlin

E-Mail: 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

© 2021 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:

Visualisierung lokaler Zielerreichungen beim Flächensparen –
siehe Beitrag Krüger, Schorcht & Meinel (Abb. 5, S. 183) (Ausschnitt, angepasst)

Satz/DTP: Natalija Leutert

ISBN: 978-3-944101-79-8

IÖR Schriften Band 79 · 2021

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

Flächennutzungsmonitoring XIII

Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools

Vorwort

Die anhaltende und sich in vielen Teilen der Welt noch verstärkende Verstädterung mit immer neuen Siedlungs- und Verkehrsflächen führt zu nachteiligen Umweltwirkungen, vor allem zum Verlust von fruchtbaren Böden für eine nachhaltige Landwirtschaft und von benötigten Waldflächen zur CO₂-Minderung. Zudem führt die anhaltende Zersiedelung zu erhöhten Infrastrukturkosten und Verkehrsaufwendungen; neue Verkehrstrassen 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 langsam die Erkenntnis durch, dass Bodenschutz durch Verzicht auf neue Siedlungs- und Verkehrsflächen mit der einhergehenden Bodenversiegelung auch Klima- und Landschaftsschutz ist. Darum geht kein Weg daran vorbei, noch haushalterischer 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 informativischer 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 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 inzwischen 13. DFNS vor, welches am 28./29. Juni 2021 zum zweiten Mal in hybrider Form stattfand. Folgende Themen standen in diesem Jahr im Fokus: Flächenpolitik, neue Ansätze der Siedlungs- und Innenentwicklung, die Zersiedlung, die Messung von Ökosystemleistungen, Analyseergebnisse und Toolentwicklungen. In der Podiumsdiskussion „Gemeinwohlorientierte Bodenpolitik – Traum oder Notwendigkeit?“ wurden u. a. Rahmenbedingungen einer kommunalen Bodenvorratspolitik diskutiert. Ein Themenschwerpunkt 2021 war die XPlanung, dem auch ein eigener Workshop, organisiert von der Leitstelle XPlanung/XBau gewidmet war. Der XPlanung-Datenstandard und das gleichnamige Datenaustauschformat, welches ab 2022 verbindlich wird, unterstützt den verlustfreien Transfer von Bauleitplänen, Raumordnungsplänen und Landschaftsplänen sowie die internetgestützte Bereitstellung von Plänen. Damit eröffnen sich Chancen für die Analyse von Plänen und deren Flächeninanspruchnahme. So könnte z. B. die kumulative Wirkung von Plänen raumscharf kalkuliert und in Beziehung zu Flächensparzielen auf unterschiedlichen Gebiets-ebenen gesetzt werden.

Die Präsentationen des Symposiums sind unter <https://dfns2021.ioer.info/programm/> zu finden. Darunter befinden sich auch die Vorstellung neuer Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (www.ioer-monitor.de).

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 2021

Inhaltsverzeichnis

Flächenpolitik

Schutzverpflichtung für künftige Generationen im Grundgesetz <i>Peter Fritsch</i>	3
Bodenverbrauch entschlossen einschränken – Das Modell Baulandabgaben für Renaturierung <i>Franziska Eichstädt-Bohlig</i>	15
Entsiegelungspotenziale zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung: Vorschläge für eine verbesserte Nutzung aus fachlicher, rechtlicher und förderpolitischer Sicht <i>Nadine Pannicke-Prochnow, Juliane Albrecht, Uwe Ferber, Karl Eckert, Christopher Krohn, Karin Thinius</i>	29

Neue Ansätze der Siedlungs- und Innenentwicklung

Raumpotentiale für eine nachhaltige Stadtentwicklung – Interdisziplinäre Perspektiven auf potentiell obsoletere Stadtstrukturen <i>Constantin Alexander, Anika Schmidt</i>	39
Die Corona-Pandemie als Chance für Flächengerechtigkeit im Verkehr <i>Kathrin Karola Viergutz, Swantje Michaelsen</i>	51
Wie kann die ÖV-orientierte Siedlungsentwicklung weitergedacht werden? <i>Sebastian Clausen</i>	59
GIS-Bausteine für eine automatisierte Bewertung und Simulation der Siedlungsinnenentwicklung <i>Sabine Gadocha, Wolfgang Spitzer, Yingwen Deng, Thomas Prinz</i>	69
Bilanz ziehen. Räumliche Verteilung von Kosten und Nutzen städtischer Verdichtung in den Regionen Utrecht und Bern <i>Vera Götze, Mathias Jehling</i>	79
GIS-Analysen von Flächenpotenzialen zur Innenentwicklung <i>Anna Heßler, Dominik Weiß, Mirko Blinn, Anne Fischer, Theo Kötter</i>	89

Zersiedlung, Zerschneidung und Ökosystemleistung

Zielwerte und Grenzwerte für die Zersiedelung <i>Jochen A. G. Jaeger, Christian Schwick</i>	103
Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990 <i>Martin Behnisch, Tobias Krüger, Jochen Jaeger</i>	113
Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Analyseergebnisse aus dem IÖR-Monitor <i>Ulrich Walz, Tobias Krüger, Ulrich Schumacher</i>	127
Bundesweites Ecosystem Accounting im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen – Extent Account <i>Johannes Oehrlein, Marius Belling, Simon Felgendreher, Simon Schürz</i>	139
Grünbestände in privaten Innenhöfen und deren Ökosystemleistungen im Stadtquartier – Erkenntnisse einer quartiersweiten Erhebung in Karlsruhe <i>Denise Böhnke, Rebekka Volk, Thomas Lützkendorf, Elias Naber, Alice Krehl, Ronja Becker, Stefan Norra</i>	149

Analysen und Monitoring

Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche nachgerechnet: Ein Plädoyer für frei zugängliche ALKIS-Daten <i>Julian Schmitz, Stefan Fina, Guido Riembauer, Martina Hollen</i>	161
Zur Entwicklung der Flächenneuanspruchnahme in Deutschland <i>Tobias Krüger, Martin Schorcht, Gotthard Meinel</i>	171
Monitoring von Siedlungsflächen auf Basis von Sentinel-2 <i>Silas Eichfuss, Martina Hollen, Guido Riembauer, Shaojuan Xu</i>	189
Wie Geodaten des BKG die Agenda 2030 unterstützen <i>Gwendolin Seidner-Schötz, Patrick Knöfel</i>	201
Identifikation und Bewertung von Entsiegelungspotenzialen als Beitrag zur nachhaltigen Quartiersentwicklung – Zwischenergebnisse aus NaMaRes <i>Rebekka Volk, Elias Naber, Thomas Lützkendorf, Denise Böhnke, Kai Mörmann, Frank Schultmann, Stefan Norra</i>	209
Analyse der Fußwegequalitäten zu Schulen – Entwicklung von Indikatoren auf Basis von OpenData <i>Ulrike Jehle, Elias Pajares</i>	221

Untersuchung der Eigentumsstrukturen von Landwirtschaftsfläche in Deutschland <i>Andreas Tietz</i>	233
Bestandsdynamik von Nichtwohngebäuden in Deutschland: Möglichkeiten und Grenzen der Bautätigkeitsstatistik <i>Daniel Kretzschmar, Georg Schiller, Alexandra Weitkamp</i>	243
Tools und XPlanung	
Mit Mengenbegrenzungen die Flächenneuanspruchnahme planen: Flächenrechner 2.0 <i>Jens-Martin Gutsche, Detlef Grimski</i>	257
GOAT: Ein interaktives Erreichbarkeitsinstrument zur Planung der 15-Minuten-Stadt <i>Elias Pajares, Ulrike Jehle</i>	265
LaVerDi – Webanwendung zur automatischen Ableitung von Landschaftsveränderungen <i>Patrick Knöfel, David Herrmann, Marcus Sindram, Michael Hovenbitzer</i>	275
Neues Wissen zum Stadtgrün als Planungsgrundlage bereitstellen mit Diensten und Anwendungen des meinGrün-Projekts <i>Patrycia Brzoska, Robert Hecht, Alexander Dunkel, Christina Ludwig</i>	287
myField – Ein webbasiertes Partizipations-Tool zur Simulation und Eigenabschätzung nachbarschaftlicher Energie- und Umweltschutzvorhaben <i>Benjamin Dally, Kai-Fabian Henning, Carsten Oldenburg, Axel Häusler, Klaus Greve, Sebastian Kühle</i>	293
Smarte Sirenen – Eine Möglichkeit zur Optimierung des Bevölkerungsschutzes <i>Sascha Henninger, Martin Schneider</i>	303
XPlanung – Bedeutung, Organisation, Mehrwerte, Hemmnisse und Herausforderungen <i>Jörg Horenczuk</i>	313
Autorenverzeichnis	327

Flächenpolitik

Schutzverpflichtung für künftige Generationen im Grundgesetz

– Anmerkungen zum Klima-Urteil des Bundesverfassungsgerichts –

Peter Fritsch¹

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen . . .“

Art 20a Grundgesetz

Was für ein Urteil², das da am 29.04.2021 das politische Berlin zunächst verwirrte, dann die einen erstarren, die anderen begeistert aufjubeln ließ!

Auslöser war an jenem Donnerstagmorgen um 10 Uhr die Pressemitteilung Nr. 31 des Bundesverfassungsgerichts mit einer dünnen Überschrift, die in rasender Geschwindigkeit über die Nachrichtenticker lief: „Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich“.

Juristische Urteile, zumal des Bundesverfassungsgerichts, sind oft regelrechte Kunstwerke. Spricht man über sie, braucht man in der Regel deutlich mehr Worte und verkürzt ihre Aussage trotzdem. Im zugrundeliegenden mündlichen Vortrag musste also beherzt gekürzt und verkürzt werden. Den gelegentlich von Seiten des Auditoriums durch den Vortragssaal schwebenden Fragezeichen ungläubigen Staunens konnte hier und da durch illustrative Beispiele begegnet werden. Vorliegend wird deshalb der geneigte Leser, die geneigte Leserin stattdessen auf die Lektüre der genannten Pressemitteilung des Bundesverfassungsgerichts verwiesen³. Die Redaktion einer solchen für die allgemeine Öffentlichkeit gedachten Kurzfassung einer gerichtlichen Entscheidung ist, wenn sie gut gemacht ist, kaum minder anspruchsvoll als die Abfassung einer Urteilsbegründung. Im vorliegenden Fall hat das Bundesverfassungsgericht – der über Deutschlands Grenzen hinausreichenden Bedeutung seiner Entscheidung bewusst – auch gleich noch eine englische und französische Fassung mitveröffentlicht.

Um Appetit auf die Lektüre der Pressemitteilung zu machen, werden nachstehend die fünf Leitsätze der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts wiedergegeben. Sie polieren eine bislang eher unbeachtete, regelrecht matte Facette des Edelsteins Grundgesetz auf Hochglanz und setzen so den nahezu unbeachtet gebliebenen Rechtssatz des

¹ Peter Fritsch ist Regierungsdirektor in der Grundsatzabteilung des Bundesumweltministeriums in Berlin. Der Beitrag gibt die persönliche Auffassung des Verfassers wieder.

² BVerfG, Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021 (veröffentlicht am 29. April 2021), www.bverfg.de/e/irs20210324_1bvr265618.html

³ www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html

Art. 20a – erst 1994 neu ins Grundgesetz gekommen – in ein Licht, dass auch diese Facette auf's Schönste funkelt und strahlt. Die Überprüfung der Verfassungsmäßigkeit des Bundes-Klimaschutzgesetzes von 2019 hatte den Anlass dafür gegeben. Der Verabschiedung im Bundestag war seinerzeit eine lange und heftige Auseinandersetzung innerhalb der Regierungskoalition vorangegangen.

Bislang (nur) als sogenannte Staatszielbestimmung verstanden wird dem Art. 20a GG nun vom Gericht ein konkreter Verfassungsauftrag entnommen: Der Staat ist in einklagbarer Weise zum Klimaschutz verpflichtet. Der Schutzauftrag des Art. 20a GG schließt die Notwendigkeit ein, mit den natürlichen Lebensgrundlagen so sorgsam umzugehen und sie der Nachwelt in solchem Zustand zu hinterlassen, dass nachfolgende Generationen diese nicht nur um den Preis radikaler eigener Enthaltensamkeit weiter bewahren könnten.

Das Bundesverfassungsgericht beanstandet im Kern die bei Verabschiedung des Klimaschutzgesetzes auf das Jahr 2030 verkürzte Sicht des Gesetzgebers. Das Gericht verpflichtet zu einer verständigen Gesamtbetrachtung des Zeitraums bis 2050, weil bis dahin die Klimaneutralität erreicht sein soll. Mit anderen Worten: es muss eine „Vollbremsung“ im Lebensstil der Gesellschaft ab 2030 verhindert werden, weil zunächst die Treibhausgasreduzierungsanstrengungen zu unambitioniert sind. Damit arbeitet das Gericht den freiheitssichernden Charakter des Art 20a GG mit Blick auf die junge Generation und künftige Generationen heraus. Dieses Grundrechtsverständnis einer „intertemporalen Freiheitssicherung“ hat es in dieser Deutlichkeit bislang nicht gegeben.

Von eminenter Bedeutung sind auch die Erkenntnisse des Gerichts zur internationalen Dimension des Klimaschutzgebots aus Art. 20a GG. Es stellt fest, dass der nationalen Klimaschutzverpflichtung nicht entgegensteht, dass der globale Charakter von Klima und Erderwärmung eine Lösung der Probleme des Klimawandels durch einen Staat allein ausschließt. Das Klimaschutzgebot verlange vom Staat international ausgerichtetes Handeln zum globalen Schutz des Klimas und verpflichte ihn dazu, im Rahmen internationaler Abstimmung auf Klimaschutz hinzuwirken. Der Staat könne sich seiner Verantwortung nicht durch den Hinweis auf die Treibhausgasemissionen in anderen Staaten entziehen. Kurz und knapp gesagt heißt die Aufforderung „Jeder macht seins, Deutschland mach deins!“ Gerade dieser letzte Gedanke dürfte die gesellschaftliche Debatte, egal ob in der Familie, am Stammtisch oder in der TV-Talkshow um ein neues Element beleben. Es nimmt nämlich denjenigen den Wind aus den Segeln, die sich einer konstruktiven Debatte der Klimaproblematik regelmäßig mit dem Hinweis auf die relative Bedeutungslosigkeit Deutschlands in der Welt zu entziehen suchen. Einmal mehr muss hier an die Bedeutung des Pariser Klimaabkommens erinnert werden, das nach einer aufsehenerregenden Konferenz im Dezember 2015 mit einem Bekenntnis zum 1,5-Grad-Ziel von nahezu allen Staaten der Welt zur Rettung des Weltklimas verabschiedet worden war. Da das Bundesklimaschutzgesetz sich sogar im Gesetzestext ausdrücklich auf die

Zielsetzung des Paris-Abkommens bezog, diente es dem Bundesverfassungsgericht als Prüfungsmaßstab und findet im Urteilstext immer wieder Erwähnung. Das Gericht hat sich auch den dem Paris-Abkommen zugrundeliegenden wissenschaftsbasierten Ansatz zu eigen gemacht und sich an entscheidender Stelle den Berechnungen der deutschen Umweltweisen, also des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU), angeschlossen. Damit sind bestimmte Begriffe und Konzepte vom Gericht außer Streit gestellt und insbesondere Klimawandelleugnern eine unmissverständliche Absage erteilt worden.

Was war die Folge des Richterspruchs? In einer in der Öffentlichkeit selten erlebten Geschwindigkeit von gerade mal zwei Wochen legte die Bundesregierung dem Bundestag einen überarbeiteten Gesetzentwurf vor, um den Vorgaben des Gerichts zu entsprechen. Dieses eilige Vorgehen war nicht nur der bevorstehenden Bundestagswahl geschuldet sondern fiel deswegen leicht, weil kurzerhand auf die „schärferen“ Entwürfe aus den seinerzeitigen Ressortabstimmungen zurückgegriffen werden konnte, die sich im Dezember 2019 innerhalb der Regierung nicht hatten durchsetzen können. Die geradezu freudigen Reaktionen einiger Regierungsmitglieder – die die Journalisten in den Hauptnachrichtensendungen des 29.4.2021 verwirrten, denn schließlich bedeutete die Gerichtsentscheidung ja eine „Klatsche“ für die Bundesregierung – lassen sich mit dieser späten Genugtuung erklären. Aber es sind schon kritische Stimmen laut geworden, denen auch die modifizierte Fassung des Bundes-Klimaschutzgesetzes⁴ nicht weit genug geht und die erneute Klagen angekündigt haben.

Stellt sich nun noch die Frage, welche Strahlkraft der Klima-Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts über den konkreten Fall hinaus beigemessen werden kann. Mit guten Gründen abgelehnt wird die von einigen rasch geäußerte Lesart, hier sei quasi ein allgemeines Nachhaltigkeitsgrundrecht entstanden, das direkte Schlussfolgerungen sogar für die Tragfähigkeit der Staatsfinanzen (z. B. Beurteilung der Schuldenbremse) oder der Rentensicherungssysteme erlaube. Diese Sicht verkennt die speziellen Voraussetzungen und Hintergründe, die zum angegriffenen Bundes-Klimaschutzgesetz mit seiner konkreten Orientierung auf das 1,5 Grad-Ziel der Weltgemeinschaft gem. dem Paris-Abkommen geführt hatten. Insofern dürfte auch eine Übertragbarkeit auf den bedrohlichen Verlust der Biodiversität oder das Artensterben nicht ohne weiteres gegeben sein.

Etwas anders gelagert sein könnte es bei anderen manifesten Umweltproblemen. Der im Klima-Urteil zentrale „Budget-“ Ansatz, der u. a. zur Bewertung eines globalen CO₂-Restbudgets führt, könnte möglicherweise bei der Diskussion um die schädlichen Einträge von Stickstoff oder Phosphor in unsere Böden zum Tragen kommen und eine weitergehende Handlungspflicht des Staates begründen.

Und schließlich mit Blick auf unser Dresdner Flächennutzungssymposium: Die vorstehenden Überlegungen zum Budgetansatz lassen sich möglicherweise auch direkt auf die

⁴ Bundes-Klimaschutzgesetz – KSG (www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf)

gebotene Reduzierung des täglichen Anstiegs der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Flächenverbrauch) übertragen. Zwar gibt es bislang keine gesetzlichen Festlegungen, jedoch ein klares Bekenntnis der Bundesregierung (in unterschiedlicher Zusammensetzung) in allen Aktualisierungen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie über fünf Legislaturperioden seit 2002 hinweg. Das Bundesverfassungsgericht spricht die Flächenproblematik im Kontext erforderlicher Klimaanpassungsmaßnahmen in seiner Entscheidung explizit an. Durch den Flächenverbrauch und anderweitige Übernutzungen wird der Boden in seinen vielfältigen Funktionen und insbesondere auch in seiner klimaschützenden Funktion als natürliche Kohlenstoffsenke gefährdet. Das derzeitige Bodenschutzrecht bildet diese in Ansatz gebrachte Klimaschutzfunktion von Böden nicht ab und weist mit Blick auf eine intertemporale Freiheitssicherung Defizite in Bezug auf die Klimaanpassung und damit auch den Erhalt dieser Klimaschutzfunktion auf. Die Schwierigkeiten der Politik in der Nachhaltigkeitsdebatte, auf dem Weg zu einer Flächenkreislaufwirtschaft im Jahr 2050 (Netto-Null Flächenverbrauch) für 2030 einen konkreten Zielwert festzuschreiben, trifft exakt den vom Bundesverfassungsgericht befürchteten „Zukunftsverbrauch“. Das Bundesumweltministerium hatte bereits 2016 in seinem Integrierten Umweltprogramm (IUP) einen Zielwert von maximal 20 ha/Tag für das Jahr 2030 empfohlen, ausgehend von einem linearen Reduktionspfad bis 2050.

Erste „Nagelprobe“ dafür, wie ernst es nach der kommenden Bundestagswahl die neue Regierung mit dem Flächenthema meint, könnte die anstehende gesetzlich vorgesehene Bedarfsplanüberprüfung⁵ für den Bau von Bundesfernstraßen sein, fünf Jahre nach Verabschiedung der Bundesverkehrswegeplanung 2030. Hier wäre ein Ansatzsitzpunkt für die von vielen Seiten geforderte Verkehrswende. Denn der Verkehrsbereich ist einer der im Bundes-Klimaschutzgesetz benannten Sektoren, der sich mit den ihm konkret auferlegten Anforderungen zur Treibhausgasminderung besonders schwer tut. Der Verzicht etwa auf teure und bereits 2016 vom Umweltbundesamt kritisierte umweltschädliche neue Bundesverkehrswege könnte ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung sein.

Auch das zur Reduzierung des Flächenverbrauchs zentrale und kontrovers diskutierte Thema einer „Kontingentierung“, sei es auf umweltökonomischem Wege (z. B. Flächenzertifikatehandel) oder auf regulatorischem Wege der klassischen Raum- und Regionalplanung, dürfte nach dem Klima-Urteil des Bundesverfassungsgerichts neuen Auftrieb bekommen.

⁵ § 4 Gesetz über den Ausbau der Bundesfernstraßen (Fernstraßenausbaugesetz – FStrAbG)

Bundesverfassungsgericht

Beschluss vom 24. März 2021 (veröffentlicht am 29. April 2021)

1 BvR 2656/18, 1 BvR 96/20, 1 BvR 78/20, 1 BvR 288/20

Leitsätze

1. Der Schutz des Lebens und der körperlichen Unversehrtheit nach Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG schließt den Schutz vor Beeinträchtigungen grundrechtlicher Schutzgüter durch Umweltbelastungen ein, gleich von wem und durch welche Umstände sie drohen. Die aus Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG folgende Schutzpflicht des Staates umfasst auch die Verpflichtung, Leben und Gesundheit vor den Gefahren des Klimawandels zu schützen. Sie kann eine objektivrechtliche Schutzverpflichtung auch in Bezug auf künftige Generationen begründen.
2. Art. 20a GG verpflichtet den Staat zum Klimaschutz. Dies zielt auch auf die Herstellung von Klimaneutralität.
 - a. Art. 20a GG genießt keinen unbedingten Vorrang gegenüber anderen Belangen, sondern ist im Konfliktfall in einen Ausgleich mit anderen Verfassungsrechtsgütern und Verfassungsprinzipien zu bringen. Dabei nimmt das relative Gewicht des Klimaschutzgebots in der Abwägung bei fortschreitendem Klimawandel weiter zu.
 - b. Besteht wissenschaftliche Ungewissheit über umweltrelevante Ursachenzusammenhänge, schließt die durch Art. 20a GG dem Gesetzgeber auch zugunsten künftiger Generationen aufgegebene besondere Sorgfaltspflicht ein, bereits belastbare Hinweise auf die Möglichkeit gravierender oder irreversibler Beeinträchtigungen zu berücksichtigen.
 - c. Als Klimaschutzgebot hat Art. 20a GG eine internationale Dimension. Der nationalen Klimaschutzverpflichtung steht nicht entgegen, dass der globale Charakter von Klima und Erderwärmung eine Lösung der Probleme des Klimawandels durch einen Staat allein ausschließt. Das Klimaschutzgebot verlangt vom Staat international ausgerichtetes Handeln zum globalen Schutz des Klimas und verpflichtet, im Rahmen internationaler Abstimmung auf Klimaschutz hinzuwirken. Der Staat kann sich seiner Verantwortung nicht durch den Hinweis auf die Treibhausgasemissionen in anderen Staaten entziehen.
 - d. In Wahrnehmung seines Konkretisierungsauftrags und seiner Konkretisierungsprärogative hat der Gesetzgeber das Klimaschutzziel des Art. 20a GG aktuell verfassungsrechtlich zulässig dahingehend bestimmt, dass der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C und möglichst auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen ist.
 - e. Art. 20a GG ist eine justiziable Rechtsnorm, die den politischen Prozess zugunsten ökologischer Belange auch mit Blick auf die künftigen Generationen binden soll.

3. Die Vereinbarkeit mit Art. 20a GG ist Voraussetzung für die verfassungsrechtliche Rechtfertigung staatlicher Eingriffe in Grundrechte.
4. Das Grundgesetz verpflichtet unter bestimmten Voraussetzungen zur Sicherung grundrechtsgeschützter Freiheit über die Zeit und zur verhältnismäßigen Verteilung von Freiheitschancen über die Generationen. Subjektivrechtlich schützen die Grundrechte als intertemporale Freiheitssicherung vor einer einseitigen Verlagerung der durch Art. 20a GG aufgegebenen Treibhausgasminderungslast in die Zukunft. Auch der objektivrechtliche Schutzauftrag des Art. 20a GG schließt die Notwendigkeit ein, mit den natürlichen Lebensgrundlagen so sorgsam umzugehen und sie der Nachwelt in solchem Zustand zu hinterlassen, dass nachfolgende Generationen diese nicht nur um den Preis radikaler eigener Enthaltbarkeit weiter bewahren könnten. Die Schonung künftiger Freiheit verlangt auch, den Übergang zu Klimaneutralität rechtzeitig einzuleiten. Konkret erfordert dies, dass frühzeitig transparente Maßgaben für die weitere Ausgestaltung der Treibhausgasreduktion formuliert werden, die für die erforderlichen Entwicklungs- und Umsetzungsprozesse Orientierung bieten und diesen ein hinreichendes Maß an Entwicklungsdruck und Planungssicherheit vermitteln.
5. Der Gesetzgeber muss die erforderlichen Regelungen zur Größe der für bestimmte Zeiträume insgesamt zugelassenen Emissionsmengen selbst treffen. Eine schlichte Parlamentsbeteiligung durch Zustimmung des Bundestags zu Verordnungen der Bundesregierung kann ein Gesetzgebungsverfahren bei der Regelung zulässiger Emissionsmengen nicht ersetzen, weil hier gerade die besondere Öffentlichkeitsfunktion des Gesetzgebungsverfahrens Grund für die Notwendigkeit gesetzlicher Regelung ist ...

Quelle: www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html



Bundesverfassungsgericht

[> Startseite](#) > [Presse](#) > [Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich](#)

Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich

Pressemitteilung Nr. 31/2021 vom 29. April 2021

Beschluss vom 24. März 2021

[1 BvR 2656/18](#), [1 BvR 96/20](#), [1 BvR 78/20](#), [1 BvR 288/20](#), [1 BvR 96/20](#), [1 BvR 78/20](#)

Mit heute veröffentlichtem Beschluss hat der Erste Senat des Bundesverfassungsgerichts entschieden, dass die Regelungen des Klimaschutzgesetzes vom 12. Dezember 2019 (Klimaschutzgesetz <KSG>) über die nationalen Klimaschutzziele und die bis zum Jahr 2030 zulässigen Jahresemissionsmengen insofern mit Grundrechten unvereinbar sind, als hinreichende Maßgaben für die weitere Emissionsreduktion ab dem Jahr 2031 fehlen. Im Übrigen wurden die Verfassungsbeschwerden zurückgewiesen.

Das Klimaschutzgesetz verpflichtet dazu, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um 55 % gegenüber 1990 zu mindern und legt durch sektorenbezogene Jahresemissionsmengen die bis dahin geltenden Reduktionspfade fest (§ 3 Abs. 1 und § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG in Verbindung mit Anlage 2). Zwar kann nicht festgestellt werden, dass der Gesetzgeber mit diesen Bestimmungen gegen seine grundrechtlichen Schutzpflichten, die Beschwerdeführenden vor den Gefahren des Klimawandels zu schützen, oder gegen das Klimaschutzgebot des Art. 20a GG verstoßen hat. Die zum Teil noch sehr jungen Beschwerdeführenden sind durch die angegriffenen Bestimmungen aber in ihren Freiheitsrechten verletzt. Die Vorschriften verschieben hohe Emissionsminderungslasten unumkehrbar auf Zeiträume nach 2030. Dass Treibhausgasemissionen gemindert werden müssen, folgt auch aus dem Grundgesetz. Das verfassungsrechtliche Klimaschutzziel des Art. 20a GG ist dahingehend konkretisiert, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur dem sogenannten „Paris-Ziel“ entsprechend auf deutlich unter 2 °C und möglichst auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Um das zu erreichen, müssen die nach 2030 noch erforderlichen Minderungen dann immer dringender und kurzfristiger erbracht werden. Von diesen künftigen Emissionsminderungspflichten ist praktisch jegliche Freiheit potenziell betroffen, weil noch nahezu alle Bereiche menschlichen Lebens mit der Emission von Treibhausgasen verbunden und damit nach 2030 von drastischen Einschränkungen bedroht sind. Der Gesetzgeber hätte daher zur Wahrung grundrechtlich gesicherter Freiheiten Vorkehrungen treffen müssen, um diese hohen Lasten abzumildern. Zu dem danach gebotenen rechtzeitigen Übergang zu Klimaneutralität reichen die gesetzlichen Maßgaben für die Fortschreibung des Reduktionspfades der Treibhausgasemissionen ab dem Jahr 2031 nicht aus. Der Gesetzgeber ist verpflichtet, die Fortschreibung der Minderungsziele der Treibhausgasemissionen für Zeiträume nach 2030 bis zum 31. Dezember 2022 näher zu regeln.

Sachverhalt:

Das Klimaschutzgesetz reagiert auf die vom Gesetzgeber gesehene Notwendigkeit verstärkter Klimaschutzanstrengungen und soll vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels schützen (§ 1 Satz 1 KSG). Grundlagen sind nach § 1 Satz 3 KSG zum einen die Verpflichtung nach dem am 4. November 2016 in Kraft getretenen Übereinkommen von Paris, wonach der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C und möglichst auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen ist, sowie zum anderen das Bekenntnis der Bundesrepublik Deutschland, Treibhausgasneutralität bis 2050 als langfristiges Ziel zu verfolgen. Nach § 3 Abs. 1 KSG werden die Treibhausgasemissionen bis zum Zieljahr 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise um mindestens 55 % gemindert. In § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG in Verbindung mit Anlage 2 sind die der Minderungsquote für das Zieljahr 2030 entsprechend zulässigen Jahresemissionsmengen in verschiedenen Sektoren geregelt. Eine Regelung über 2030 hinaus enthält das Gesetz nicht. Vielmehr legt nach § 4 Abs. 6 KSG die Bundesregierung im Jahr 2025 für weitere Zeiträume nach dem Jahr 2030 jährlich absinkende Emissionsmengen durch Rechtsverordnung fest.

Mit ihren Verfassungsbeschwerden machen die Beschwerdeführenden vor allem geltend, der Staat habe mit § 3 Abs. 1 und § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG in Verbindung mit Anlage 2 keine ausreichenden Regelungen zur alsbaldigen Reduktion von Treibhausgasen, vor allem von Kohlendioxid (CO₂), unternommen, die aber erforderlich seien, um die Erwärmung der Erde bei 1,5 °C oder wenigstens bei deutlich unter 2 °C anzuhalten. Dies sei notwendig, weil bei einem Temperaturanstieg mehr als 1,5 °C Millionen von Menschenleben sowie das Überschreiten von Kippunkten mit unabsehbaren Folgen für das Klimasystem auf dem Spiel stünden. Mit der im Klimaschutzgesetz geregelten Reduktion von CO₂-Emissionen könne das der Temperaturschwelle von 1,5 °C entsprechende „CO₂-Restbudget“ nicht eingehalten werden. Die zum Teil in Bangladesch und Nepal lebenden Beschwerdeführenden stützen ihre Verfassungsbeschwerden vor allem auf grundrechtliche Schutzpflichten aus Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG und aus Art. 14 Abs. 1 GG, auf ein Grundrecht auf menschenwürdige Zukunft und ein Grundrecht auf das ökologische Existenzminimum, welche sie aus Art. 2 Abs. 1 GG in Verbindung mit Art. 20a GG und aus Art. 2 Abs. 1 GG in Verbindung mit Art. 1 Abs. 1 Satz 1 GG ableiten. Hinsichtlich der von den Beschwerdeführenden als „Vollbremsung“ bezeichneten künftigen Belastung durch Emissionsminderungspflichten für Zeiträume nach 2030 berufen sich die Beschwerdeführenden allgemein auf die Freiheitsrechte.

Wesentliche Erwägungen des Senats:

Die Verfassungsbeschwerden haben teilweise Erfolg.

I. Soweit die Beschwerdeführenden natürliche Personen sind, sind ihre Verfassungsbeschwerden zulässig. Die beiden Umweltverbände sind hingegen nicht beschwerdebefugt. Sie machen aufgrund von Art. 2 Abs. 1 GG in Verbindung mit Art. 19 Abs. 3 GG und Art. 20a GG im Lichte des Art. 47 GRCh als „Anwälte der Natur“ geltend, der Gesetzgeber habe keine geeigneten Maßnahmen zur Begrenzung des Klimawandels ergriffen und hierdurch verbindliche unionsrechtliche Vorgaben zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen missachtet. Eine solche Beschwerdebefugnis sehen das Grundgesetz und das Verfassungsprozessrecht nicht vor.

II. Dass Schutzpflichten aus Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG und Art. 14 Abs. 1 GG wegen der Gefahren des Klimawandels verletzt sind, kann nicht festgestellt werden.

Der Schutz des Lebens und der körperlichen Unversehrtheit nach Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG schließt den Schutz vor Beeinträchtigungen durch Umweltbelastungen ein, gleich von wem und durch welche Umstände sie drohen. Die aus Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG folgende Schutzpflicht des Staates umfasst auch die Verpflichtung, Leben und Gesundheit vor den Gefahren des Klimawandels, etwa vor klimabedingten Extremwetterereignissen wie Hitzewellen, Wald- und Flächenbränden, Wirbelstürmen, Starkregen, Überschwemmungen, Lawinenabgängen oder Erdbeben, zu schützen. Sie kann eine objektivrechtliche Schutzverpflichtung auch in Bezug auf künftige Generationen begründen. Da infolge des Klimawandels Eigentum, zum Beispiel landwirtschaftlich genutzte Flächen und Immobilien, etwa aufgrund steigenden Meeresspiegels oder wegen Dürren Schaden nehmen können, schließt auch das Grundrecht auf Eigentum aus Art. 14 Abs. 1 GG eine Schutzpflicht des Staates hinsichtlich der Eigentumsgefahren des Klimawandels ein.

Eine Verletzung dieser Schutzpflichten lässt sich angesichts des dem Gesetzgeber bei der Erfüllung zukommenden Spielraums nicht feststellen. Zum grundrechtlich gebotenen Schutz vor den Gefahren des Klimawandels offensichtlich ungeeignet wäre ein Schutzkonzept, das nicht das Ziel der Klimaneutralität verfolgte; die Erderwärmung könnte dann nicht aufgehalten werden, weil jede Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zur Erderwärmung beiträgt und einmal in die Atmosphäre gelangtes CO₂ dort weitestgehend verbleibt und absehbar kaum wieder entfernt werden kann. Völlig unzulänglich wäre zudem, dem Klimawandel freien Lauf zu lassen und den grundrechtlichen Schutzauftrag allein durch sogenannte Anpassungsmaßnahmen umzusetzen. Beides ist hier nicht der Fall. Im Ergebnis kann auch nicht festgestellt werden, dass der Gesetzgeber seinen Entscheidungsspielraum überschritten hat, indem er das „Paris-Ziel“ zugrunde gelegt hat, wonach der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C und möglichst auf 1,5 °C zu begrenzen ist. Hierbei ist auch von Bedeutung, dass zum Schutz der Grundrechte vor den Gefahren des Klimawandels ein ergänzender Schutz durch Anpassungsmaßnahmen prinzipiell möglich ist.

Es kann offen bleiben, ob grundrechtliche Schutzpflichten den deutschen Staat auch gegenüber den in Bangladesch und Nepal lebenden Beschwerdeführenden verpflichten, gegen diese drohenden und bereits eingetretenen Beeinträchtigungen durch den globalen Klimawandel vorzugehen. Denn die Verletzung einer grundrechtlichen Schutzpflicht könnte im Ergebnis auch insoweit nicht festgestellt werden.

III. Grundrechte sind aber dadurch verletzt, dass die nach § 3 Abs. 1 Satz 2 und § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG in Verbindung mit Anlage 2 bis zum Jahr 2030 zugelassenen Emissionsmengen die nach 2030 noch verbleibenden Emissionsmöglichkeiten erheblich reduzieren und dadurch praktisch jegliche grundrechtlich geschützte Freiheit gefährdet ist. Als intertemporale Freiheitsicherung schützen die Grundrechte die Beschwerdeführenden hier vor einer umfassenden Freiheitsgefährdung durch einseitige Verlagerung der durch Art. 20a GG aufgegebenen Treibhausgasmineralast in die Zukunft. Der Gesetzgeber hätte Vorkehrungen zur Gewährleistung eines freiheitsschonenden Übergangs in die Klimaneutralität treffen müssen, an denen es bislang fehlt.

1. Die angegriffenen Regelungen entfalten eingriffsähnliche Vorwirkung auf die durch das Grundgesetz umfassend geschützte Freiheit. Die Möglichkeiten, von dieser Freiheit in einer Weise Gebrauch zu machen, die direkt oder indirekt mit CO₂-Emissionen verbunden ist, stoßen an verfassungsrechtliche Grenzen, weil CO₂-Emissionen nach derzeitigem Stand weitestgehend irreversibel zur Erwärmung der Erde beitragen, der Gesetzgeber einen ad infinitum fortschreitenden Klimawandel aber von Verfassungen wegen nicht tatenlos hinnehmen darf. Vorschriften, die jetzt CO₂-Emissionen zulassen, begründen eine unumkehrbar angelegte rechtliche Gefährdung künftiger Freiheit, weil sich mit jeder CO₂-Emissionsmenge, die heute zugelassen wird, die in Einklang mit Art. 20a GG verbleibenden Emissionsmöglichkeiten verringern; entsprechend wird CO₂-relevanter Freiheitsgebrauch immer stärkeren, auch verfassungsrechtlich gebotenen Restriktionen ausgesetzt sein. Zwar müsste CO₂-relevanter Freiheitsgebrauch, um den Klimawandel anzuhalten, ohnehin irgendwann im Wesentlichen unterbunden werden, weil sich die Erderwärmung nur stoppen lässt, wenn die anthropogene CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre nicht mehr weiter steigt. Ein umfangreicher Verbrauch des CO₂-Budgets schon bis 2030 verschärft jedoch das Risiko schwerwiegender Freiheitseinbußen, weil damit die Zeitspanne für technische und soziale Entwicklungen knapper wird, mit deren Hilfe die Umstellung von der heute noch umfassend mit CO₂-Emissionen verbundenen Lebensweise auf klimaneutrale Verhaltensweisen freiheitsschonend vollzogen werden könnte.

Die Verfassungsmäßigkeit dieser nicht bloß faktischen, sondern rechtlich vermittelten eingriffsähnlichen Vorwirkung aktueller Emissionsmengenregelungen setzt zum einen voraus, dass sie mit dem objektivrechtlichen Klimaschutzgebot des Art. 20a GG vereinbar ist. Grundrechtseingriffe lassen sich verfassungsrechtlich nur rechtfertigen, wenn die zugrundeliegenden Regelungen den elementaren Grundentscheidungen und allgemeinen Verfassungsgrundsätzen des Grundgesetzes entsprechen. Das gilt angesichts der eingriffsähnlichen Vorwirkung auf grundrechtlich geschützte Freiheit auch hier. Zu den zu beachtenden Grundsätzen zählt auch Art. 20a GG. Zum anderen setzt die verfassungsrechtliche Rechtfertigung voraus, dass die Emissionsmengenregelungen nicht zu unverhältnismäßigen Belastungen der künftigen Freiheit der Beschwerdeführenden führen.

2. Derzeit kann nicht festgestellt werden, dass § 3 Abs. 1 Satz 2 und § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG in Verbindung mit Anlage 2 gegen Art. 20a GG verstoßen.

a) Art. 20a GG verpflichtet den Staat zum Klimaschutz und zielt auf die Herstellung von Klimaneutralität. Der Klimaschutz genießt keinen unbedingten Vorrang gegenüber anderen Belangen, sondern ist im Konfliktfall in einen Ausgleich mit anderen Verfassungsrechtsgütern und Verfassungsprinzipien zu bringen. Wegen der nach heutigem Stand weitestgehenden Unumkehrbarkeit des Klimawandels wären Verhaltensweisen, die zu einer Überschreitung der nach dem verfassungsrechtlichen Klimaschutzziel maßgeblichen Temperaturschwelle führten, jedoch nur unter engen Voraussetzungen – etwa zum Schutz von Grundrechten – zu rechtfertigen. Dabei nimmt das relative Gewicht des Klimaschutzgebots in der Abwägung bei fortschreitendem Klimawandel weiter zu.

Der Klimaschutzverpflichtung aus Art. 20a GG steht nicht entgegen, dass Klima und Erderwärmung globale Phänomene sind und die Probleme des Klimawandels daher nicht durch die Klimaschutzbeiträge eines Staates allein gelöst werden können. Der Klimaschutzauftrag des Art. 20a GG hat eine besondere internationale Dimension. Art. 20a GG verpflichtet den Staat, eine Lösung des Klimaschutzproblems gerade auch auf überstaatlicher Ebene zu suchen. Der Staat könnte sich seiner Verantwortung nicht durch den Hinweis auf die Treibhausgasemissionen in anderen Staaten entziehen. Aus der spezifischen Angewiesenheit auf die internationale Staatengemeinschaft folgt vielmehr umgekehrt die verfassungsrechtliche Notwendigkeit, eigene Maßnahmen zum Klimaschutz tatsächlich zu ergreifen und für andere Staaten keine Anreize zu setzen, das erforderliche Zusammenwirken zu unterlaufen.

Auch der offene Normgehalt von Art. 20a GG und die dort explizit formulierte Verweisung auf die Gesetzgebung schließen eine verfassungsgerichtliche Kontrolle der Einhaltung des Klimaschutzgebots nicht aus; Art. 20a GG ist eine justiziable Rechtsnorm, die den politischen Prozess zugunsten ökologischer Belange auch mit Blick auf die besonders betroffenen künftigen Generationen binden soll.

Indem der Gesetzgeber das Paris-Ziel in § 1 Satz 3 KSG zur Grundlage erklärt hat, hat er in Wahrnehmung seines Konkretisierungsauftrags und seiner Konkretisierungsprerogative das Klimaschutzziel des Art. 20a GG zulässig dahingehend konkretisiert, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C und möglichst auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Dies ist auch der verfassungsgerichtlichen Prüfung zugrunde zu legen.

b) Unter Berücksichtigung des Spielraums des Gesetzgebers ist derzeit nicht festzustellen, dass die Regelungen des § 3 Abs. 1 Satz 2 und § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG in Verbindung mit Anlage 2 das verfassungsrechtliche Klimaschutzgebot aus Art. 20a GG verletzen.

Die verfassungsrechtlich maßgebliche Temperaturschwelle von deutlich unter 2 °C und möglichst 1,5 °C kann prinzipiell ein globales CO₂-Restbudget umgerechnet werden, das sich dann auf die Staaten verteilen lässt. Der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat für verschiedene Temperaturschwellen und verschiedene Eintrittswahrscheinlichkeiten aufgrund eines qualitätssichernden Verfahrens unter Offenlegung der verbleibenden Unsicherheit konkrete globale CO₂-Restbudgets benannt. Auf dieser Grundlage hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen auch für Deutschland ein ab 2020 verbleibendes konkretes nationales Restbudget ermittelt, das mit dem Paris-Ziel vereinbar wäre. Aufgrund der hierin enthaltenen Ungewissheiten und Wertungen kann die ermittelte Budgetgröße zwar derzeit kein zahlengenaues Maß für die verfassungsgerichtliche Kontrolle bieten. Dem Gesetzgeber bleibt Entscheidungsspielraum. Diesen darf er jedoch nicht nach politischem Belieben ausfüllen. Besteht wissenschaftliche Ungewissheit über umweltrelevante Ursachenzusammenhänge, erlegt Art. 20a GG dem Gesetzgeber eine besondere Sorgfaltspflicht auf. Danach müssen bereits belastbare Hinweise auf die Möglichkeit gravierender oder irreversibler Beeinträchtigungen berücksichtigt werden.

Derzeit kann ein Verstoß gegen diese Sorgfaltspflicht nicht festgestellt werden. Zwar folgt daraus, dass Schätzungen des IPCC zur Größe des verbleibenden globalen CO₂-Restbudgets zu berücksichtigen sind, obwohl darin Ungewissheiten enthalten sind. Durch die in § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG in Verbindung mit Anlage 2 geregelten Emissionsmengen würde das vom Sachverständigenrat für Umweltfragen auf der Grundlage der Schätzungen des IPCC ermittelte Restbudget bis zum Jahr 2030 weitgehend aufgebraucht. Das Maß an Verfehlung bildete jedoch verglichen mit den derzeit in der Berechnung des Restbudgets enthaltenen Unsicherheiten keine hinreichende Grundlage für eine verfassungsgerichtliche Beanstandung.

3. § 3 Abs. 1 Satz 2 und § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG in Verbindung mit Anlage 2 genügen jedoch nicht dem aus dem Gebot der Verhältnismäßigkeit folgenden Erfordernis, die nach Art. 20a GG verfassungsrechtlich notwendigen Reduktionen von CO₂-Emissionen bis hin zur Klimaneutralität vorausschauend in grundrechtsschonender Weise über die Zeit zu verteilen.

a) Danach darf nicht einer Generation zugestanden werden, unter vergleichsweise milder Reduktionslast große Teile des CO₂-Budgets zu verbrauchen, wenn damit zugleich den nachfolgenden Generationen eine radikale Reduktionslast überlassen und deren Leben umfassenden Freiheitseinbußen ausgesetzt würde. Künftig können selbst gravierende Freiheitseinbußen zum Schutz des Klimas verhältnismäßig und verfassungsrechtlich gerechtfertigt sein; gerade deshalb droht dann die Gefahr, erhebliche Freiheitseinbußen hinnehmen zu müssen. Weil die Weichen für künftige Freiheitsbelastungen bereits durch die aktuelle Regelung zulässiger Emissionsmengen gestellt werden, müssen die Auswirkungen auf künftige Freiheit aber aus heutiger Sicht verhältnismäßig sein. Auch der objektivrechtliche Schutzauftrag des Art. 20a GG schließt die Notwendigkeit ein, mit den natürlichen Lebensgrundlagen so sorgsam umzugehen und sie der Nachwelt in solchem Zustand zu hinterlassen, dass nachfolgende Generationen diese nicht nur um den Preis radikaler eigener Enthaltensamkeit weiter bewahren könnten.

Die nach 2030 verfassungsrechtlich gebotene Treibhausgasreduktionslast wird erheblich sein. Ob sie so einschneidend ausfällt, dass damit aus heutiger Sicht unzumutbare Grundrechtsbeeinträchtigungen verbunden wären, lässt sich zwar nicht feststellen. Das Risiko gravierender Belastungen ist jedoch hoch und kann mit den künftig betroffenen Freiheitsgrundrechten nur in Einklang gebracht werden, wenn dies mit Vorkehrungen zur grundrechtsschonenden Bewältigung der nach 2030 drohenden Reduktionslast verbunden ist. Das verlangt auch, den Übergang zu Klimaneutralität rechtzeitig einzuleiten. Konkret erforderlich ist, dass frühzeitig transparente Maßgaben für die weitere Ausgestaltung der Treibhausgasreduktion formuliert werden, die für die notwendigen Entwicklungs- und Umsetzungsprozesse Orientierung bieten und diesen ein hinreichendes Maß an Entwicklungsrück und Planungssicherheit vermitteln. Verfassungsrechtlich unerlässlich ist dafür zum einen, dass weitere Reduktionsmaßgaben rechtzeitig über das Jahr 2030 hinaus und zugleich hinreichend weit in die Zukunft hinein festgelegt werden. Zum anderen müssen weitere Jahresemissionsmengen und Reduktionsmaßgaben so differenziert festgelegt werden, dass eine hinreichend konkrete Orientierung entsteht.

b) Der Gesetzgeber hat die Fortschreibung des Treibhausgasreduktionspfads in § 4 Abs. 6 Satz 1 KSG verfassungsrechtlich unzureichend geregelt. Zwar kann nicht verlangt werden, dass die absinkenden Emissionsmengen bereits jetzt bis zur Erreichung der für 2050 angestrebten Klimaneutralität konkret bestimmt werden. Jedoch genügt es nicht, die Bundesregierung lediglich dazu zu verpflichten, einmal – im Jahr 2025 – durch Rechtsverordnung eine weitere Festlegung zu treffen. Vielmehr müsste zumindest geregelt werden, in welchen Zeitabständen weitere Festlegungen transparent zu treffen sind. Mit dem in § 4 Abs. 6 KSG geregelten Vorgehen ist zudem nicht gesichert, dass der weitere Reduktionspfad rechtzeitig erkennbar ist. So erscheint bereits zweifelhaft, dass die erste weitere Festlegung von Jahresemissionsmengen in Zeiträumen nach 2030 im Jahr 2025 rechtzeitig käme. Auch über diese erste Festlegung hinaus ist die Rechtzeitigkeit nicht gesichert, weil § 4 Abs. 6 Satz 1 KSG nicht gewährleistet, dass die Festlegungen weit genug in die Zukunft reichen. Der Gesetzgeber müsste dem Ordnungsgeber, sofern er an dessen Einbindung festhält, weiterreichende Festlegungen aufgeben; insbesondere müsste er ihn schon vor 2025 zur ersten weiteren Festlegung verpflichten oder ihm wenigstens deutlich früher durch gesetzliche Regelung vorgeben, wie weit in die Zukunft die Festlegungen im Jahr 2025 reichen müssen. Wenn der Gesetzgeber die Fortschreibung des Reduktionspfads vollständig übernimmt, muss er selbst alles Erforderliche entsprechend rechtzeitig weit genug in die Zukunft hinein regeln.

c) § 4 Abs. 6 KSG genügt bislang auch nicht den verfassungsrechtlichen Anforderungen aus Art. 80 Abs. 1 GG und dem Grundsatz des Gesetzesvorbehalts. Der Gesetzgeber muss jedenfalls die Größe der festzulegenden Jahresemissionsmengen für Zeiträume nach 2030 selbst bestimmen oder nähere Maßgaben zu deren konkreten Bestimmung durch den Ordnungsgeber treffen.

Quelle: <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html;-jsessionid=BC41D90EBF311DB3024D0DB7...>

Bodenverbrauch entschlossen einschränken – Das Modell Baulandabgaben für Renaturierung

Franziska Eichstädt-Bohlig

Zusammenfassung

Die Senkung des „Verbrauchs“ an Siedlungs- und Verkehrsflächen wartet seit Jahren auf konkret machbare politische Regelungen durch den Bund. Mein Vorschlag für die nächsten zehn bis fünfzehn Jahre: Neben verbindlichen landesplanerischen Vorgaben werden sowohl die Kommunen als auch die Bauherren, die Agrar- und Naturflächen in Bauland oder Verkehrsflächen umwandeln, dazu verpflichtet, entweder entsprechend große Brachflächen dauerhaft zu renaturieren oder spürbare Baulandabgaben an landeseigene Renaturierungsfonds zu entrichten, die damit versiegelte und zerstörte Böden renaturieren. Als Grundlage für diese Form der Flächenkreislaufwirtschaft müssen von den Kommunen klare Abgrenzungen von Innen- und Außenbereichen festgelegt und die für eine dauerhafte Renaturierung bestimmten Grundstücke und Flächen planungsrechtlich gesichert werden.

Methodisch ist dies ein Instrument in Analogie und in Ergänzung zum naturschutzrechtlichen Ausgleich. Wenn nach zehn bis fünfzehn Jahren alle Renaturierungsbrachen üppig grünen und blühen, beginnt die Stufe des „Null-Neuverbrauchs“ an Siedlungsflächen, des Bauens und Lebens ausschließlich in den vorhandenen Siedlungs- und Verkehrsräumen.

Da die Konzentration auf Innenentwicklung und die Einschränkung des Zugriffs auf neue Siedlungsflächen steigende Immobilienpreise mit sich bringen, müssen gleichzeitig im Grundeigentumsrecht und im Mietrecht wirksame preisdämpfende Instrumente entwickelt und durchgesetzt werden. Die ökologische und die soziale Dimension des Allgemeinwohls sind hier untrennbar miteinander verknüpft.

Anmerkung: eine Kurzfassung dieses Beitrags erschien im April 2021 in der Zeitschrift PLANERIN, Heft 2021 (2): 51/52.

Schlagwörter: Flächenkreislaufwirtschaft, Neubaulandabgaben, Brachen-Renaturierung, Renaturierungsfonds/Naturschutzfonds, neue Bodenpreispolitik

1 Einführung

Lebendiger Boden ist als Grundlage für Natur und Nahrung, Wasserhaushalt und Artenvielfalt ebenso unverzichtbar wie für die Bindung von CO₂. Nach unserem Grundeigentumsrecht gilt aber gerade der Boden als besonders wertvoll und teuer, dessen

Lebenskraft unter Beton und Asphalt abgetötet worden ist. Da unsere Gesellschaft immer mehr Raum beansprucht, greifen die Kommunen regelmäßig nach neuen, preiswerteren Flächen an den Siedlungsrändern. Das Planungsrecht und die Bodenpreise sind auf den Zuwachs von neu verfügbaren Siedlungs- und Verkehrsflächen ausgerichtet. Dabei wissen wir, dass wir die weitere Ausdehnung unserer Siedlungen und Verkehrsflächen beenden und soweit wie möglich zerstörte Böden wieder revitalisieren müssen.

2002 hatte die Bundesregierung das Ziel festgelegt, die Inanspruchnahme von Natur- und Landwirtschaftsböden für Siedlungs- und Verkehrsflächen bis 2020 auf 30 ha pro Tag zu begrenzen. Dieses Ziel wurde 2016 als „unter 30-ha-Ziel“ auf 2030 verschoben. An dem Ziel, bis 2050 ein Null-Hektar-Siedlungsflächenwachstum zu erreichen, hält die Bundesregierung aber fest (Bundesregierung Deutschland 2016 und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2016).

Immerhin ist die tägliche Umwandlung von Landwirtschafts- und Naturboden in Siedlungs- und Verkehrsflächen von 130 ha pro Tag im Jahr 2000 auf 52 ha in 2019 gesunken. Doch 52 ha pro Tag entsprechen immer noch 190 km² im Jahr. Das heißt, dass wir in Deutschland den Siedlungsraum in einem Jahr um die Größe der Stadt Nürnberg erweitert haben (Nürnberg ist 186 km² groß). Das 30-ha-Ziel erlaubt immer noch das Umwandeln von 109 km² Boden in neue Siedlungs- und Verkehrsfläche in einem Jahr und entspricht in etwa der Fläche von Kassel (107 km²). Der Weg zum Null-Hektar-Ziel verlangt eine entschlossene Umstellung unserer menschlichen Raumansprüche. Die Probleme der Bodenzerstörung durch die Agrarindustrie und die Flächeninanspruchnahme für Baurohstoffe und Bergbau kommen hinzu, werden hier aber nicht behandelt.

Der Rückgang des Bodenverbrauchs¹ in den letzten Jahren hängt zum einen mit stagnierenden und gesunkenen Einwohnerzahlen und schwachen Baukonjunkturen zusammen, zum anderen aber auch mit dem stärkeren Trend zu urbanem Wohnen und dem Planungsziel der Innenverdichtung in den letzten zwanzig Jahren.

Einen besonders großen Anteil am Bodenverbrauch haben Kleinstädte und ländlich geprägte Regionen. 2017 antwortete die Bundesregierung auf eine Kleine Anfrage der Fraktion der Grünen: „Über 60 % der Flächenneuanspruchen entfallen auf die ländlichen Kreistypen, jedoch nur 10 % der Bevölkerungszunahme. Demgegenüber entfallen auf die kreisfreien Großstädte nur knapp 6 % der Flächenzunahmen, obwohl mehr als die Hälfte des bundesweiten Bevölkerungszuwachses dort erfolgt. In städtischen Kreisen sind die beiden Anteile mit 36 % am Bevölkerungszuwachs und 33 % am Flächenverbrauch fast ausgeglichen. Je ländlicher der Kreistyp, desto höher ist der Pro-Kopf-Neuverbrauch. Ländliche Räume können somit relativ mehr zum Flächensparen beitragen als Ballungsräume.“ (Deutscher Bundestag 2017)

¹ Umgangssprachlich hat sich der Begriff „Flächenverbrauch“ für die Umwandlung von lebendigem Boden in Siedlungs- und Verkehrsflächen eingebürgert. Verbraucht wird aber nicht die Fläche, sondern die Lebensfunktion des Bodens. Darauf möchte ich mit dem Begriff „Bodenverbrauch“ hinweisen.

2 20 Jahre Arbeit am 30-ha-Ziel

Seit der Festlegung des 30-ha-Ziels gab und gibt es eine Vielzahl von Forschungen und Modellprojekten zu Innenverdichtung und Flächensparen. Neue Begriffe und Anforderungen wie Flächenhaushaltspolitik, Flächenkreislaufwirtschaft, Flächenmanagement entstanden. Große Beachtung fand das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung von 2006-2012 geförderte Modellprojekt REFINA. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) forschte intensiv über die Operationalisierung des 30-ha-Ziels und entwickelte ein Siedlungsflächenmonitoring (vgl. u. a.: DIFU 2011; BBSR 2014; Umweltbundesamt 2018).

Fachlich weitgehende Zustimmung haben Instrumente zur Stärkung der Innenentwicklung und raumordnerische Vorgaben zur Flächenbegrenzung als Grundsätze. Wenig Mut gibt es aber bislang, die Umwandlung von Agrar- und Naturboden in Neubauland durch eine Verteuerung des Bodenpreises einzuschränken. Als Instrument der Bepreisung von Neubaulandausweisungen schlug das Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung (IAW) 2003 eine Baulandausweisungsumlage vor (Krumm R. 2003; Krumm R. 2005).

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen bündelte in seinem Umweltgutachten 2016 im Kapitel 4 ‚Flächenverbrauch und demografischer Wandel‘ eine Reihe von Empfehlungen zum besseren Flächensparen. Er empfahl u. a. die Neuversiegelung von Boden mit Entsiegelungsmaßnahmen andernorts zu verknüpfen und Renaturierungsprojekte zu fördern (Sachverständigenrat für Umweltfragen 2016).

Unter dem Motto ‚Innenverdichtung‘ wurde in den Städten bereits viel zur Mobilisierung von Brachen, Baulücken und Dachaufbauten getan. Als Soll-Bestimmung wurde der Vorrang der Innenverdichtung 2013 in §1 Absatz 5 auch im Baugesetzbuch verankert (Gesetz zur Stärkung der Innenentwicklung BGBl. I S. 1548). Die meisten Landesentwicklungspläne haben dies auch in unterschiedlicher Form aufgenommen. Aber auch zwanzig Jahre nach dem Beschluss des 30-ha-Ziels gibt es mehr Kann- und Soll-Bestimmungen als verbindliche Rechtsinstrumente zur Senkung des Bodenverbrauchs.

Die Bundesregierung selbst hat ihre Zielvorgaben immer wieder konterkariert. Der Ausbau der Autobahnen zu sechsspurigen Landschaftsschneisen wird aktiv vorangetrieben. Mit dem ‚Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen‘ (von der Bundesregierung 2014 eingerichtet und in der 19. Wahlperiode unter dem Motto „Wohnraumoffensive“ bis 2021 weitergeführt) und mit der ‚Baulandkommission‘ (Expertenkommission „Nachhaltige Baulandmobilisierung und Bodenpolitik“, die ihre Empfehlungen am 2.7.2019 abgab) schob sich das Thema Baulandbedarf wieder sehr stark in den Vordergrund. 2017 wurde ein neuer Paragraph 13b in das Baugesetzbuch aufgenommen, der den Siedlungsbau in Außenbereichen zunächst für drei Jahre vereinfachte, indem bis zu einer bestimmten Flächengröße die Umweltverträglichkeitsprüfung entfiel. Mit dem

„Baulandmobilisierungsgesetz“ wurde dieser § 13b BauGB bis Ende 2024 wiederbelebt (Baulandmobilisierungsgesetz 2021).

Um die härteren Instrumente zur Begrenzung des Flächenverbrauchs ist es politisch still geworden. Der Handel mit Flächenausweisungszertifikaten und das Modell Baulandausweisungsabgaben warten auf politische Befassung (Umweltbundesamt 2020).

3 Landesplanerische Vorgaben zur Begrenzung der Flächeninanspruchnahme

Seit 2017 stellt das Raumordnungsgesetz in §2 (2) Punkt 6 Satz 3 den Grundsatz auf:

„Die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist zu verringern, insbesondere durch quantifizierte Vorgaben zur Verringerung der Flächeninanspruchnahme sowie durch die vorrangige Ausschöpfung der Potenziale für die Wiedernutzbarmachung von Flächen, für die Nachverdichtung und für andere Maßnahmen zur Innenentwicklung der Städte und Gemeinden sowie zur Entwicklung vorhandener Verkehrsflächen.“ (Raumordnungsgesetz in der Fassung vom 29.11.2017)

Eine Verpflichtung für Länder und Kommunen, ihren Anteil am Siedlungsflächenverbrauch wirksam zu reduzieren, enthält dieser schöne Grundsatz leider nicht. Die Länder dürfen vom ROG abweichen und die Befolgung von raumordnerischen Grundsätzen ist der Abwägung auf den unteren Ebenen anheimgestellt. Soweit Landesentwicklungs- und Regionalpläne den Grundsatz der Flächenreduktion vorgeben, reichen sie ihn mehr oder weniger konkret an die unteren Ebenen weiter. Hier einige Beispiele:

Der Landesentwicklungsplan Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg verweist auf das 30-ha-Ziel und interpretiert es so: „Dennoch werden in allen Teilräumen ausreichende Entwicklungsmöglichkeiten sowohl für Gewerbe als auch für Wohnen ermöglicht. Alle Kommunen haben einen ausreichenden Spielraum für Eigenentwicklung. Während es für die Entwicklung von Gewerbegebieten keinerlei quantitative Begrenzung gibt, wird die Wohnsiedlungsentwicklung für die Aufnahme des Bevölkerungswachstums auf besonders geeignete Flächen gelenkt.“ (Landesentwicklungsplan Hauptstadtregion 2019, Anlage 1: 15)

Andere Länder haben das 30-ha-Ziel als Grundsatz übernommen und anteilig auf die Ebene der Landesplanung heruntergebrochen.

Der Landesentwicklungsplan Hessen von 2018 gibt die Reduktion des Flächenverbrauchs auf 2,5 Hektar pro Tag als Grundsatz vor, ebenso wie Grundsätze für regionalplanerische Mindestdichtewerte, und legt als Ziel fest, dass Außenbereichsflächen nur in Anspruch genommen werden dürfen, wenn im Innenbereich keine geeigneten Flächen verfügbar sind (Landesentwicklungsplan Hessen 2018).

Auch Rheinland-Pfalz verpflichtet die Kommunen zum Nachweis ihrer Innenentwicklungspotenziale, bevor sie neues Bauland ausweisen (Landesregierung Rheinland-Pfalz 2015). Rheinland-Pfalz stellt den Kommunen seit 2010 auch ein Flächen-Monitoring zur Verfügung, ebenso wie einen Folgekostenrechner für die Ausweisung von Wohnungsbauflächen (Ministerium für Wirtschaft, Energie, Klimaschutz und Landesplanung Rheinland-Pfalz 2011).

In Nordrhein-Westfalen verankerte die frühere Rot-Grüne Landesregierung in dem im Februar 2017 beschlossenen Landesentwicklungsplan den Grundsatz einer Obergrenze von 5 Hektar pro Tag für die landesweite Flächeninanspruchnahme. Doch die im Herbst 2017 gewählte Schwarz-Gelbe Landesregierung hob diese Siedlungsflächenbegrenzung wieder auf, so dass es nicht zur praktischen Anwendung kam (Umweltbundesamt 2020: 81 ff.).

In Bayern bemüht sich ein „Bündnis zum Flächensparen“ seit Jahren um die Reduzierung des Flächenverbrauchs. Mit Wirkung zum 01.01.2021 wurde das dem bayerischen Landesanteil entsprechende ‚5-ha-Ziel‘ als Grundsatz der Raumordnung in das Bayerische Landesplanungsgesetz aufgenommen. Das Ziel der Initiative, welche die Konkretisierung des 5-ha-Ziels durch quantifizierte Vorgaben für die kommunale Ebene und die Fachplanungen gefordert hatte, wurde nicht durchgesetzt (Gesetz zur Änderung des bayerischen Landesplanungsgesetzes 2020).

Die Begrenzung der Flächeninanspruchnahme sollte nicht nur als Grundsatz, sondern als verbindliches Ziel der Landesplanung vorgegeben werden. Auch sind Nachweise zu den Potenzialen der Innenentwicklung, Nachweise für den Bedarf einer Flächeninanspruchnahme und kommunale Folgekostenberechnungen für Baulandausweisungen zwingend erforderlich. Dabei macht es Sinn, in den nächsten Jahren den Anteil am 30-ha-Ziel auf Landesebene als Maßstab zu nehmen und mit regionalplanerischen Kriterien zu verknüpfen. Eine gewisse Flexibilität und „eingeschränkte“ Planungshoheit sollte den Kommunen dabei aber erhalten bleiben.

4 Neubaulandumlage und Flächenzertifikatehandel

In Ergänzung zu landesplanerischen Vorgaben ist auf der kommunalen Ebene eine ökonomische Steuerung zur Begrenzung der weiteren Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen unabdingbar. Dafür stehen bislang die beiden o.g. Konzepte zur Debatte. Es ist insbesondere das vom Umweltbundesamt erarbeitete Instrument des Handels mit Flächenzertifikaten, zu dem auch Modellprojekte und ein umfassendes Planspiel erfolgreich durchgeführt wurden (Umweltbundesamt 2019).

Zum anderen ist es das 2003 von R. Krumm vom IAW Tübingen skizzierte ‚BLAU-Konzept‘ einer Baulandausweisungsumlage, die Kommunen für neu auszuweisende

Bauflächen an das Land abführen sollen als Anreiz, mit unversiegeltem Boden sparsamer umzugehen. Das Umlageaufkommen sollte dann nach Einwohnerschlüssel umverteilt an die Kommunen zurückfließen (Krumm R. 2003; Krumm R. 2005).

Beide Konzepte wollen die Umwandlung von Ackerboden in Bauland durch eine besondere Preisgestaltung verteuern. Das ist sehr sinnvoll, weil das Umwidmen von Ackerland in Bauland bisher wesentlich preiswerter und organisatorisch einfacher ist als jede Innenentwicklung. Eine spürbare Verteuerung der Außenentwicklung stärkt die Innenentwicklung und sollte auch zu höheren Baudichten führen. Gleichzeitig erhalten beide Konzepte den Kommunen ein gewisses Maß an Entscheidungsspielraum. In beiden Modellen werden auch Ansätze der Verknüpfung mit dem Rückbau von ungebrauchten, aber versiegelten Grundstücken und Flächen angedeutet. Im BLAU-Konzept ist es der Verweis auf Innenentwicklungsfonds und Ökofonds, beim Flächenzertifikatehandel sind es die „Weißen Zertifikate“, die man für den Rückbau von versiegelten Böden erwerben kann.

Zu beiden Strategien fehlt bislang aber eine öffentlich wahrnehmbare politische Befassung und Bewertung. Das – methodisch leider sehr spröde dargestellte – „BLAU-Konzept“ ist offenbar nicht weiterverfolgt worden, obwohl es einen deutlich geringeren Organisationsaufwand erfordern würde als der Flächenzertifikatehandel.

Das Modell des Flächenzertifikatehandels halte ich trotz seiner erfolgreichen Erprobung in mehrfacher Hinsicht für problematisch. Mit diesem Verfahren soll der marktwirtschaftliche Warencharakter des Bodens in der Form des Zertifikatehandels auch auf die inter-kommunale Ebene gehoben werden, während es dringend nottut, die Wertschätzung für den Erhalt und die Schaffung von unzerstörtem Boden bei Staat, Wirtschaft und Gesellschaft in neuer Weise zu verankern. Ein Marktplatz, wo sich die wachstumsstarken und die strukturschwachen Kommunen als Händler gegenüberstehen, erscheint mir als politisches Leitbild für den Umgang mit Grund und Boden nicht angemessen, dies insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass die räumlichen Ungleichheiten sich überwiegend mit politischen Ungleichheiten zwischen Ost und West decken. So hätte es einen politisch unguuten Beigeschmack, wenn die reichen Kommunen in Bayern und Baden-Württemberg den armen Verwandten in Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern ein paar Zertifikate bezahlen, weil diese doch absehbar keine großen Entwicklungschancen haben.

Darum halte ich den Flächenzertifikatehandel für ein methodisch durchaus kluges, aber ethisch und politisch problematisches Instrument. Die positiven Effekte, die in dem großen Modellversuch erarbeitet wurden, lassen sich auch mit einfacheren Abgabemodellen erzielen.

5 Mein Vorschlag: Die Verknüpfung von Neubaulandabgaben mit Bodenrenaturierung

Eigentlich sollen die im Bundesnaturschutzgesetz vorgegebenen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen unvermeidliche Eingriffe in Natur und Landschaft kompensieren. Angewendet werden soll dies grundsätzlich in Außenbereichen und bei Bebauungsplanverfahren in Innenbereichen (Bundesnaturschutzgesetz §§ 13-18 und Baugesetzbuch § 1a). Leider wirken diese Verfahren nur da, wo sich zuständige MitarbeiterInnen der Verwaltung sehr konsequent dafür einsetzen. Vielfach wird die nach § 35 Abs. 5 Baugesetzbuch im Außenbereich obligatorische Rückbauverpflichtung gar nicht eingefordert und nicht kontrolliert. Auch die Verpflichtung zur Altlastensanierung nach dem Bodenschutzgesetz wird nicht immer systematisch durchgesetzt.

Im Rahmen der Bauleitplanung werden bislang überwiegend Biotope bewertet, die durch neue Nutzungen zerstört werden. Die quantitative Umwidmung und Inanspruchnahme von Agrar- oder Naturboden in Siedlungs- und Verkehrsfläche selbst ist nicht ausgleichspflichtig durch Wiederherstellung von Naturboden andernorts. Folglich gibt es in Deutschland viele auf Entsiegelung, Altlastenentsorgung und Renaturierung wartende Grundstücke und Flächen.

Dem Prinzip der Flächenkreislaufwirtschaft muss aber endlich Durchsetzungskraft und Schwung gegeben werden. Dazu soll unabweisbarer Siedlungsneubedarf von Wachstumsregionen mit der Wiederherstellung des Bodens von absehbar nicht zur Wiedernutzung geeigneten, verfallenden Grundstücken und Arealen verknüpft werden. Abrissreife Gebäude, Militär-, Industrie- und Agrar-Brachen, die absehbar nicht neu bebaut und wiedergenutzt werden, sollen dauerhaft renaturiert werden.

Dafür soll die Umwandlung von Agrar- oder Naturland in Bauland durch eine zweifache Neubaulandabgabe gezielt verteuert werden. Mit je einer Abgabe sollen sowohl die Bauland ausweisende Kommune oder der Planungsträger als auch die Baulandkäufer/ Investoren belastet werden. Die Abgaben fließen in die Naturschutzfonds der Länder oder in Naturschutz-Stiftungen mit der Zweckbindung der Renaturierung von bislang versiegelten und zerstörten Böden. Die Bedingung ist, dass der Boden dauerhaft als Grünanlage, Öko-Landwirtschaftsfläche, Wald oder Naturfläche genutzt und bewirtschaftet wird, nicht als neues Bauland. Dazu eine knappe Skizze:

5.1 Der erste Schritt: Zwei Neubaulandabgaben

- Vor Einführung von Abgaben werden klare und rechtlich eindeutig fixierte Abgrenzungen von Innen- und Außenbereichen von den Kommunen in Abstimmung mit der Landesplanung festgelegt – und zwar zum rechtlich gültigen Status quo (oder sogar zum Status quo ante bei zu viel unbebautem Vorratsbauland!).

- Für die neue Inanspruchnahme von Siedlungs- oder Verkehrsflächen in den Außenbereichen sollen bundesweit einheitliche Baulandabgaben erhoben werden, die zweifach zu erbringen sind, einerseits von der neuen Bruttobauland ausweisenden Kommune oder dem Planungsträger von überörtlichen Verkehrs- und Infrastrukturmaßnahmen, andererseits von den Investoren bzw. Käufern und Grundstücksnutzern für die von ihnen erworbenen Grundstücke. Für ein Stück Autobahn könnte dann eine zweifache Abgabe fällig sein.
- Mit der Höhe der Abgaben soll die Inanspruchnahme von bisherigem Agrar- und Naturland spürbar und einheitlich verteuert werden, um eine weitere Zersiedelung und Verkehrserschneidung wirksam zu begrenzen. Der Bodenpreis soll im Ergebnis eine Wertschätzung des natürlichen Bodenspiegels und nicht die Unterschiede der Bodenrichtwerte von Siedlungsflächen. Sinnvollerweise sollte die Kommune Ersterwerber des Agrarlands zum Anfangswert sein.
- Die Bestimmung der Neubaulandabgaben für Kommunen, Planungs- und Bauträger sollte nicht dem kleinsten politischen Nenner überlassen werden, sondern vor Einführung gutachterlich auf der Grundlage der Bodenrichtwertunterschiede für Agrarland und voll erschlossenes Bauland für eine GFZ von mindestens 0,6 in wachstumsstarken Siedlungsräumen ermittelt werden und dann bundesweit einheitlich gelten.
- Als wirksame Größenordnung für die Abgaben könnte ich mir beispielsweise 80 €/m² bis 100 €/m² Bruttobauland für die Flächenausweisung und 100 €/m² bis 150 €/m² Nettobauland für die Bauträger vorstellen. Die Abgaben müssen so hoch sein, dass die Neubaulanderschließung für Kommunen mit Eigenbedarf uninteressant wird und Siedlungserweiterungen auf möglichst wenige wachstumsstarke Regionen und Siedlungsachsen konzentriert werden. Für Siedlungsflächen, die überwiegend als unversiegelte Grünflächen genutzt werden, sollten reduzierte Abgaben gelten.
- Soweit die Bodenpreise für die baureifen Grundstücke deutlich über die anteiligen Aufwendungen steigen, sollte die Gemeinde dafür durchaus zusätzlich einen Wertausgleich oder Infrastrukturleistungen per städtebaulichem Vertrag beanspruchen.
- Kommunen können anstelle der Baulandabgabe auch die Renaturierung einer entsprechend großen Bodenfläche in ihrer Gemeinde durchführen.
- Für vor Einführung eines solchen Abgabemodells bereits ausgewiesenes, aber nicht oder nur teilerschlossenes oder teilbebautes Neubauland sollte gelten, dass die Kommune spätestens 15 Jahre nach dem ursprünglichen B-Planbeschluss die (Teil-) Rücknahme beschließen muss. Andernfalls sollte sie und/oder der Grundeigentümer dazu verpflichtet werden, für die noch zu bebauenden Grundstücke ebenfalls Baulandabgaben zu bezahlen. Das soll das Interesse an Vorratsbeschlüssen mindern.

5.2 Der zweite Schritt: Die Renaturierung von zerstörten Böden

Die Neubaulandabgaben sollen gezielt in die Entsiegelung und Renaturierung von Bau-ruinen, Brachen und zerstörten Böden gelenkt werden. Das in Innenbereichen erfolgreiche Recyceln von Brachen durch neue Bebauung und Nutzung muss durch eine Strategie der systematischen Renaturierung ergänzt werden, um die Böden von verlassenen Gebäuden, Industrie- und Verkehrsflächen, Infrastrukturen und Militärbrachen, die nicht wieder für Siedlungszwecke gebraucht werden, schrittweise zu begrünen. Die geltenden naturschutzrechtlichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sollen damit verzahnt und in ihrer Anwendung verbessert und kontrollierbar gemacht werden. Eine bundesweite Vereinheitlichung der Regelwerke wäre dafür sehr sinnvoll.

Wenn in Zukunft Boden und Siedlungsräume als begrenzte Ressourcen zu betrachten sind, muss dafür eine neue Kultur der Achtsamkeit und Sparsamkeit entwickelt werden. Unter anderem müssen dafür die Rahmenbedingungen für Abriss, Entsiegelung und Altlastensanierung verbessert werden, wobei hier ausschließlich die Renaturierung von ganzen Grundstücken und größeren (Teil-)Flächen thematisiert wird, die kleinteilige Entsiegelung von Freiflächen im Siedlungsbestand muss mit anderen Rechts- und Förderinstrumenten forciert werden.

Das Rückbau- und Entsiegelungsgebot des § 179 Baugesetzbuchs verlangt im Unterschied zum Rückbau im Außenbereich nach § 35 (5) BauGB und zur Altlastensanierung nach dem Bodenschutzgesetz vom Eigentümer nur die Duldung der Beseitigung von baulichen Anlagen, wenn sie den Festsetzungen des Bebauungsplans widersprechen oder wenn die Gebäude nicht behebbare Mängel und Missstände aufweisen. Aber auch die Rückbauverpflichtungen im Außenbereich und auch die Verpflichtungen zur Altlastensanierung werden zu oft zu lax gehandhabt. Darum müssen bundesweit verbindliche Rechtsgrundlagen und kommunale Kontrollmaßnahmen geschaffen werden, die Grundeigentümer zur Renaturierung von verwahrlosten Grundstücken und versiegelten Flächen verpflichten, wenn diese absehbar für keine neue bauliche Nutzung gebraucht werden. Dies sollte auch unabhängig von dem Modell der Baulandabgaben gelten.

Dementsprechend sind die Schritte zur Boden-Renaturierung:

- Im Baugesetzbuch sind Regelungen erforderlich, die in Innen- und Außenbereichen gleichermaßen alle Grundeigentümer zu Abriss, Altlastensanierung und Renaturierung verpflichten bei nicht mehr gebrauchten Gebäuden und Bodenversiegelungen. Dies muss mit klaren Fristen vereinbart und auch kontrolliert werden. Sollten die Eigentümer nicht zu Abriss und Renaturierung bereit oder in der Lage sein, so ist das Grundstück der Kommune oder einem Naturschutzfonds unentgeltlich zu übertragen.

- Auch der Umgang mit Baurechten und bereits ausgewiesenem, aber ungenutztem oder untergenutztem Bauland muss besser geklärt werden als bislang. Das Baugesetzbuch erlaubt die entschädigungslose Aufhebung oder Änderung von per Bebauungsplan gewährttem Baurecht, wenn sieben Jahre lang davon kein Gebrauch gemacht wurde. (§ 42 Abs. 3 BauGB). Die Kommune aber darf den Plan unbefristet in der Schwebe halten. Das verführt zu Baulandausweisungen auf Vorrat. Sinnvoll wäre eine Vorgabe, dass B-Pläne nach z. B. 10 oder 15 Jahren ihre Gültigkeit verlieren, es sei denn, die Gemeinde beschließt sie erneut.
- Für Grundstücke, die für Grünnutzung zurückgebaut und entsiegelt werden sollen, legen die Kommunen in Abstimmung mit den jeweiligen Eigentümern und mit dem Denkmalschutz in formalen B-Planverfahren Abrisse, Entsiegelung, Altlastensanierung und die künftigen Freilandnutzungsziele fest. Wenn die Eigentümer nicht selbst für den Rückbau aufkommen, werden die Grundstücke unentgeltlich auf die Kommune oder einen Naturschutzfonds übertragen.
- Die Bundesländer bilden Renaturierungsfonds als Dienstleister für Flächenmanagement, Abriss, Entsiegelung, Altlastensanierung und Renaturierung und bei Bedarf auch für die künftige Pflege und Bewirtschaftung der ihnen übertragenen Grundstücke. Diese Aufgabe können auch die jetzigen Naturschutzfonds der Länder oder entsprechende Stiftungen von Naturschutzverbänden übernehmen.
- Das Leitbild ist: Für jeden Quadratmeter neu gebrauchte Siedlungs- und Verkehrsfläche soll auf einem Quadratmeter Brache wieder frisches Grün sprießen. Dies wird sich nicht immer verwirklichen lassen. Aber soweit Neubaulandabgaben eingehen, können aus den Renaturierungsfonds notwendige Abriss- und Entsiegelungsmaßnahmen finanziert und durchgeführt werden, ebenso wie Altlastensanierungen – wenn sie nicht vom Eigentümer zu leisten sind.
- Eigentumsrechtlich sollten möglichst viele der auf Dauer oder langfristig renaturierten Flächen in öffentliche Hände übergehen und je nach dem Nutzungsziel entweder von den Kommunen oder von Bürgervereinigungen als Grünanlage gepflegt werden, für forst- oder biolandwirtschaftliche Nutzung verpachtet werden oder von Stiftungen der Naturpflege bewirtschaftet werden.
- Die Mittel der Renaturierungsfonds sind kombinierbar mit Mitteln aus Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Bundesnaturschutzgesetz bzw. Baugesetzbuch.
- Die Gelder werden erst kommunal, dann landesweit und letztlich bundesweit eingesetzt. Meldet ein Land keinen Renaturierungsbedarf an, so gehen die Mittel mit Priorität an die Bundesländer, die den höchsten Renaturierungsbedarf angemeldet haben.
- Das Verfahren ist kein Ersatz für Entsiegelungsgebote und/oder die Förderung von kleinteiligen Entsiegelungsmaßnahmen in Siedlungsgebieten!

Und wenn nach vielleicht zehn bis fünfzehn Jahren in ganz Deutschland alle Brachen und Abrissgrundstücke in blühende Landschaften verwandelt sind, so gilt von da an der Null-Hektar-Neuverbrauch für Siedlungs- und Verkehrszwecke.

6 Ökologische Nachhaltigkeit braucht soziale und ökonomische Nachhaltigkeit

Nur wenn die planungsrechtliche Umwidmung von Natur- und Agrarland in Siedlungsfläche minimiert und gleichzeitig stringent mit dem Rückbau an anderer Stelle verbunden wird, begibt sich Deutschland in Richtung eines Null-Neuverbrauchs an Siedlungs- und Verkehrsfläche. Darum müssen Siedlungserweiterungen eng begrenzt werden auf die Regionen mit starkem Bevölkerungswachstum. Rückbau und Bodenentsiegelung sind aber nur der Anfang für eine Regeneration der natürlichen Bodenfunktionen, die auch bei besonderer Pflege mit Terra Preta und Permakulturen Jahrzehnte dauern kann (Brown 2020).

Politisch steckt in dem Projekt ‚Flächensparen‘ aber auch ein grundlegender sozialökonomischer Konflikt – und zwar für jedes Modell, das den ‚Flächenverbrauch‘ wirksam begrenzt. Nach marktwirtschaftlichem Bodenpreisrecht führt die Einschränkung des Zugriffs auf neue Siedlungsflächen zu steigenden Immobilienpreisen und damit auch zu steigenden Wohnungs- und Gewerbemieten in den wachstumsstarken Regionen. Neben anderen preis- und kostentreibenden Faktoren verschärft die Verknappung von Siedlungsflächen also auch die Probleme der Bezahlbarkeit von Wohnungs- und Gewerberaum.

Im Miet- und Grundeigentumsrecht müssen darum auch wirksame preisdämpfende Instrumente entwickelt und umgesetzt werden, um den Zielkonflikt zwischen einem unabweisbaren Siedlungsflächenbedarf und der Begrenzung des Bodenverbrauchs als ökologischer Notwendigkeit tendenziell auszugleichen. Wenn der Siedlungsflächenverbrauch in 20 bis 30 Jahren in Richtung Null Hektar pro Tag gesteuert werden soll, muss das einhergehen mit einer grundsätzlichen Neujustierung der Rechte und Pflichten des Grundeigentums. Dabei muss Artikel 14 Absatz 2 Grundgesetz, nach dem Eigentum „zugleich dem Wohle der Allgemeinheit dienen“ soll, im Zentrum stehen und das Allgemeinwohl muss gleichermaßen sozial und ökologisch verstanden werden.

7 Literatur

- Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3.11.2017 (BGBl.: 2939), zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 14.06.2021: 1802.
- Brown, G. (2020): Aus toten Böden wird fruchtbare Erde, Rottenburg.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2014): Flächenverbrauch, Flächenpotenziale und Trends 2030, BBSR-Analysen Kompakt 07/2014.
- BBSR – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, Berlin.
- Bundesregierung Deutschland (2016): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Neuaufgabe).
- Deutscher Bundestag (2017): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen zu „Flächenverbrauch und Flächenzertifikate“, Drucksache 18: 12065.
- difu – Deutsches Institut für Urbanistik (2011): Nachhaltiges Flächenmanagement – Ein Handbuch für die Praxis. Ergebnisse aus der REFINA-Forschung. <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/127284> (Zugriff: 12.07.2021).
- difu – Deutsches Institut für Urbanistik (2018): Aktionsplan Flächensparen, Texte 38: 2018.
- Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BnatschG) vom 29. Juli 2009, BGBl.: 2542; zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 18.08.2021: 3908.
- Gesetz zur Mobilisierung von Bauland (Baulandmobilisierungsgesetz) vom 14.06.2021. BGBl. 2021: 1802.
- Gesetz zur Stärkung der Innenentwicklung in den Städten und Gemeinden und weiteren Fortentwicklung des Städtebaurechts vom 11. Juni 2013. BGBl.: 1548.
- Gesetz zur Änderung des bayerischen Landesplanungsgesetzes vom 23.12.2020, Bayerisches Gesetz- und Verordnungsblatt Nr. 31 vom 31.12.2020: 675.
- Krumm, R. (2003): Die Baulandausweisungsumlage als flächenpolitisches Steuerungsinstrument, in: Wirtschaftsdienst, Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 83. Jahrg.: 409-416.
- Krumm, R. (2005): Das fiskalische BLAU-Konzept zur Begrenzung des Siedlungsflächenwachstums, IAW Diskussionspapiere 12.
- Landesentwicklungsplan Hessen (2018): Dritte Verordnung zur Änderung der Verordnung über den Landesentwicklungsplan Hessen 2000, Nr. 19 – Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen – 10.09.2018: 409, 412.
- Landesregierung Rheinland-Pfalz (2015): Zweite Änderung des Landesentwicklungsprogramms vom 21. Juli 2015, Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Rheinland-Pfalz vom 21. August 2015).

- Ministerium für Wirtschaft, Energie, Klimaschutz und Landesplanung Rheinland-Pfalz (2011): Raum + Rheinland-Pfalz 2010, Mainz.
<https://mdi.rlp.de/de/unsere-themen/landesplanung/raum-monitor>; www.folgekostenrechner-rlp.de (Zugriff: 12.07.2021).
- ROG – Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl.: 2986), zuletzt geändert durch Art. 5 G v. 03.12.2020: 2694.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2016): SRU-Umweltgutachten 2016 „Impulse für eine integrative Umweltpolitik“ in: Deutscher Bundestag, Drs. 18/8500.
- Umweltbundesamt (2018): Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme – Aktionsplan Flächensparen, Texte 38/2018.
- Umweltbundesamt (2019): Modellversuch Flächenzertifikatehandel, UBA-Texte 16/2019.
www.umweltbundesamt.de/publikationen/modellversuch-flaechenzertifikatehandel (Zugriff: 12.07.2021).
- Umweltbundesamt (2020): Innovative Instrumente zum Flächensparen und zur Förderung der Innenentwicklung, Texte 158/2020.
- Verordnung über den Landesentwicklungsplan Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg (LEP HR) vom 29.04.2019.

Entsiegelungspotenziale zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung: Vorschläge für eine verbesserte Nutzung aus fachlicher, rechtlicher und förderpolitischer Sicht

Nadine Pannicke-Prochnow, Juliane Albrecht, Uwe Ferber, Karl Eckert, Christopher Krohn, Karin Thinius

Zusammenfassung

Entsiegelungsmaßnahmen können zum Bodenschutz und zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen, zur Klimaanpassung sowie zu Land Degradation Neutrality (SDG 15.3) beitragen. Dem hohen Nutzen von Entsiegelungsmaßnahmen stehen allerdings die geringe Verfügbarkeit von Entsiegelungspotenzialen sowie diverse Umsetzungshemmnisse für Entsiegelungsmaßnahmen gegenüber.

Aus rechtlicher Sicht gibt es verschiedene Instrumente, um Entsiegelungspotenziale zu aktivieren. Entsprechende Vorschriften sind in den Bereichen des Bau- und Bodenschutzes, aber auch des Wasser-, Naturschutz- und Planungsrechts zu finden. Die gesetzlichen Regelungen müssen aber besser umgesetzt und optimiert werden, um tatsächlich zu mehr Entsiegelungen in der Praxis beizutragen.

Aus förderpolitischer Sicht sind vor allem Förderprogramme auf kommunaler und Landesebene, ergänzend auch auf Bundes- und EU-Ebene, relevant. Neben den Programmkulissen Städtebauförderung, Klimaanpassung, Brachenabriss und Quartiersaufwertung kann auf ein breites Spektrum informeller Anreizinstrumente, bspw. Beratungsangebote, zurückgegriffen werden.

Schlagwörter: Entsiegelung, Bodenfunktionen, Klimaanpassung, Recht, Förderinstrumente

1 Einführung

Der Erhalt natürlichen Bodens mitsamt all seinen Funktionen ist für eine nachhaltige Entwicklung unabdingbar. Böden sind zentral für Nahrungsmittel- und Trinkwasserversorgung, Klimaschutz und den Erhalt der Biodiversität – kurz: für das Überleben der Menschheit. Sie tragen zur Versickerung und Zwischenspeicherung von Regenwasser bei und sorgen für die Wasserversorgung der Vegetation. Sie unterstützen die Verdunstung, welche für die Kühlung des Klimas, insbesondere in urbanen Räumen, von Bedeutung ist.

Durch die zunehmende Versiegelung von Flächen im Zuge der Urbanisierung stehen diese Bodenökosystemleistungen allerdings nicht mehr oder nur noch eingeschränkt zur Verfügung. Durch Entsiegelung können die natürlichen Bodenfunktionen und resultierende Ökosystemleistungen weitgehend wiederhergestellt werden und so wichtige Beiträge für die Klimaanpassung leisten, insbesondere in den Bereichen Wasser- und Bodenschutz sowie Natur- und Gesundheitsschutz, z. B. durch Reduzierung von Hitzestress in Städten oder durch Vorsorge gegen Hochwasser.

Somit kann Entsiegelung einen wichtigen Beitrag zu folgenden übergeordneten Zielen für Umwelt und nachhaltige Entwicklung leisten: 1. den Bodenschutz und die Verbesserung von Ökosystemleistungen, 2. die Klimaanpassung und 3. das Ziel der „Land degradation neutrality“ (SDG 15.3, vgl. Umweltbundesamt 2020). Es ist daher notwendig, Maßnahmen zur Entsiegelung zu treffen, die darauf abzielen, eine Wiederherstellung von Bodenfunktionen und Anpassung an den Klimawandel zu bewirken. Bislang werden Entsiegelungspotenziale allerdings unzureichend genutzt, um zu den genannten Zielen beizutragen.

2 Empfehlungen

Um die Umsetzung vorhandener Entsiegelungspotenziale zu unterstützen und die knappen Flächenpotenziale für Bodenschutz und Klimaanpassung zu mobilisieren, wurden durch das vom Umweltbundesamt geförderte Forschungsvorhaben „Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung“ (FKZ 3719482070) Vorschläge aus fachlicher, rechtlicher und förderpolitischer Sicht erarbeitet (Pannicke-Prochnow et al. 2021). Diese werden nachfolgend vorgestellt.

2.1 Empfehlungen aus fachlicher Sicht

Entsiegelung ist eine wichtige Maßnahme zur Kompensation nicht-vermeidbarer Neuversiegelungen, aber auch zur Wiederherstellung eines naturnahen Boden- und Wasserhaushalts. Zudem ist Entsiegelung ein wichtiger Baustein für die Klimaanpassung, insbesondere in anthropogen überprägten und verdichteten Gebieten. Aufgrund der Erwärmung infolge des voranschreitenden Klimawandels steigt die Wahrscheinlichkeit für Starkregen-, Überflutungs- und Hochwasserereignisse. Gleichzeitig nehmen Trockenheit und Dürren sowie Hitze zu (adelphi et al. 2015). Im Rahmen der öffentlichen Daseinsvorsorge ist die Anpassung an die Klimawandelfolgen ein zunehmend wichtiger Bestandteil des Bevölkerungsschutzes, der durch Entsiegelungsmaßnahmen unterstützt werden kann.

Zu unterscheiden sind Vollentsiegelung und Teilentsiegelung. *Vollentsiegelung* von Flächen erfolgt, wenn die bodenversiegelnden Sperr- und Deckschichten inkl.

Fremdmaterialien und Verdichtungen vollständig beseitigt werden. Während bei einer Vollentsiegelung ein anschließender Profilaufbau (zur Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen und/oder zur Erzeugung einer durchwurzelbaren Bodenschicht) dazugehört, findet bei einer Teilentsiegelung nicht zwangsläufig Profilaufbau statt. Eine *Teilentsiegelung* bezeichnet die unvollständige Beseitigung der Profilschichten einer Flächenbefestigung (z. B. durch Belag austausch oder *Teilflächenentsiegelung*), was die Wiederherstellung von Bodenfunktionen erschwert.

Entsiegelungsmaßnahmen können zu einem naturnahen Wasserhaushalt mit Reduzierung von Oberflächenabfluss, Hoch- und Niedrigwasser und einer Erhöhung von Versickerung und Retention beitragen. Durch eine höhere Verdunstungskühlung, insbesondere in Kombination mit Begrünungsmaßnahmen, können sie zur Reduzierung von Hitzestress beitragen. Neben Vollentsiegelungsmaßnahmen können auch Teilentsiegelungsmaßnahmen bereits wichtige Beiträge zur Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushalts und Mikroklimas und somit zum Gesundheitsschutz leisten. Insbesondere auf Flächen mit bestehenden Nutzungen können kleinere Teilentsiegelungsmaßnahmen im Bestand eine gute Ergänzung zu großflächigen Vollentsiegelungs- und Renaturierungsmaßnahmen darstellen. Wichtige Beiträge zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und Ökosystemleistungen und somit zum Boden- und Naturschutz können insbesondere durch Vollentsiegelungsmaßnahmen in Stadtrandlagen und im ländlichen Raum erzielt werden.

Die positiven Auswirkungen von Entsiegelungsmaßnahmen werden aber oftmals noch nicht hinreichend wahrgenommen und genutzt. Zum einen ist das Angebot an verfügbaren Entsiegelungspotenzialen sehr begrenzt und räumlich heterogen verteilt: Lediglich etwa 1 % der Gebäude- und Freiflächen in Deutschland stehen als Renaturierungspotenziale zur Verfügung, wobei nicht 100 % der Flächen versiegelt sind. Weitere 3 bis 5 % der Gebäude- und Freiflächen kommen als Innentwicklungsreserve dazu, ebenso wie kleinere Flächen im Quartier, die für ergänzende Teilentsiegelungsmaßnahmen genutzt werden können. Die größten Hemmnisse zur Umsetzung von Entsiegelungsmaßnahmen bestehen derzeit in unzureichenden finanziellen Kapazitäten, ungeeigneten rechtlichen Vorgaben für die Pflichten der Kommunen und die Inpflichtnahme Privater, (Flächen-) Nutzungskonflikten, fehlenden Mehrheiten sowie mangelndem Bewusstsein für die Chancen, die sich für das Erreichen von Klimaanpassungszielen und anderen kommunalen Entwicklungszielen ergeben.

Das erfordert einerseits Bestandsaufnahmen zur Identifizierung und Charakterisierung von konkreten Entsiegelungsflächen, andererseits die Identifizierung von Klimaanpassungsbedarfen auf Quartiersebene sowie deren Zusammenführung in konsistenten und ausgewogenen Flächen- und Innenentwicklungskonzepten. Um größtmögliche und zügige Klimaanpassungserfolge erzielen zu können, sollten die Entsiegelungsmaßnahmen anhand ihres erwarteten Nutzens und ihrer veranschlagten Kosten priorisiert werden.

Für ein optimales Kosten-Nutzen-Verhältnis aller Maßnahmen sind im Hinblick auf deren Klimaanpassungsbeitrag oftmals individuelle Kompromisse nötig.

Entsiegelungsmaßnahmen sollten nicht als alleinstehende Maßnahmen betrachtet werden, sondern die Sanierung von Altlasten, Begrünungsmaßnahmen und Maßnahmen für die soziale Entwicklung, z. B. durch Schaffung von frei zugänglichen Grünräumen und Freizeitflächen, insbesondere in dicht bebauten und/oder benachteiligten Gebieten, integrieren. Weiterhin sollten Kommunen als zentrale Akteure zur Initiierung und als Träger von Entsiegelungsmaßnahmen in verschiedenen Bereichen personell, organisatorisch, finanziell und ordnungsrechtlich gestärkt und unterstützt werden. Aber auch weitere privatwirtschaftliche und gesellschaftliche Akteur*innen (z. B. Vermieter*innen, Anwohner*innen, Gewerbetreibende) sollten in die Entsiegelungspraxis miteinbezogen werden. Derzeit bestehen dafür verschiedene Hemmnisse, allen voran Informationsdefizite, Verantwortlichkeitsdefizite, finanzielle Defizite u. a.

2.2 Empfehlungen aus rechtlicher Sicht

Die Untersuchung hat ergeben, dass die bisher vorhandenen rechtlichen Regelungen nicht genügen, um Entsiegelungsmaßnahmen in ausreichendem Maße durchzusetzen. Im Zentrum der Untersuchung standen die Entsiegelungsregelungen des § 179 Baugesetzbuch (BauGB) und des § 5 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG).

Gemäß § 179 Abs. 1 Satz 1 BauGB kann die Gemeinde Eigentümer*innen verpflichten zu dulden, dass eine bauliche Anlage ganz oder teilweise beseitigt wird, wenn sie den Festsetzungen eines Bebauungsplans nicht entspricht und nicht an diese angepasst werden kann (Nr. 1) oder nicht behebbare Missstände oder Mängel aufweist (Nr. 2). Nr. 1 gilt auch „für die sonstige Wiedernutzbarmachung von dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen, bei denen der durch Bebauung oder Versiegelung beeinträchtigte Boden in seiner Leistungsfähigkeit erhalten oder wiederhergestellt werden soll“ (Satz 2).

§ 5 Satz 1 BBodSchG enthält eine Ermächtigungsgrundlage an die Bundesregierung, eine Entsiegelungsverordnung zu erlassen. Bis zum Inkrafttreten einer solchen Rechtsverordnung können durch die Bodenschutzbehörden im Einzelfall gegenüber den Eigentümer*innen Anordnungen zur Entsiegelung getroffen werden. Im Gegensatz zu § 179 BauGB handelt es sich nicht um ein Duldungsgebot, sondern um eine Handlungspflicht der Eigentümer*innen. Allerdings ist § 5 BBodSchG gegenüber § 179 BauGB subsidiär und unterliegt zahlreichen weiteren Einschränkungen.

Ein Blick in die Praxis offenbart im Hinblick auf beide Normen ein erhebliches Vollzugsdefizit. Es erscheint daher erforderlich, die rechtlichen Voraussetzungen der Anwendbarkeit von § 179 BauGB und § 5 BBodSchG klarer zu fassen und zu vereinfachen. Insbesondere die o. g. Subsidiaritätsregelung sollte entfallen, da sie der Regelung des § 5 BBodSchG kaum einen eigenen Anwendungsbereich belässt.

Auch erscheint eine klare Abgrenzung von § 179 BauGB und § 5 BBodSchG erforderlich. Es wird vorgeschlagen, die Anwendbarkeit des § 179 BauGB auf Versiegelungen im Innenbereich zu beziehen und dessen Vollzug in die Zuständigkeit der Gemeinden zu legen. Demgegenüber sollte § 5 BBodSchG auf Versiegelungen im Außenbereich anwendbar sein und von den Bodenschutzbehörden vollzogen werden. Zudem sollte der Anwendungsbereich des § 179 BauGB auf den gesamten Innenbereich erweitert werden. Insoweit sollte es darauf ankommen, dass die Versiegelung „dauerhaft nicht mehr genutzt und städtebaulich nicht benötigt“ wird. Auch § 5 BBodSchG sollte vereinfacht werden und beide Normen sollten insofern angeglichen werden, dass diese eine aktive Handlungspflicht der Eigentümer*innen vorsehen und nicht nur eine Duldungspflicht.

Eine Optimierung der rechtlichen Voraussetzungen wird allerdings *allein* nicht ausreichen, den Vollzug in der Praxis zu verbessern. Hierzu bedarf es weiterhin der Unterstützung durch Leitfäden, Verfahrenshinweise und Fördermittel für den Verwaltungsvollzug. Bund, Länder und Kommunen sollten darüber hinaus verpflichtet werden, durch die Entsiegelung von öffentlichen Grundstücken als Vorbild für private Eigentümer*innen zu wirken. Nicht zuletzt sollte die Klimafunktion in § 2 Abs. 2 BBodSchG stärker hervorgehoben werden.

Neben § 179 BauGB und § 5 BBodSchG können auch die Instrumente der *städtebaulichen Sanierung* (§ 136 ff. BauGB) und des *Stadtumbaus* (§§ 171a ff. BauGB) Entsiegelungsmaßnahmen befördern. Während die städtebauliche Sanierung mit kleinteiligeren Maßnahmen wie z. B. der Entsiegelung von Hinterhöfen verbunden ist, kommen im Bereich des Stadtumbaus großflächige Maßnahmen wie der Rückbau ganzer Wohnblocks in Betracht. Allerdings setzt die Ausweisung entsprechender Gebiete durch die Gemeinden die Bereitstellung von Städtebaufördermitteln voraus, um entsprechende Maßnahmen finanzieren zu können.

Zudem ist als Instrument zur Unterstützung von Entsiegelung die *Bauleitplanung* (§§ 1 ff. BauGB) zu nennen, mit der nicht nur eine Ausweisung von Neubaugebieten, sondern auch eine Überplanung bereits bebauter Gebiete zur Verbesserung der Umweltqualität möglich ist. Hierdurch können Entsiegelungsmaßnahmen konzeptionell vorbereitet werden. Die *Rückbauverpflichtung* für privilegierte Vorhaben im Außenbereich *nach Nutzungsaufgabe* (§ 35 Abs. 5 S. 2 BauGB) sollte auch für aufgegebenen land- oder forstwirtschaftliche Betriebe gelten, was derzeit nicht der Fall ist.

Auch die Bauordnungen der Länder können in gewissem Umfang zu Entsiegelungsmaßnahmen verpflichten. Zu nennen sind etwa Beseitigungspflichten aufgrund *illegaler Errichtung* einer baulichen Anlage oder aus Gründen der *Gefahrenabwehr* (wobei letztere in der Regel keine vollständige Entsiegelung erfordern dürfte). Entsiegelungspotenziale ergeben sich auch durch das *Begrünungsgebot* und das Gebot der wasseraufnahmefähigen Gestaltung nicht überbaubarer Grundstücksflächen, die allerdings in der Praxis

nicht konsequent durchgesetzt werden. Ein Spezialproblem sind die sog. *Schottergärten*, die konträr zu den Zielen des Bodenschutzes und der Klimaanpassung stehen. § 21a Naturschutzgesetz Baden-Württemberg regelt nunmehr, dass diese gegen das bauordnungsrechtliche Begrünungsgebot verstoßen. Ob hieraus eine Rückbaupflicht folgt, ist jedoch fraglich.

Das wichtigste Instrument in der Praxis zur Umsetzung von Entsiegelungsmaßnahmen ist die *Eingriffsregelung* (hierzu bereits Albrecht 2021). Entsiegelungsmaßnahmen werden als Kompensation für Eingriffe in Natur und Landschaft durchgeführt (§§ 13 ff. Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG, § 1a Abs. 3 BauGB). Die Entsiegelungspflicht im Rahmen der Eingriffsregelung setzt allerdings eine zu kompensierende Neuversiegelung voraus und vermag damit allenfalls den Status Quo unversiegelter Fläche zu erhalten. Aber auch dies ist nicht durchgehend der Fall: So wird der aus fachlicher Sicht wünschenswerte Grundsatz „Entsiegelung bei Neuversiegelung“ nicht immer umgesetzt (LABO 2020, 32). Zudem findet die Eingriffsregelung bei Bebauungsplänen nach §§ 13a und 13b BauGB keine Anwendung, was geändert werden sollte. Hinzu kommt, dass Entsiegelungsmaßnahmen im Gegensatz zu anderen Naturschutzmaßnahmen relativ teuer sind. Abhilfe lässt sich durch Bonusregelungen schaffen, wie sie in der Bundeskompensationsverordnung und z. T. auch in landesrechtlichen Regelungen vorgesehen sind (z. B. im Sächsischen Entsiegelungserlass).

Auch das Wasserrecht bietet Anknüpfungspunkte für Entsiegelungsmaßnahmen, die umfassend genutzt und weiterentwickelt werden sollten. Dies gilt zunächst im Hinblick auf die *EU-Wasserrahmenrichtlinie*, welche u. a. die Erreichung eines guten ökologischen Gewässerzustands fordert. Dieses Ziel setzt umfangreiche Fließgewässerrenaturierungen voraus. Auch Maßnahmen des *naturnahen Hochwasserschutzes* schließen Entsiegelungsmaßnahmen ein.

Im Rahmen der *urbanen Niederschlagswasserbeseitigung* muss es verstärkt darum gehen, das Wasser in der Fläche zu halten, wozu Entsiegelung beitragen kann. In diese Richtung weist das Versickerungs- und Verrieselungsgebot des § 55 Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG), welches allerdings rechtlich weiter zu untersetzen ist (z. B. durch die Normierung von Verpflichtungen und Anordnungsermächtigungen zur Niederschlags-Eigenbewirtschaftung nach landesrechtlichem Vorbild). Auch sollte eine auf die dezentrale Niederschlagswasserbewirtschaftung ausgerichtete Entwässerungsplanung etabliert werden, etwa durch Weiterentwicklung der teilweise bereits landesrechtlich vorgesehenen Abwasserbeseitigungskonzepte (Reese 2020: 49 f.). Die gesplittete Abwassergebühr als finanzielles Anreizinstrument für die Versickerung von Niederschlagswasser sollte umfassend genutzt und stärker in der Öffentlichkeit kommuniziert werden. Denn unversiegelte Grundstücksflächen führen demnach zur Gebührenersparnis.

2.3 Empfehlungen aus förderpolitischer Sicht

Mittel zur Förderung der Entsiegelung werden direkt oder indirekt von Seiten der Europäischen Union, des Bundes und der Länder, einiger Kommunen bis hin zu privaten Stiftungen bereitgestellt. Zu den wirkungsvollsten Förderprogrammen, die die Umsetzung von Entsiegelungsmaßnahmen unterstützen können, zählen direkte Förderprogramme der Entsiegelung und Hofbegrünung.

Starke Sekundäreffekte haben

- Förderprogramme der Städtebauförderung,
- Förderprogramme zur Klimaanpassung und Quartiersaufwertung sowie
- Förderprogramme der ländlichen Entwicklung.

Die bestehenden Förder- und Anreizinstrumente sind fragmentiert und nicht flächendeckend verfügbar. Es wird daher empfohlen, zunächst die Entsiegelung im Rahmen laufender Programme zu stärken. Dazu zählen bspw. neben den oben genannten Programmen auch absehbar neue Initiativen wie der EU Green Deal.

Darüber hinaus müssen auch sektorale Programme stärker mit dem Themenfeld Entsiegelung verknüpft werden. Beispiele sind die multifunktionale Nutzung von entsiegelten Verkehrsflächen oder der Einsatz von ökologischen Kompensationsmaßnahmen im urbanen Raum. Kommunale Entsiegelungsprogramme sollten auch in Verbindung mit innovativen Flächennutzungsoptionen oder zur Stärkung von bürgerschaftlichem Engagement ausgebaut werden, wie z. B. durch Initiativen des „Urban Gardening“ oder Patenschaftsprogramme.

Insbesondere mit Blick auf großflächigere Versiegelungen, wie auf Brachflächen, sind aufgrund des hohen Bestandes neue Förderinstrumente erforderlich. Empfohlen wird die Schaffung zusätzlicher Förderanreize für Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen ohne bauliche Nachnutzung und/oder mit dem Ziel der Renaturierung sowie der dauerhaften Renaturierung und Regenerierung stark degradierter Böden, v. a. im städtischen Raum, zur Herstellung der Bodenfunktionen und stadtklimatisch wertvoller Lebensräume.

Auch marktwirtschaftliche Instrumente sollten zunehmende Beachtung finden und erprobt werden, bspw. bezogen auf die Kosten der Regenwasserentsorgung, als Humusaufbauzertifikate oder unter Nutzung von Crowdfundingmodellen. Zu guter Letzt ermöglichen sonstige Forschungsförderungen und Reallabore, Öffentlichkeitsarbeit durch Umweltverbände und Capacity Building durch Weiterbildungsinstitutionen weitere Beiträge.

Informations- und Beratungsangebote sollten dabei als wichtige Voraussetzung für die Motivation verschiedener Akteur*innen für Entsiegelungs- und Klimaanpassungsmaßnahmen verbessert und ausgeweitet werden und neben der Darstellung ökologischer

Zusammenhänge, v. a. im Hinblick auf die potentiellen Beiträge zur Klimaanpassung, auch Gestaltungsoptionen für eine synergetische Flächengestaltung sowie Informationen zu Kosten und Förderungsmöglichkeiten aufzeigen.

3 Fazit

Die verfügbaren Entsiegelungspotenziale in Deutschland sind relativ gering, bieten aber wichtige Gelegenheiten, die für das Erreichen von Bodenschutz- und Klimaanpassungszielen genutzt werden sollten. Dabei sollten Entsiegelung und die anschließende Flächengestaltung und -nutzung im städtischen Raum Gegenstand einer integrierten Betrachtung auf Quartiersebene sein. Kommunen als Hauptakteure zur Initiierung und als Träger von Entsiegelungsmaßnahmen sollten in ihrer Handlungsfähigkeit gestärkt werden, um ihren Aufgaben im Rahmen von Bevölkerungsschutz und Daseinsvorsorge nachkommen zu können. Aber auch weitere Akteur*innen sollten in die Entsiegelungspraxis miteinbezogen werden. Dazu sollten ordnungs- und planungsrechtliche Regelungen, Förderinstrumente sowie Informations- und Beratungsangebote konsequent angewendet, weiterentwickelt und ausgebaut werden. Schlussendlich sollten sich die rechtlichen Instrumente und die Förderinstrumente sinnvoll ergänzen, nicht zuletzt um ihre Wirksamkeit und ihr Anwendungspotenzial für viele Adressat*innen zu erhöhen.

4 Literatur

- adelphi; PRC – plan + risk consult; EURAC – Europäische Akademie (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Climate Change 24/2015, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 689 S.
- Albrecht, J. (2021): Die Eingriffsregelung als Instrument zur Förderung von Entsiegelungsmaßnahmen? Rechtliche und fachliche Standards auf Bundes- und Landesebene. In: Brandt, E.; Kreikebohm, R.; Schumacher, J. (Hrsg.): Naturschutz – Rechtswissenschaft – Bewährung in der Praxis. Festschrift für Hans Walter Louis. Berlin: Berliner Wissenschaftsverlag, 2021: 29-48.
- LABO – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2020): LABO-Statusbericht 2020 „Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme und der Versiegelung“.
- Pannicke-Prochnow, N.; Krohn, C.; Albrecht, J.; Thinius, K.; Ferber, U.; Eckert, K. (2021): Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung. Abschlussbericht. Studie im Auftrag des Umweltbundesamts.
- Reese, M. (2020): Nachhaltiges urbanes Niederschlagsmanagement – Herausforderungen und Rechtsinstrumente. In: ZUR 31 (1): 40-49.
- Umweltbundesamt (2020): Improving international soil governance – Analysis and recommendations. Final Report, UBA Texte 75/2020, Dessau-Roßlau.

Neue Ansätze der Siedlungs- und Innenentwicklung

Raumpotentiale für eine nachhaltige Stadtentwicklung – Interdisziplinäre Perspektiven auf potentiell obsoleter Stadtstrukturen

Constantin Alexander, Anika Schmidt

Zusammenfassung

Gesellschaftliche Megatrends wie Digitalisierung, Mobilitäts- und Religiositätswandel verändern unsere Städte radikal und stellen komplexe Herausforderungen an eine nachhaltige und resiliente Stadtentwicklung. Durch die Raumwirksamkeit dieser Megatrends und die Folgen der Covid-19-Pandemie als disruptives Ereignis stehen Städte aktuell unter einem hohen Transformationsdruck. Die Nutzungsintensitäten und Funktionalitäten von Einzelhandelsflächen, Einkaufszentren sowie Verkehrsinfrastrukturen oder auch Kirchenbauten sowie Friedhöfen verändern sich und führen dazu, dass Flächen und Gebäude oder Teile davon in ihrer jetzigen Form „obsolet“ werden. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Die Obsolete Stadt“ entwickelt Analysewerkzeuge, um solche potentiellen Obsoleszenzen und deren Risiken untersuchen zu können. Zudem werden Wege einer nachhaltigen und gemeinwohlorientierten Transformation und Nachnutzung aufgezeigt und in den Fallstudien Hamburg und Hannover exemplarisch untersucht.

Im Rahmen dieses Beitrags wird ein Einblick in den aktuellen Stand des interdisziplinären Forschungsprojekts gegeben. Neben einer Vorstellung der analytischen Schritte und Dimensionen einer gemeinwohlorientierten Transformation werden der in der Entwicklung befindliche Obsoleszenz-Risiko-Index (ORI) sowie im Projekt entworfene Perspektiven auf eine ganzheitliche Wert- und Schadschöpfungsbilanzierung von betroffenen Flächen vorgestellt.

Schlagwörter: Transformation, Flächennutzung, Megatrends, Risiko, Gemeinwohl

1 Einführung

Angespannte Bodenmärkte und die Spekulation mit Grund und Boden führen in wachsenden Großstädten zu großen Herausforderungen einer nachhaltigen und gemeinwohlorientierten Stadtentwicklung. Den Kommunen fehlen Grundstücke, insbesondere für die Umsetzung von bezahlbarem Wohnraum, aber auch für die soziale und technische Infrastruktur der wachsenden Stadtgesellschaften sowie klimaregulierende Funktionen. In diesem Kontext werden Forderungen einer bodenpolitischen Wende lauter, welche auch die Anwendung geeigneter Instrumente im Sinne einer gemeinwohlorientierten Bodenpolitik umfassen (vgl. Bodenpolitische Agenda des difu 2017; Adrian et al. 2021;

Rettich, Tastel 2020; Gerber, Krise 2019). Die wenigen, in öffentlicher Hand verbliebenen Grundstücke sind heute großen Nutzungskonkurrenzen ausgesetzt und inzwischen Projektionsfläche für eine Vielzahl an Ideen und Zukunftsvisionen.

Flächenressourcen zur Sicherstellung der Nachhaltigkeitsziele stehen nicht in ausreichendem Maß zur Verfügung. Das politische Projekt der Nachverdichtung im Sinne einer flächeneffizienten Innenentwicklung und die Reduzierung der täglichen Flächeninanspruchnahme an Siedlungs- und Verkehrsfläche auf 30 ha pro Tag („30-ha-Ziel“) stehen damit in Frage. Durch die beschriebenen Dynamiken und die Raumwirksamkeit ausgewählter Megatrends (u. a. Mobilitätswende, Digitalisierung von Arbeit und Handel, Religiösitätswandel) sowie durch disruptive Ereignisse wie die Corona-Pandemie, entsteht ein erheblicher Transformationsdruck. In diesem Kontext werden nicht nur große Flächenbedarfe deutlich, sondern wir sehen auch Flächenpotentiale in Form von Grundstücken, Immobilien, sowie Infrastrukturen, die in ihrer ursprünglichen Nutzung nicht mehr benötigt werden, daher mindestens temporär obsolet werden (vgl. Rettich 2021: 7 f.).

2 Interdisziplinäre Perspektiven auf stadträumliche Transformationen: Das Projekt „Die Obsolete Stadt“

In Anbetracht der beschriebenen Herausforderungen besteht der Bedarf einer vorausschauenden, systemischen Analyse aktueller und zukünftiger urbaner Transformationsfelder, um die Handlungsfähigkeit der Kommunen im Kontext einer nachhaltigen Innenentwicklung zu unterstützen und zu vergrößern. Das Ziel des Forschungsprojekts „Die Obsolete Stadt“ ist es, eine explizit inter- und transdisziplinäre, systemische Forschungsperspektive auf potentiell obsoleter Stadträume zu entwickeln und zu erforschen, inwiefern diese Raumpotentiale für eine gemeinwohlorientierte, klimagerechte und ko-produktive Stadtentwicklungspraxis in wachsenden Großstädten¹ bieten. Wir entwickeln entsprechende Werkzeuge für Analyse und Austausch unterschiedlichster Akteure und skizzieren mögliche Schritte und Szenarien der Transformation, um damit Wege einer nachhaltigen, ko-produktiven Transformation aufzuzeigen. Innerhalb des Projektteams bündeln wir Expertisen aus den Bereichen Architektur und Städtebau, Ökonomie, Kulturwissenschaften, Stadtgeographie und Urban Design.

¹ Das Projekt wird im Rahmen des Förderprogramms „Spielraum Urbane Transformationen“ von der Robert-Bosch-Stiftung GmbH gefördert (Januar 2020 – Dezember 2022). Das Team besteht aus Prof. Stefan Rettich, Sabine Tastel (Projektleitung) und Constantin Alexander, Anamarija Batista, Prof. Nicolas Beucker, Clemens Brück, Marius Gantert, Anika Schmidt und Julia Siedle. Weitere Informationen unter www.obsolete-stadt.de

2.1 Ein systemischer Blick auf urbane Obsoleszenz

Der Begriff der Obsoleszenz beschreibt allgemein die Alterung bzw. eine negative, durch interne oder externe Prozesse beeinflusste Veränderung eines Produkts oder Gegenstandes. Das jeweilige Objekt wird durch diesen Prozess in seiner ursprünglichen Funktion bzw. Funktionalität unbrauchbar, also obsolet (Duden 2021). Darüber hinaus wird das Thema seit einiger Zeit insbesondere innerhalb des (Produkt-)Designs diskutiert – im Kontext sogenannter geplanter Obsoleszenzen. Dabei handelt es sich um ein Konzept, nach dem Produkte, Dienstleistungen o. ä. so entworfen und betrieben werden, dass sie nach einer gewissen Zeit unbrauchbar werden und Nutzende dazu gezwungen sind, ein neues Produkt zu erwerben (Bruhn 2021: 14 ff.). Obsoleszenzen entstehen demnach geplant oder ungeplant und werden sowohl durch inhärente, interne Prozesse oder Eigenschaften, als auch durch Externalitäten getriggert und gesteuert. Wichtig ist dabei, darauf hinzuweisen, dass ein wesentlicher Grund für eine Obsoleszenz in der Verdrängung liegen bzw. durch Marktanteilverluste ausgelöst werden kann: Die Obsolet-Werdung eines Objekts kann daher als Teil eines Konjunktur- bzw. Innovationszyklus im Sinne einer schöpferischen Zerstörung nach Schumpeter betrachtet werden (Hüther 2007: 176 ff.).

Das Konzept der Obsoleszenz lässt sich mit einigen Anpassungen auch auf gebaute Strukturen im urbanen bzw. ruralen Raum übertragen. Zentral für die Einführung von Obsoleszenz in die Urbanistik sind dabei folgende Annahmen:

1. Boden ist die physische Grundlage für jegliche Nutzung. Diese Nutzung findet auf darauf liegenden Flächen statt und folgt bestimmten Interessen.
2. Auch wenn eine Fläche nicht genutzt wird, entsteht dadurch eine ökologische, gesellschaftliche oder baukulturelle Wirkung. Zu den Wirkungen leerstehender Gebäude zählen beispielsweise: Emissionen, indirekte Wertsenkung im Umfeld, Lebensraum für Fauna und Flora oder verschiedene illegale bzw. informelle Nutzungen, mit Folgen für die Kriminalstatistik.
3. Der Boden, auf dem eine Fläche liegt, existiert auch weiter, wenn die Fläche (z. B. in Form einer Immobilie) verschwindet – außer es kommt zu Erosion, Überschwemmung oder weiteren vorwiegend geologischen Störungen.
4. Flächen lassen sich durch bauliche Maßnahmen vermehren, Boden ist jedoch durch die physischen Grenzen unseres Planeten eine nicht vermehrbare Ressource. Hier sei die grundlegende Idee des Hochhauses erwähnt: Auf der beschränkten Grundfläche des Bodens wird durch die vertikale, mehrgeschossige Bebauung die Bruttogeschossfläche erhöht.

Im Gegensatz zu einem Produkt oder einer Maschine, die bei der Obsolet-Werdung die Produktivität verliert, also entweder funktionstüchtig ist oder nicht, lässt sich für Flächen schwer eine binäre Nutzung/Obsoleszenz-Dichotomie erstellen. Das Potenzial, dass Objekte obsolet werden, ist vergleichbar mit dem innerhalb der Betriebswirtschaft

etablierten Begriffs des Risikos. Laut Wolke handelt es sich dabei um „einen möglichen Schaden bzw. den potenziellen Verlust einer Vermögensposition (...), ohne dabei mögliche Gewinne gegenüber zu stellen.“ (Wolke 2008: 1 f.). Eine potenzielle Obsoleszenz stellt ein Schadensrisiko bzw. den Verlust eines Objektwerts dar. Die Messung von Risiken und eine aktive Steuerung dieser durch bestimmte Maßnahmen wird dabei als Risikomanagement bezeichnet und quantitativ und qualitativ bewertet (Wolke 2008: 2 ff.). Die Analyse des Obsoleszenz-Potenzials eines Objekts kann demnach immer nur eine Annäherung sein, entsprechend dem, was Beck (2007: 130 f.) als „Antizipation der Katastrophe“ beschreibt.

Zur Annäherung des Themenfelds Urbane Obsoleszenz werden innerhalb des Forschungsprojekts verschiedene Methoden genutzt: Neben räumlichen Analysen und Kartierungen werden auch qualitative Erhebungen (Interviews, Akteursanalysen, Umfragen) sowie Workshops mit Expert*innen und Anwendungsstudien durchgeführt. Dabei untersuchen wir Flächen- und Bautypologien, die ein besonders hohes Risiko haben obsolet zu werden und verorten diese innerhalb der urbanen Agglomeration. Anhand eines prototypischen Stadtschemas (siehe Abb. 1) ist ein grober Überblick über räumliche und relationale Lage möglich, da diese das Risiko der Obsoleszenz beeinflusst.

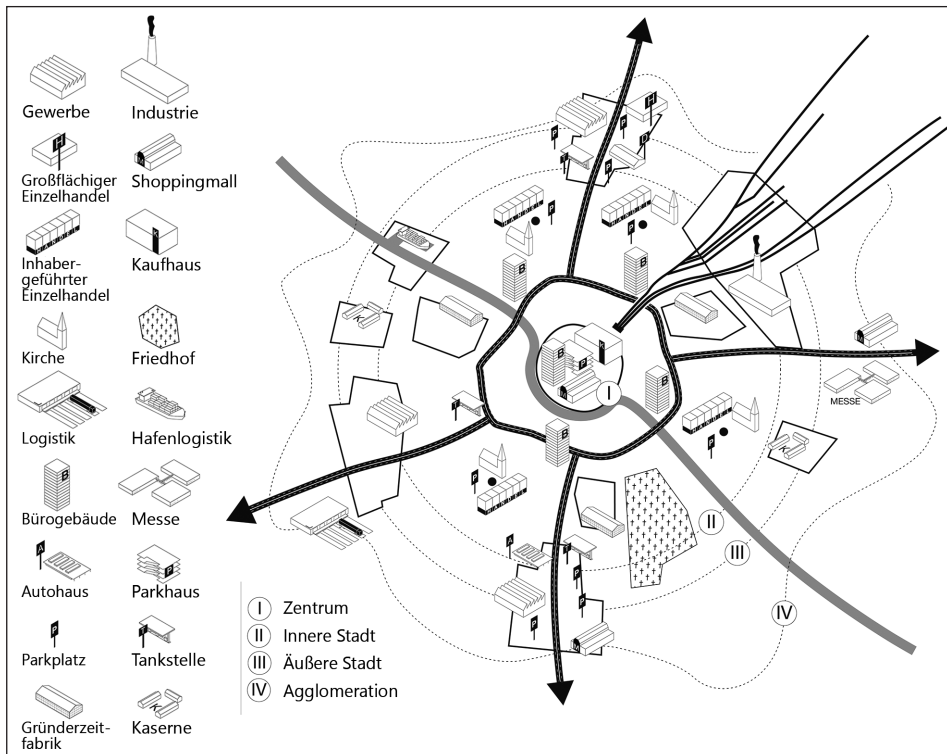


Abb. 1: Stadtschema potenziell obsoleter Gebäude- und Flächentypologien (Quelle: Stefan Rettich, Projekt Obsolete Stadt)

Dieses Stadtschema dient als modellhafte Grundlage für die Identifikation und Analyse des Obsoleszenz-Risikos der Flächen in den Fallstudien Hamburg und Hannover. Diese Städte wurden ausgewählt, da sie durch ihre wirtschaftlichen und stadtstrukturellen Eigenschaften in besonderer Weise von Transformationen durch die o. g. Megatrends betroffen sind: in Hamburg u. a. durch den Hafen und das Airbus-Werk mit den angeschlossenen Zulieferern oder das Vorhaben der Magistralenentwicklung, in Hannover durch die städtebauliche Prägung des Leitbilds „Autogerechte Stadt“ sowie die Automobilindustrie (Volkswagen und Continental) und angegliederte Betriebe.

2.2 Schritte und Dimensionen einer gemeinwohlorientierten Transformation obsoleter Räume

Innerhalb des Projekts entwerfen wir eine frühzeitige und systemische Perspektive auf die Transformation von Stadtstrukturen, die potentiell von einem Nutzungswandel betroffen sein könnten (vgl. Batista et al. 2021). Für die Analyse und Transformation solcher potentiell obsoleter Stadtstrukturen identifizieren wir die folgenden übergeordneten Schritte:

- SICHTEN: Frühzeitiges Erkennen von potentiell obsoleten Stadtstrukturen und deren räumlich relationaler Einbettung
- VERFÜGBAR MACHEN: Verbleib oder Übergang von Grund und Boden in kommunale Hand, bzw. Anwendung alternativer Eigentums- und Steuerungsmodelle
- PROGRAMMIEREN: Beraten und Entscheiden über zukünftige Nutzungen in Kooperation mit involvierten Akteuren und in Bezug zu lokalen Bedarfen
- GESTALTEN von baulich-phischer Struktur und ko-produktiven Nutzungsmodellen

Innerhalb dieser Schritte sollen im Sinne einer kooperativen, gemeinwohlorientierten Stadtentwicklungspraxis verschiedene Akteure involviert sein (vgl. Leipzig Charta, BMI 2020), wobei die Kommunen als planende und steuernde Instanz eine zentrale Rolle spielen. Die involvierten Akteure müssen gemeinsame Zielstellungen, Entscheidungsstrukturen und Gestaltungsoptionen im Sinne einer gemeinwohlorientierten Stadtentwicklung finden. Für diesen Austausch zwischen verschiedenen Akteuren wird innerhalb des Forschungsvorhabens ein Gemeinwohlkompass² entworfen, welcher die Schritte

² Ein aktueller Stand des Gemeinwohlkompass findet sich unter <https://obsolete-stadt.de/tools> (Zugriff: 22.08.2021) und wurde unter Mitwirkung von Anamarja Batista, Nicolas Beucker, Anika Schmidt und Julia Siedle entworfen.

mit verschiedenen Dimensionen des Gemeinwohls verknüpft und mittels einer Fragensammlung die Transformation begleiten soll. Dieser umfasst die folgenden Dimensionen³:

- Stadtökologie im Sinne von Ressourcenschutz, Biodiversität, Klimamitigation und -adaption sowie urbaner Umweltgerechtigkeit
- Ko-Produktion und Verteilungsgerechtigkeit im Sinne langfristiger gemeinwohlorientierter Nutzungen
- Anerkennung lokaler Eigenarten, im Sinne baulicher und sozialer Strukturen (Baukultur, Gewerbe, Nutzungen etc.) und zugleich kritischer Blick auf negative Pfadabhängigkeiten

Um potentiell obsolete Stadtstrukturen strategisch für eine gemeinwohlorientierte Stadtentwicklung verfügbar zu machen, müssen geeignete Verfahren und Strukturen der städtischen Ko-Produktion gefunden (vgl. Glossar des Gemeinwohls, BBSR 2020) und Hemmnisse und Potentiale einer stärkeren kommunalen Handhabung über betroffene Stadträume, z. B. mittels der geeigneten Anwendung bodenpolitischer Instrumente untersucht werden (vgl. difu/vhw 2017; Adrian 2021). Dazu gehört in den ersten Schritten ebenso eine ganzheitliche Analyse potentieller städtischer Obsoleszenzen.

3 Ganzheitliche Analyse von Obsoleszenzen

3.1 Potenzielle Raumwirksamkeit von Obsoleszenzen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden für diese Analyse zunächst eindeutige Analyse-Kriterien identifiziert. Dazu wurden Flächenkategorien ausgewählt, die von den o. g. Megatrends Digitalisierung, Mobilitätswende und Religiositätswandel⁴ betroffen sind. Als Referenz für die Kategorie Disruption wurden darüber hinaus Flächenkategorien identifiziert, die von den Schutzmaßnahmen im Zuge der Corona-Pandemie betroffen waren, beispielsweise durch mindestens eine Zwangsschließung (siehe Tab. 1).

³ Eine Inspirationsquelle war dabei der „normative Kompass“, den der Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen in seinem Gutachten „Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte“ (WBGU 2016) formulierte. Dieser bietet einen Orientierungsrahmen für die Transformation der Städte in Richtung Nachhaltigkeit und fordert den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen, substantielle, politische und ökonomische Teilhabe und Anerkennung lokaler Eigenart (u. a. soziokulturelle Diversität, Erhalt von Lebensqualität).

⁴ Die Analyse des im Projekt behandelten Religiositätswandels schließt vorerst nur Strukturen der evangelischen sowie der katholischen Kirche mit ein. Flächen und Gebäude anderer Religionen wurden nicht untersucht.

Tab. 1: Flächenkategorien, die von ausgewählten Megatrends und der Corona-Pandemie entlang der Messdimensionen ihrer Wesentlichkeiten betroffen sind (Quelle: Constantin Alexander, Projekt *Obsoleete Stadt*)

Wirkungsart	Flächenkategorie	Unterkategorie
Megatrend Digitalisierung	Handel	Ladengeschäfte Ladenkomplexe Kaufhaus/Mall/Ladenpassage
	Arbeit	Büroflächen/Büropark Industrie/Produzierendes Gewerbe Banken
Megatrend Mobilitätswende	Parken	Parkhaus, alleinstehend & als Teil eines Gebäudeensembles, oberirdisch, unterirdisch (großflächige) Parkplätze
	Automobil	Tankstellen Automobilfabrik & Zulieferer Autohaus & Kfz Werkstatt
Megatrend Religiositätswandel	Kirche	Kirchen Friedhöfe Gemeindehäuser & Sonstiges
Disruption, Corona-Pandemie	Veranstaltung & Versammlung	Kinos Theater & Oper Bars & Klubs Messen, Kongress- und Veranstaltungssäle Restaurants & Imbisse Sonstige Event-Locations

Um die potenzielle Raumwirksamkeit der jeweiligen Megatrends bzw. Disruption zu messen, wurden die zugehörigen Flächenkategorien entsprechend ihres entwickelten Obsoleszenz-Risikos im Zeitraum Mai bis Juli 2021 identifiziert (siehe Abb. 2). Die Flächenkategorien bzw. die konkreten Unterkategorien wurden in einer taxonomischen Gliederung identifiziert und aufgrund ihrer Betroffenheit entlang ihrer Wesentlichkeit ausgewählt (siehe Kapitel 3.2). Das Ergebnis ist eine explorative Inventarisierung von potenzieller Flächenbetroffenheit in der Fallstudie Hannover. Diese wird für einen Überblick verwendet, um die quantitative Dimension von Megatrends bzw. Disruptionen deutlich zu machen. Die Kartierung wird außerdem genutzt, um Obsoleszenz-Risiko-Cluster und sogenannte Obsoleszenz-Risikoklumpen zu identifizieren, abgeleitet vom Begriff Klumpenrisiko, der u. a. bei Kapitalinvestitionen verwendet wird, und eine fehlende Risikostreuung bzw. Diversifizierung in einem Portfolio beschreibt (Thommen, Achleitner 2021: 90).

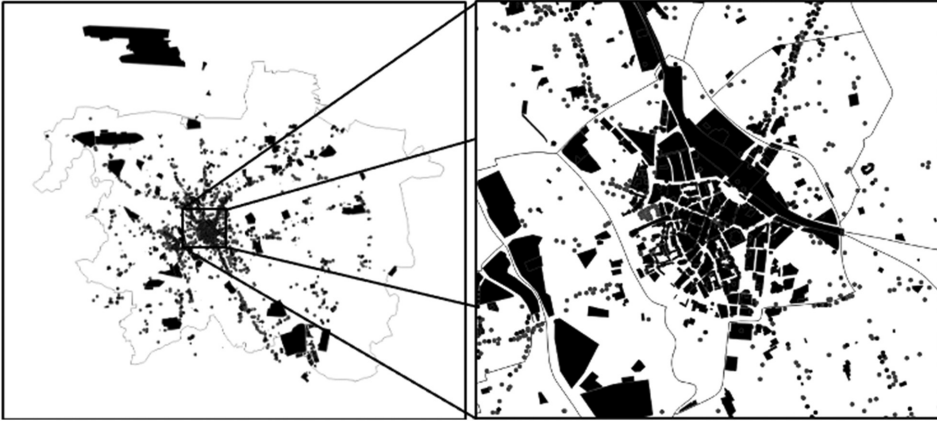


Abb. 2: Potenzielle Flächenbetroffenheit von ausgewählten Megatrends und Disruptionen in Hannover: Dargestellt werden Nutzungsarten, die von den Megatrends Digitalisierung, Mobilitätswandel und Religiositätswandel betroffen sind. Außerdem werden Nutzungen kartiert, die direkt oder indirekt durch Corona betroffen sind sowie Flächen, die zum Zeitpunkt der Kartierung im Sommer 2021 bereits obsolet, also nicht genutzt sind. (Quelle: Constantin Alexander, Projekt Obsolete Stadt, Karten: OpenStreetMap)

3.2 Entwicklung des Analyserwerkzeugs Obsoleszenz-Risiko-Index (ORI)

Grundlage für die Untersuchung einer (möglichen) Obsoleszenz ist die Ressource Fläche und in letzter Konsequenz Boden. Die herkömmliche Bewertungsart dieser Ressourcen ist die Produktivitätsbewertung mit den Kategorien Input (Arbeit, Kapital) und Output (Produkte, Dienstleistungen, Kapitalzins) (Siebe, Wenke 2014). Für eine ganzheitliche Analyse bzw. Bewertung der Objekte wurden die Kategorien im Rahmen des Forschungsvorhabens ergänzt: Input um die Aspekte (Rohstoff-)Immission und sonstige Externalitäten. Output um die Aspekte Emissionen und sonstige Externalisierungen (siehe Abb. 3).



Abb. 3: Eine Analyse der Produktivität der Ressource Boden, ergänzt um weitere ökologische, gesellschaftliche und ökonomische Faktoren (Quelle: Constantin Alexander, Projekt Obsolete Stadt)

In der Immobilienwirtschaft dominiert hingegen die Bewertung von Fläche bzw. Boden auf Basis einer Renditebilanzierung (z. B. Return on Invest und speziell interner Zinsfuß), andererseits eine Risikobetrachtung (Hackelberg 2021). Diese Betrachtungsweise der

Ressource Boden entspricht – mit einigen Anpassungen – der Idee der sogenannten Landrente, wie sie von Thünen (1850, 28) bereits Mitte des 19. Jahrhunderts diskutiert hat. Als Modell für Investitionen in Boden bzw. Fläche hat sich daher auch das sogenannte Rent Seeking Modell durchgesetzt. Das Ziel der Stakeholder ist eine nahezu gesicherte, risikoarme Rendite durch Investitionen in Flächen und die Erwartungshaltung gegenüber der politischen Sphäre, für dieses Modell eine angemessene politische und juristische Grundlage zu schaffen (Bierbricher 2021: 222 ff.).

Eine realistische Analyse von Rendite und Risiko bedarf analog zur Produktivitätsberechnung einer Erweiterung durch ganzheitliche Indikatoren. Für das Forschungsprojekt wurden die o. g. Flächenkategorien dementsprechend ihrer Wesentlichkeit in Messdimensionen aufgeteilt und diese dann jeweils auf ihre mögliche Betroffenheit durch die o. g. Megatrends bzw. Disruption analysiert. Diese ökonometrische Methode wird genutzt, um Objekte oder Prozesse ganzheitlich zu bewerten, aber auch die Chancen und Risiken für jeden stofflichen bzw. prozessualen Aspekt des untersuchten Objekts in die Analyse zu implementieren (vgl. Kleinfeld, Mertens 2015: 44 f; BLU 2021).

So entstand eine Obsoleszenz-Risiko-Heuristik mit einer Bewertung der Flächenkategorien auf Basis ihrer jeweiligen Betroffenheit (siehe Abb. 4).

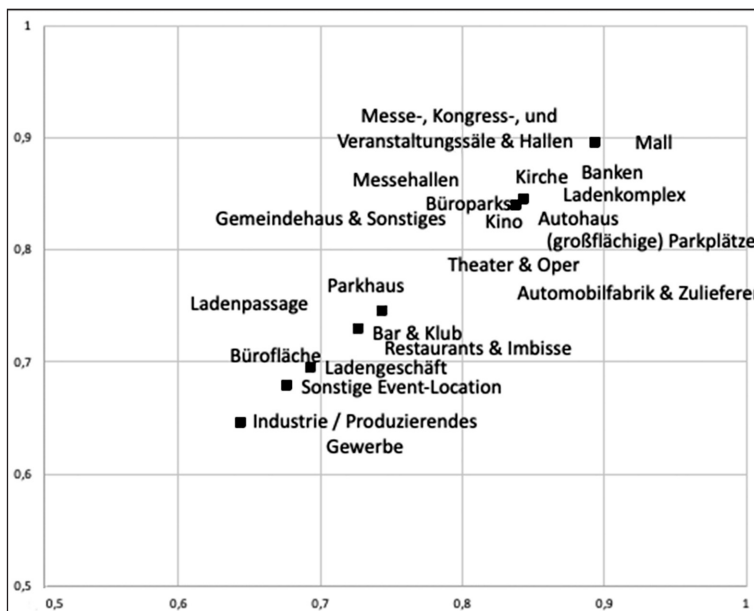


Abb. 4: Darstellung des ermittelten allgemeinen Obsoleszenz-Risikos ausgewählter Flächenkategorien mittels des eigens entwickelten Index (0 = kein Risiko, 1 = Absolutes Risiko/Eintreten der Obsoleszenz) (Quelle: Constantin Alexander, Projekt Obsolete Stadt)

Flächen mit hohem Obsoleszenz-Risiko werden in den nächsten Schritten in der o. g. Kartierung verortet. Liegen diese in geografischer Nähe mit weiteren Hoch-Risiko-Flächen entstehen die genannten Cluster bzw. Klumpen, die für die weitere, intensivere Analyse im Rahmen des Forschungsvorhabens genutzt werden.

4 Fazit & Ausblick

Die Etablierung eines systemischen Blicks und einer ganzheitlichen Analysemethode entsprechend geeigneter Messparameter kann die frühzeitige Identifizierung von potentiell obsoleten Flächen unterstützen. Der Obsoleszenz-Risiko-Index wurde prototypisch mit der Referenz Corona entwickelt und zeigt deutlich die Raumwirksamkeit der Pandemie bzw. der damit verbundenen Schutzmaßnahmen. Für eine ganzheitliche Untersuchung möglicher Obsoleszenzen durch die Megatrends (u. a. Mobilitätswende, Digitalisierung von Arbeit und Handel, Religiositätswandel) bedarf es einer inkrementellen Anpassung der Indikatoren sowie einer dialektischen Reflektion mit lokalen Akteur*innen und Expert*innen, um Raumpotentiale für eine gemeinwohlorientierte Stadtentwicklung zu identifizieren und zu diskutieren.

Aktuell werden Interviews und Workshops mit Expert*innen verschiedener kommunaler Ressorts, aus der Wissenschaft sowie Unternehmen und Verbänden in Hamburg und Hannover umgesetzt und eine Umfrage durchgeführt. Die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen, den Kartierungen und weiteren Expert*innenworkshops dienen dazu, die Analysewerkzeuge iterativ weiterzuentwickeln. In den nächsten Projektschritten werden fokussierte Untersuchungsräume (vgl. Klumpen, Abschnitt 4) in Hamburg und Hannover identifiziert, sowie ausgewählte Klumpen im Sinne ihrer Transformierbarkeit analysiert. In transdisziplinären Werkstätten werden Szenarien einer gemeinwohlorientierten und nachhaltigen Nutzung entwickelt.

Darüber hinaus findet eine theoretische Auseinandersetzung mit dem juristischen und politischen Rahmen statt. Überprüft wird, inwieweit dieser die Raumwirksamkeit der Megatrends bzw. Disruptionen mit bedingt, verstärkt oder abschwächt. Auch werden mögliche Alternativen für die nachhaltige Flächennutzung bzw. -entwicklung auf Basis geltender Gesetze überprüft. Wichtig ist dabei die Frage, ob die nicht-nachhaltige Nutzung von Boden/Fläche sowie eine bewusste und aktiv gesteuerte Obsolet-Werdung ein markttypischer Prozess im Sinne der o. g. schöpferischen Zerstörung (vgl. Hüther 2007: 176 ff.) ist oder ob sich aufgrund der Analyse Hinweise eines Markt- oder sogar Staatsversagens verdichten.

Im Ergebnis sollen Perspektiven auf städtische Transformationsprozesse erweitert, Hinweise zum Umgang mit potenziell obsoleten Flächen gegeben und dabei auch staatliche Handlungsbedarfe und -optionen aufgezeigt werden.

5 Literatur

- Adrian, L.; Bunzel, A.; Michalski, D.; Pätzold, R. (2021): Aktive Bodenpolitik: Fundament der Stadtentwicklung. Bodenpolitische Strategien und Instrumente im Lichte der kommunalen Praxis. Berlin, Difu-Sonderveröffentlichung.
- Batista, A.; Siedle, J.; Tastel, S. (2021): Ein systemischer Blick auf die Obsoleszenz. In: *dérive* 83: 38-45.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2020): Glossar zur gemeinwohlorientierten Stadtentwicklung. Berlin: BBSR.
- Beck, U. (2007): Weltrisikogesellschaft. Frankfurt a. M.: Suhrkamp Verlag.
- Bierbricher, T. (2021): Die politische Theorie des Neoliberalismus. Berlin: Suhrkamp Verlag.
- BLU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021): Wesentlichkeitsanalyse. München. www.umweltpakt.bayern.de/management/faq/467/wesentlichkeitsanalyse (Zugriff: 01.08.2021).
- BMI – Bundesministerium des Innern (2020): Die neue Leipzig Charta. Die transformative Kraft der Städte für das Gemeinwohl. Berlin: BMI.
- Bruhn, J. (2015): Die Bestie zähmen. Marburg: Tectum Verlag.
- difu – Deutsches Institut für Urbanistik; vhw – Bundesverband für Wohnen und Stadtentwicklung e. V. (2017): Bodenpolitische Agenda 2020-2030: Warum wir für eine nachhaltige und sozial gerechte Stadtentwicklungs- und Wohnungspolitik eine andere Bodenpolitik brauchen.
- Duden (2021): „Obsoleszenz“. Berlin: Bibliographisches Institut GmbH, Dudenverlag.
- Gerber, B.; Kriese, U. (2019): Boden behalten – Stadt gestalten. Zürich: Verlag rüffer & rub.
- Hackelberg, F. (2021): Interview im Rahmen des Forschungsvorhabens „Die Obsolete Stadt“, durchgeführt von Constantin Alexander am 01.04.2021.
- Hüther, M. (2007): Klassiker der Ökonomie. Wien: Wirtschaftsblatt Verlag.
- Kleinfeld, A.; Martens, A. (2015): Internationale Entwicklung & Standards im CSR-Kontext. Lüneburg: Centre for Sustainability Management der Leuphana Universität Lüneburg.
- Rettich, S. (2021): Neues Leitbild? Altes Leitbild! Nachhaltigkeit benötigt Substrategien – und die Stadt muss flexibler werden. *PlanerIn* 1/21: 5-8.
- Rettich, S.; Tastel, S. (2020): Die Bodenfrage – Klima, Ökonomie, Gemeinwohl. Berlin: Jovis.
- Siebe, T.; Wencke, M. (2014): Makroökonomie. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft.
- Thommen, J.-P.; Achleitner, A.-K. (2012): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden: Springer Verlag.

von Thünen, J. H. (1850): *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2016): *Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte*. Berlin: WBGU.

Wolke, T. (2008): *Risikomanagement*. München: Oldenbourg Verlag.

Die Corona-Pandemie als Chance für Flächengerechtigkeit im Verkehr

Kathrin Karola Viergutz, Swantje Michaelsen

Zusammenfassung

In diesem Artikel werden die Chancen und Risiken, die sich aus der Corona-Pandemie für die Verkehrswende ergeben, diskutiert und dabei ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung von Stadtquartieren und die Nutzung öffentlicher Flächen gerichtet. Dafür werden Ansätze zur Reduktion der Inanspruchnahme von Verkehrsflächen bei Sicherstellung einer zweckgerichteten Mobilität aufgezeigt und mithilfe internationaler Beispiele illustriert. Damit leistet der Artikel einen Beitrag zur Diskussion einer menschengerechten Nutzung des öffentlichen Raums.

Schlagwörter: Pandemie, Verkehrswende, Flächengerechtigkeit, Verkehrsflächen, lebenswerte Stadt

1 Einführung

Die Corona-Pandemie stellt einen Einschnitt in die intensiven Bemühungen in Richtung einer Verkehrswende dar. Einerseits befürchten viele Menschen eine Infektion im ÖPNV und sind deshalb während der Pandemie auf das Fahrrad und zu einem großen Teil auf das Auto umgestiegen. Durch einen Modal Shift vom ÖPNV zum motorisierten Individualverkehr (MIV) verringert sich möglicherweise das Infektionsrisiko, andererseits trägt der MIV einen entscheidenden Teil zum CO₂-Ausstoß und damit zur Verschärfung der Klimakrise bei. Hier stehen sich also der Infektionsschutz – vorrangig der Älteren – und der Klimaschutz – vorrangig für eine Zukunft der Jüngeren – gegenüber. Dies stellt somit eine Kontroverse der Generationengerechtigkeit dar.

Andererseits haben Städte wie Berlin vor dem Hintergrund der Pandemie die vorhandene Radinfrastruktur ausgebaut. Aus der fortschreitenden Digitalisierung der Arbeitswelt, dem größeren Anteil an Home-Office-Arbeitstagen sowie der Verlagerung von Dienstreisen in den virtuellen Raum ergeben sich neue Mobilitätsgewohnheiten. Nahmobilität erhält einen höheren Stellenwert als bisher und das eigene Quartier wird stärker zum Lebensmittelpunkt. Dabei wird aber auch deutlich: In vielen vor allem innerstädtischen Quartieren ist inzwischen sehr wenig Raum für das Leben vor Ort. Durch die Veränderung der Lebens- und Arbeitsgewohnheiten sowie der Verkehrsmittelwahl sind eine Anpassung von Verkehrsinfrastrukturen sowie eine Veränderung von Wohn- und Stadtquartieren notwendig. In der zukünftigen Entwicklung von Räumen muss daher die Verteilung von Verkehrsflächen von zentraler Bedeutung sein.

In diesem Artikel werden die Chancen und Risiken, die sich aus der Pandemie für die Verkehrswende ergeben, diskutiert und dabei ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung von Stadtquartieren und die Nutzung öffentlicher Flächen gerichtet. Dafür werden Ansätze zur Reduktion der Inanspruchnahme von Verkehrsflächen bei Sicherstellung einer zweckgerichteten Mobilität aufgezeigt und mithilfe internationaler Beispiele illustriert. Damit leistet der Artikel einen Beitrag zur Diskussion einer menschengerechten Nutzung des öffentlichen Raums.

2 Veränderungen durch die Corona-Pandemie

Die Corona-Pandemie hat die Digitalisierung in vielen Bereichen beschleunigt. Besonders drastisch waren die Einschnitte während des ersten Lockdowns im Frühjahr 2020, als rund 35 Prozent der Erwerbstätigen im Homeoffice arbeiteten (WZB, infas, Motivationstag 2020). Auch später, im Herbst 2020 blieb das Homeoffice für 20 Prozent der Erwerbstätigen der vorrangige Arbeitsplatz. Digitale Besprechungen, Konferenzen oder Veranstaltungen haben in vielen Bereichen Einzug gehalten und werden längst nicht nur als Einschränkung, sondern als Bereicherung wahrgenommen. Für manche Beschäftigten entfällt so das tägliche Pendeln ins Büro, für andere die aufwendige Dienstreise. Die Vereinbarkeit von Familie oder Freizeit und Beruf verändert sich und das eigene Wohnumfeld rückt stärker ins Zentrum des Alltags. Einkauf, Freizeit, Bewegung – viel mehr Aktivitäten finden dadurch in unmittelbarer Umgebung statt.

Während der Corona-Pandemie waren über lange Zeiträume Schulen, Kitas und anfänglich sogar Spielplätze geschlossen. Freizeitaktivitäten v. a. im Sportbereich fanden kaum noch statt, private Treffen wurden v. a. in Innenräumen stark eingeschränkt. Kinder und Jugendliche nutzten schmale Fußwege und kleine Grünflächen für Spiel und Bewegung. Gerade während des Lockdowns im Frühjahr 2020, als in den Städten die Straßen weitgehend autofrei blieben, wurde so sichtbar, dass der öffentliche Raum vielerorts nicht für Aufenthalt und Aktivität ausgelegt ist.

Einige Städte, z. B. Bogota, Paris und in Deutschland allen voran Berlin, haben kurzfristig neue Konzepte zur Umverteilung dieses öffentlichen Raumes umgesetzt. Zugunsten des Radverkehrs wurden sogenannte Pop-up-Radwege eingerichtet. An Hauptstraßen wurde dafür jeweils ein Fahrstreifen vom Kfz-Verkehr in einen Radweg umgewandelt und baulich vom Autoverkehr getrennt. Diese Pop-up-Radwege sind zunächst temporär angelegt, werden aber während der Nutzung untersucht und erst im Anschluss verfestigt – unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Erprobungsphase. Mit Pop-up-Radwegen können beispielsweise Lücken im Radverkehrsnetz geschlossen und so mehr Menschen zum Radfahren motiviert werden.

3 Flächeninanspruchnahme unterschiedlicher Verkehrsmittel

Aktuell sind in Deutschland knapp 48 Millionen Personenkraftwagen zugelassen, die einen großen Teil des öffentlichen Raumes beanspruchen. Somit liegt die Fahrzeugdichte in Deutschland mit Stand 1. Januar 2021 bei 710 Kraftfahrzeugen pro 1 000 Einwohnern (Kraftfahrtbundesamt 2021). Ferner stehen im Durchschnitt jedem Pkw-besitzenden Haushalt in Deutschland 1,4 Pkw zur Verfügung (MiD 2017). Dabei stehen Autos mehr als 23 Stunden am Tag (Randelhoff 2016) und transportieren durchschnittlich nur 1,4 Personen, wobei sich der Besetzungsgrad im Berufsverkehr auf 1,2 Personen beläuft (Umweltbundesamt 2021).

Pkw besitzen sowohl im ruhenden wie auch im fließenden Verkehr einen, verglichen mit anderen Verkehrsmitteln, großen Flächenbedarf. So beansprucht ein Pkw bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h eine Fläche von etwa 140 m² pro Person. Im Vergleich dazu benötigt ein Bus bei gleicher Geschwindigkeit und einem Besetzungsgrad von 20 Prozent circa 16 m² Fläche pro Person. Eine Stadtbahn hingegen besitzt mit 9 m² Fläche pro Person einen noch geringeren Flächenbedarf.

4 Potenzielle Ansätze zur Reduktion der Inanspruchnahme von Verkehrsflächen bei Sicherstellung einer zweckgerichteten Mobilität

International werden unterschiedliche Ansätze zur Umverteilung von Flächen untersucht und erprobt. Im Folgenden werden exemplarisch ausgewählte Ansätze genannt und diskutiert, die das Potenzial besitzen könnten, zur Reduktion von Verkehrsflächen beizutragen. Da hierbei eine Vielzahl von Ansätzen denkbar ist, sind die hier genannten als Anregungen zu verstehen, deren Wirkungen auf die Flächeninanspruchnahme Gegenstand weiterer Forschungsprojekte sein könnten.

Eine Verringerung von Verkehrsflächen kann unter anderem durch eine Förderung und Attraktivierung kollektiver und wenig flächenintensiver Verkehrsmittel erfolgen. Wie zuvor gezeigt, besitzen öffentliche Verkehrsmittel, das Fahrrad, das Zufußgehen, sowie Sharingsysteme insgesamt einen geringeren Flächenbedarf im fließenden wie ruhenden Verkehr als Privat-Pkw.

Eine mögliche Maßnahme zur Verringerung des Fahrzeugbestandes und des damit verbundenen Flächenverbrauchs des ruhenden Verkehrs stellt die Förderung von Carsharing-Angeboten dar. Mithilfe eines stationsbasierten Carsharing-Pkws können bis zu zehn private Pkw, in hochverdichteten innerstädtischen Wohnquartieren sogar bis zu 20 private Pkw ersetzt werden (Bundesverband Carsharing o. J.). Carsharing-Systeme, die über heterogene Fahrzeugflotten verfügen, bieten zudem den Vorteil einer bedarfsorientierten Nutzung verschiedener Fahrzeugtypen vom Kleinwagen bis zum Transporter (Agora Verkehrswende 2017).

Eine Attraktivitätssenkung des Pkw-Verkehrs kann durch eine flächendeckende Parkraumbewirtschaftung erreicht werden. Denkbar sind zudem Ansätze, bei denen der ruhende Pkw-Verkehr vollständig in die Außenbereiche von besiedelten Räumen verlagert wird. Beispielsweise können außerhalb der Stadt errichtete Fahrzeugdepots in Verbindung mit Shuttles, die zwischen den Depots und zentralen Punkten in der Innenstadt oder in Wohnquartieren verkehren, zu einer Verringerung des Flächenbedarfs für den fließenden Pkw-Verkehr beitragen. Alternativ bieten Quartiersgaragen die Möglichkeit, parkende Autos zu bündeln und den öffentlichen Raum zu entlasten.

Ein weiterer Ansatz ist zudem eine Verbesserung des ÖPNV-Angebots. Sinnvoll sind hier beispielsweise eine Netzverdichtung, die Erhöhung der Fahrplandichte, die Verbesserung der Servicequalität und des Komforts sowie die Schaffung flexibler Bedienformen. Als infrastrukturelle und verkehrsleitende Maßnahmen können zusätzlich Sonderspuren und Bevorrechtigungen für öffentliche Verkehrsmittel eingerichtet werden. Auch ein einfaches Tarifsystem mit besonderen Angeboten für verschiedene Zielgruppen trägt dazu bei, den ÖPNV für viele Menschen attraktiver zu machen.

Ein wichtiger Ansatz liegt in der Förderung des Radverkehrs. Hierbei ist beispielsweise eine Verdichtung des Radwegenetzes denkbar, durch die Fahrradfahrten mit geringeren Umwegen und damit auch mit geringeren Zeitverlusten ermöglicht werden. Dabei ist darauf zu achten, dass Radverkehrsverbindungen auf ganzer Länge konsequent umgesetzt werden. Sichere, durchgängige und komfortable Radverkehrsverbindungen können dazu beitragen, dass mehr Menschen aufs Rad umsteigen, insbesondere auch verletzbare Zielgruppen wie Kinder, Jugendliche oder ältere Menschen.

Das Konzept der Stadt der kurzen Wege kann bei der Schaffung lebenswerter Wohnquartiere Orientierung bieten. Dieses Konzept sieht eine durchmischte Nutzung von Quartieren vor. Dabei wird durch wohnungsnahen Einkaufs- und Aktivitätsmöglichkeiten die Bewältigung eines Großteils der täglichen Aufgaben im eigenen Quartier ermöglicht. Durch diese durchmischte Nutzung von Quartieren sind insgesamt geringere Alltagsdistanzen notwendig als in monofunktionalen Wohnquartieren (Holz-Rau, Sicks 2012).

5 Internationale Beispiele

International gibt es bereits Ansätze, einzelne der oben beschriebenen Maßnahmen oder Kombinationen daraus in der Praxis umzusetzen und zu erproben. So verpflichten sich beispielsweise Bewohnerinnen und Bewohner eines Neubaugebiets in Bern per Sondervereinbarung „Autofreies Wohnen“ im Mietvertrag dazu, selbst kein Auto zu besitzen (*Intelligentmobil.de* o. J.). Für Besuch, Lieferungen und Sonderfahrten stehen Parkplätze zur Verfügung. In einer Entfernung von etwa 300 Metern besteht die Möglichkeit der Nutzung eines Carsharing-Angebots (*Intelligentmobil.de* o. J.).

Einen hohen internationalen Bekanntheitsgrad besitzen die sogenannten Superblocks (auf Katalanisch „Superilles“ = Superinseln) in Barcelona. Für einen Superblock werden bis zu neun Häuserblocks zusammengefasst, innerhalb derer das Fahrradfahren und das Zufußgehen bevorrechtigt sind (Barcelona o. J.). Zweispurige Straßen wurden auf die Hälfte der bisherigen Kapazität reduziert und die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf zehn bis 20 Kilometer pro Stunde herabgesetzt (Barcelona o. J.).

Als Teil der „Healthy Streets“-Initiative wurden in London mit den sogenannten Mini-Hollands fahrrad- und fußverkehrsfreundliche Lebensräume entwickelt (ADFC 2020). Beispiele für die dabei realisierten infrastrukturellen Maßnahmen sind laut ADFC 2020 geschützte Radwege auf Hauptstraßen durch den Bezirk und zu benachbarten Stadtbezirken, Fahrradparkhäuser sowie Fahrrad-Hangars, also überdachte Fahrradparkeinheiten für mehrere Fahrräder. Zudem wurden parallele, aber räumlich getrennte Überwege („Zebrastrifen“) für das Fahrrad und das Zufußgehen installiert, sodass das Konfliktpotenzial verringert wird. Verkehrsberuhigte Zonen mit Modalfiltern zur Vermeidung von Durchgangsverkehr sowie Angebote für Bewohnerinnen und Bewohner attraktivieren zudem die Nutzung von Verkehrsmitteln des Umweltverbundes. Zu Angeboten für Bewohnerinnen und Bewohner zählen beispielsweise kostenlose Fahrradreparatur- und Wartungskurse sowie kostenlose Fahrrad- und Lastenrad-Leihsysteme.

6 Fazit und Ausblick

Die Pandemie und deren Nachwirkungen haben gezeigt, dass unser Mobilitätsverhalten veränderbar ist. Einerseits trägt die Digitalisierung zu einer Reduktion v. a. von Pendelwegen und längeren Fahrten bei. Andererseits bedeutet das, dass Menschen ihre wohnortnahe Umgebung neu entdecken. Dass die Flächen in den Quartieren stark vom ruhenden und fließenden Autoverkehr dominiert werden, wurde nicht zuletzt durch fehlende Räume für Kinder und Jugendliche während der Schul-, Kita- und Spielplatzschließungen deutlich sichtbar.

Für viele Menschen wurde der Nahbereich um den eigenen Wohnort wichtiger, der Aktionsradius der täglichen Aktivitäten hat sich verringert. Durch eine fortschreitende Verlagerung von Aktivitäten in den digitalen Raum auch über die Pandemie hinaus könnte sich diese Tendenz zukünftig noch verstärken. Hier kann eine Aufwertung von Wohnquartieren mit durchdachten Mobilitätskonzepten und Einrichtungen zur Erledigung und zum Einkauf von Dingen des täglichen Bedarfs große Vorteile mit sich bringen. Bei der Stadtquartiersentwicklungsplanung sollten Verkehrs- und Mobilitätsplanung einen Bestandteil darstellen, der von Beginn an in die Überlegungen einbezogen wird. Hier kann die Pandemie einen Impuls hin zu einer Verkehrswende darstellen. Die sich durch diesen Umbruch in der Alltagsgestaltung vieler Menschen bietenden Chancen sollten genutzt werden, um einen Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise und zur gerechteren Verteilung von Flächen zu leisten.

Im vorliegenden Artikel wurden Beispiele für Ansätze zur Reduktion von Verkehrsflächen und zur Umverteilung von Flächen des öffentlichen Raumes genannt. Die konkreten Wirkungen der beschriebenen Ansätze auf den Flächenverbrauch könnte in Real-laboren und in Pilotprojekten mit begleitender Forschung untersucht werden.

7 Literatur

- ADFC – Allgemeiner Deutscher Fahrrad Club (2020): InnoRAD-Factsheet 3/6. Innovative Radverkehrslösungen auf Deutschland übertragen. Allgemeiner Deutscher Fahrrad Club e. V.
https://www.adfc.de/fileadmin/user_upload/Expertenbereich/Politik_und_Verwaltung/Download/adfc_innorad_mini_hollands_web.pdf (Zugriff: 27.09.2021).
- Agora Verkehrswende (2017): Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende.
https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen_WEB.pdf (Zugriff: 27.09.2021).
- Barcelona.de (o. J.): Barcelona wird super dank Superblocks! Weniger Verkehr, mehr Grün, mehr Lebensqualität durch das neue Stadtentwicklungsprojekt.
<https://www.barcelona.de/de/barcelona-superblocks.html> (Zugriff: 27.09.2021).
- Bundesverband Carsharing (o. J.): CarSharing entlastet Umwelt und Verkehr.
<https://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/umweltbilanz/carsharing-entlastet-umwelt-verkehr> (Zugriff: 27.09.2021).
- Holz-Rau, C.; Sicks, K. (2012): Stadt der kurzen Wege und der weiten Reisen.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13147-012-0205-8.pdf> (Zugriff: 27.09.2021).
- Intelligentmobil.de (o. J.): Schweiz. Burgunderstrasse in Bern-Bümpliz. Per Sonderregelung zur Wohnsiedlung mit lauter Mieter*innen ohne eigenen PKW.
<https://intelligentmobil.de/burgunderstrasse-in-bern-buempliz> (Zugriff: 27.09.2021).
- Kraftfahrtbundesamt (2021): Bestandsüberblick am 1. Januar 2021.
https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html (Zugriff: 27.09.2021).
- MiD – Mobilität in Deutschland (2017): Mobilität in Deutschland – Ergebnisbericht.
- Randelhoff, M. (2016): Die größte Ineffizienz des privaten Pkw-Besitzes: Das Parken.
<https://www.zukunft-mobilitaet.net/13615/strassenverkehr/parkraum-abloesebedarf-parkgebuehr-23-stunden/> (Zugriff: 27.09.2021).
- Randelhoff, M. (2019): Vergleich unterschiedlicher Flächeninanspruchnahmen nach Verkehrsarten (pro Person).
<https://www.zukunft-mobilitaet.net/78246/analyse/flaechenbedarf-pkw-fahrrad-bus-strassenbahn-stadtbahn-fussgaenger-metro-bremsverzoeigerung-vergleich/> (Zugriff: 27.09.2021).

Umweltbundesamt (2021): Siedlungs- und Verkehrsfläche.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche> (Zugriff: 27.09.2021).

WZB, infas, MOTIONTAG (2021): Mobilitätsreport 04, Corona-Schutzmaßnahmen und Mobilität Eine Betrachtung der Reichweite von Corona-Schutzmaßnahmen anhand von Mobilitätskennziffern Ausgabe 05.03.2021, Bonn, Berlin, mit Förderung des BMBF.

https://www.infas.de/fileadmin/user_upload/PDF/infass_Mobilit%C3%A4tsreport_04_7331_20210304.pdf (Zugriff: 27.09.2021).

Wie kann die ÖV-orientierte Siedlungsentwicklung weitergedacht werden?

Sebastian Clausen

Zusammenfassung

In der Stadtregion Hamburg werden Teile der Siedlungsentwicklung unabhängig vom bestehenden Angebot durch den öffentlichen Verkehr (ÖV) entwickelt. Die Auswirkungen der Corona-Pandemie zeigen jetzt schon einen Trend zur weiteren Suburbanisierung auf, der allen Prämissen für eine nachhaltige und resiliente Entwicklung einer Stadtregion entgegensteht. Im Rahmen der Forschungsarbeit ist ein neuer Ansatz für die integrierte Betrachtungsweise von Siedlung und ÖV entwickelt worden, aus dem Leitplanken für eine ÖV-orientierte Siedlungsentwicklung abgeleitet werden können. Die beispielhafte Anwendung erfolgt auf die Stadtregion Hamburg, welche das Hamburger Stadtgebiet und die sieben Umlandkreise umfasst.

Schlagwörter: Siedlungsentwicklung, Öffentlicher Verkehr, Stadtregion, Transit-oriented development, Benchmarking

1 Einführung

1.1 Auf Ursachenforschung

Der öffentliche Verkehr (ÖV) ist neben Fahrradfahren und Zufußgehen hinsichtlich CO₂-Emissionen und Flächenneuanspruchnahme eines der nachhaltigsten Fortbewegungsmittel. Inwieweit eine nachhaltige und klimaschonende Mobilität innerhalb einer Stadtregion möglich ist, hängt maßgeblich mit der Siedlungsstruktur sowie den vorhandenen Verknüpfungen mit dem ÖV zusammen. Diese Faktoren tragen maßgeblich dazu bei, welche Wege mit welchem Verkehrsmittel zurückgelegt werden und wie nachhaltig die Mobilität ausgestaltet werden kann.

In ihrem aktuellen Bericht zur Metropolregion Hamburg fordert die OECD, dass man der Raumplanung mehr Kompetenzen im regionalen Planungsverband übertragen sollte. Dieser sollte dann einen Regionalplan erstellen. Für die inhaltliche Ausgestaltung bedarf es somit einer wissenschaftlich fundierten Entscheidungsgrundlage.

1.2 Gemeinsam stärker – aber wie?

Die Forderung nach einer integrierten Entwicklung von Siedlung und öffentlichem Verkehr ist in ihrem Grundsatz nicht neu. Unterschiedliche Hemmnisse, z. B. politischer,

systemischer oder gesellschaftlicher Natur haben eine umfassendere Umsetzung bisweilen ausgebremst. Vor dem Hintergrund der erklärten klimapolitischen und raumordnerischen Ziele ist es geboten, die Diskussion zu einer ÖV-orientierten Siedlungsentwicklung weiterzuführen.

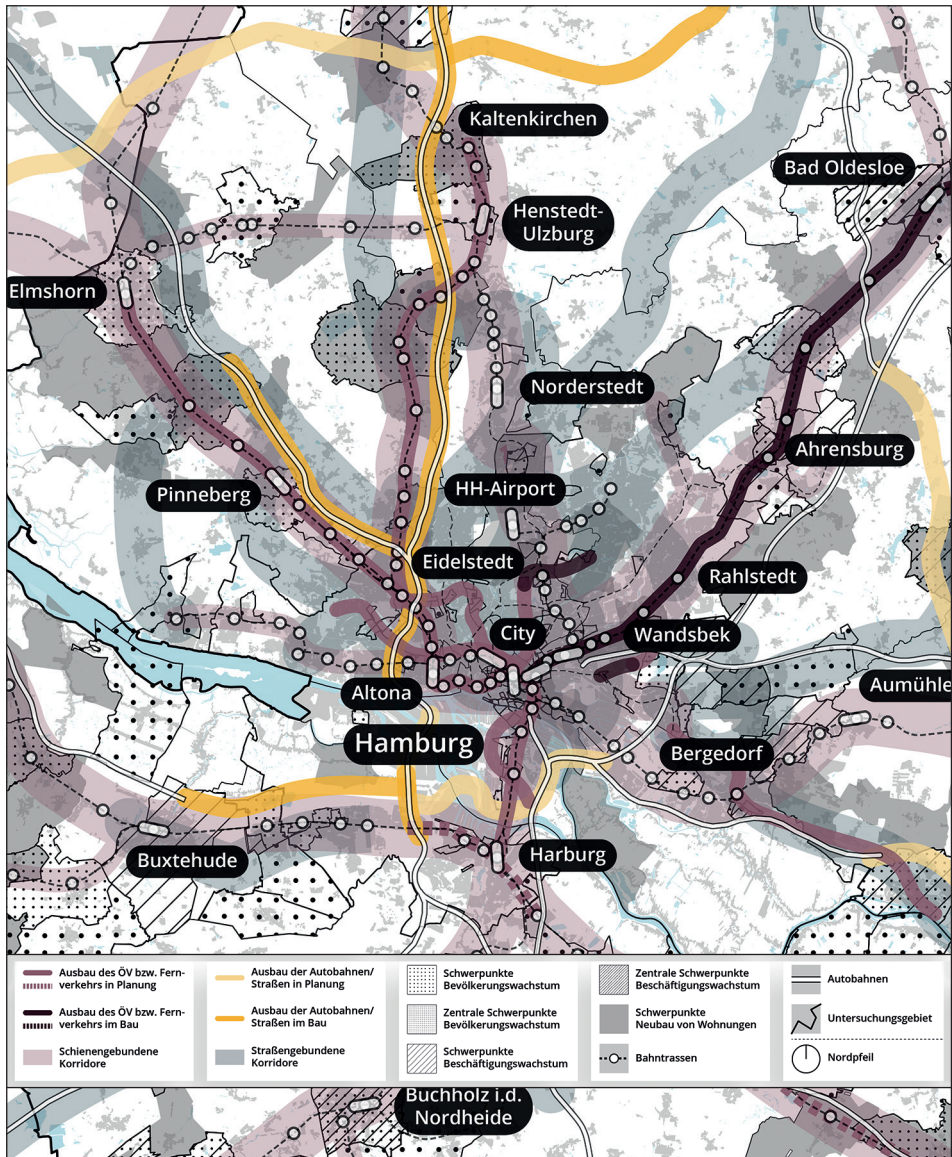


Abb. 1: Wesentliche raumbezogene Erkenntnisse aus den identifizierten Herausforderungen (Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage BVM 2020 und BKG 2018)

1.3 Räumliche Herausforderungen im Fokus

Aus der Analyse des Hamburger Verkehrsmodells lassen sich Thesen für die zentralen Herausforderungen der Stadtregion ableiten. Das heterogene Wachstum von Bevölkerung und Arbeitsplätzen muss vorwiegend in den Haltestellenumfeldern des schienengebundenen ÖV konzentriert werden. Dieser kann so zum wesentlichen Rückgrat der Stadtregion ausgebildet werden. Die Standorte zum Leben und Arbeiten müssen so konzipiert werden, dass die Nutzenden auf einen Pkw ggf. verzichten können. Pendlerverkehre sind verstärkt über den öffentlichen Verkehr abzuwickeln. Der geplante ÖV-Ausbau schließt nördlich der Elbe wichtige Lücken in heute dicht besiedelten Gebieten. Südlich der Elbe zeigen sich deutliche Diskrepanzen zwischen prognostiziertem Bevölkerung- und Beschäftigtenwachstums und fehlendem Ausbau des öffentlichen Verkehrs. Auf den Süden der Stadtregion muss ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Für all diese Aspekte sind ein gemeinsames Aufgabenverständnis und ein länderübergreifender Dialog grundlegende Voraussetzung.

2 Siedlung und öffentlicher Verkehr müssen wieder integrierter gedacht werden

2.1 Schrittweise zum Ziel

Basis für die integrierte Betrachtung von Siedlung und öffentlichem Verkehr bilden zunächst zwei Modelle. Ansatzpunkte liefert die Schweiz mit ihren ÖV-Güteklassen. In einem ersten Schritt ist das Güteklassenmodell zum öffentlichen Verkehr auf die Stadtregion Hamburg übertragen worden. Dieses Modell erlaubt eine abstrahierte Bewertung des ÖV-Angebots einer Haltestelle und dessen Wirkung auf den direkten räumlichen Einzugsbereich anhand der Luftlinie. Ergebnis ist die ÖV-Qualität. Zu berücksichtigen ist dabei, dass diese Art der Betrachtung das Wegenetz oder die Topografie vernachlässigt. Diese Aspekte werden im zweiten Modell für die Zugänglichkeit zu Infrastrukturen berücksichtigt. Dieses Güteklassenmodell bewertet die Erreichbarkeit von Infrastrukturen wie Bahnhöfe, Haltestellen oder Supermärkte anhand der jeweiligen Reisezeiten in der Stadtregion. Ergebnis ist die Zugangsqualität.

Die Verschneidung beider zuvor genannten Modelle liefert die gewünschte integrierte Betrachtungsweise – das Benchmarking. Damit werden ÖV- und Zugangsqualitäten erstmals räumlich miteinander in Bezug gesetzt. Ein wesentlicher Aspekt des Benchmarkings ist die Bewertung von Qualitäten anhand einheitlicher Kriterien in der gesamten Stadtregion.

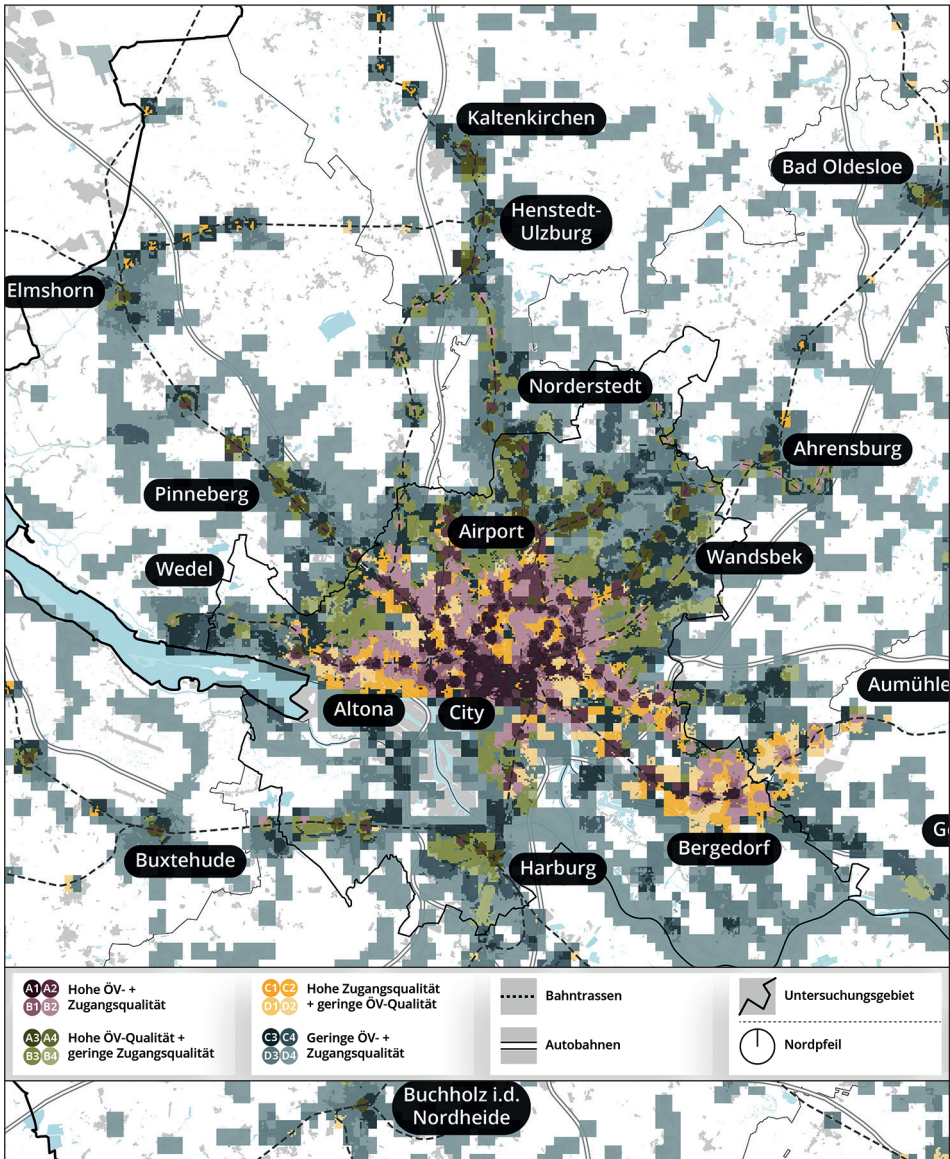


Abb. 2: Verschneidung der ÖV- und Zugangsqualität zum integrierten Benchmarking für die Stadtregion Hamburg (Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage BVM 2020 und BKG 2018)

2.2 Potenziale richtig nutzen

Der Abgleich des Benchmarkings mit der Einwohnerdichte liefert Potenzialflächen und damit wesentliche Erkenntnisse für eine ÖV-orientierte Siedlungsentwicklung. Es können sowohl Potenzialflächen für die Siedlungsentwicklung als auch für den Ausbau des ÖV-Angebots identifiziert werden. Zudem ist es möglich, die Wirkung von geplanten

Maßnahmen des ÖV für die Schaffung von Siedlungspotenzialen zu beurteilen. Im Falle der Stadtregion Hamburg zeigt sich, dass durch den Ausbau des ÖV nur geringfügig neue Potenziale für Siedlungsentwicklung geschaffen werden. Der ÖV-Ausbau folgt somit in vielen Bereichen nachträglich den oftmals seit Jahrzehnten bestehenden Siedlungsstrukturen mit hoher Einwohnerdichte. Hieraus ergeben sich drei übergeordnete Kategorien für konkrete Handlungsempfehlungen:

1 Siedlung ergänzen!

 <p>Innenstadt erweitern - Stadteingang umbauen!</p>	 <p>ÖV-Knoten und Zentren weiterentwickeln!</p>
 <p>Untergenutzte Flächen aktivieren!</p>	 <p>Stadt weiterbauen!</p>
 <p>Lücken im Siedlungs- körper schließen!</p>	 <p>Bestand behutsam nachverdichten!</p>

2 Öffentlichen Verkehr ergänzen!

 <p>Schnellbahnstation ergänzen!</p>	 <p>Neuen Verkehrsträger einbinden!</p>
 <p>Taktfrequenz erhöhen - Haltestellennetz ausbauen</p>	

3 Keine Siedlungsentwicklung ohne ÖV-Ergänzung!

Abb. 3: Drei wesentliche Vorschläge für Handlungsempfehlungen für eine ÖV-orientierte Stadtregion (Quelle: eigene Darstellung)

1. Siedlung ergänzen oder erweitern, da hier der öffentliche Verkehr bereits in hoher Qualität vorhanden ist.

2. Öffentlichen Verkehr ergänzen oder ausbauen, weil in diesen Bereichen hohe Einwohnerdichten bestehen und die Qualität des öffentlichen Verkehrs meist gering ausfällt oder der ÖV gänzlich fehlt.

3. Siedlungsentwicklung nur noch in Verbindung mit dem Ausbau des ÖV stattfinden zu lassen. Dies sind die sogenannten ‚rezeptpflichtigen Bereiche‘, die einerseits erst in die Entwicklung kommen sollten, wenn die Potenzialgebiete aus Punkt 1 nahezu ausgeschöpft sind. Andererseits müssen diese Standorte hinsichtlich der verkehrlichen Anbindung und Mobilität besonders programmiert werden, um eine weitere Siedlungsentwicklung zu ermöglichen.

Die Aktivierung und Nutzung der genannten Potenziale machen jedoch gemeinsame politische Anstrengungen und planerische Zielstrebigkeit innerhalb der Stadtregion erforderlich.

3 Handlungsempfehlungen für die ÖV-orientierte Stadtregion

3.1 Prinzipien zum Erfolg

Aus der vorliegenden Forschungsarbeit können die folgenden, grundsätzlichen Leitplanken für eine nachhaltige, integrierte Siedlungsentwicklung abgeleitet werden:

Siedlung am bestehenden ÖV-Netz weiterentwickeln: Zur Einhaltung der Klima- und Flächensparziele sollte die vorhandene Infrastruktur besser ausgenutzt werden. Die Analyse zeigt große Potenziale für die Siedlungsentwicklung am bestehenden ÖV-Netz – insbesondere im Bereich vieler Haltestellenumfelder – auf.

Öffentlichen Verkehr zuerst entwickeln: Weiterer Grundsatz einer nachhaltigen, ÖV-orientierten Siedlungsentwicklung ist die Herstellung eines angemessenen ÖV-Angebots vor Bezug von Siedlungsflächen. Hierbei sollte ein schienengebundenes Angebot insbesondere bei Entwicklungen mit hoher Einwohner- oder Arbeitsplatzdichte vorgesehen werden.

Nachträgliche Ausstattung mit ÖV-Angeboten: Die Potenzialabschätzung legt auch dar, welche Siedlungsflächen trotz hoher Einwohnerdichte einen unzureichenden ÖV-Anschluss aufweisen. Diese Gebiete sind bei den Ausbaumaßnahmen des ÖV zu berücksichtigen, um nachträglich ein besseres ÖV-Angebot zu schaffen und KFZ-Fahrten zu verringern.

3.2 Nur für die Planung ein Thema?

Das vorgestellte Benchmarking lässt sich auch auf andere Gebiete übertragen. Sinnvoll ist die Anwendung insbesondere auf räumliche Zusammenhänge, in denen der ÖV mindestens ein Grundgerüst darstellt. Vor allem Stadt- und Metropolregionen oder einzelne Korridore eines metropolitanen Raums bieten sich für die Übertragung an.

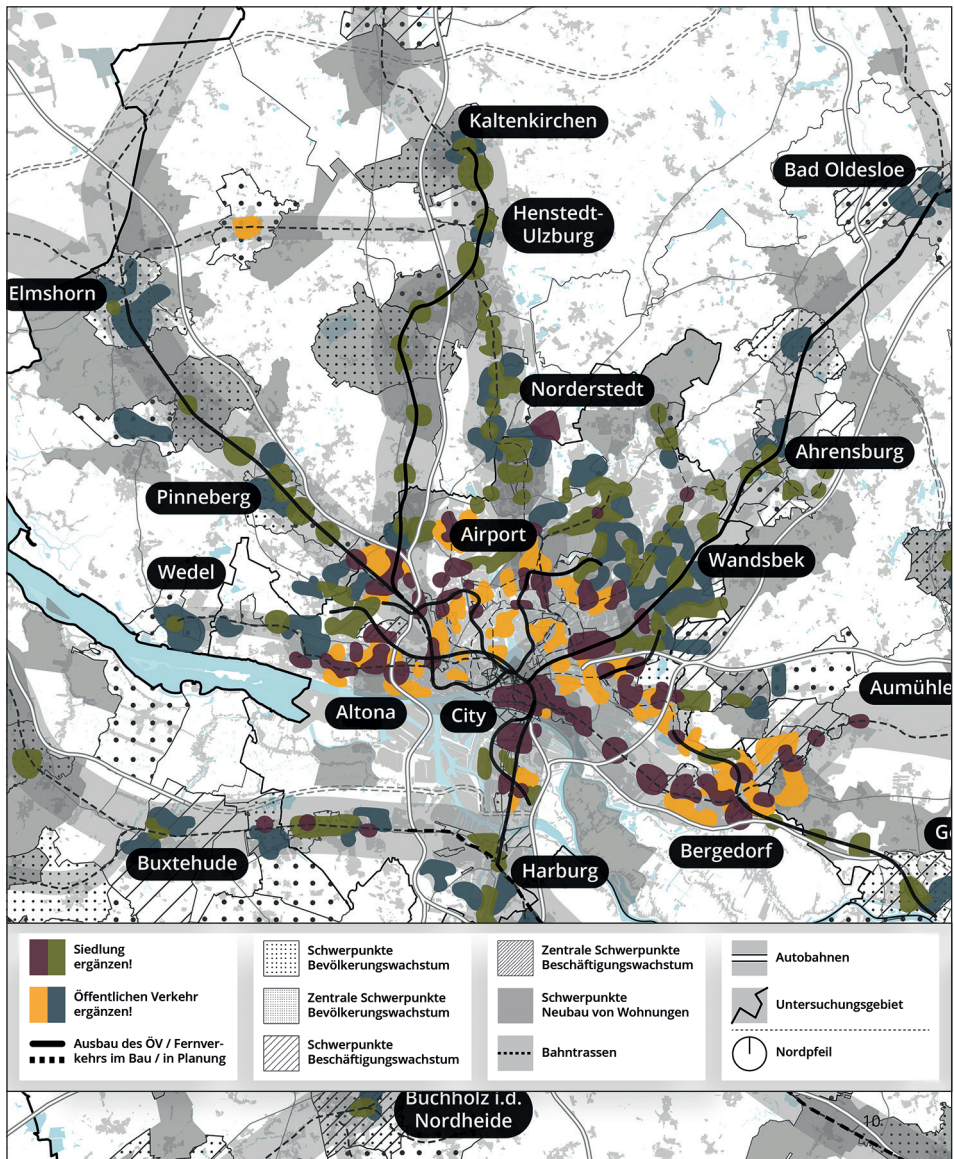


Abb.4: Wesentliche Erkenntnisse aus der Potenzialabschätzung für die Stadtregion Hamburg (Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage BVM 2020 und BKG 2018)

Anwender und Nutzer des Benchmarkings sind in erster Linie öffentliche Verwaltungen und politische Entscheidungsträger von Städten und Kommunen, in deren Aufgaben- und Verantwortungsbereich die Steuerung der Siedlungsentwicklung aber auch die Finanzierung und der Betrieb des öffentlichen Verkehrs liegen. Darüber hinaus können auch Metropolregionen, Regionalverbände und Planungsregionen potenzielle Anwender sein. Mit der integrierten Betrachtungsweise von Siedlung und ÖV können auch räumliche Entwicklungsziele abgeleitet und formuliert werden. Daher kommen auch Landes- oder Bundesministerien als mögliche Nutzer in Frage. Hierüber kann eine Steuerungswirkung in Abhängigkeit einer formellen oder informellen Verankerung der Ziele für die gesamte Stadtregion erreicht werden.

Die Bevölkerung in den urbanen Zentren will überwiegend die Mobilitätswende. Das Gelingen dieser ist aber wesentlich von der Umsetzung im direkten Umland einer Stadt abhängig. Diese kann u. a. nur dann erfolgreich sein, wenn der ÖV das wesentliche Rückgrat der Siedlungsentwicklung darstellt. Das Benchmarking und die Potenzialabschätzung können Leitlinien für die Steuerung der künftigen Entwicklung einer Stadtregion bilden. Eine strategische, übergeordnete Steuerung von Siedlungsentwicklung und öffentlichem Verkehr ist für die oben genannte Zielerreichung unabdingbar. Dies macht auch eine Kopplung bestehender oder neuer Förderprogramme an Maßnahmen der integrierten Siedlungsentwicklung erforderlich. So könnte in einem ersten Schritt Einfluss auf die Siedlungstätigkeit in einer Stadtregion genommen werden.

4 Literatur

ARE – Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.) (2020): ÖV-Güteklassen Berechnungsmethodik ARE. Grundlagenbericht für die Beurteilung der Agglomerationsprogramme Verkehr und Siedlung.

<https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/oev-gueteklassen-berechnungsmethodikare.pdf.download.pdf/oev-gueteklassen-berechnungsmethodikare.pdf> (Zugriff: 11.07.2021).

BIB – Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (2020): Binnenwanderung in Deutschland.

<https://www.bib.bund.de/DE/Aktuelles/2020/2020-11-10-Geographische-Rundschau-Binnenwanderungen-in-Deutschland.html> (Zugriff: 17.07.2021).

Clausen, S.; Gartzke, M. (2021): Modell für eine ÖV-orientierte Siedlungsentwicklung am Beispiel der Stadtregion Hamburg.

<https://repos.hcu-hamburg.de/handle/hcu/558> (Zugriff: 26.06.2021).

Einig, K. (2015): Gewährleisten Zentrale-Orte-Konzepte gleichwertige Lebensverhältnisse bei der Daseinsvorsorge? In: Informationen zur Raumentwicklung Heft 1/2015. BBSR, Bonn.

HVV – Hamburger Verkehrsverbund (2020): gtfs-Datensatz.

<http://transparenz.hamburg.de/> (Zugriff: 25.02.2021).

- Kießling, N. (2016): Nachhaltige ÖV-orientierte Siedlungsentwicklung an Stadtbahntrassen. In: Arbeitspapiere zur Regionalentwicklung. Elektronische Schriftenreihe des Lehrstuhls Regionalentwicklung und Raumordnung, Band 18. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern
- MRH – Metropolregion Hamburg (Hrsg.) (2017): Leitprojekt regionale Erreichbarkeitsanalysen. Abschlussbericht und Erreichbarkeitsatlas. MRH, Hamburg.
- OECD – Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2019): OECD-Berichte zur Regionalentwicklung: Metropolregion Hamburg, Deutschland. OECD, Paris.
https://read.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regionaldevelopment/oecd-berichte-zur-regionalentwicklungmetropolregion-hamburg-deutschland_6843d6f0-de#page9 (Zugriff: 24.05.2021).

GIS-Bausteine für eine automatisierte Bewertung und Simulation der Siedlungsinnenentwicklung

Sabine Gadocha, Wolfgang Spitzer, Yingwen Deng, Thomas Prinz

Zusammenfassung

Gerade im alpinen Raum ist, bedingt durch die topographischen und klimatischen Gegebenheiten, eine effiziente und nachhaltige Nutzung vorhandener Ressourcen im Sinne von Flächen- und Energieeffizienz sowie Infrastrukturauslastung eine wesentliche Herausforderung. Im Zentrum Alpines Bauen – Forschungsschwerpunkt Simulation von Siedlungssystemen – werden mit Methoden der Geoinformatik neue Modelle und Planungswerkzeuge entwickelt, um Möglichkeiten der Siedlungsinnenentwicklung und Nachverdichtung aufzuzeigen, sowie Simulationsmodelle, um das Flächenmanagement für Gemeinden zu konkretisieren und zu objektivieren. Dazu wurden mehrere Modelle entwickelt, die modular implementiert werden und so flexibel für die Bearbeitung unterschiedlicher Fragestellungen (z. B. Identifikation und Quantifizierung von Nachverdichtungspotenzialen, Fragestellungen zum Flächenmanagement) kombiniert werden.

Schlagwörter: GIS, Innenentwicklung, Nachverdichtung, Simulation, Flächenmanagement

1 Einführung

Der alpine Raum steht vor einer großen planerischen Herausforderung: Die naturräumlichen Gegebenheiten schränken die Verfügbarkeit von Flächen stark ein; Urbanisierungs- und räumliche Konzentrationsprozesse ziehen einen hohen Siedlungsdruck nach sich. Im Zeitraum 2018-2020 wurden in Österreich durchschnittlich täglich 11,5 Hektar Flächen neu für Siedlung und Verkehr in Anspruch genommen. Der Verbrauch übersteigt damit noch deutlich das bis 2030 angestrebte Ziel von 2,5 Hektar pro Tag (Umweltbundesamt 2020). Der Flächenverbrauch ist dabei nicht nur absolut sehr hoch, sondern auch weitgehend von der Bevölkerungsentwicklung entkoppelt (Spitzer et al. 2015). Zersiedelung, Bodenverbrauch sowie vielfältige Nutzungsansprüche an die begrenzte Ressource Fläche gefährden die Standort- und Lebensqualität in Österreich und haben zahlreiche negative Auswirkungen auf Mobilität, Energie, Landwirtschaft und Klimaschutz.

Um die vorhandenen Ressourcen effizienter und nachhaltiger zu nutzen, setzen Politik und Planung dabei zunehmend auf Strategien zur Innenentwicklung und Nachverdichtung im Bestand. Diese sind mittlerweile durchgängig in den Planungsinstrumenten von Ländern, Städten und Gemeinden etabliert, bspw. im Salzburger Raumordnungsgesetz (S-ROG 2009) mit den Grundsätzen und Zielen einer haushälterischen und nachhaltigen Nutzung von Grund und Boden, insbesondere dem sparsamen Umgang mit

Bauland sowie dem Vorrang für die Siedlungsentwicklung nach innen und Vermeidung von Zersiedelung. Im Räumlichen Entwicklungskonzept der Stadt Salzburg heißt es dazu: „Durch eine gezielte bauliche Innenentwicklung kann eine höhere Wirtschaftlichkeit der städtischen Infrastruktur erzielt und die prägenden Frei- und Landschaftsräume der Stadt gesichert werden.“ (Magistrat der Stadt Salzburg 2009).

Vor diesem Hintergrund werden im Projekt Zentrum Alpines Bauen (ZAB, *alpinesbauen.at*) als Kooperation zwischen Fachhochschule Salzburg und dem Studio iSPACE der Research Studios Austria Forschungsgesellschaft im Forschungsschwerpunkt Simulation von Siedlungssystemen neue Modelle und Planungswerkzeuge mit Methoden der Geoinformatik entwickelt, um Möglichkeiten der Siedlungsinnenentwicklung und Nachverdichtung aufzuzeigen.

2 Methodik GIS-Bausteine für die Siedlungsinnenentwicklung

Im Projekt Zentrum Alpines Bauen (ZAB) wird ein Raumsimulationsmodell, ausgestaltet als modulares GIS-Analysemodell, entwickelt, das die landesweite Identifikation und Quantifizierung von baulichen Potenzialen (Neubau, Nachverdichtung) im Widmungsbestand des Landes Salzburg ermöglicht und eine praxisorientierte Bewertung sowie ein Monitoring der baulichen Entwicklung unterstützt. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht der bisher entwickelten GIS-Module.

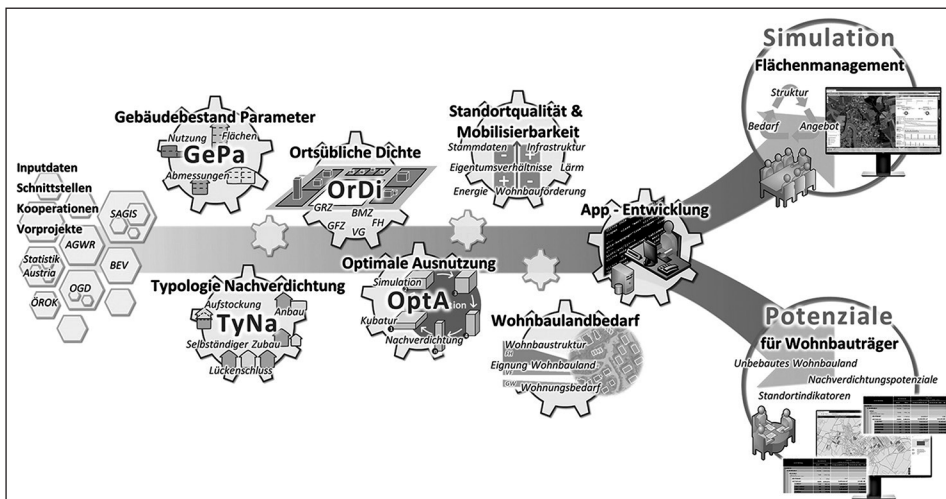


Abb. 1: Übersicht GIS-Bausteine (Quelle: RSA FG Research Studio iSPACE 2020)

2.1 Modul Gebäudeparameter (GePa)

Eine wesentliche Grundlage für die Identifikation und Quantifizierung von Nachverdichtungspotenzialen ist die Kenntnis des Gebäudebestands hinsichtlich Nutzung und Abmessungen. Mit dem Modul „Gebäudeparameter“ erfolgt eine automatisierte Ermittlung von raumplanungsrelevanten Parametern des Gebäudebestands. Diese basiert vor allem auf einer Kartierung von Gebäudeflächen aus Orthofotos des Landes Salzburg (2017-2018), welche mit weiteren Datensätzen (z. B. Adress-GWR) verknüpft wurde, um Bauperiode und Gebäudehauptnutzung zu integrieren (Götzlich et al. 2021).

Die Ableitung der Gebäudeparameter umfasst vier grundlegende Schritte (vgl. dazu Spitzer et al. 2021): Da die Kartierung von Gebäuden aus Orthofotos etwaige Dachvorsprünge inkludiert, wird im ersten Schritt die Gebäudefläche aus der Dachfläche abgeschätzt. Dabei werden bei Annahme eines Dachvorsprungs (Dachneigungs- und -flächenstatistik) 0,5 m abgezogen. Anschließend werden Firsthöhe und Volumen der Gebäude ermittelt, indem die Gebäudefläche mit einem Differenzhöhenmodell verschnitten wird. Zur exakteren Abbildung der Gebäudefläche wird das normalisierte digitale Oberflächenmodell (nDOM) zuvor auf ein feineres Punktraster umgerechnet. Dieser Punktraster weist die nDOM-Höhenwerte jedes Gebäudes auf, deren Maximalwert die Giebelhöhe (m) und deren Summe das Gebäudevolumen (m^3) repräsentieren. Im dritten Schritt erfolgt die Abschätzung der Anzahl der Vollgeschosse (VG) und der Bruttogeschossfläche (BGF) für jedes Gebäude über typische Geschosshöhen, in Abhängigkeit von Gebäudenutzung und Gebäudealter, über eine statistische Auswertung des nDOM-Punktrasters. Im letzten Schritt werden schließlich Gebäudehüllflächen für jedes Gebäude ermittelt (Außenwandflächen nach Orientierung sowie Dachfläche).

2.2 Modul Ortsübliche Dichte (OrDi)

Da für Gemeinden im Land Salzburg in der Regel keine digitalen Bebauungspläne zur Verfügung stehen, aus denen die bauliche Höchstdichte automatisiert ausgelesen werden kann, wurde das GIS-Modul „Ortsübliche Dichte“ entwickelt (Abb. 2). Mit dem Modell wird in einem ersten Schritt für jede bebaute Parzelle, differenziert nach Betriebs- und Wohnbauland, die Bestandsdichte aus dem Modul Gebäudeparameter ermittelt.

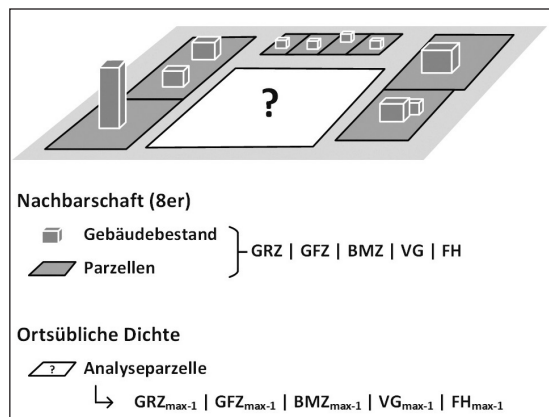


Abb. 2: Ableitung der ortsüblichen Dichte in der 8er-Nachbarschaft (Quelle: RSA FG Research Studio iSPACE 2020)

Anschließend wird für jede Analyseparzelle aus den acht ihr nächstliegenden bebauten Parzellen jeweils ein Wert der Bestandsdichtekennzahlen zu Grundflächenzahl (GRZ), Geschossflächenzahl (GFZ), Baumassenzahl (BMZ), Vollgeschosse (VG) und Firsthöhe (FH) abgeleitet und für das betreffende Grundstück als ortsübliche Dichte gespeichert. Dabei wird stets die zweithöchste Ausprägung der jeweiligen Dichtekennzahl verwendet, um außerordentliche Gebäude als Ausreißer zu vermeiden (z. B. Lagerhallen) und die ortsübliche Dichte dadurch nicht zu überschätzen. Die einzelnen Werte zur ortsüblichen Dichte können aus einer oder mehreren der acht Nachbarparzellen stammen.

2.3 Modul Optimale Ausnutzung (OptA)

Im Modul „Optimale Ausnutzung“ wird für jede Analyseparzelle die optimale (maximale) Ausnutzung in Quadratmetern BGF ermittelt. Dafür werden für jede Analyseparzelle mögliche Kubaturen simuliert (Abb. 3). Die räumliche Auflösung der Simulation wird über den Mindestabstand zu den Bauplatzgrenzen gesteuert. Dies erfolgt aus Performanzgründen degressiv; d. h., beginnend bei 0,5 m wird die Auflösung mit zunehmendem Abstand schrittweise adaptiv auf 5 m erhöht. Unter kombinierter Berücksichtigung der ortsüblichen Dichte und gesetzlicher Abstandsvorgaben zu den Bauplatzgrenzen (Mindestabstand: 4 m bzw. drei Viertel der Traufhöhe) wird für jede Analyseparzelle die optimale (maximale) Ausnutzung in m² BGF aus der Simulation ausgewählt. Die Kubatur mit der optimalen Ausnutzung darf dabei keinen der Grenzwerte der jeweiligen ortsüblichen Dichte überschreiten.

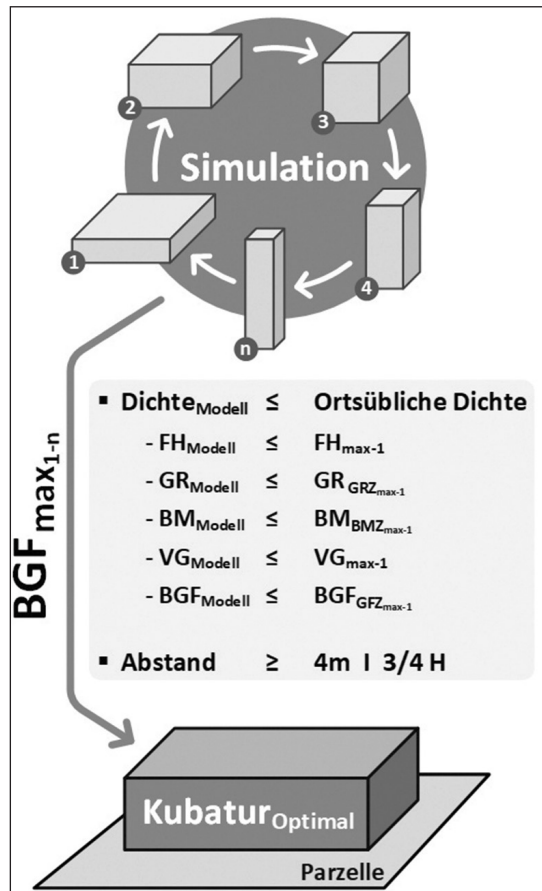


Abb. 3: Simulation der optimalen Ausnutzung
(Quelle: RSA FG Research Studio iSPACE 2020)

2.4 Modul Wohnbaulandbedarf

In diesem Modul werden Daten erarbeitet, die als Eingangsdaten für eine Simulation des Flächenmanagements auf Gemeindeebene dienen. Dazu zählen die Wohnbaustruktur, das unbebaute Wohnbauland und die Prognose des Haushaltsbedarfs.

Zur Ermittlung der Wohnbaustruktur des Gebäudebestands einer Gemeinde werden in einem ersten Schritt die Gebäude anhand ihrer BGF (m²), Vollgeschosse und Grundstücksgröße in die drei Kategorien „freistehendes Haus“, „verdichteter Flachbau“ und „Geschosswohnbau“ klassifiziert. Für Gebäude ≥ 500 m² Bruttogeschossfläche (BGF) und ≥ 3 Vollgeschossen (VG) wird die Klasse Geschosswohnbau angenommen. Gebäuden < 500 m² BGF oder < 3 VG wird die Klasse verdichteter Flachbau zugewiesen, wenn die Grundstücksfläche < 400 m² ist und mindestens eine gemeinsame Gebäudegrenze an der Grundstücksgrenze vorhanden ist. Die verbleibenden Gebäude werden als freistehendes Haus klassifiziert. Zusätzlich wird auch die zugehörige Haushaltsstruktur abgeschätzt. Dazu wird der regionalstatistische 100-m-Raster zur Anzahl an Wohnungen (Statistik Austria) mit den klassifizierten Wohngebäuden (siehe Schritt 1) verschnitten und folgendermaßen zugewiesen: jedem Freistehenden Haus mit 50 bis 180 m² BGF wird eine Wohnung, bei mehr als 180 m² BGF zwei Wohnungen zugeordnet. Von der verbleibenden Anzahl an Wohnungen wird jedem Gebäude der Klasse verdichteter Flachbau eine Wohnung zugeordnet. Die restliche Anzahl an Wohnungen wird der Klasse Geschosswohnbau zugeordnet. Ist dieser Rest allerdings < 3 , so wird er der Klasse freistehendes Haus zugewiesen.

Um die Simulation mit abänderbaren Orientierungswerten zu befüllen, werden dem unbebauten Wohnbauland auf Grundstücksebene eine geeignete Wohnbaustruktur sowie eine Anzahl an realisierbaren Haushalten zugeordnet. Für ein freistehendes Haus bis 700 m² Grundstücksgröße werden ein, darüber (700 m²-900 m²) zwei Haushalte angenommen. Für die Wohnbaustruktur verdichteter Flachbau (Grundstücksgröße 900 m²-1 800 m²) werden 350 m² Grundstücksfläche je Haushalt, für Geschosswohnbau (Grundstücksgröße $> 1 800$ m²) 185 m² je Haushalt veranschlagt. Da aus fachlicher Sicht infrastrukturelle Gunstlagen und flächensparende Bauweisen zu bevorzugen sind, werden die Grundstücke nach Standortqualitätskriterien sowie der realisierbaren Haushaltsanzahl sortiert und ihnen theoretische Nutzungsjahre in den nächsten 25 Jahren zugewiesen, was dem Planungshorizont eines räumlichen Entwicklungskonzepts (REK) entspricht.

Der zukünftige Gesamtbedarf an Wohnraum setzt sich aus der Entwicklung der Bevölkerungszahl und der Entwicklung der Haushaltsgrößen zusammen und wird in der Einheit „Haushalte“ abgeschätzt. Prognosen werden in der Regel nicht auf Gemeinde-, sondern bestenfalls auf Bezirksebene erstellt. Um bei der Abschätzung des zukünftigen Bedarfs auch die verhältnismäßig große Variabilität innerhalb eines Bezirks zu berücksichtigen, wird die vergangene Bevölkerungsentwicklung auf Gemeindeebene herangezogen (Abb. 4).

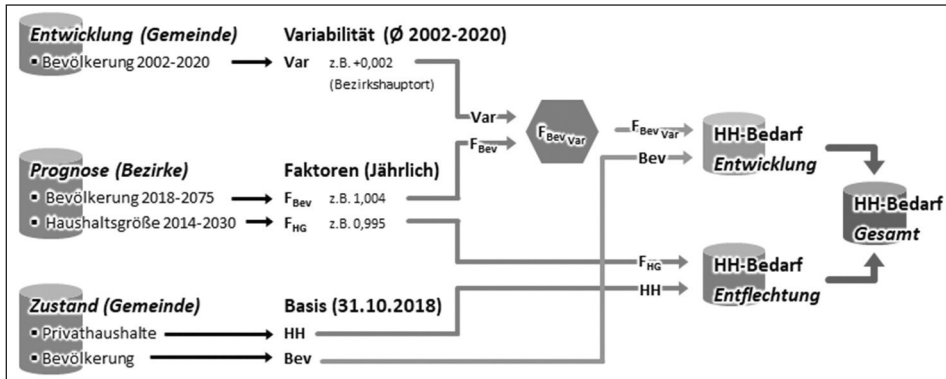


Abb. 4: Abschätzung des zukünftigen Bedarfs an Haushalten auf Gemeindeebene (Quelle: RSA FG Research Studio iSPACE 2021)

3 Anwendungsbeispiele der GIS-Bausteine

Die im vorliegenden Beitrag vorgestellten GIS-Bausteine wurden im Projekt „Zentrum Alpines Bauen“ für das Land Salzburg implementiert und für die zwei Anwendungsfelder „Gemeinnützige Wohnbauträger“ und „Flächenmanagement von Gemeinden“ angewendet.

Für die Zielgruppe „Gemeinnützige Wohnbauträger“ lassen sich durch kombinierte Anwendung der Module „Ortsübliche Dichte“, „Optimale Ausnutzung“ und „Gebäudebestand“ bauliche Potenziale parzellenscharf ermitteln. Dazu wurden in Abstimmung mit Vertretern gemeinnütziger Wohnbauträger folgende Fragestellungen formuliert:

- Wie groß ist das bauliche Potenzial im nicht bebauten Wohnbauland ab einer Größe von mindestens 1 500 m² Grundfläche?
- Wie groß ist das Nachverdichtungspotenzial im bebauten Wohnbauland ab einer Größe von zusätzlich mindestens 10 Wohneinheiten?

Die Ergebnisse wurden tabellarisch, kartographisch sowie als Web-Dienst aufbereitet und hinsichtlich der Parametrisierung und der planerischen Belastbarkeit evaluiert: Abbildung 5 zeigt dazu einen Web-Kartendienst (Ausschnitt Altenmarkt im Pongau), der eine Abfrage der Nachverdichtungspotenziale im bebauten Wohnbauland ermöglicht sowie ergänzend mobilisierungsrelevante Indikatoren zu den Potenzialen liefert (bspw. zur Wohnbauförderung, zu Eigentumsverhältnissen oder zur infrastrukturellen Qualität).

Wohnbauland Bebaut

Wohnbauland Bebaut ≥ 10 WE

Stammdaten

- Gemeinde: **Altenmarkt (50401)**
- Grundbuch_Einlagezahl:
- Typ: **3: Nachverdichtungsfläche**
- Parzellengröße: **4675m²**
- Anzahl Eigentümer / Rechtsperson: **1 / nein**

Flächenwidmung

- Typ (überwiegend): **BALK (Ländliche Kerngebiete)**
- Kategorie / überwiegend seit wann: **Wohnbauland / seit 2006**

Potenzial

- Ortsübliche Dichte: GRZ = **0,4** / GFZ = **0,7** / BMZ = **2,6** / VG = **3** / FH = **10,2**
- BGF Optimale Ausnutzung: **3023m²**
- BGF Gebäudebestand: **996m²**
- BGF Nachverdichtungspotenzial: **2028m²**
- Anzahl Wohneinheiten (85m²): **23**

Wohnbauförderung

- Standortqualität C + D + E: **3 + 3 + 3 = 9 Zuschlagspunkte**

Infrastruktur

- ÖV-Güteklasse: **D: Gute ÖV-Erschließung**
- Kinderbetreuungseinrichtung (fußläufig): **751 \leq 1000m**
- Volksschule (fußläufig): **> 1000m**
- Gemeindeamt (fußläufig): **751 \leq 1000m**
- Vollversorger (fußläufig): **\leq 250m**
- Teilversorger (fußläufig): **> 1000m**
- Apotheke (fußläufig): **251 \leq 500m**
- Praktischer Arzt (fußläufig): **251 \leq 500m**
- Weitere Schulen (fußläufig): **> 1000m**
- Seniorenpflegeheim / Tageszentrum (fußläufig): **> 1000m**

Energie

- Sonnenscheindauer Dezember: **5 - 6**
- Fernwärme (Anschluss): **Strasse (<25m)**
- Gasleitung (Anschluss): **> 25m**

Legend

Auswahl

- Gemeindestatistik ≥ 10 WE (n)
- Gemeindegrenzen
- Grundstücksgrenzen
- Wohnbauland Bebaut ≥ 10 WE
- Wohnbauland Bebaut 1-9 WE

Wohnbauland Bebaut

Gemeindegrenzen

Grundstücksgrenzen

Wohnbauland Bebaut ≥ 10 WE

Wohnbauland Bebaut 1-9 WE

Project Zentrum Alpines Bauen

Partner Research Studios Austria
Forschungsgesellschaft mbH,
Research Studio iSPACE

Updated 2.11.2020

Source intern

Abb. 5: Web-Kartendienst „Wohnbauland Bebaut“ (Quelle: RSA FG Research Studio iSPACE 2021)

Für die Anwendung „Flächenmanagement von Gemeinden“ wurde ein Funktionsmuster einer prototypischen Simulationsanwendung in Anlehnung an den Leitfaden REK (Land Salzburg 2019) entwickelt. Die interaktive WebMap koppelt die Komponenten Wohnungsbedarf (basierend auf zukünftiger demographischer Entwicklung und Änderungen der Haushaltsgrößen), Wohnbaustruktur und Wohnbauland. Dadurch kann der jährliche Wohnungsbedarf den verfügbaren, bereits gewidmeten Wohnbaulandpotenzialen gegenübergestellt und der Deckungsgrad über einen Planungshorizont von 25 Jahren simuliert werden. Der Anwender kann Annahmen zur zukünftigen Wohnbaustruktur und zum Anteil des über Nachverdichtung zu deckenden Wohnungsbedarfs simulieren und zudem einzelne Flächen des unbebauten Wohnbaulands editieren (Wohnbaustruktur, realisierbare Haushalte, Mobilisierungsjahr). Somit lassen sich Zukunftsszenarien simulieren und bewerten und Strategien für das Flächenmanagement ableiten (Abb. 6).

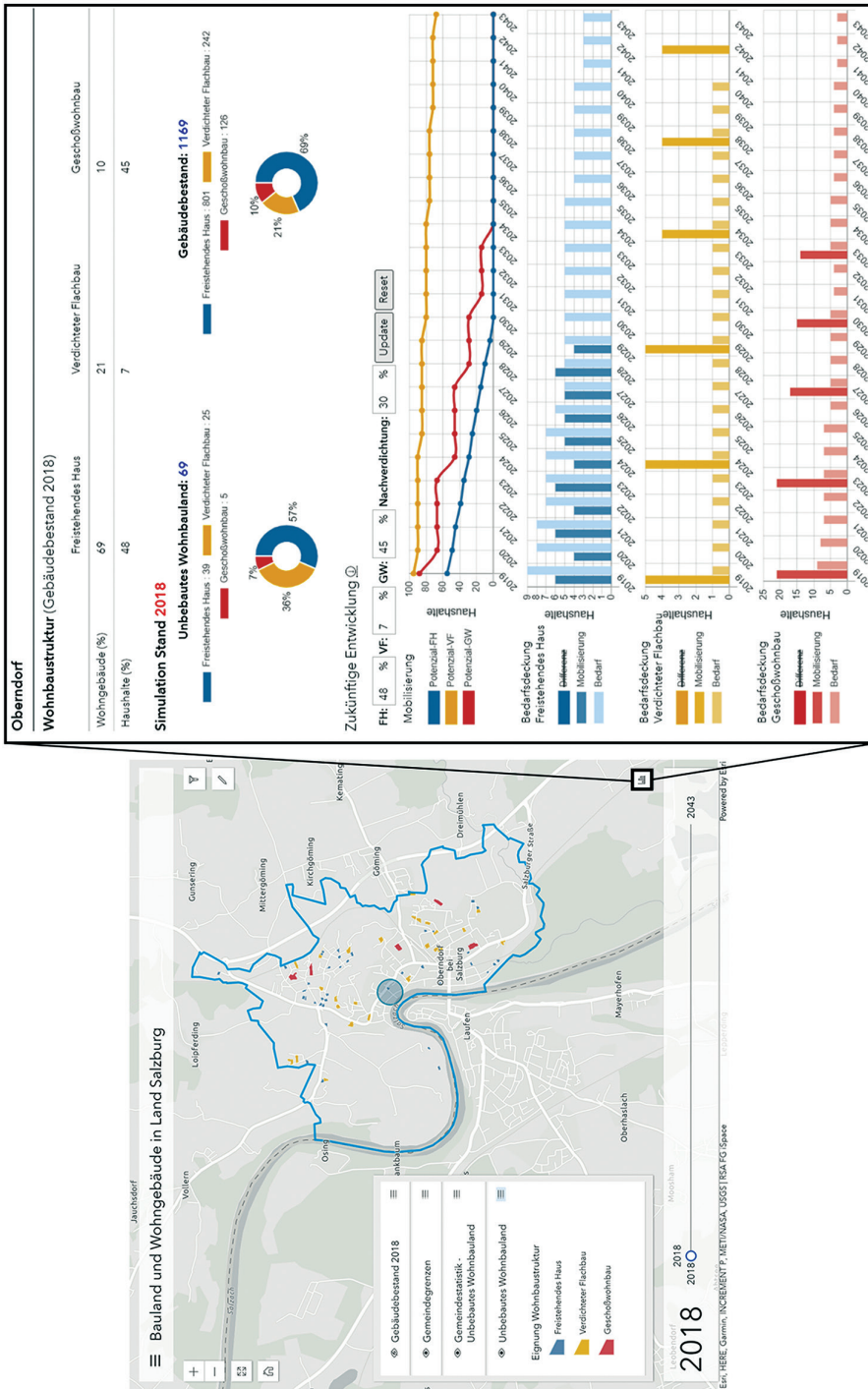


Abb. 6: Prototyp Simulationsanwendung „Flächenmanagement von Gemeinden“ (Quelle: RSA FG Research Studio iSPACE 2021)

4 Fazit

Durch verstärkte Innenentwicklung von Siedlungsflächen können begrenzte Flächenressourcen effizienter genutzt werden, um die Flächeninanspruchnahme zu reduzieren, den Wohnraumbedarf bei gleichzeitiger Vermeidung weiterer Zersiedelung zu decken und vorhandene Infrastruktur besser auszulasten. Um zukunftsfähige Raumstrukturen zu ermöglichen, ist es wichtig, die vorhandenen Potenziale im bebauten und unbebauten Bauland detailliert zu kennen, ebenso wie deren Eigenschaften in Bezug auf Standortqualität oder Mobilisierbarkeit. Auch zukünftige Entwicklungen des Bedarfs an Wohnraum müssen frühzeitig mitgedacht und in Strategien und Planungsentscheidungen berücksichtigt werden. Diese zentralen Fragestellungen werden im Zentrum Alpines Bauen bearbeitet.

Mit den vorgestellten GIS-Bausteinen können eine geeignete flächendeckende Datenbasis erstellt bzw. die Ergebnisse daraus für Simulationsanwendungen hinsichtlich künftiger Siedlungsentwicklungen herangezogen werden. Um die Praxisrelevanz und den Anwendungsnutzen der GIS-Bausteine zu gewährleisten, wurden laufend Abstimmungen mit relevanten Stakeholdern durchgeführt und die Modelle entsprechend weiterentwickelt. Die GIS-Bausteine stellen eine innovative Datenbasis und Planungswerkzeuge für die öffentliche Verwaltung, Gemeinden, Wohnbauträger und Planer dar und bieten dadurch eine wichtige Voraussetzung für eine zielgerichtete, effiziente und zukunftsfähige Siedlungsentwicklung.

5 Danksagung

Die vorgestellten GIS-Bausteine wurden vom Research Studio iSPACE im Rahmen des Forschungs- und Transferzentrums Alpines Bauen im Forschungsschwerpunkt Simulation von Siedlungssystemen entwickelt. Das Zentrum Alpines Bauen ist eine Kooperation der RSA FG Research Studio iSPACE und der FH Salzburg und wird mit Mitteln des Landes Salzburg und IWB EFRE gefördert.

Der Mitautor Dr. Thomas Prinz bedankt sich für die Unterstützung bei der Universität Salzburg (PLUS) – IDA Lab (20204-WISS/225/197-2019 und 0102-F1901166-KZP).

6 Literatur

Götzlich, L.; Schardinger, I.; Spitzer W.; Gadocha, S.; Mauthner, F.; Biberacher M. (2021): Gebäudemodell für die räumliche Energieplanung. In: AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik 2021 (7): 88-96.

Land Salzburg – Abteilung Wohnen und Raumplanung (Hrsg.) (2019): Leitfaden. Räumliches Entwicklungskonzept. Salzburg.

- Magistrat der Stadt Salzburg – Amt für Stadtplanung und Verkehr (Hrsg.) (2009): Die zukünftige Entwicklung der Stadt Salzburg. Räumliches Entwicklungskonzept der Stadt Salzburg. REK 2007. Salzburg. Schriftenreihe zur Salzburger Stadtplanung, Heft 35.
- S-ROG – Salzburger Raumordnungsgesetz (2009): Salzburger Raumordnungsgesetz. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrSbg&Gesetzesnummer=20000615> (Zugriff: 05.07.2021).
- Spitzer, W.; Gadocha, S.; Prinz, T.; Youssef, D.; Götzlich, L.; Schardinger, I. (2021): Automatisierte Ableitung raumplanungsrelevanter Parameter des Gebäudebestands. In: AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik 2021 (7): 262-270.
- Spitzer, W.; Kerschbaumer, M.; Preissler, H.; Prinz, T. (2015): Grenzübergreifendes Flächenmanagement. Voraussetzung für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung im Raum Salzburg. <http://giplus.de/downloadpubikationen> (Zugriff: 13.07.2021).
- Umweltbundesamt (2021): <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme> (Zugriff: 28.06.2021).

Bilanz ziehen. Räumliche Verteilung von Kosten und Nutzen städtischer Verdichtung in den Regionen Utrecht und Bern

Vera Götze, Mathias Jehling

Zusammenfassung

Strategien zur Stadtverdichtung sind ein zentraler Baustein für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung. Der Handlungsspielraum bei der Umsetzung von Verdichtungsstrategien ist aber begrenzt und Verdichtung kann lokal zu mehr Verkehr, weniger Grünflächen und erhöhten Wohnpreisen führen. Deswegen evaluieren wir anhand von kleinteiligen baulich-sozialen Daten, wie Kosten und Nutzen städtischer Verdichtung in zwei Beispielregionen – Utrecht und Bern – verteilt sind. Stadtverdichtung in Utrecht und Bern gestaltet sich unterschiedlich, da die Regionen in die kontrastierenden Planungssysteme der Schweiz und der Niederlande eingebettet sind. Unterschiede lassen sich sowohl zwischen den Regionen, aber auch innerhalb der Regionen beobachten. So werden unterschiedliche Landnutzungsflächen verdichtet, verschiedene Typen der Verdichtung unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Einwohnerdichte, Altersverteilung und durchschnittlichem Einkommen, und der Verdichtungsdruck ist ungleich zwischen verschiedenen sozialen Gruppen verteilt. Mit unseren Analysen lassen sich mögliche soziale Folgen von Stadtverdichtung genauer erforschen. Auch können Erklärungen dafür gefunden werden, welche Verdichtungsstrategien zu welchen Resultaten führen.

Schlagwörter: Stadtverdichtung, soziale Folgen, Niederlande, Schweiz

1 Einführung

Um die steigende Flächeninanspruchnahme der Siedlungsentwicklung zu begrenzen, unterstützen Regierungen weltweit Strategien zur Stadtverdichtung (OECD 2012). Denn eine Siedlungsentwicklung nach innen schützt unversiegelte Böden und Landschaftsbilder, verringert Nutzungskonflikte mit der Landwirtschaft und schafft außerdem potentiell gut angebundenen Wohnraum in den urbanen Zentren (Dembski et al. 2020). Allerdings ist die Umsetzung von Verdichtungsplänen schwierig, da auf die Interessen bestehender Grundeigentümer und Bewohner eingegangen werden muss. So sind Bürger oftmals negativ gegenüber Nachverdichtung in ihrer Nachbarschaft eingestellt (Boyko, Cooper 2011) und private Grundeigentümer können dank ihrer geschützten Eigentumsrechte Verdichtungsprojekte blockieren (Gerber et al. 2018). Zusätzlich sind mit Innenentwicklungsprojekten oft hohe Investitionen, beispielsweise zur Aufbereitung von industriell verschmutzten Grundstücken, verbunden. Der Handlungsspielraum einer

Stadtverwaltung ist also begrenzt: nicht alle Flächen mit Verdichtungspotenzial können tatsächlich ausgenutzt werden. Damit erhöht sich das Risiko für Konflikte zwischen Verdichtungspolitiken und anderen öffentlichen Politiken, denn es wird schwieriger zu verdichten, ohne urbane Grünflächen, schützenswerte Ortsbilder oder bezahlbaren Wohnvorrat anzutasten (Giezen et al. 2018; Nebel et al. 2017). Der hohe Geld- und Zeitaufwand bei der Innenentwicklung kann zu einer weiteren Verknappung von Wohnraum und damit zu einer Erhöhung der Wohnpreise beitragen (Angel et al. 2021). Im Angesicht dieser möglichen sozialen Folgen ist es darum wichtig, Stadtverdichtung genau zu beobachten und zu bewerten (Jehling et al. 2020; Teller 2021).

Für die Bewertung von Verdichtung stellen sich daraus abgeleitet zwei zentrale Fragen: Welche Bevölkerungsgruppen haben einen Nutzen durch neuen Wohnraum? Für welche Gruppen treten Kosten durch Verlust von städtischen Funktionen und Belastung durch hohe Dichten auf? In unserem vierjährigen Forschungsprojekt *GoverDENSE*, gefördert vom Schweizer Nationalfonds (SNF), ziehen wir genau diese Bilanz. Wir beobachten die Stadtverdichtung der letzten 20 Jahre in den Regionen Utrecht und Bern mit den Fragestellungen, welche Kosten und Nutzen von Verdichtung für bestimmte Gruppen auftreten, wie diese räumlich verteilt sind und wie Unterschiede in Verdichtungsmustern zwischen beiden Regionen zu erklären sind.

Als Fallstudien wurden die Stadtregionen Utrecht und Bern gewählt, weil sie beide in den letzten 20 Jahren einen starken Wachstumsdruck erlebt haben, aber in kontrastierende Planungssysteme eingebettet sind. Während die Niederlande für ihre aktive Bodenpolitik bekannt sind, ist ein aktives, strategisches öffentliches Eingreifen in die Stadtentwicklung in der Schweiz weniger verbreitet (Gerber et al. 2018). Die beiden Planungssysteme mit ihrer unterschiedlichen Auswahl an Steuerungsinstrumenten lassen erwarten, dass in beiden Regionen unterschiedlich mit diesem Wachstumsdruck umgegangen wird, denn eine Gemeinde, die selbst Grundeigentümerin ist, kann Kosten und Nutzen städtischer Verdichtung stärker beeinflussen als eine Gemeinde, in der Stadtverdichtung vor allem durch private Grundeigentümer initiiert wird. Auch Instrumente der aktiven Bodenpolitik, wie die Bauverpflichtung, können die Position einer Gemeinde stärken. Nicht nur zwischen den Regionen, sondern auch innerhalb beider Regionen erwarten wir unterschiedliche Verdichtungsmuster. So lassen die verschiedenen Grundvoraussetzungen bei Verdichtung auf urbanem Grün (oft in Gemeindebesitz) gegenüber der Nachverdichtung bestehender Wohngebiete oder der Umnutzung von Industriebrachen unterschiedliche Resultate erwarten.

Ziel des Beitrages ist es, den im Projekt *GoverDENSE* entwickelten komparativen Analyseansatz vorzustellen. Hierzu wird die Schaffung einer für einen internationalen Vergleich geeigneten, kleinräumigen Datengrundlage beschrieben, Formen der Verdichtung dargestellt und die Verteilung von Nutzen und Kosten der Verdichtung zwischen unterschiedlichen Gruppen skizziert.

2 Formen der Verdichtung

Für den Vergleich zwischen den Regionen Utrecht und Bern benutzen wir die Definition der *Functional Urban Areas* (OECD, kein Datum), beschnitten auf die jeweilige Kantons- bzw. Provinzgrenze, resultierend in zwei Gebieten von ähnlicher Größe. Die Region Utrecht ist jedoch mit 870 000 Einwohnern im Jahr 2018 deutlich dichter besiedelt als Bern mit rund 400 000 Einwohnern.

Sowohl für die Schweiz als auch für die Niederlande stehen baulich-soziale Rasterdaten, welche von den statistischen Ämtern jährlich veröffentlicht werden, zur Verfügung. Diese werden für die Analyse aufbereitet und harmonisiert. Für den Zeitraum 2000 bis 2018 ist für jede Zelle von 100 mal 100 Metern unter anderem die Anzahl registrierter Wohnungen und Einwohner, die Altersverteilung, sowie die durchschnittliche Haushaltsgröße bekannt (CBS 2020; BFS 2018; BFS 2017a). Damit lassen sich beispielsweise Zunahmen an Wohnungen feststellen. Diese werden ab einer Zunahme von fünf oder mehr Wohneinheiten registriert. Wir definieren eine Zunahme von Wohneinheiten als Verdichtung, wenn diese im bereits bebauten Gebiet, einschließlich unbebauter städtischer Räume wie Grünflächen oder versiegelter Flächen stattfand (Broitman, Koomen 2015).

Um bei Wohnungswachstum zwischen Expansion auf meist landwirtschaftliche Flächen und Verdichtung unterscheiden zu können, benutzen wir gerasterte Landnutzungsdaten aus dem Jahr 2000 für Utrecht und dem Jahr 1997 für Bern (da im Jahr 2000 keine Daten erhoben wurden). Diese ermöglichen es uns, weiterhin zwischen Verdichtung auf urbanem Grün (Schrebergärten, Sportplätze, Parks), Nachverdichtung bestehender Wohngebiete und Transformation anderweitig versiegelter Flächen, wie Konversion von Industrieflächen, zu unterscheiden (CBS 2008; BFS 2017b). Letztendlich können wir mithilfe von Gebäudeumrissen vom niederländischen Kataster und dem Schweizer Bundesamt für Statistik auch Zellen markieren, in denen neue Wohnungen ohne bauliche Veränderungen, also durch Umnutzung oder Wohnungsaufteilung entstanden sind. In diesen Zellen steigt die Anzahl registrierter Wohnungen, obwohl keine neuen Gebäudeflächen hinzukamen. Diese Form der Verdichtung nennen wir inkrementelle Verdichtung. Somit können wir die bauliche und soziale Entwicklung der letzten 20 Jahre in beiden Regionen kleinteilig nach unterschiedlichen Formen beschreiben. Zusammenfassend wird Stadtverdichtung in die vier Prozesse *Transformation urbaner Grünflächen*, *Transformation anderweitig versiegelter Gebiete*, *Nachverdichtung bestehender Wohngebiete* und *inkrementelle Verdichtung bestehender Wohngebiete* unterteilt, in der Erwartung, dass diese sich auf die sozio-ökonomische Zusammensetzung der Bewohner auswirkt.

Wird das Wohnungswachstum in den Regionen Bern und Utrecht zwischen 2000 und 2018 betrachtet, fällt zuerst die insgesamt dynamischere Entwicklung in Utrecht auf

(Abb. 1). Eine Unterteilung in zwei Zeiträume zeigt zudem eine gegenläufige Entwicklung, wenn das Wohnungswachstum nach Formen der Verdichtung unterschieden wird. Die Anzahl der Wohneinheiten, die durch Expansion entsteht, nimmt in beiden Regionen ab. Während gleichzeitig der Umfang der Stadtverdichtung in Utrecht stark steigt, ist in Bern eine generelle Abnahme der Bautätigkeit erkennbar.

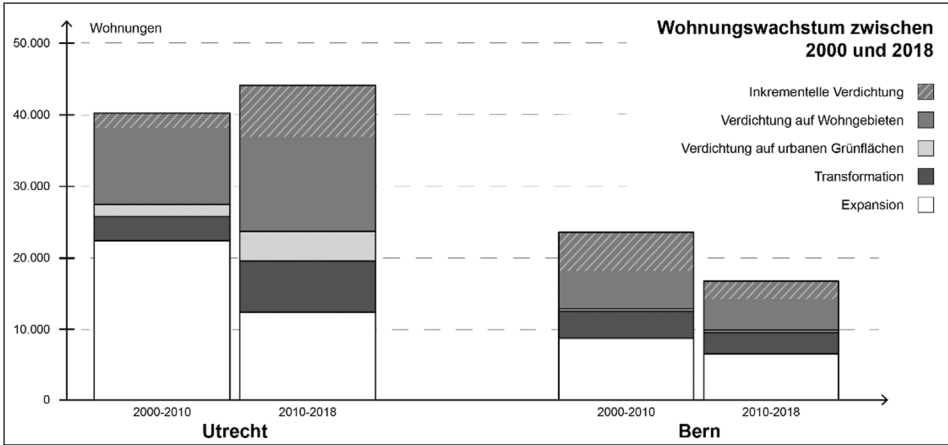


Abb. 1: Wohnungswachstum nach Formen der Verdichtung in Utrecht und Bern zwischen 2000 und 2018 (Quelle: eigene Darstellung)

Im Allgemeinen sind bewohnte Rasterzellen in der Gesamtregion Bern weniger dicht besiedelt als in der Region Utrecht (Abb. 2). Zellen, auf denen verdichtet wurde, erreichen jedoch ähnliche Bevölkerungsdichten in beiden Regionen. Auch die Unterschiede zwischen verschiedenen Typen von Verdichtung sind vergleichbar. Die höchsten

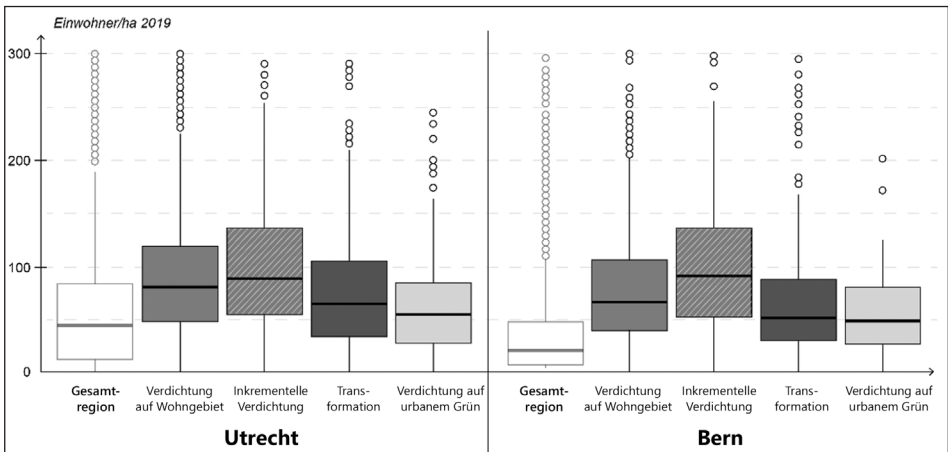


Abb. 2: Einwohnerdichte 2019 in verdichteten Gebieten in den Regionen Utrecht und Bern (2000-2019) (Quelle: eigene Darstellung)

Bevölkerungsdichten werden in Gebieten erreicht, wo auf bestehenden Wohngebieten nachverdichtet wurde. Vor allem Gebiete mit Wohnungsaufteilungen oder Umnutzungen stechen in diesem Zusammenhang hervor. Auf Transformationsflächen oder bei der Bebauung von urbanen Grünflächen werden keine solch hohen Dichten erreicht.

3 Verteilung des Nutzens

Um Aussagen darüber treffen zu können, wer von Stadtverdichtung profitiert, untersuchen wir die jetzige Bewohnerstruktur. Dazu betrachten wir deren Altersverteilung und durchschnittliches Einkommen im Vergleich zu deren Verteilung in der Gesamtregion.

Die Altersverteilung unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Typen der Siedlungsentwicklung in Utrecht. Expansionsgebiete fallen beispielsweise durch ihre hohe Anzahl an Kindern auf; der Anteil an Einwohnern unter 15 Jahren liegt hier bei 25 % Prozent, im Vergleich zum regionalen Durchschnitt von 17 %. Auch zwischen verschiedenen Typen der Verdichtung sind Unterschiede erkennbar. Gebiete, in denen Wohnungen aufgeteilt werden, sind stärker durch Einwohner im Studentenalter geprägt als die Region insgesamt. Der Anteil an Einwohnern zwischen 15 und 24 Jahren liegt dort um 6 Prozentpunkte höher. In Bern unterscheidet sich die Altersverteilung zwischen verschiedenen Entwicklungstypen nur um maximal 3 Prozentpunkte und damit nicht so deutlich wie in Utrecht. Einzelne Zielgruppen kristallisieren sich nicht heraus.

Für Utrecht konnte außerdem der Anteil niedrigverdienender Haushalte zwischen verschiedenen Typen der Verdichtung verglichen werden. Bei dieser Definition werden alle Haushalte der Niederlande zuerst anhand der Höhe ihrer Einkommen geordnet. Zu der

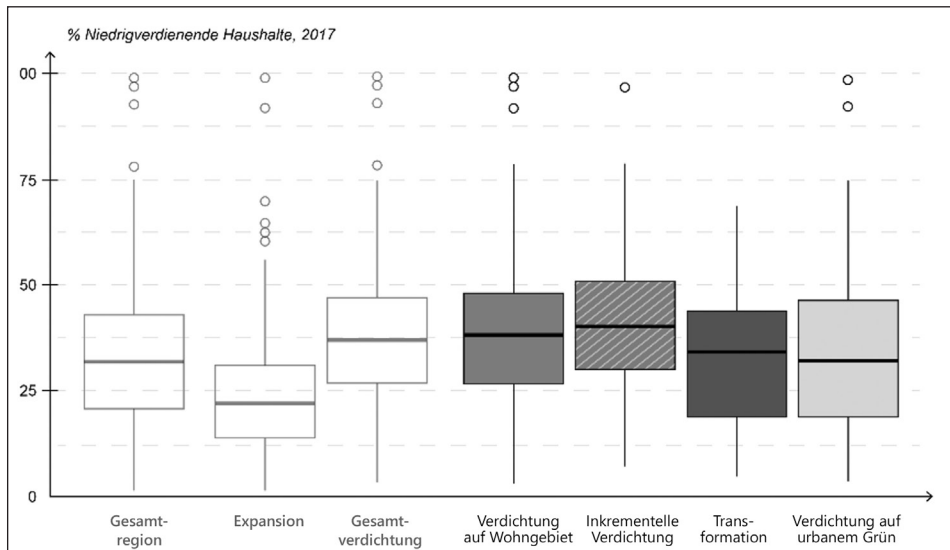


Abb. 3: Anteil niedrigverdienender Haushalte (2017) in Utrecht (Quelle: eigene Darstellung)

Gruppe der niedrigverdienenden Haushalte gehören dabei die 40 % aller Haushalte mit dem niedrigsten Einkommen (CBS 2020). In der Region Utrecht liegt dieser Anteil niedrigverdienender Haushalte zum Ende des betrachteten Zeitraums in verdichteten Gebieten höher als in der Region insgesamt, bedeutend höher auch als in Expansionsgebieten (Abb. 3). Auch wenn das durchschnittliche Einkommen nicht direkt Auskunft über die Höhe der Mietpreise in verdichteten Gebieten geben kann, weist diese Beobachtung darauf hin, dass auch durch Innenentwicklung bezahlbarer Wohnraum entsteht. In der Schweiz sind Einkommensdaten in dieser Auflösung nicht öffentlich zugänglich.

4 Verteilung der Kosten

Um die räumliche Verteilung der Kosten städtischer Verdichtung zu beschreiben, betrachten wir zum einen, wie viele neue Wohnungen in verschiedenen Gebieten als Folge von Innenentwicklung entstanden sind. Dies benutzen wir als einen vereinfachten Indikator für Dichtestress, der sich in einer Überfüllung und Beengung der Umgebung zeigt (Boyko, Cooper 2011). Zum anderen messen wir die Einkommensentwicklung in verdichteten Gebieten als Indiz für eine mögliche Gentrifizierung, als Folge von Verdichtung (Debrunner et al. 2020).

Anhand der Daten zum Anteil niedrigverdienender Haushalte im Jahr 2000 teilen wir die zu diesem Zeitpunkt bewohnten Rasterzellen der Region Utrecht in vier gleichgroße Gruppen auf. Innerhalb dieser vier Gebiete konnten wir beobachten, dass am meisten Wohneinheiten, nämlich 35 % in den Gebieten realisiert wurden, wo der Anteil niedrigverdienender Haushalte am höchsten ist (über 38 % der Haushalte). Wie erwähnt können wir diesen Indikator für Bern nicht benutzen. Hingegen wurden in der Volkszählung im Jahr 2000 alle Erwerbstätigen in acht sozio-ökonomische Gruppen eingeteilt und pro Hektarzelle gezählt (BFS 2005). Wir messen für jede Zelle den Anteil der niedrigsten drei sozio-ökonomischen Gruppen an der Gesamtbevölkerung dieser Zelle. Wieder teilen wir alle bewohnten Zellen in vier gleichgroße Gruppen auf – von wenig bis vielen Einwohnern aus niedrigen sozio-ökonomischen Gruppen. Es ergibt sich ein ähnliches Bild wie in der Region Utrecht: Am meisten wurde in Gebieten verdichtet, wo dieser Anteil am höchsten ist. In diesen Gebieten entstanden 31 % der 20 800 neuen Wohnungen (Abb. 4).

Ob Nachverdichtung zu Gentrifizierung führt, lässt sich aufgrund der Datenlage nur in Utrecht messen. Zwischen 2000 und 2017 hat sich der Anteil niedrigverdienender Haushalte nur geringfügig verändert. In der Region insgesamt ist er gemittelt um etwa drei Prozent gefallen. Dort, wo auf bestehenden Wohngebieten nachverdichtet wurde, ist der Anteil niedrigverdienender Haushalte aber um drei bis fünf Prozent gestiegen. In Rasterzellen, wo auf anderweitig versiegelten Flächen oder urbanem Grün verdichtet wurde, wohnen wiederum drei bis fünf Prozent weniger niedrigverdienende Haushalte als in deren direkter Umgebung.

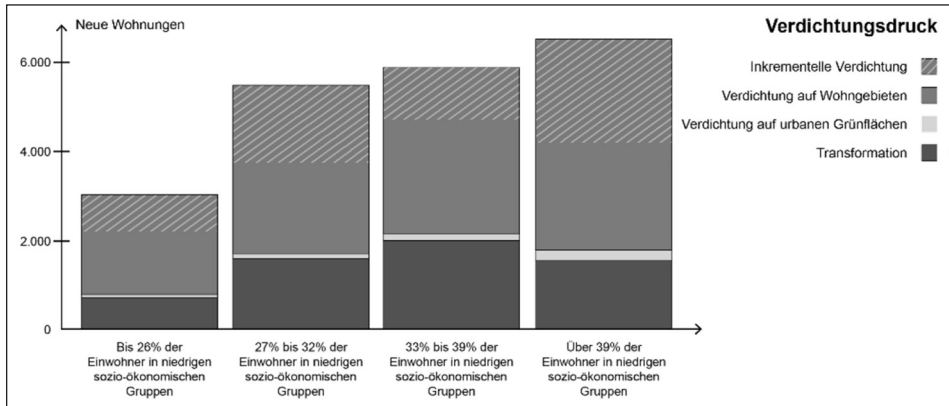


Abb. 4: Verdichtungsdruck auf Gebiete nach Anteil Einwohner in niedrigen sozio-ökonomischen Gruppen (2000) in Bern (Quelle: eigene Darstellung)

5 Fazit und Ausblick

Die Kosten und der Nutzen städtischer Verdichtung verteilen sich somit in den beiden Regionen unterschiedlich zwischen sozialen Gruppen. Die Analyse weist darauf hin, dass zum einen Verdichtung besonders dort stattfindet, wo sozio-ökonomisch schwächere Gruppen leben. Dabei muss erwähnt werden, dass für diese Analyse datenbedingt unterschiedliche Indikatoren – jeweils Einkommen und sozio-ökonomische Gruppe – verwendet wurden. Zum anderen scheint Verdichtung aber auch zur Schaffung von bezahlbarem Wohnraum beizutragen. Je nachdem, ob Verdichtung in Form einer Transformation von Grünflächen, Industrieflächen oder einer Intensivierung bestehender Wohngebiete stattfindet, ändert sich Einwohnerstruktur und -dichte des Endresultats. Diese Unterschiede zwischen den Formen der Verdichtung verlaufen in Utrecht und Bern in ähnlichen Mustern, obwohl beide Regionen in gegensätzliche Planungssysteme eingebettet sind. Dies gibt einen Hinweis darauf, dass der Prozess das Ergebnis der Verdichtung beeinflusst.

Im ersten Jahr des insgesamt vierjährigen Forschungsprojektes bauten wir ein Datenmodell auf, mit dem sich kleinteilige soziale und bauliche Veränderungen in den Regionen Utrecht und Bern charakterisieren und vergleichen lassen. So konnten wir Einwohnerdichte, Altersverteilung und Einkommen in verdichteten Gebieten beschreiben. In Zukunft können auch weitere Charakteristiken, wie die Morphologie, behandelt werden. Gleichzeitig arbeiten wir an einem feingliedrigeren Vergleich, nicht nur mit der Gesamtregion sondern beispielsweise auch innerhalb von Zentrumsgebieten oder suburbanen Räumen und Regionalzentren.

Bisher unterscheiden wir zwischen vier Typen der Verdichtung, basierend auf der Annahme, dass verschiedene Akteurskonstellationen und Ausgangssituationen zu unterschiedlichen Resultaten führen. Auf diese institutionellen Rahmenbedingungen kann noch direkter eingegangen werden. Unterscheidet sich Verdichtung auf öffentlichem Grund von Verdichtung auf privatem Grund? Welchen Einfluss hat die Anwendung bestimmter Steuerungsinstrumente auf die Weise, wie verdichtet wird?

Auf der einen Seite entwickeln wir so eine Grundlage, um Verdichtungsstrategien zu evaluieren und deren soziale Folgen zu überblicken. Für welche Zielgruppen wurde gebaut und welche Kosten sind dabei entstanden? Auf der anderen Seite suchen wir aber auch Erklärungen für beobachtete Unterschiede zwischen der Weise, wie in zwei Ländern mit kontrastierenden Planungssystemen verdichtet wird. Diese Erklärungen werden im Rahmen des GoverDENSE Projektes durch die qualitative Analyse von Fallstudien in Bern und Utrecht unterstützt. So können wir beispielsweise untersuchen, ob der niedrige Anteil überbauter Grünflächen in Bern mit dem direkten Mitspracherecht der Bewohner zusammenhängt. Oder ob die große Rolle, die Stadtverdichtung an der Wohnungsentwicklung in Utrecht spielt, anhand von Bodenpreisen oder öffentlichem Grundbesitz erklärt werden kann. Diese Erkenntnisse sind nicht nur für das Verständnis der Siedlungsentwicklung in der Schweiz und den Niederlanden relevant. Sie tragen auch zur internationalen Debatte über die Wirksamkeit aktiver bodenpolitischer Instrumente bei.

6 Literatur

- Angel, S.; Lamson-Hall, P.; Gonzalez Blanco, Z. (2021): Anatomy of density: measurable factors that constitute urban density. *Buildings and Cities*, 2(1): 264-282.
- BFS – Bundesamt für Statistik (2005): Eidgenössische Volkszählung 2000: Personen- und Haushaltserhebung, Gebäude- und Wohnungszählung. Bundesamt für Statistik.
- BFS – Bundesamt für Statistik (2017a): Gebäude- und Wohnungsstatistik: GEOSTAT-Datenbeschreibung. Bundesamt für Statistik.
- BFS – Bundesamt für Statistik (2017b): Arealstatistik nach Nomenklatur 2004 – Bodennutzung (Land Use): GEOSTAT-Datenbeschreibung. Bundesamt für Statistik.
- BFS – Bundesamt für Statistik (2018): Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP) ab 2010: GEOSTAT-Datenbeschreibung. Bundesamt für Statistik.
- Boyko, C. T.; Cooper, R. (2011): Clarifying and re-conceptualising density. *Progress in Planning*, 76, 1-61.
- Broitman, D.; Koomen, E. (2015): Residential density change: Densification and urban expansion. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32-46.
- CBS – Centraal Bureau voor de Statistiek (2008): Bestand Bodemgebruik: Productbeschrijving. Centraal Bureau voor de Statistiek.

- CBS – Centraal Bureau voor de Statistiek (2020): Statistische gegevens per vierkant en postcode 2019-2018-2017. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Debrunner, G.; Hengstermann, A.; Gerber, J.-D. (2020): The business of densification: distribution of power, wealth and inequality in Swiss policy making. *Town Planning Review*, 259-281.
- Dembski, S.; Hartmann, T.; Hengstermann, A.; Dunning, R. (2020): Enhancing understanding of strategies of land policy for urban densification. *Town Planning Review*, 209-216.
- Gerber, J.-D.; Hartmann, T.; Hengstermann, A. (2018): *Instruments of Land Policy. Dealing with Scarcity of Land*. Routledge.
- Giezen, M.; Balikci, S.; Arundel, R. (2018): Using remote sensing to analyse net land-use change from conflicting sustainability policies: the case of Amsterdam. *International Journal of Geo-information*, 7: 1-18.
- Jehling, M.; Schorcht, M.; Hartmann, T. (2020): Densification in suburban Germany – Approaching spatial processes through concepts of justice. *Town Planning Review*, 91(3): 217-237.
<https://doi.org/10.3828/tpr.2020.13> (Zugriff: 08.06.2021).
- Nebel, R.; Hollenstein, K.; Di Carlo, G.; Niedermaier, M.; Scholl, B. (2017): *Schweizweite Abschätzung der Nutzungsreserven 2017*. ETH University.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2012): *Compact city policies: A comparative assessment (OECD Green Growth Studies)*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publ.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (kein Datum): *Functional urban areas by country*.
<https://www.oecd.org/regional/regional-statistics/functional-urban-areas.htm>
(Zugriff: 08.06.2021).
- Teller, J. (2021): Regulating urban densification: what factors should be used? *Buildings and Cities*, 2(1): 301-317.

GIS-Analysen von Flächenpotenzialen zur Innenentwicklung

Anna Heßler, Dominik Weiß, Mirko Blinn, Anne Fischer, Theo Kötter

Zusammenfassung

Nur etwa ein Drittel der Städte und Gemeinden in Deutschland dokumentiert laut einer Umfrage des BBSR seine Innenentwicklungspotenziale und nur die Hälfte der erfassten Kommunen schreibt diese regelmäßig fort. Vorwiegend werden diese Analysen durch manuelle Auswertungen von Karten und Luftbildern und Ortsbegehungen weitgehend analog durchgeführt. Häufig mangelt es in Kommunalverwaltungen neben finanziellen und personellen Kapazitäten an Fachwissen, um die einzelnen Schritte einer automatisierten GIS-Analyse von Innenentwicklungspotenzialen implementieren zu können.

Mittels der Skriptsprache Python wurde für die freie Open-Source-Software QGIS eine Programmierung entwickelt, mit der ausgewählte Vektor- und Rasterdaten nach einer vorab festgelegten Reihenfolge räumlich selektiert, thematisch gefiltert und über topologische Beziehungen miteinander verknüpft werden können. In der vorliegenden Arbeit werden hieraus Innenentwicklungspotenziale für den Wohnungsbau detektiert. Als Datengrundlage dienen sowohl Flurstücks-, Gebäude- und Nutzungsdaten aus ALKIS als auch 3D-Gebäudedaten (LOD2), sowie digitale Orthophotos (DOP10) zur Validierung der Ergebnisflächen.

Insgesamt stellt der entwickelte Algorithmus zur automatisierten Erfassung von Innenentwicklungspotenzialen für den Wohnungsbau ein nützliches Werkzeug dar, mit dem vor allem kleine Kommunen auf Grundlage lizenzfreier Software und frei verfügbarer Geobasisdaten eine umfassende und einheitliche Ersterhebung von Freiflächenpotenzialen durchführen und letztendlich bei der Innenentwicklung aktiv unterstützt werden können.

Schlagwörter: GIS, Flächenmanagement, Innenentwicklung, Potenzialflächen, Automatisierung

1 Einführung

Die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung verfolgt seit 2002 das Ziel, das SuV-Flächen-Wachstum in Deutschland bis 2030 auf eine Zunahme von 30 minus x Hektar pro Tag zu reduzieren und somit dem steigenden Flächenverbrauch (im Sinne einer Flächenumnutzung für Siedlungs- und Verkehrszwecke) entgegenzuwirken (BMU 2020).

Zum Schutz der Böden gilt es, die Inanspruchnahme von Freiflächen im Außenbereich zu reduzieren und stattdessen vorhandene Siedlungsstrukturen im Innenbereich weiter zu verdichten und eine Flächenkreislaufwirtschaft zu etablieren (BMU 2017). Der Grundsatz „Innenentwicklung vor Außenentwicklung im Verhältnis 3:1“ wird hierbei als maßstäbliche Orientierung herangezogen (BBR 2004).

Da Städte und Gemeinden die wesentlichen Entscheidungen hinsichtlich der zukünftigen Flächennutzung und -entwicklung treffen, sollte die Innenentwicklung dementsprechend als kommunale Kernaufgabe verstanden werden. Allerdings zeigte eine repräsentative Umfrage, dass lediglich ein Drittel der Kommunen in Deutschland Innenentwicklungspotenziale (IEP) erheben und dies vorrangig mit Personal- und Zeitmangel sowie fehlenden finanziellen Mitteln begründen (BBSR 2013). Infolgedessen fehlt es sowohl an einer einheitlichen Erfassung als auch an einer kontinuierlichen Fortführung von dokumentierten Flächenpotenzialen für die Innenentwicklung. Aus der Verfehlung des Flächensparziels wird jedoch die Notwendigkeit und Dringlichkeit ersichtlich, mit der Flächenpotenziale nicht nur erfasst, sondern vor allem zur Deckung der anhaltenden und vielfältigen Flächenansprüche kurzfristig mobilisiert werden müssen. Abhilfe ließe sich durch eine automatisierte Abschätzung von IEP schaffen, sodass vorrangig kleine Kommunen bei der Ersterhebung von Flächenpotenzialen für die Innenentwicklung entlastet werden können. Zudem wäre auf diese Weise ebenfalls ein flächendeckendes und vergleichbares IEP-Monitoring durchführbar, welches die notwendige Grundlage für eine erfolgreiche Innenentwicklung darstellt. Der teilautomatisierte Ansatz, der im Rahmen einer Masterarbeit an der Universität Bonn entworfen, weiterentwickelt und als Skript zur Anwendung in gängigen Geoinformationssystemen umgesetzt wurde, wird in den folgenden Abschnitten dargestellt. Als Beispielregion dient das Gebiet des Stadt-Umland-Netzwerkes (S.U.N.), eine interkommunale Initiative der Stadt Köln, ihrer linksrheinischen Umlandgemeinden sowie dem Rhein-Erft-Kreis für eine Zusammenarbeit in der regionalen Entwicklung.

2 Teilautomatische Erkennung von Innenentwicklungspotenzialen

Die mehrstufige Python-Programmierung zur Erfassung von Innenentwicklungspotenzialen für den Wohnungsbau mittels QGIS setzt sich aus insgesamt vier aufeinander aufbauenden Skripten zusammen, die für die Ortslagen des Untersuchungsgebietes nacheinander ausgeführt werden.

i. Erstellung eines Ortslagen-Datenpakets

Im ersten Programmteil zur automatisierten Erfassung von Freiflächenpotenzialen für die Wohnbaunutzung mittels QGIS wird für jede Ortslage ein Ortslagendatensatz aus

den manuell vorverarbeiteten Rohdaten und den automatisiert geladenen LOD2- und DOP10-Daten von Geobasis NRW¹ zusammengestellt.

Dies ermöglicht eine Zerlegung des Analyse- und Rechenaufwandes in handhabbare Portionen. In der Anwendung können so gezielt Auswertungen einzelner Ortslagen durchgeführt werden.

- ii. Identifikation und Charakterisierung der Wohnblöcke mit Erschließungsachsen, Abstandflächentiefe sowie Anzahl der Wohneinheiten durch thematische Filterung und Verknüpfung

Im zweiten Programmteil werden die jeweiligen Vektorlayer des zuvor generierten Ortslagendatenpakets nach der Auswahl „Gebäude“, „Wohnen“ und „Erschließung“ gefiltert und darauf aufbauend miteinander thematisch zu Wohnblöcken verknüpft. Zu der Auswahl „Wohnen“ werden zuerst alle Objekte der Objektart „AX_Wohnbauflaeche“ hinzugezählt. Ergänzt werden Flächen aus anderen Kategorien der Tatsächlichen Nutzung, sofern sie einen Wohnbezug aufweisen, z. B. Objekte aus der Objektart „AX_FlaecheBesondererFunktionalerPrägung“ mit der Funktion „Soziales“ oder Flächen mit der Funktion „Beherbergung“ aus der Objektart „AX_IndustrieUndGewerbe“ (Abb. 1).

- iii. Detektion von Freiflächenpotenzialen

Die zuvor generierten Wohnblöcke werden in diesem Programmteil hinsichtlich ihrer unmittelbaren und umliegenden Bebauung untersucht und anschließend Wohnbaufreiflächen und freie Flurstücksblöcke für eine Auswahl von Wohnblöcken erfasst.

In die Untersuchung gehen erschlossene Blöcke über 300 m² ein, die einen moderaten Shape Index² von maximal 4 aufweisen.

Zur Erfassung der bebaubaren Anteile dieser Blöcke sind die baurechtlichen Abstandflächen zu berücksichtigen.

Laut § 6 Absatz 2 BauO NRW 2018 müssen Abstandflächen zwar generell auf dem Grundstück selbst liegen, können aber bis in die Mitte von öffentlichen Verkehrs-, Grün- und Wasserflächen ragen. Deshalb wurde im zweiten Programmteil der Python-Programmierung zunächst die Fläche des Erschließungsblocks als Näherung für die öffentlichen Verkehrsflächen bestimmt und anschließend aus dem Erschließungsblock eine linienhafte Straßenachse als Approximation der Straßenmitte geschätzt. Die durchschnittliche Abstandflächentiefe der Wohnblöcke, die als Näherung für potenziell errichtete Gebäude angenommen wird, verkürzt sich somit gegebenenfalls um den zur Straßenachse ermittelten Abstand.

¹ Web-Portal für Geodaten der Bezirksregierung Köln, Abt. 7; zuständig für die Landesvermessung NRW (https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/index.html).

² Der Shape Index bestimmt das Verhältnis von Umfang p und Fläche a über die Formel $p/2^{(n \cdot a)}$ (Lang, Blaschke 2007).



Abb. 1: Extrahierte Wohnflurstücke und Wohnblöcke als Ergebnisse des zweiten Skripts der Python-Programmierung am Beispiel der Ortslage Fliesteden (Quelle: Heßler 2020)

In der Python-Programmierung werden die beschriebenen Aspekte wie folgt umgesetzt: Zunächst werden die Gebäudeobjekte der Wohnblöcke mithilfe des verknüpften Blockattributs (*B_bname*) herausgefiltert („Nach Ausdruck extrahieren“). Anschließend werden die sogenannten einfachen Abstandsflächen der extrahierten Wohnblock-Gebäude durch Pufferung mit dem zuvor bestimmten Attribut der Abstandsflächentiefe (*AF_tiefe*) generiert.

Zudem wird die Pufferung ein zweites Mal für die Ermittlung der erweiterten Abstandsflächen durchgeführt, sodass die potenziellen Abstandsflächen, die von möglichen auf den Freiflächenpotenzialen errichteten Gebäuden ausgehen würden, inbegriffen sind. Dafür wird eine Pufferdistanz angesetzt, die sich aus der Summe der regulären Abstandsflächen-Tiefe (*AF_tiefe*) und der jeweils für den Wohnblock geschätzten Abstandsflächentiefe (*AF_tiefe_geb_gross*) ergibt. Mit diesem Verarbeitungsschritt wird garantiert, dass sich auf den Freiflächenpotenzialen errichtete Gebäude in einem ausreichenden Abstand zu der bestehenden Bebauung befinden. Zudem wird eine unzulässige Überlappung der Abstandsflächen der zukünftigen und vorhandenen Bebauung ausgeschlossen.

Die bebaubaren „Wohnbaufreiflächen“ werden zunächst aus der topologischen Differenz der extrahierten Wohnblöcke und den zuvor blockweise generierten Abstandsflächen, die sich aus den erweiterten Gebäude-Abstandsflächen und den Grenz-Abstandsflächen zusammensetzen, ermittelt.

Bei diesen unbebauten Wohnbaufreiflächen ergeben sich zunächst sehr unregelmäßige Freiflächenpolygone, die für eine mögliche Entwicklung von Wohnbaugrundstücken weiterverarbeitet werden müssen. Deshalb wird auf die morphologische Opening-Operation zurückgegriffen und eine zweifache Pufferung mit einer negativen und positiven Puffer-Distanz von jeweils acht Metern durchgeführt. Durch die Pufferung werden unzureichend geformte Wohnbaufreiflächen geglättet, indem nicht bebaubare Randflächen eliminiert werden. Dabei handelt es sich vor allem um erhaltenswerte, rückwärtige Gartenflächen im Bestand oder um längliche Zwischenräume zwischen den Wohnblockgrenzen und Bestandsgebäuden.

Zusätzlich zu diesen Flächen werden durch die Analyse freie Flurstücksblöcke ohne Bebauung im Sinne von klassischen Baulücken erkannt. Etwaige Überlappungen werden in der Darstellung und Auswertung berücksichtigt.



Abb. 2: Identifizierte Wohnbaufreiflächen und freie Flurstücksblöcke am Beispiel der Ortslage Fliesteden (Quelle: Heßler 2020)

Abbildung 2 zeigt die erfassten Freiflächenpotenziale der Ortslage Fliesteden, einem Stadtteil der Stadt Bergheim im Rhein-Erft-Kreis. Die detektierten Wohnbaufreiflächen werden dabei mit einer Flächenschraffur und die freien Flurstücksblöcke mit einer schwarzen Kreuzschraffur versehen.

iv. Klassifizierung der Wohnbaufreiflächen

Die erfassten Freiflächenpotenziale werden nun anhand von sechs Kriterien untersucht und anschließend über einen Punkteschlüssel in drei resultierende Klassen eingeordnet. Dabei werden die Flächen über Vergabe von vielen Punkten priorisiert, bei denen eine Umsetzung wahrscheinlicher erscheint. Ein Kriterium ist die Summe der Potenzialfläche in einem Wohnblock (*B_area_frei_Beb_zul*). Es wird davon ausgegangen, dass Wohnbaufreiflächen in Wohnblöcken mit einem hohen Nachverdichtungspotenzial eher genutzt werden. Dies wird durch die Vergabe von vielen Punkten priorisiert, da eine Umsetzung hier wahrscheinlicher erscheint. Mit den Kriterien *area* und *shapeindex* werden Größe und Form der jeweiligen Wohnbaufreifläche berücksichtigt. Demzufolge sind für die Entwicklung von neuen Wohnbaugrundstücken möglichst große und besonders regelmäßig geformte Wohnbaufreiflächen von Interesse und erhalten somit in der jeweiligen Klassifizierung viele Punkte. Ebenso wichtig ist eine gesicherte Erschließung der zukünftigen Wohnbaugrundstücke, sodass Wohnbaufreiflächen, für die eine bereits erfolgte Erschließung angenommen werden kann, besonders punktreich bewertet werden (*erschl*). Das Kriterium Flurstücksdichte (*dichte_FS*), misst die Anzahl von Flurstücken je Hektar Wohnbaufreifläche. Je geringer die Flurstücksdichte der Wohnbaufreifläche ist, desto weniger Grundstückseigentümer müssen bei einer möglichen Innenentwicklung mit einbezogen werden und desto mehr Punkte werden folglich in der Klassifikation verteilt. Ebenso wird über die Fläche der freien Flurstücksblöcke (*FB_area*), die möglicherweise an der jeweiligen Wohnbaufreifläche beteiligt sind, beurteilt, ob gänzlich unbebaute Flurstücke vorhanden sind. Eine Wohnbaufreifläche wird im Zusammenhang mit freien Flurstücksblöcken zusätzlich aufgewertet und erhält demnach viele Punkte. Der detaillierte Punkteschlüssel der sechs genannten Kriterien ist in der folgenden Tabelle 1 dokumentiert.

Tab. 1: Klassifizierungsschlüssel zur Bewertung der Entwicklungseignung (Quelle: Heßler 2020)

Attribut	1 Punkt	2 Punkte	3 Punkte	4 Punkte	5 Punkte
Gesamtfläche der Potenzialflächen im Wohnblock in m ² (<i>B_area_frei_beb_zul</i>)	≥ 1 000	≥ 2 000	≥ 3 000	≥ 4 000	≥ 5 000
Größe der Wohnbaufreifläche in m ² (<i>area</i>)	≥ 300	≥ 500	≥ 1 000	≥ 2 000	≥ 5 000
Form der Wohnbaufreifläche (<i>shapeindex</i>)	> 1,5	≤ 1,5	≤ 1,3	≤ 1,2	≤ 1,1
Erschließung der Wohnbaufreifläche (<i>erschl</i>)	False	-	-	-	True
Anzahl der Flurstücke je ha Wohnbaufreifläche (<i>dichte_FS</i>)	> 100	≤ 100	≤ 75	≤ 50	≤ 25
Gesamtfläche der freien Flurstücksblöcke in einer Wohnbaufreifläche in m ² (<i>FB_area</i>)	≥ 0	-	-	≥ 300	≥ 1 000

Die Abbildung 3 stellt die klassifizierte Potenziale dar. Die rote Klasse (geringe Entwicklungseignung) deckt den unteren Bereich von 6 bis 13 Punkten ab, die gelbe Klasse (mittlere Entwicklungseignung) bildet den mittleren Bereich von 14 bis 17 Punkten ab und die grüne Klasse (gute Entwicklungseignung) fasst den oberen Bereich von 18 bis 30 Punkten zusammen.



Abb. 3: Klassifizierte Wohnbaufreiflächen und freie Flurstücksblöcke der Ortslage Fliesteden (Quelle: Heßler 2020)

3 Darstellung und Auswertung der Ergebnisse

3.1 Innenentwicklungspotenziale im Rhein-Erft-Kreis

Die Analyse der S.U.N. (Stadt-Umland-Netzwerk) Region zeigt, dass insgesamt etwa 1 500 ha Innenentwicklungspotenzialfläche für Wohngebäude zur Verfügung stehen könnten, über die Hälfte davon sogar mit hohen Entwicklungschancen (Tab. 2). Innerhalb der bebauten Ortslagen weisen ländliche Kommunen wie Rommerskirchen, Bedburg und Elsdorf die größten anteiligen Potenziale auf. Die Metropole Köln und dicht besiedelte angrenzende Orte hingegen weisen die geringsten anteiligen Potenziale auf.

Tab. 2: Auswertung der Freiflächenpotenziale für die Städte und Gemeinden der S.U.N.-Region (Quelle: eigene Berechnungen)

Gemeinde	Gesamtfläche der Ortslagen der Kommune (ha)	Potenzialfläche mit hoher Entwicklungseignung (ha)	Potenzialfläche mit mittlerer Entwicklungseignung (ha)	Potenzialfläche mit geringer Entwicklungseignung (ha)	Anteil der Freiflächenpotenziale an den Ortslagen (in %)
Bedburg	779,76	38,45	22,40	10,15	9,11
Bergheim	1 809,74	49,96	33,30	18,19	5,6
Brühl	1 260,01	43,07	29,35	8,78	6,44
Dormagen	2 089,75	131,32	44,46	14,72	9,12
Elsdorf	725,61	35,54	15,97	11,29	8,65
Erfstadt	1 654,14	58,28	35,89	17,67	6,76
Frechen	1 386,33	27,03	27,13	13,44	4,88
Hürth	1 468,38	33,75	30,18	13,63	5,28
Kerpen	1 886,45	61,32	41,86	20,11	6,54
Köln	12 592,73	238,42	124,50	78,26	3,50
Pulheim	1 493,15	39,96	23,23	16,31	5,32
Rommerskirchen	327,30	26,51	11,35	3,39	12,60
Wesseling	1 300,42	45,04	11,77	5,08	4,76
S.U.N.-Region	28 773,77	828,66	451,40	231,01	5,25

Das geschätzte Wachstum der Region liegt in einer mittleren Prognosevariante bis zum Jahr 2040 bei ca. 133 000 neuen Wohneinheiten. Würden bei einer entsprechend aktiven Baulandpolitik etwa zwei Drittel dieses Gesamtpotenzials von rund 1 500 Ha für neuen Wohnraum mit einer moderaten Wohnungsdichte von 65 Wohneinheiten je Hektar genutzt werden, entspricht dies etwa der Hälfte des künftigen zusätzlichen Wohnraumbedarfs.

Da es sich bei den Ergebnissen um eine automatisierte Auswertung handelt, dienen die Werte zunächst der Orientierung. Eine belastbare Aussage, inwiefern die Flächen auch realisierbar sind, kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht getroffen werden. Hierzu sind weitere Analysen notwendig.

3.2 Validierung der Ergebnisse

Zur Prüfung der Validität der Ergebnisse wurden die Potenzialflächen beispielhaft mit Ergebnissen des Baulandkatasters der Stadt Pulheim verglichen, welches manuell auf Grundlage von Orthophotos und Ortskenntnissen in CAD erstellt wurde. Im Baulandkataster werden die Wohnbaupotenzialflächen ebenfalls klassifiziert, jedoch nicht anhand eines Punktesystems, sondern aufgrund der planerischen Ausschlusskriterien Planrecht und Erschließung.



Abb. 4: Potenzialflächen der automatisierten GIS-Auswertung (Quelle: DOP: Geobasis NRW)



Abb. 5: Potenzialflächen des Baulückenkatasters der Stadt Pulheim (Quelle: DOP: Geobasis NRW; eigene Darstellung nach Stadt Pulheim 2021)

Im Vergleich wird deutlich, dass die automatisierte Auswertung durchaus realisierbare Flächen identifizieren kann. Eindeutige Potenzialflächen werden sehr gut erkannt: Alle aktuell ausgewiesenen Baugebiete werden vom Tool als Potenzialflächen mit hoher Entwicklungschance (grün) dargestellt. Zudem werden rückwärtige Gartengrundstücke als Potenziale erkannt, von denen in Baulandkatastern jedoch aufgrund schwieriger Realisierbarkeit häufig Abstand genommen wird. In der automatisierten Auswertung sind solche Flächen daher auch meist mit geringer Entwicklungschance (rot) gekennzeichnet.

Herausforderungen ergeben sich teilweise bei sehr schmalen Freiflächen mit angrenzender Bebauung, da das Skript aufgrund der Abstandsthematik einige Flächen als zu klein einstuft und somit nicht als Potenzial aufnimmt. Darüber hinaus wurden auch größere Potenzialflächen, die im Baulandkataster als Potenzialflächen dargestellt sind, nicht erkannt, da die verwendete Datengrundlage (ALKIS) diese Flächen nicht als Wohnbauflächen ausweist. Somit fallen diese Flächen durch das Skript-Raster und werden nicht berücksichtigt.

Insgesamt betrachtet kann das Skript solide Flächenvorschläge liefern und einen Anhaltspunkt über Innenentwicklungspotenziale geben. Die Ergebnisse sind dabei stark von der Qualität und Aktualität der Datengrundlage abhängig. Zudem können qualitative Kriterien, wie beispielsweise bodenpolitische Vorgaben o. ä. nicht berücksichtigt werden. Daher bedarf es einer nachträglichen Überprüfung der Ergebnisse, um deren Plausibilität zu gewährleisten.

4 Fazit zur Nutzbarkeit für das Planungshandeln

Die vorgestellten Ergebnisse wurden mit einer Methodik generiert, die im Rahmen einer Masterarbeit an der Universität Bonn mit dem Thema „GIS-Analyse von Flächenpotenzialen zur Innenentwicklung am Beispiel von Kommunen im westlichen Kölner Umland“ von Anna Heßler erarbeitet wurde. Mit der mehrstufigen Python-Programmierung für das Geoinformationssystem QGIS können sowohl Baulücken als auch Nachverdichtungsflächen auf Grundlage von standardisierten Geobasisdaten detektiert werden. Auf diese Weise kann für jede beliebige ATKIS-Ortslage des Untersuchungsgebietes eine automatisierte GIS-Analyse von frei verfügbaren ALKIS- und LOD2-Daten durchgeführt und schließlich der Umfang von Innenentwicklungspotenzialen abgeschätzt werden. Durch die konzipierte Methodik werden Freiflächenpotenziale einzeln erfasst und fügen sich zu einem differenzierten Bild von Flächenreserven für eine potenzielle Wohnbaunutzung zusammen. Für die S.U.N.-Region um Köln konnte somit dargestellt werden, dass zahlreiche Freiflächenpotenziale vorliegen, die durch eine Innenentwicklung für den Wohnungsbau aktiviert werden könnten.

Die Validierung der Ergebnisse anhand des Baulandkatasters der Stadt Pulheim hat gezeigt, dass der vorgestellte Ansatz plausible Ergebnisse liefert, die mit lokaler Expertise überprüft werden können.

Als Herausforderung stellt sich die Datenaktualität und -qualität dar. Einerseits gibt die Datengrundlage ein verzögertes Bild der Realität wieder, weshalb aufgedeckte Potenziale teilweise bereits obsolet sein können. Andererseits sind nicht alle Detailebenen der Daten korrekt gepflegt, wodurch tiefergehende Auswertungen der Ergebnisflächen fehlerhaft sein können. Insbesondere Umlegungen oder Flurbereinigungsverfahren können für die Qualität der ALKIS-Datengrundlage problematisch sein. Insofern repräsentieren die erfassten Wohnbaufreiflächen lediglich ein indirektes Maß der tatsächlich vorhandenen Innenentwicklungspotenziale einer Ortslage.

Mit der vorliegenden Programmierung ist es bisher nur möglich, unbebaute Freiflächenpotenziale zu identifizieren, wodurch weitere Innenentwicklungspotenziale, wie Leerstände oder mögliche Aufstockungen weiterhin manuell erfasst werden müssen. Dementsprechend kann der entwickelte Algorithmus die manuelle Erarbeitung von Innenentwicklungspotenzialen nicht vollständig ersetzen. Kommunen können dennoch mithilfe der automatisierten GIS-Analyse bei der Feststellung von Flächenreserven deutlich entlastet werden und sich zeitsparend einen grundlegenden Überblick der bestehenden Innenentwicklungspotenziale verschaffen.

Abschließend lässt sich resümieren, dass der entwickelte Algorithmus zur automatisierten Erfassung von Innenentwicklungspotenzialen für den Wohnungsbau ein nützliches Werkzeug darstellt, mit dem in Zukunft vor allem kleine Kommunen und solche ohne aktive Liegenschaftspolitik auf Grundlage frei verfügbarer Geobasisdaten eine schnelle, großflächige und einheitliche Ersterhebung von Freiflächenpotenzialen durchführen können und mit diesem Überblick letztendlich bei der Entwicklung eines aktiven Innenentwicklungsmanagements unterstützt werden.

5 Literatur

- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2004): Städte der Zukunft. Kompass für den Weg zur Stadt der Zukunft. Indikatorengestützte Erfolgskontrolle nachhaltiger Stadtentwicklung – Eine Orientierungshilfe für die kommunale Praxis (ExWoSt-Informationen).
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2013): Innenentwicklungspotenziale in Deutschland. Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage und Möglichkeiten einer automatisierten Abschätzung. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) (2017): Flächenrecycling und Innenentwicklung. Umweltbundesamt.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) (2020): Siedlungs- und Verkehrsfläche. Umweltbundesamt.

Hessler, A. (2020): GIS-Analyse von Flächenpotenzialen zur Innenentwicklung am Beispiel von Kommunen im westlichen Kölner Umland. Masterthesis an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Professur für Städtebau und Bodenordnung. Bonn.

Lang, S.; Blaschke, T. (2007): Landschaftsanalyse mit GIS. UTB. Stuttgart.

Pulheim, Stadt (2021): Nachverdichtungs-/Entwicklungspotenzial Wohnen, Sinnersdorf, 02/2021. Pulheim.

Zersiedelung, Zerschneidung und Ökosystemleistung

Zielwerte und Grenzwerte für die Zersiedelung

Jochen A. G. Jaeger, Christian Schwick

Zusammenfassung

Wie kann der wachsenden Herausforderung steigender Zersiedelung in der Planung und in der Politik künftig wirksamer begegnet werden? Dieser Beitrag schlägt eine Methode vor, um Zielwerte und Grenzwerte zur Begrenzung der Zersiedelung aufzustellen, ähnlich wie dies auch in anderen Umweltbereichen geschehen ist. Die Messmethode der gewichteten Zersiedelung Z (Weighted Urban Proliferation, *WUP*) kann hierzu eingesetzt werden. Der Wert von Z verbindet drei Komponenten der Zersiedelung: Anteil der Siedlungsfläche eines Bezugsraumes, Grad der Streuung der Siedlungsflächen (Dispersion) und Flächeninanspruchnahme pro Person. Szenarien der künftigen Zersiedelung in der Schweiz für 2060 zeigen, dass die Zersiedelung weiterhin stark ansteigen wird, wenn keine ernsthaften Gegenmaßnahmen getroffen werden. Anhand der Resultate für die Schweiz erläutert der Beitrag die vorgeschlagenen Zielwerte und Grenzwerte. Die Messgröße Z kann als Planungshilfe beim Vergleich von Planungsalternativen eingesetzt werden und eignet sich als Kontrollinstrument für die Einhaltung von Ziel- und Grenzwerten der Zersiedelung. Entsprechende Vorschläge für Gesetzestexte auf Bundesebene werden vorgestellt.

Schlagwörter: Dispersion, Flächeninanspruchnahme, Landschaftsmaße, Szenarien, Umweltbeobachtung

1 Einführung

Wissenschaft und Politik diskutieren die hohe Flächeninanspruchnahme und Zersiedelung seit Mitte der siebziger Jahre mit steigender Dringlichkeit. In der Bodenschutzkonzeption von 1985 forderte die deutsche Bundesregierung eine „Trendwende im Landverbrauch“ und eine „Trendwende bei der Zerschneidung und Zersiedelung der Landschaft“ (Bundesminister des Innern 1985). Das Ziel der Bundesregierung, die Flächenneuanspruchnahme durch Siedlungen und Verkehr bis 2020 auf 30 ha pro Tag (110 km² pro Jahr) zu begrenzen, wurde in Deutschland bisher weit verfehlt. Seit mehreren Jahrzehnten besteht eine eklatante Diskrepanz zwischen den Erklärungen von offiziellen Gremien und der tatsächlichen Entwicklung: Immer wieder werden zwar Ziele, Handlungskonzepte und Maßnahmenkataloge verabschiedet, doch einige Jahre später wird ein sehr geringer Erfolg der Anstrengungen und ein Verfehlen der Ziele konstatiert. Diese Diskrepanz zeigt, dass ein *Maßhalten*, wie es für Nachhaltigkeit notwendig wäre, in Deutschland nach wie vor nicht gelungen ist, obwohl die Notwendigkeit dazu seit mehr als vier Jahrzehnten klar benannt worden ist:

„Ökologie ist die Erkenntnis der immanenten Maße der Natur. ... es ist nicht zu spät, an die alte Weisheit zu erinnern, daß nichts in der Natur Bestand haben kann, was sich nicht innerhalb seiner spezifischen Maße hält, und daß die Individuen, die Gesellschaften und die Imperien zugrunde gehen, wenn sie ihr Maß überschreiten. ... es läßt sich lernen, daß das menschliche Leben an die Einhaltung von Maßverhältnissen gebunden ist, die menschlicher Verfügungsgewalt entzogen sind und von den Menschen selbst nicht gesetzt werden können. Die Erhaltung der Menschen hängt dann davon ab, ob sie fähig sind, die ihnen unverfügbaren Maßverhältnisse der Natur zu erkennen und sich in sie zu schicken.“
(G. Picht 1979: 418-419, 423)

Dies erfordert ein gewisses Maß an Selbstbeschränkung. Daher besteht heute ein umso größerer Bedarf nach wirksameren Instrumenten. Hierzu zählt die Festlegung verbindlicher Ziel- und Grenzwerte.

Unsere Untersuchung für die Schweiz verwendet zur Messung der Zersiedelung die Messgröße der gewichteten Zersiedelung (Z_b) unter Berücksichtigung der theoretisch besiedelbaren Flächen der Untersuchungsgebiete (engl. *WUP* für *Weighted Urban Proliferation*; Jaeger, Schwick 2014; Schwick, Jaeger 2018). Unbebaubare Flächen werden ausgeklammert, z. B. Wald, Sömmerungsgebiete und nationale Schutzgebiete («b» steht für «besiedelbare Flächen»). Diese Werte sind zwischen unterschiedlichen Untersuchungsgebieten besser vergleichbar, da Gletscher, Wälder, Seen etc. bereits ausgeklammert wurden. Eine detaillierte Erläuterung der Methode ist in Schwick und Jaeger (2018) zu finden. Zur Anwendung der Methode steht ein GIS-Tool frei zur Verfügung (Nazarnia et al. 2016). Es wurde im Rahmen des Projektes «*Urban sprawl in Europe*» von GISAT (Prag) in Zusammenarbeit mit der Europäischen Umweltagentur (EUA), der Concordia-Universität Montréal, den Geographen Schwick und Spichtig (Zürich) und der WSL entwickelt (WSL 2016). Die Entropie ist hingegen gänzlich ungeeignet als Messgröße für die Zersiedelung (Nazarnia et al. 2019), obwohl sie häufig noch immer fälschlich für diesen Zweck verwendet wird.

Die Messmethode der gewichteten Zersiedelung Z (*WUP*) verknüpft die drei wichtigsten Komponenten der Zersiedelung: (a) Anteil der Siedlungsfläche eines Bezugsraumes (ASF, in %), (b) Grad der Streuung (Dispersion) der Siedlungsflächen (*DIS*) und (c) Flächeninanspruchnahme pro Einwohner*in oder Arbeitsplatz (*FI* pro EWAP). Detaillierte Erläuterungen der Methode und ihrer Einsatzmöglichkeiten sind in Schwick et al. (2010) und in Schwick & Jaeger (2018) zu finden (zusammenfassend dargestellt in Hennig et al. 2015; EEA, FEON 2016 sowie Jaeger et al. 2015, 2018).

Es können sechs Kategorien des Zersiedelungsgrades anhand der Werte von Z_b unterschieden werden (Schwick, Jaeger 2018: 66):

- Werte < 2 DSE/m² zeigen Regionen an, die nicht zersiedelt sind;
- Werte von 2-4 DSE/m² zeigen eine schwache Zersiedelung an;

- Werte von 4-7 DSE/m² zeigen eine mittelhohe Zersiedelung an;
- Werte von 7-11 DSE/m² zeigen eine hohe Zersiedelung an;
- Werte von 11-16 DSE/m² zeigen eine sehr hohe Zersiedelung an;
- Werte von > 16 DSE/m² zeigen eine extrem hohe Zersiedelung an.

Die Werte der Dispersion liegen zwischen 0 und 50 DSE/m² (in seltenen Extremfällen auch über 50 DSE/m²).

Die Durchsiedelungseinheit pro Quadratmeter (DSE/m²) ist die Einheit der gewichteten Zersiedelung sowie der Dispersion. Die Quadratmeter beziehen sich bei der gewichteten Zersiedelung auf den untersuchten Bezugsraum (d. h. die untersuchte Landschaft) und bei der Dispersion auf die Siedlungsfläche innerhalb des Bezugsraumes.

Das hier vorgestellte Vorgehen besteht aus folgenden Schritten:

1. Ausgangswerte zur Zersiedelung für den Startzeitpunkt berechnen,
2. Szenarien zur künftigen Bevölkerungsentwicklung ermitteln,
3. Szenarien zu künftigen Entwicklungsmöglichkeiten der Zersiedelung generieren, die den Bevölkerungsszenarien entsprechen,
4. Beurteilung und Auswahl passender Szenarien der künftigen Siedlungsentwicklung nach dem Grad ihrer Nachhaltigkeit,
5. Festlegung der Referenzwerte (Zielwerte, Grenzwerte Verschlechterungsverbot, Warnwerte) in Abhängigkeit von der erwarteten Bevölkerungsentwicklung,
6. Umsetzung von Maßnahmen zum Erreichen bzw. Einhalten der Referenzwerte und periodischer Vergleich mit der tatsächlichen Bevölkerungsentwicklung und aktualisierten Bevölkerungsprognosen,
7. Periodische Überprüfung der aktuellen Zersiedelungswerte und Verbesserung der Maßnahmen, sofern nötig.

Dieser zusammenfassende Beitrag beruht auf dem Kapitel „Zersiedelung messen und begrenzen“ von Schwick & Jaeger (2018) im Buch von Schwick et al. (2018).

2 Szenarien zur künftigen Entwicklung bis 2060

Sechs Szenarien loten die Bandbreite der möglichen Entwicklungspfade aus und bilden einen Referenzrahmen für die Festlegung der Ziel- und Grenzwerte (Abb. 1). Sie stützen sich auf die mittlere und die hohe Bevölkerungsprognose des Bundesamtes für Statistik (BFS) für die Kantone (BFS 2010; BFS 2016). Von knapp 7,9 Millionen Einwohner*innen im Jahr 2010 steigt im mittleren Szenario die Einwohnerzahl bis 2060 auf knapp 9 Millionen (+ 14 %); im hohen Szenario nimmt sie um 44 % zu auf rund 11,2 Millionen. Wir betrachten die Flächeninanspruchnahme pro Person (F_I), die Größe der Siedlungsfläche und den Zersiedelungswert Z_b .

Szenario 1: Die *FI* pro EWAP steigt entsprechend der bisherigen Zunahme zwischen 1960 und 2010 weiter an, d. h. auf 255,5 m²/EWAP im Jahr 2060 (+ 11,1 %). Daraus werden die weiteren Werte für 2060 berechnet: Die Siedlungsfläche steigt von 2 571,0 km² um 26,7 % auf 3 257,3 km² im Fall der mittleren Bevölkerungszunahme. Im hohen Bevölkerungsszenario steigt sie um 60,0 % auf 4 114,5 km². Die Dispersion wird als Funktion der Siedlungsfläche für 2060 extrapoliert, da der beobachtete Zusammenhang zwischen Dispersion und Siedlungsfläche in der Schweiz durch eine logarithmische Relation wiedergegeben werden kann (Schwick, Jaeger 2018). Sie steigt von 45,088 DSE/m² auf 45,654 DSE/m² im mittleren und auf 46,172 DSE/m² im hohen Bevölkerungsszenario. Die Zersiedelung nimmt somit im Fall der mittleren Bevölkerungszunahme von 8,114 DSE/m² auf 11,28 DSE/m² zu (um 39 %). Im Fall einer hohen Bevölkerungszunahme steigt sie auf 14,86 DSE/m², d. h. um 83 % (Abb. 2).

Szenario 2: Die *FI* pro EWAP bleibt auf dem Wert von 2010 (229,9 m²/EWAP). Daraus ergibt sich für 2060 eine Siedlungsfläche von 2 931 km² (+ 14 %) im Fall der mittleren Bevölkerungszunahme und von 3 702,3 km² (+ 44 %) im hohen Bevölkerungsszenario. Die Dispersion steigt auf 45,42 DSE/m² im mittleren und auf 45,94 DSE/m² im hohen Bevölkerungsszenario. Daraus ergibt sich ein Zersiedelungswert von 9,52 DSE/m² im Fall der mittleren (+ 17,35 %) und von 12,8 DSE/m² (+ 54,8 %) im Fall der hohen Bevölkerungszunahme.

Szenario 3: Die Zersiedelung steigt proportional zur Einwohnerzahl in der Schweiz. Im Fall des mittleren Bevölkerungsszenarios resultiert daraus ein Anstieg der Zersiedelung um 14 % (auf 9,25 DSE/m²) und im Fall des hohen Bevölkerungsszenarios ein Anstieg der Zersiedelung um 44 % (auf 12,68 DSE/m²). Damit darf die Dispersion nur auf etwa 45,38 DSE/m² ansteigen im mittleren Bevölkerungsszenario und auf ca. 45,84 DSE/m² im hohen Bevölkerungsszenario. Die *FI* pro Einwohner*in oder Arbeitsplatz darf nur etwa 226,02 m²/EWAP betragen im mittleren und ca. 220,37 m²/EAWP im hohen Bevölkerungsszenario. Wenn die Dispersion stärker zunimmt, muss die *FI* pro Person entsprechend tiefer liegen.

Szenario 4: Der Zersiedelungswert steigt halb so stark wie die Einwohnerzahl. Im mittleren Bevölkerungsszenario resultiert daraus ein Anstieg der Zersiedelung um 7 % (auf 8,68 DSE/m²), im hohen Bevölkerungsszenario um 22 % (9,9 DSE/m²). Die entsprechenden Werte der Dispersion betragen demnach 45,30 DSE/m² im mittleren und 45,64 DSE/m² im hohen Bevölkerungsszenario. Die *FI* pro EWAP beträgt 217,9 m²/EWAP im mittleren und 201,3 m²/EAWP im hohen Bevölkerungsszenario.

Szenario 5: Die Zersiedelung im Jahr 2060 ist gleich hoch wie im Jahr 2010. Dies ist möglich, wenn die Siedlungsfläche im mittleren Bevölkerungsszenario um maximal 105,39 km² ansteigt (+ 4,1 %) und im hohen Bevölkerungsszenario um maximal 374,76 km² (+ 14,6 %). Die entsprechenden Werte der Dispersion sind dann 45,22 DSE/m² im

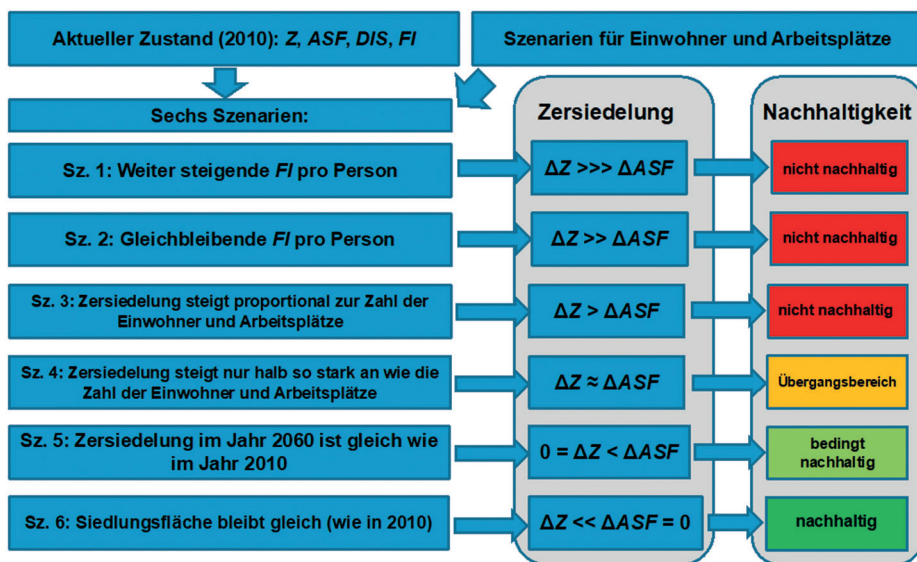


Abb. 1: Übersicht zu den sechs Szenarien und ihre Bewertung bezüglich Nachhaltigkeit (Quelle: eigene Bearbeitung)

mittleren und 45,43 DSE/m² im hohen Bevölkerungsszenario. Die FI pro EWAP muss dann entsprechend geringer sein als in Szenario 4: 209,9 m²/EWAP im mittleren und 182,9 m²/EWAP im hohen Bevölkerungsszenario.

Szenario 6: Alle zusätzlichen Einwohner*innen leben in den bereits im Jahr 2010 existierenden Siedlungsflächen (Verdichtung) und es entstehen keine neuen Siedlungsflächen. Dies führt zu einer Abnahme des Zersiedelungswertes um 7,3 % (auf 7,52 DSE/m²) im mittleren und um 28,8 % (5,78 DSE/m²) im hohen Bevölkerungsszenario. Die Dispersion bleibt konstant. Die FI pro EWAP wird entsprechend geringer sein als in Szenario 5: 201,7 m²/EWAP im mittleren und 159,7 m²/EWAP im hohen Bevölkerungsszenario.

Die Szenarien zeigen, dass die Zersiedelung insbesondere in Szenario 1 sehr stark ansteigen wird (um 39 % bzw. 83 %). Der Zersiedelungswert verbessert sich einzig im Szenario 6, doch auch weitere Szenarien, die zwischen Szenario 5 und 6 liegen, würden zu einer Abnahme des Zersiedelungswertes führen.

Es ist nicht bekannt, welches Niveau der Zersiedelung tatsächlich langfristig nachhaltig ist, denn die ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen sind vielfältig und treten mit gewissen zeitlichen Verzögerungen auf. Es lassen sich aber Aussagen machen über manche Extremzustände, die sicherlich nicht nachhaltig sind, und über Entwicklungsrichtungen, welche die Nachhaltigkeit verringern bzw. erhöhen (Abb. 1).

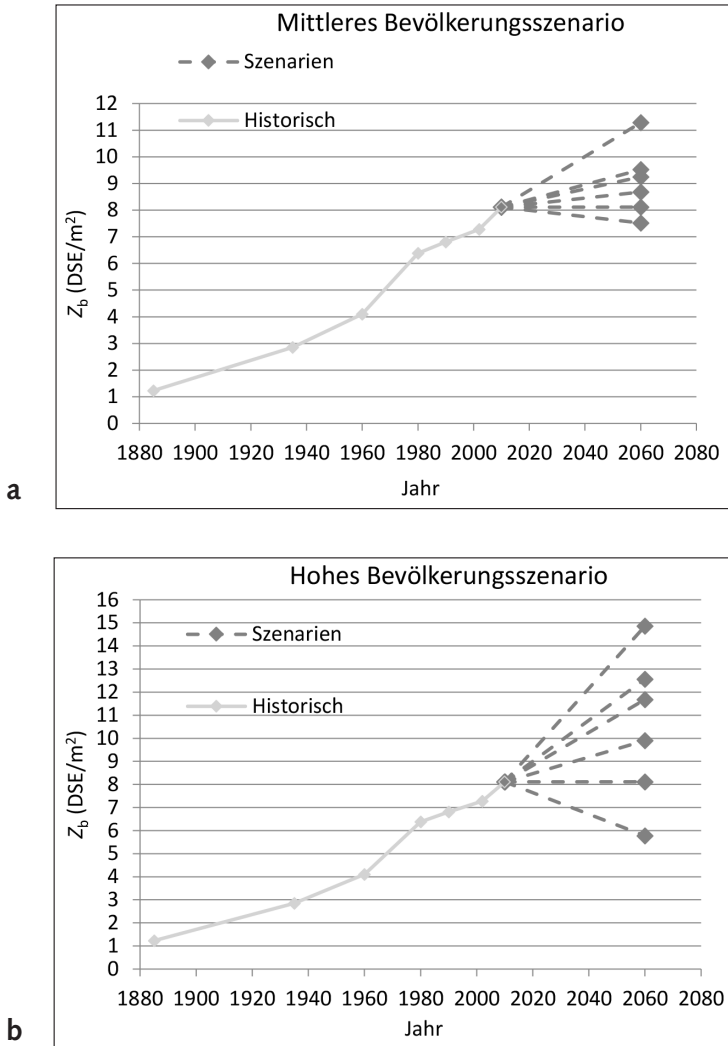


Abb. 2: Historische Entwicklung der Zersiedelung in der Schweiz 1885-2010 und mögliche zukünftige Entwicklung gemäß den sechs Szenarien von Abbildung 1 unter Annahme (a) des mittleren und (b) des hohen Bevölkerungswachstums (Szenario 1 zuoberst, Szenario 6 zuunterst). (Quelle: eigene Bearbeitung)

Die bisherige Siedlungsentwicklung wurde bereits 2005 vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) als nicht nachhaltig bewertet (ARE, UVEK 2005). Deutliche Verbesserungen sind erforderlich, die mit den drei Szenarien 1 bis 3 sicher nicht erreicht werden können. Szenario 6 (mit gleichbleibender Siedlungsfläche) kann am ehesten als nachhaltig bezeichnet werden. Zwar ist ein strengeres Szenario 7 denkbar, bei dem auch Siedlungsflächen zurückgebaut werden, doch halten wir ein solches Szenario derzeit für unrealistisch.

Szenario 4 stellt zwar eine gewisse Verbesserung der Trends dar, da die *FI* pro EWAP leicht abnimmt (um 5 % bzw. 12 %). Die Siedlungsflächen nehmen jedoch insgesamt auch hier weiter ziemlich stark zu (um 8 % bzw. 26 %). Dieses Szenario kann also bestenfalls als «Übergangsbereich» bewertet werden. Auch im Szenario 5 (gleichbleibender Zersiedelungswert, d. h. Verschlechterungsverbot für *Z*) nehmen die Siedlungsflächen weiter zu (um 4 % bzw. 15 %). Ob dieses Szenario ausreicht für Nachhaltigkeit, ist daher fraglich, und es kann somit nur als «bedingt nachhaltig» bewertet werden (Abb. 1).

3 Vorschlag der Zielwerte, Grenzwerte und Warnwerte

Abbildung 3 zeigt qualitativ das Verhältnis von Zielwert, Grenzwert und Warnwert relativ zum Ausgangswert der Zersiedelung.

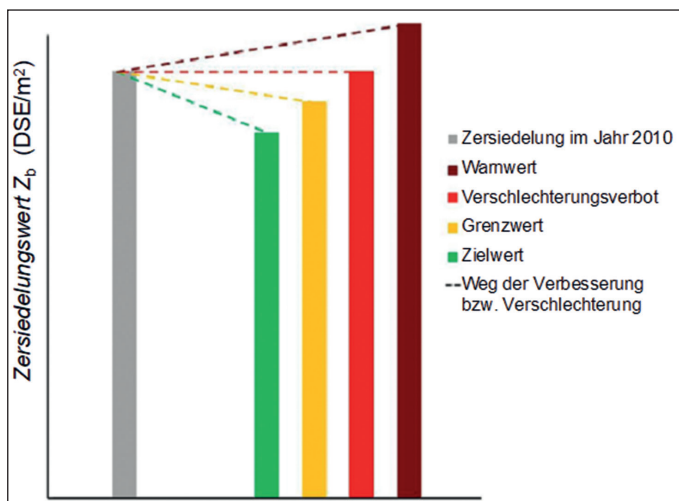


Abb. 3: Übersicht zur Festlegung von Referenzwerten im Fall, dass der Grenzwert ambitionierter gewählt wird als ein Verschlechterungsverbot (Quelle: eigene Bearbeitung)

Zumindest der Zielwert sollte ambitionierter sein als das Szenario 5. Daher schlagen wir einen Wert vor, der in der Mitte zwischen den Szenarien 5 und 6 liegt, d. h. 6,945 DSE/m² im hohen und 7,816 DSE/m² im mittleren Bevölkerungsszenario (Abb. 4a). Als Grenzwert schlagen wir einen Wert vor, der in der Mitte zwischen diesem Zielwert und dem Verschlechterungsverbot liegt, d. h. 7,529 DSE/m² im hohen bzw. 7,965 DSE/m² im mittleren Bevölkerungsszenario. Als Warnwert schlagen wir einen Wert vor, der in der Mitte zwischen dem Verschlechterungsverbot (Sz. 5) und dem Szenario 4 liegt, da man sich hier im Übergangsbereich zur Nichtnachhaltigkeit befindet. Dieser Wert beträgt 9,006 DSE/m² im hohen und 8,398 DSE/m² im mittleren Bevölkerungsszenario (Abb. 4a).

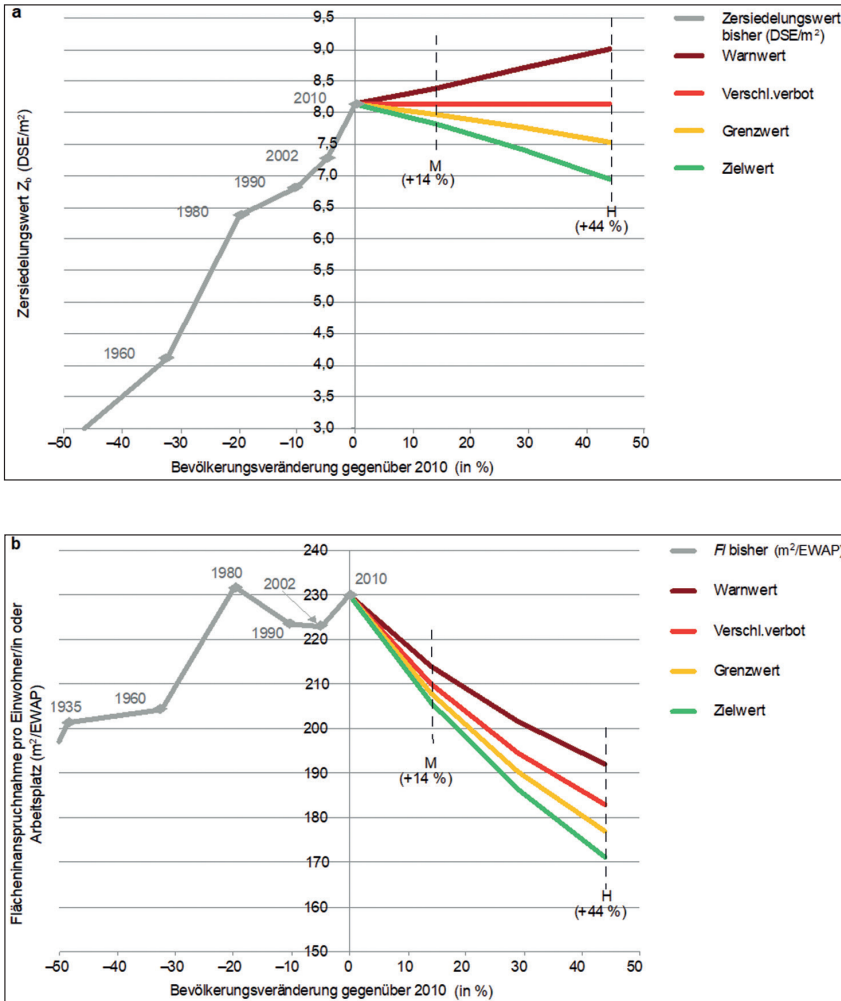


Abb. 4: (a) Bisherige Entwicklung des Zersiedelungswertes Z_b und mögliche zukünftige Entwicklung der verschiedenen Referenzwerte in Abhängigkeit von der Bevölkerungszunahme. (b) Entsprechende Entwicklung der Flächeninanspruchnahme pro Einwohner*in oder Arbeitsplatz. Das mittlere (M) und das hohe Bevölkerungsszenario (H) sind durch gestrichelte Linien angegeben (Quelle: eigene Bearbeitung)

Die Werte der FI pro EWAP, die dem Warnwert, Grenzwert und Zielwert entsprechen, liegen im hohen Bevölkerungsszenario alle unterhalb der Werte für das mittlere Bevölkerungsszenario (Abb. 4b). Dies ist Ausdruck davon, dass der hohe Bevölkerungszuwachs nur mit einer deutlichen Verdichtung aufgenommen werden kann, wenn die Zersiedelung nicht weiter ansteigen soll. Die Ziel- und Grenzwerte werden anschließend auf die einzelnen Kantone und Gemeinden übertragen (siehe hierzu detaillierte Erläuterungen von Schwick, Jaeger 2018: 86-102).

4 Beispiele für Gesetzestexte auf Bundesebene

Dr. h. c. Rudolf Muggli hat mit seiner juristischen Fachkompetenz als Fachanwalt für Bau- und Immobilienrecht konkrete Vorschläge erarbeitet, um die hier vorgestellte Methode, die Zersiedelung zu messen, in die Bundesgesetzgebung einzuführen (Muggli 2018). Artikel 1 des Raumplanungsgesetzes (RPG) nennt die Planungsziele und lautet bisher: „Bund, Kantone und Gemeinden sorgen dafür, dass der Boden haushälterisch genutzt und das Baugebiet vom Nichtbaugebiet getrennt wird“. Er soll um den folgenden Halbsatz ergänzt werden: „...und eine Zunahme der Zersiedelung verhindert wird.“ Artikel 3 (Planungsgrundsätze) wird um einen neuen Planungsgrundsatz ergänzt: „2. Die Zersiedelung ist abgestimmt auf Siedlungstypen zu begrenzen.“ Im Artikel 8 (Mindestinhalt der Richtpläne) wird neu gefordert: „3. Die Kantone legen für sich und die nachgeordneten Behörden fest, wie eine Zunahme der Zersiedelung verhindert wird. Bund und Kantone legen in technischen Richtlinien fest, wie die Zersiedelung gemessen wird.“ Der Bund kann den Kantonen auf diesem Weg durchaus nähere Vorschriften im Bereich des Einsatzes von Zersiedelungsmaßen machen, solange er die konkreten Maßnahmen weiterhin den Kantonen überlässt.

Muggli (2018) diskutiert zudem verschiedene weitere Möglichkeiten, um Zersiedelungsmaße in der Raumplanung einzusetzen, z. B. als Indikator, als Planungsinstrument und als Zielwert oder Grenzwert, mit dem konkrete Rechtsfolgen verbunden sind. Diese Möglichkeiten erläutert er entsprechend ihrer Eingriffsintensität jeweils auf Ebene der Gemeinden, der Kantone und des Bundes.

Ein entsprechender Vorstoß ist auch für Deutschland sehr zu wünschen.

5 Literatur

- ARE – Bundesamt für Raumentwicklung; UVEK – Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Hrsg.) (2005): Raumentwicklungsbericht. ARE und UVEK, Bern, 116 S.
- BFS – Bundesamt für Statistik (2010): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010-2060. BFS, Neuchâtel, 84 S.
- BFS – Bundesamt für Statistik (2016): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Kantone 2015-2045. BFS, Neuchâtel.
- Bundesminister des Innern (Hrsg.) (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. Bundestags-Drucksache 10/2977 vom 7. März 1985. Kohlhammer, Stuttgart, 23, 96-108, 118, 130-136.
- EEA – European Environment Agency; FOEN – Swiss Federal Office for the Environment (2016): Urban sprawl in Europe. Joint EEA-FOEN report. EEA Report No 11/2016. Autoren: Hennig, E. I.; Soukup, T.; Orlitova, E.; Schwick, C.; Kienast, F.; Jaeger, J. A.G. ISSN 1777-8449, ISBN 978-92-9213-738-0, doi:10.2800/143470. Luxembourg, Publications Office of the European Union. 135 S. (+ Annexes 1-5: Urban sprawl in Europe. Joint EEA-FOEN report. 141 S.)
<http://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe> (Zugriff: 15.09.2021).

- Hennig, E. I.; Schwick, C.; Soukup, T.; Orlitová, E.; Kienast, F.; Jaeger, J. A. G. (2015): Multi-scale analysis of urban sprawl in Europe: Towards a European de-sprawling strategy. *Land Use Policy* 49: 483-498.
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C. (2014): Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland. In: *Ecological Indicators* 38: 294-308. doi 10.1016/j.ecolind.2013.11.022
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C.; Hennig, E. I.; Schwarzak, M.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Soukup, T.; Orlitova, E.; Nazarnia, N.; Kienast, F. (2018): Messung der Zersiedelung ermöglicht Monitoring und stärkere Berücksichtigung in der Planung. In: Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G.: *Flächeninanspruchnahme in Deutschland*. Springer Spektrum, Berlin, 245-267.
- Jaeger, J. A. G.; Soukup, T.; Schwick, C.; Hennig, E. I.; Orlitova, E.; Kienast, F. (2015): Zersiedelung in Europa: Ländervergleich und treibende Kräfte. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 67: 267-277.
- Muggli, R. (2018): Instrumente und gesetzliche Bestimmungen zur Begrenzung der Zersiedelung. In: Schwick et al. (2018): 113-134.
- Nazarnia, N.; Harding, C.; Jaeger, J. A. G. (2019): How suitable is entropy as a measure of urban sprawl? *Landscape and Urban Planning* 184: 32-43.
- Nazarnia, N.; Schwick, C.; Kopecky, M.; Soukup, T.; Orlitova, E.; Kienast, F.; Jaeger, J. A. G. (2016): *Urban Sprawl Metrics (USM) Toolset – User Manual*. Erhältlich unter <https://www.wsl.ch/de/services-und-produkte/software-websites-und-apps/urban-sprawl-metrics-tool-usm.html> (Zugriff: 15.09.2021).
- Picht, G. (1979): Zum Begriff des Maßes. In: Eisenbart, C. (Hrsg.): *Humanökologie und Frieden. Forschungen und Berichte der Evangelischen Studiengemeinschaft*, Bd. 34. Stuttgart, Klett-Cotta, 418-426.
- Schwick, C.; Jaeger, J. (2018): Zersiedelung messen und begrenzen. In: Schwick et al. (2018): 27-104.
- Schwick, C.; Jaeger, J.; Bertiller, R.; Kienast, F. (2010): *Zersiedelung der Schweiz – unaufhaltsam? Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung*. Bristol-Schriftenreihe. Haupt-Verlag, Bern/Stuttgart/Wien. 114 S.
- Schwick, C.; Jaeger, J.; Hersperger, A.; Cathomas, G.; Muggli, R. (2018): *Zersiedelung messen und begrenzen. Massnahmen und Zielvorgaben für die Schweiz, ihre Kantone und Gemeinden*. ISBN 978-3-258-08086-4. Bristol-Stiftung, Zürich. Haupt-Verlag, Bern. 238 S.
- WSL – Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2016): *Urban Sprawl Metrics tool USM*. <https://www.wsl.ch/de/services-und-produkte/software-websites-und-apps/urban-sprawl-metrics-tool-usm.html> (Zugriff: 15.09.2021).

Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990

Martin Behnisch, Tobias Krüger, Jochen Jaeger

Zusammenfassung

Deutschland zählt laut einer globalen Studie zur Zersiedelung der Landschaft sowohl in Bezug auf den Status quo als auch in Bezug auf die Dynamik seit 1990 zu den Staaten, die mit am stärksten zur weltweiten Zersiedelung beitragen. Dieser Beitrag stellt weitere quantitative Resultate zur Zersiedelung in Deutschland aus der globalen Studie zur Diskussion. Auf Ebene regelmäßiger Gitter (Zellgrößen: 1 km x 1 km und 10 km x 10 km) werden die Ausprägungen der Zersiedelung für das Jahr 2014 flächendeckend visualisiert. Darüber hinaus werden die Veränderungen der Zersiedelung im Zeitraum 1990 bis 2014 dargestellt und die mittlere jährliche Zersiedelungsdynamik zwischen den 111 Planungsregionen bzw. mit äquivalenten Aufgaben betrauten Gebietskörperschaften verglichen.

Schlagwörter: Zersiedelung, Siedlungsflächenentwicklung, Fernerkundungsdaten, Global Human Settlement Layer, Planungsregionen

1 Einführung

Der Mensch hat in nur 40 Jahren zwischen 1975 und 2014 mehr Landfläche für Siedlungen in Anspruch genommen als in allen Jahrtausenden zuvor in der Geschichte seit der Entstehung der ersten Siedlungen auf der Erde (Pesaresi et al. 2016: 35). Eine disperse Entwicklung mit geringer Dichte wird als Zersiedelung bezeichnet (Jaeger et al. 2010; Siedentop, Fina 2012). Sie führt zu einer erhöhten Flächenneuanspruchnahme im Vergleich zu kompakten Siedlungsmustern mit hoher Dichte und ist durch viele nachteilige ökologische, wirtschaftliche und soziale Folgen gekennzeichnet (vgl. u. a. OECD 2018; EEA, FOEN 2016). Die Zersiedelung stellt eine enorme Bedrohung für die langfristige Verfügbarkeit vieler lebenswichtiger Ökosystemleistungen und anderer Ressourcen dar, verschärft den Klimawandel und widerspricht den Grundsätzen einer nachhaltigen Landnutzung als einem der wichtigsten Schlüssel für die Große Transformation (WBGU 2021).

Die Verfügbarkeit offener und vergleichbarer Geodaten mit hoher Auflösung wurde im Atlas of the Human Planet als „Datenrevolution“ bezeichnet (Pesaresi et al. 2016: 6). Der Global Human Settlement Layer (GHSL), der vom Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission bereitgestellt wird, ist hier ein eindrucksvolles Beispiel (siehe Abschnitt 2.1). Eine von den Autoren dieses Beitrags durchgeführte globale Studie zur

Zersiedelung dokumentierte kürzlich auf Basis von Daten des GHSL die Ausprägungen der Zersiedelung auf der Erde für den Zeitraum 1990-2014 (Behnisch, Krüger, Jaeger eingereg.). Die Studie stellte mit Hilfe eines weltweit einheitlich angewendeten Messkonzepts (siehe Abschnitt 3) fest, dass Europa der am stärksten zersiedelte Kontinent ist – und gleichzeitig der Kontinent mit der höchsten Zersiedelungsdynamik (relative Zunahme seit 1990 um 51 %). Auch die Zersiedelung pro Kopf hat in Europa seit 1990 rapide zugenommen (um 47 %), wohingegen Ozeanien und Nordamerika als Kontinente mit der höchsten Zersiedelung pro Kopf seit 1990 leicht rückläufige Tendenzen aufweisen. Sechs Maßstabsebenen wurden untersucht: Kontinente, UN-Regionen, Länder, subnationale Einheiten und zwei regelmäßige Raster. Die meisten Zellen mit einer Größe von 1 km x 1 km, in denen die Zersiedelung stark oder sehr stark zunahm, entfallen auf die UN-Regionen Nordamerika, Ostasien und Westeuropa. Im Nationenvergleich zählt Deutschland neben den USA, China und Russland zu den 10 Ländern mit besonders gravierenden Ausprägungen, d. h. von allen 1-km²-Zellen mit hoher oder sehr hoher Zersiedelung entfallen 23 % auf die USA, 11 % auf China, 5% jeweils auf Deutschland und Frankreich sowie 4 % auf Russland. Im Rahmen der Studie wurde ferner für Länder mit einer Mindestgröße von 1 000 km² deutlich, dass Deutschland sowohl in Bezug auf den Status quo der Zersiedelung (Rang 6: $WUP_P = 3,494$ UPU/m²) als auch in Bezug auf ihre Veränderung (Rang 7: $\Delta WUP_P = +0,953$ UPU/m²) zu den 10 Staaten mit den höchsten Wertausprägungen gehört. In Bezug auf die Zersiedelung pro Kopf belegt Deutschland weltweit den 10. Rang. In diesem Beitrag werden die Daten des GHSL nun genutzt, um ergänzend zu den empirischen Befunden auf globaler Ebene weitere Messwerte zur Zersiedelung innerhalb Deutschlands zu generieren und zur Diskussion zu stellen. Der Fokus liegt auf der Quantifizierung der Zersiedelung im Jahr 2014 sowie auf der Dynamik (1990-2014) in den Planungsregionen.

2 Datengrundlage

2.1 Multitemporale Besiedelungsdaten GHSL

Beim Global Human Settlement Layer (GHSL) handelt es sich um einen multitemporalen weltweiten Siedlungsdatensatz, der vom Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission (EC) herausgegeben wird. Er basiert auf der konsolidierten Auswertung der von 1975 bis 2014 von den verschiedenen Aufnahmesystemen der Landsat-Satelliten (MSS-, TM-, ETM-Sensoren) gesammelt wurden. Für die Zeitschnitte 1975, 1990, 2000 und 2014 sind sowohl Daten zur Bebauung mit einer Auflösung von 38 Metern¹ als auch zur Bevölkerungsverteilung mit einer räumlichen Auflösung von 250 Metern verfügbar.

¹ Die derzeit angebotene aktuelle Version des GHSL wird mit einer Auflösung von 30 Metern zum Download angeboten. Eine zwischenzeitlich ebenfalls erstellte Version für 2017/18 basiert auf Sentinel-2-Daten und hat eine noch höhere Auflösung von 10 Metern.

Während sich frühere Studien zur Kartierung von Siedlungsgebieten und zur Messung der Zersiedelung aus konzeptionellen Gründen oder aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeit auf bestimmte verstärkte Gebiete, Städte (Liu et al. 2020; Steurer, Bayr 2020; Gerten et al. 2019), Länder (Stomp 2013), Regionen oder ganze Kontinente (EEA, FOEN 2016; Siedentop, Fina 2012) konzentriert haben, ermöglicht der GHSL die multiskalige und multitemporale Analyse der Zersiedelung weltweit bzw. vergleichend für unterschiedliche Regionen basierend auf einheitlichen Daten. Die GHSL-Daten bilden die Grundlage für den seit 2016 jährlich erscheinenden Atlas of the Human Planet (Pesaresi et al. 2016; EC 2017, 2018, 2020, 2021).

2.2 Planungsregionen

Die Planungsregionen definieren regionale Planungsräume unterhalb der Landesebene, für die üblicherweise jeweils ein Regionalplan aufgestellt wird. In den meisten Fällen werden Planungsregionen aus mehreren Landkreisen und kreisfreien Städten gebildet. In Niedersachsen wird die Regionalplanung unmittelbar auf der Ebene der Landkreise vorgenommen. In den niedersächsischen Städten Delmenhorst, Oldenburg, Wilhelmshaven, Osnabrück, Emden und Göttingen sowie den Ländern Berlin, Hamburg, Bremen und Saarland existiert die Ebene der Regionalplanung nicht. Um Flächendeckung für das gesamte Bundesgebiet zu erreichen, sind diese Gebietskörperschaften für die Regionalplanung im verwendeten Grenzdatsatz in diesem Beitrag mit enthalten. Die regionale Differenzierung auf Ebene der Planungsregionen wurde durch Aggregation der jeweils angehörenden Gebietseinheiten (Gemeinden, Kreise) aus der VG25 (BKG 2021) gebildet.

Eine Besonderheit bildet die Region Rhein-Neckar, die sich einerseits mit der Region Rheinhessen-Nahe auf dem Gebiet der Stadt Worms und andererseits mit der Region Südhessen auf dem Gebiet des Kreises Bergstraße überschneidet. Um Redundanzfreiheit zu gewährleisten, wurden die beiden Überlappungsbereiche jeweils nur für die Region Rhein-Neckar einbezogen. Auf diese Weise wird das Bundesgebiet durch 111 Planungsregionen (PR) bzw. mit äquivalenten Aufgaben betrauten Gebietskörperschaften abgedeckt. Die Größenordnungen hinsichtlich Flächengröße, Einwohnerzahl und Bevölkerungsdichte reichen dabei von 62,5 km² (Stadt Delmenhorst) bis 8 290 km² (PR Nordhessen, entspricht Regierungsbezirk Kassel), von ca. 48 400 Einwohnern (Landkreis Lüchow-Dannenberg) bis über 5,1 Millionen Einwohnern (Regionalverband Ruhr) und von 39 Ew./km² (LK Lüchow-Dannenberg) bis 4 118 Ew./km² (Berlin) (Stand: Dez. 2019).

2.3 Ein-Quadratkilometer- und 100-Quadratkilometer-Gitter

Zwei regelmäßige geographische Gitter wurden definiert – eines mit einer Kantenlänge von einem Kilometer, welches für die globale Studie basierend auf der flächentreuen Mollweide-Projektion definiert wurde und ein weiteres mit einer Kantenlänge von 10 km. Letzteres entspricht der INSPIRE-Spezifikation für geographische Gittersysteme für statistische Zwecke, basierend auf der flächentreuen Lambertschen Azimutalprojektion (INSPIRE 2014). Für beide wurden die Zersiedlungsmessgrößen und ihre Komponenten (Überbauungsgrad, Dispersion, Flächenbedarf pro Einwohner) aus den GHSL-Daten errechnet.

3 Messkonzept

Zwei Messgrößen werden in diesem Beitrag in Analogie zur globalen Studie angewandt: Weighted Urban Proliferation (Jaeger, Schwick 2014; Hennig et al. 2015) (WUP_p , Einheit: Durchsiedlungseinheiten pro Quadratmeter [DSE/m²], engl.: urban permeation units per square metre, [UPU/m²]) ist die landschaftsorientierte Metrik zur Quantifizierung der Zersiedelung, während Weighted Sprawl per Capita ($WSPC$, Einheit: [DSE/Einwohner], engl.: [UPU/inhabitant]) den durchschnittlichen Beitrag jedes Einwohners zur Zersiedelung bemisst. Abbildung 1 zeigt die Messgrößen und ihre Komponenten.

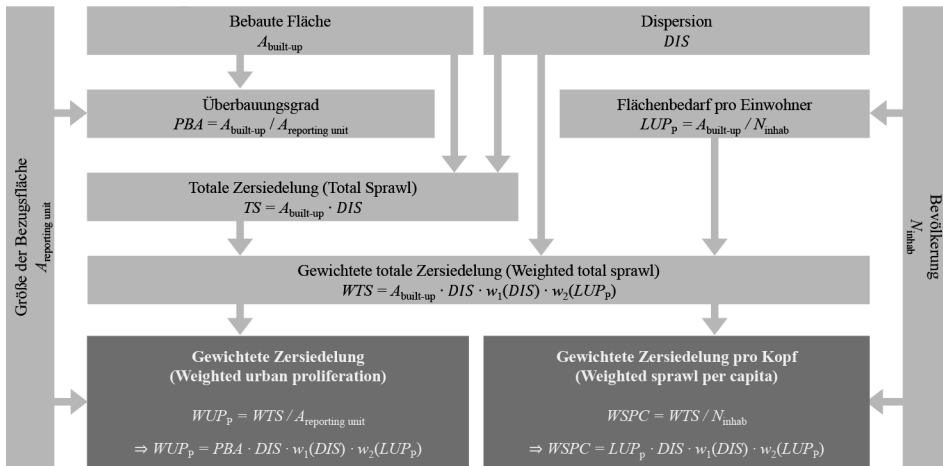


Abb. 1: Übersichtstafel zu den Messgrößen der Zersiedelung und ihrer Komponenten (Quelle: eigene Bearbeitung in Anlehnung an Behnisch, Krüger, Jaeger (einger.); siehe für weitere Details Jaeger, Schwick 2014 und Hennig et al. 2015)

Der Überbauungsgrad (Percentage of built-up area, PBA) bezeichnet den Anteil der bebauten Flächen ($A_{built-up}$) an der Gesamtfläche der Untersuchungseinheit ($A_{reporting\ unit}$) und wird in Prozent angegeben. Die Berechnung des Flächenbedarfs pro Person (Land uptake per person, LUP) in diesem Beitrag basiert ausschließlich auf Einwohnerzahlen (Number of inhabitants, N_{inhab}) und wird deshalb mit LUP_p überschrieben. Die

ursprüngliche Definition schließt auch die Zahl der Erwerbstätigen ein. Es ist allerdings oft schwierig, konsistente kleinräumige Daten über die Erwerbstätigen zu beschaffen – insbesondere bei multinationalen Studien. Größere Regionen sind gemäß früherer Studien (EEA, FOEN 2016) auch ohne die Berücksichtigung von Erwerbstätigen vergleichbar,

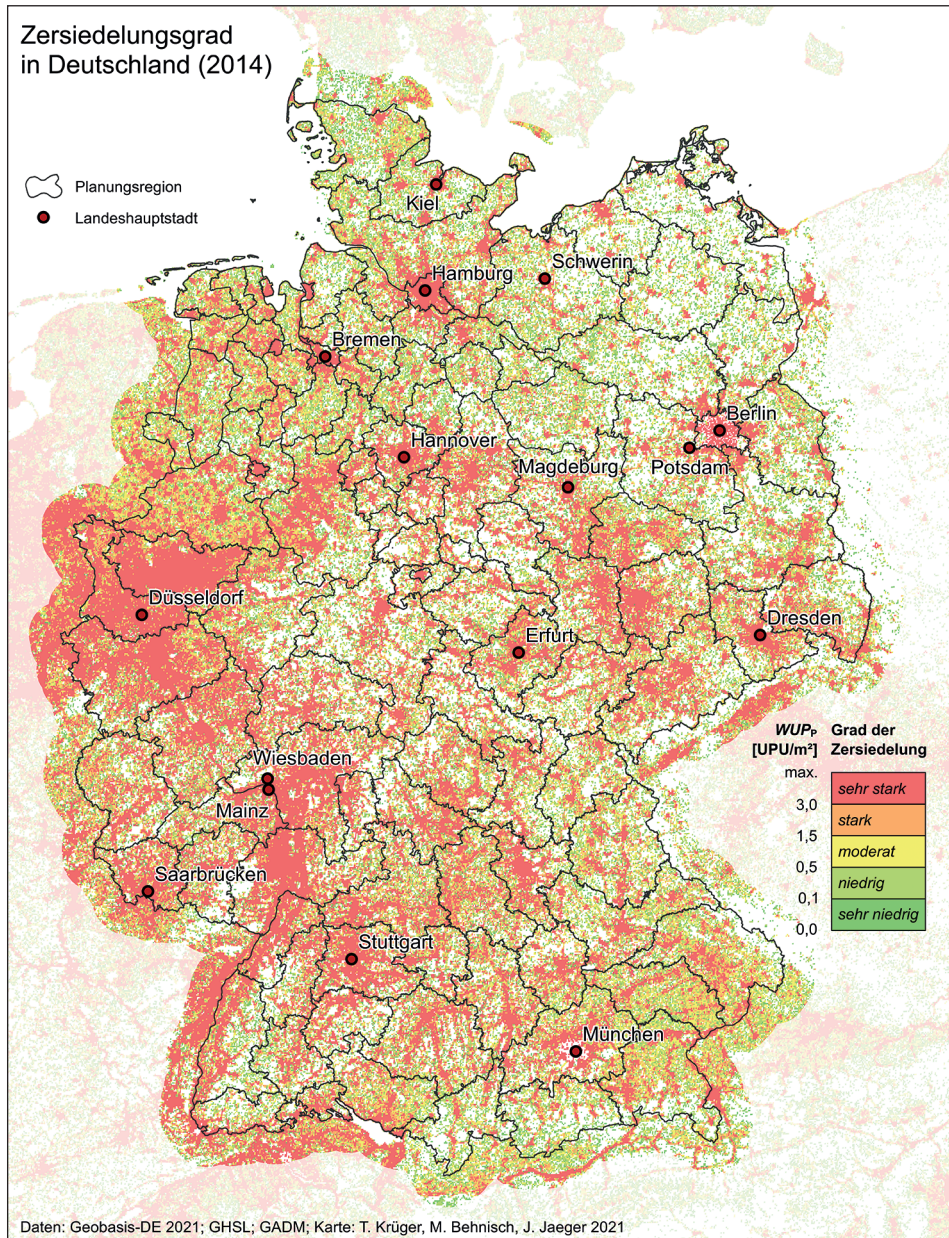


Abb. 2: Grad der Zersiedelung (WUP_p) in Deutschland auf Rasterebene 2014 (1 km x 1 km)
(Quelle: eigene Bearbeitung)

da das Verhältnis zwischen Einwohnern und Erwerbstätigen weniger schwankt als in kleinen Untersuchungseinheiten und Probleme aufgrund fehlender Daten zu Erwerbstätigen daher nur für sehr kleine Einheiten relevant werden. Die Werte von DIS und LUP_P unterliegen spezifischen Gewichtungsfunktionen, um Landschaftsteile, in denen die Bebauung stärker gestreut ist, deutlicher wahrzunehmen ($0,5 < w_1(DIS) < 1,5$), und um das Verständnis widerzuspiegeln, dass Orte hoher Dichte wie Innenstadtlagen nicht als zersiedelt angesehen werden ($0 < w_2(LUP_P) < 1$) (Jaeger, Schwick 2014).

4 Ergebnisse

Im weltweiten Vergleich zeigte sich, dass bei Betrachtung eines regelmäßigen Gitters (Zellgröße: 1 km x 1 km) weltweit ca. 5 % aller Zellen mit hohen bis sehr hohen Zersiedelungsausprägungen auf Deutschland entfallen. Abbildung 2 zeigt aus diesem weltweiten Datensatz einen Ausschnitt, der die Werte in den deutschen Planungsregionen für das Jahr 2014 darstellt. In großen Teilen des Landes werden charakteristische Ausprägungen der Zersiedelung angezeigt. In den Stadtregionen, in den erweiterten Pendlerverflechtungsräumen sowie auch in vielen relativ dünn besiedelten ländlichen Gebieten ist Zersiedelung zu finden. Erhöhte Ausprägungen resultieren erstens aus der Tendenz hin zu einer relativ starken Überbauung der Landschaft in Deutschland (Behnisch et al. 2019), zweitens aus eher gering ausgelasteten bebauten Flächen – wie zum Beispiel typischen Einfamilienhausgebieten – und drittens aus einer dispersen Bebauungsstruktur.

Abbildung 3 gibt einen Eindruck vom Grad der Zersiedelung pro Einwohner ($WSPC$) und ergänzt die Betrachtungen zur Zersiedelung der landschaftsorientierten Messung der Zersiedelung (WUP_P). In vielen Planungsregionen wird ein differenziertes Muster aus hoher Zersiedelung pro Einwohner im Umland vieler Groß- und Mittelstädte sichtbar, während die Kernbereiche durch moderate bis sehr geringe Wertausprägungen gekennzeichnet sind (z. B. Planungsregion Stuttgart, München, Hamburg und Berlin). In vielen eher ländlich geprägten Planungsregionen werden besonders hohe Zersiedelungswerte pro Einwohner gemessen (z. B. in den Planungsregionen Trier, Mittelrhein-Westerwald, Würzburg, Westmittelfranken oder Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg). In den Planungsregionen des bevölkerungsreichsten Bundeslandes Nordrhein-Westfalen zeichnet sich vielfach aufgrund der im Bundesvergleich eher hohen Dichten eine eher moderate Zersiedelung pro Kopf trotz grundsätzlich hoher Zersiedelung der Landschaft ab (WUP_P).

Abbildung 4 zeigt ergänzend zu den bisher gezeigten Karten die Werte der Zersiedelung der Landschaft (WUP_P) in Bezug zu den Werten der Zersiedelung pro Kopf ($WSPC$) auf der Ebene von INSPIRE-konformen Quadratgitterzellen mit einer Kantenlänge von 10 km. Es können nun charakteristische Zonen innerhalb der Bundesländer identifiziert werden, die hohe Ausprägungen der landschaftsorientierten Messgröße WUP_P aufweisen, jedoch nur geringe oder moderate Ausprägungen der einwohnerorientierten

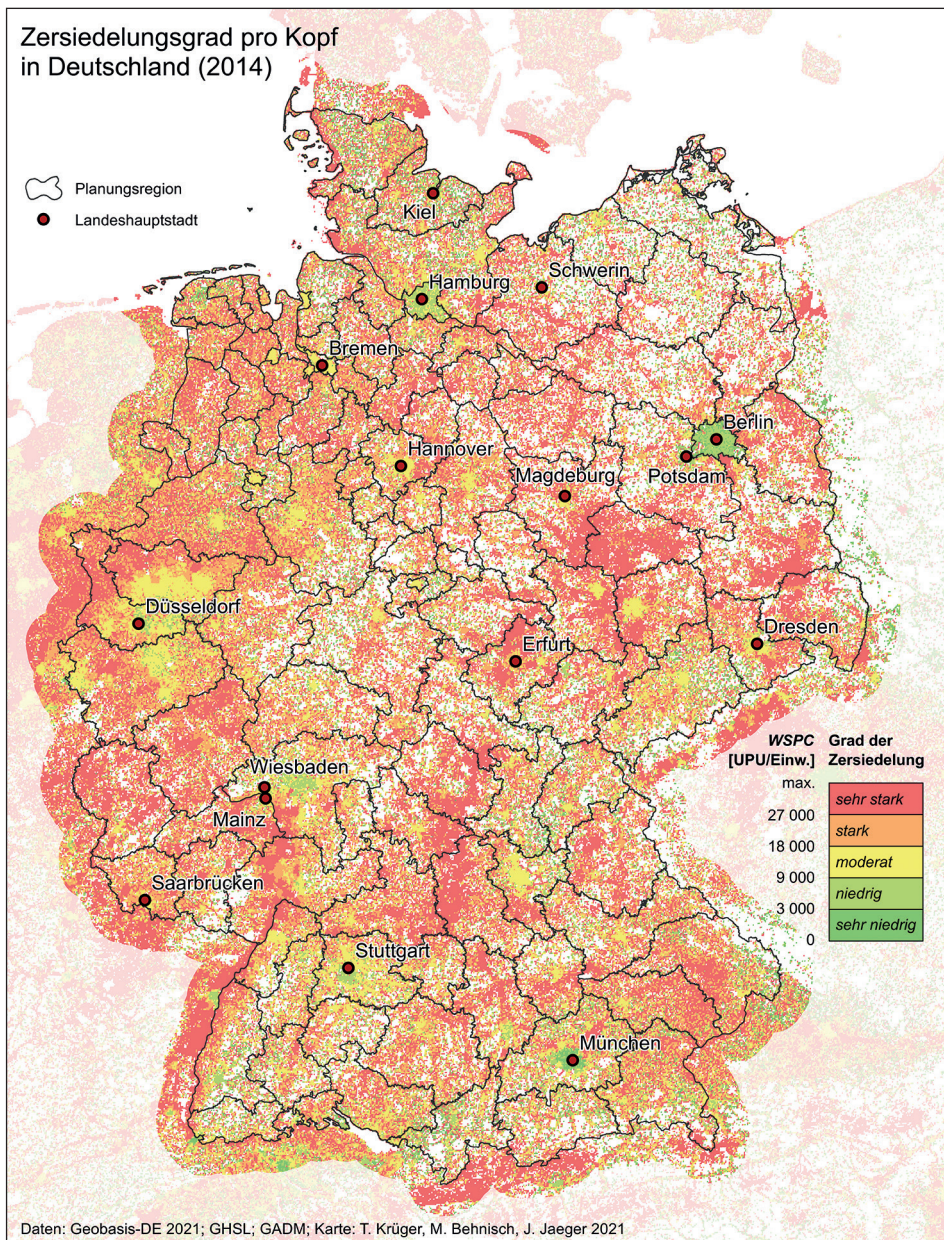


Abb. 3: Grad der Zersiedelung pro Einwohner (WSPC) in Deutschland auf Rasterebene 2014 (1 km x 1 km) (Quelle: eigene Bearbeitung)

Messgröße WSPC zeigen. Beispiele finden sich prominent in der Region um Stuttgart und in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens. Auch in einigen Großstädten (z. B. Berlin, Hamburg, München) fällt die Zersiedelung pro Einwohner im Kernstadtbereich gering aus,

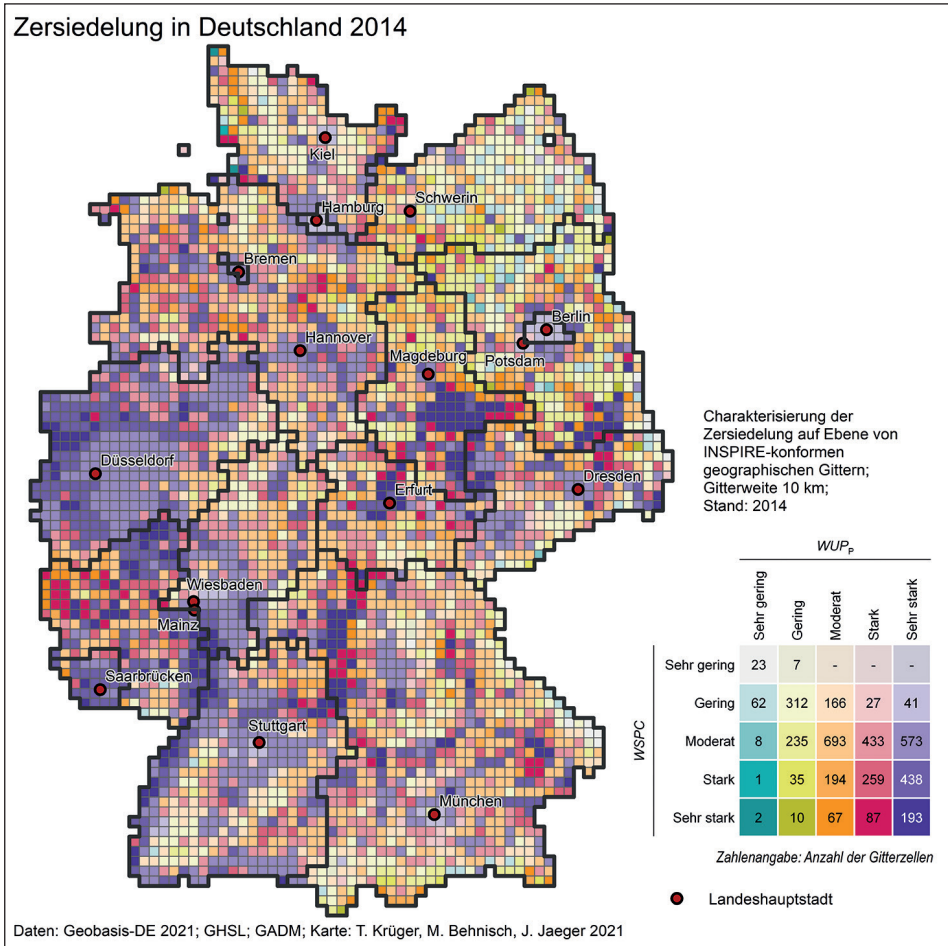


Abb. 4: Grad der Zersiedelung und Zersiedelung pro Einwohner in Deutschland 2014 auf Ebene von INPIRE-konformen Gitterzellen (10 km x 10 km) (Quelle: eigene Bearbeitung)

während im Umland erhöhte Zersiedelungswerte pro Kopf vorliegen. Besonders konzentriert treten hohe sowohl landschaftsorientierte als auch einwohnerbezogene Zersiedelungswerte entlang des Oberrheins, in nordwestlichen Regionen Bayerns, im südöstlichen Sachsen-Anhalt, im zentralen Teil Thüringens und im südlichen Brandenburg auf (dunkelviolett markierte Gitterzellen). Hier deuten sich gering verdichtete Wohnstandorte bzw. Siedlungsgefüge an. Ein weiteres interessantes Beispiel ist das divergierende Muster der beiden Zersiedelungsgrößen für viele Stadt-Umland-Beziehungen in Mecklenburg-Vorpommern.

In Ergänzung zu den multinationalen Ergebnissen zur Veränderung der Zersiedelung seit 1990 (Behnisch et al., einger.) zeigt Abbildung 5 eine jede Planungsregion bzw. mit äquivalenten Aufgaben betraute Gebietskörperschaft in ihrer Dynamik.

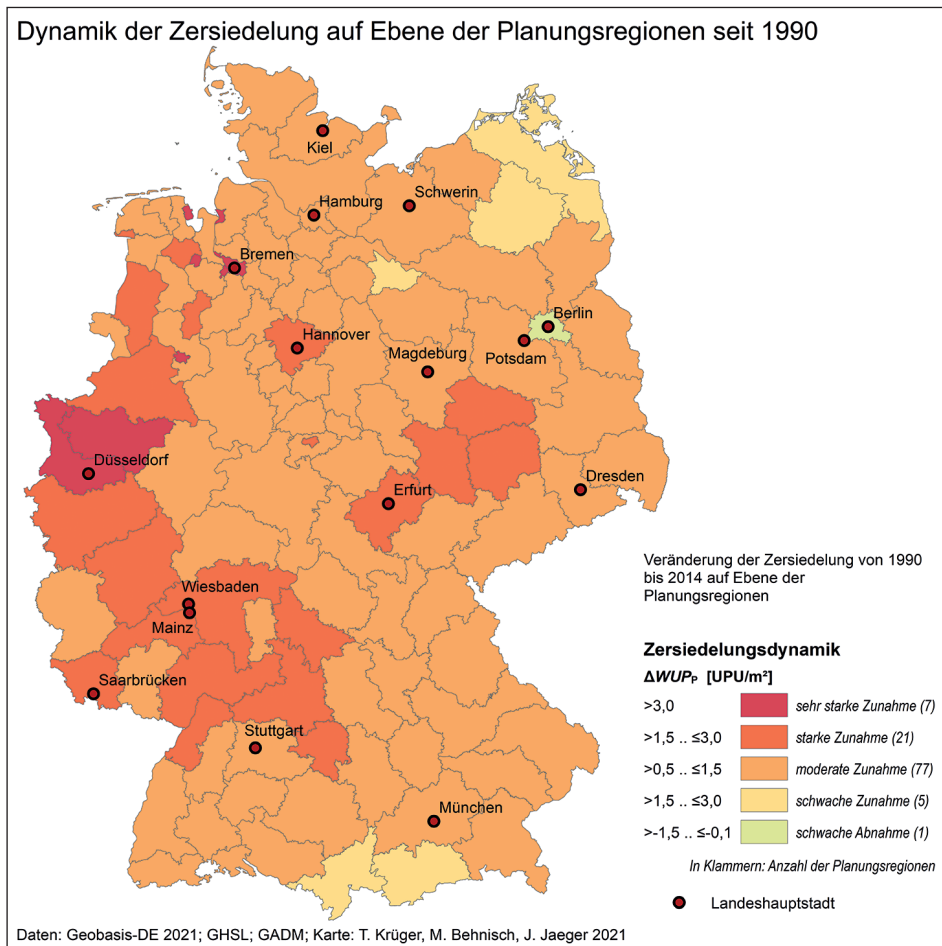


Abb. 5: Empirische Befunde zur Veränderung der Zersiedelung seit 1990 in den 111 deutschen Planungsregionen (Quelle: eigene Bearbeitung)

Von den 111 dargestellten Planungsregionen (PR) weisen 28 eine starke bis sehr starke Zunahme der Zersiedelung auf (rot bzw. tieforange markiert): 35 Planungsregionen wurden im Jahr 1990 als sehr stark zersiedelt indiziert und 63 Planungsregionen im Jahr 2014.

Im Zeitraum 1990 bis 2014 wird die mittlere Dynamik der Zersiedelung der Landschaft wie folgt beziffert: ΔWUP_P 1990-2014 = +1,3 UPU/m² (Median: +1,1 UPU/m²). Die mittlere relative Veränderung der Zersiedelung im Zeitraum 1990 bis 2014 beträgt: ΔWUP_P 1990-2014 = +53,1 % (Median: +51,5 %).

Die mittlere Dynamik der Zersiedelung pro Einwohner bemisst sich zu: $\Delta WSPC$ 1990-2014 = + 6 921 UPU/inhabitant (Median: + 6 202 UPU/inhabitant). Die

mittlere relative Veränderung von $WSPC$ zeigt ähnlich starke Zunahmen wie ΔWUP_P im Zeitraum von 24 Jahren und liegt bei $\Delta WSPC_{1990-2014} = +55,4 \%$ (Median: $+46,6 \%$).

Planungsregionen sowohl mit den größten relativen Änderungen von WUP_P als auch $WSPC$ sind die PR Südwestthüringen ($\Delta WUP_P_{1990-2014} = +147,6 \%$, $\Delta WSPC_{1990-2014} = +294,2 \%$), PR Mecklenburgische Seenplatte ($\Delta WUP_P_{1990-2014} = +115,7 \%$, $\Delta WSPC_{1990-2014} = +208,4 \%$) und die PR Nordthüringen ($\Delta WUP_P_{1990-2014} = +110,6 \%$, $\Delta WSPC_{1990-2014} = +166,8 \%$).

Nachfolgend werden einige auffällige Entwicklungen in einigen Komponenten der Zersiedelung dargestellt. Besonders deutliche Zunahmen des Flächenbedarfs pro Person sind u. a. in Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg, Südwestthüringen, Altmark, Lausitz-Spreevald sowie Nordthüringen sichtbar. Eine besondere Verstärkung der dispersen Sied-

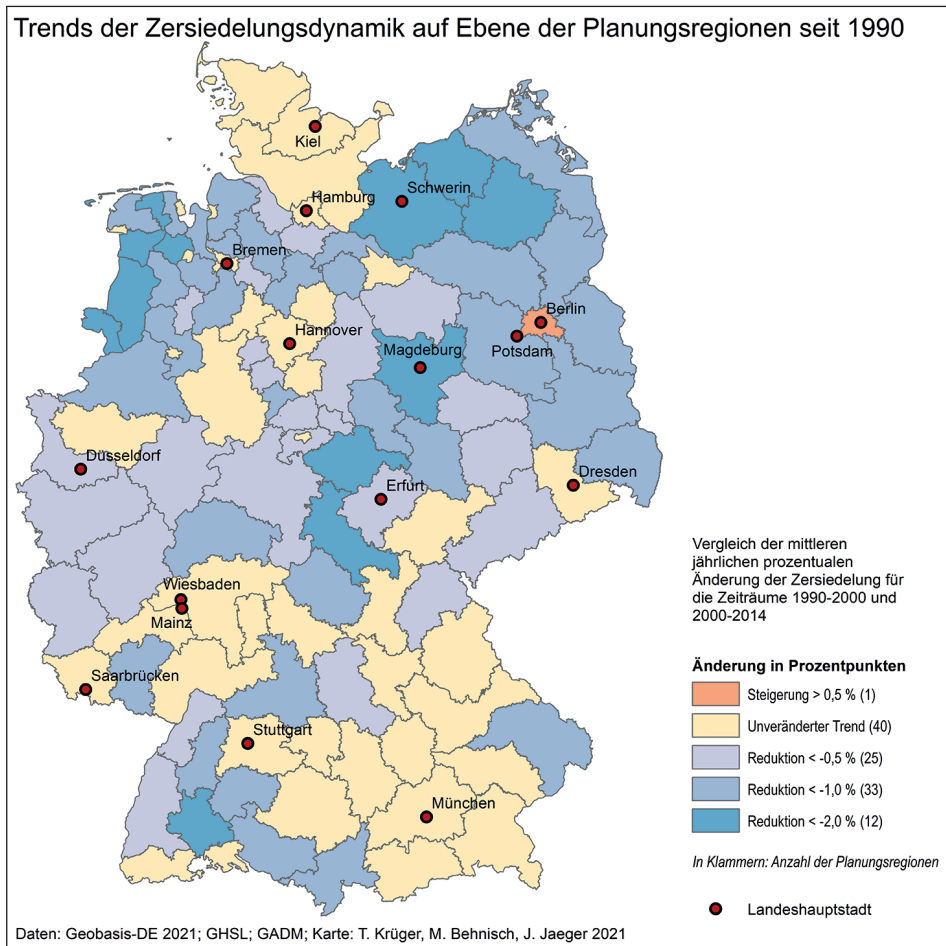


Abb. 6: Vergleich der mittleren jährlichen prozentualen Änderung der Zersiedelung in den Zeiträumen 1990 bis 2000 und 2000 bis 2014 (Quelle: eigene Bearbeitung)

lungsstruktur wird z. B. in den Regionen Altmark, Nordthüringen, Harz, Mecklenburgische Seenplatte und Prignitz-Oberhavel beobachtet.

Überdurchschnittliche Überbauung erfolgte u. a. in Oldenburg, im Regionalverband Ruhr (RVR), im Regierungsbezirk Düsseldorf (außerhalb des RVR), in Bremen und Delmenhorst.

Abbildung 6 illustriert die Frage, ob die Zersiedelung in den Planungsregionen in den Jahren 2000 bis 2014 in ihren Trends eine deutlich andere Dynamik aufwies als in den 1990er Jahren. Verglichen wird dazu die mittlere jährliche prozentuale Änderung der Zersiedelung zwischen den beiden Zeiträumen.

In 40 von 111 Planungsregionen war der Trend der Landschaftszersiedelung in beiden Zeiträumen praktisch unverändert (z. B. Region München, Region Stuttgart, PR Südhessen, PR Augsburg, Planungsraum II Schleswig-Holstein, PR Südhessen). Ein abgeschwächter Entwicklungstrend der Zersiedelung findet sich vor allem in den Regionen Mecklenburgische Seenplatte, Südwest- sowie Nordthüringen, Rostock, Magdeburg, Leer, Schwarzwald-Baar-Heuberg und Landkreis Emsland (dunkelblaue Markierung).

In Berlin hat nach einer leichten Abnahme der Zersiedelung 1990 bis 2000 ($\Delta WUP_P 1990-2000 = -1,105 \text{ UPU/m}^2$) die Zersiedelung seit 2000 wieder zugenommen ($\Delta WUP_P 2000-2014 = +0,661 \text{ UPU/m}^2$), wobei insgesamt das Niveau der Zersiedelung als sehr hoch einzuschätzen ist.

5 Fazit und Ausblick

Deutschland ist ähnlich wie viele andere Länder seit geraumer Zeit mit den Herausforderungen um eine nachhaltige Landnutzung bzw. flächenschonende Siedlungsentwicklung konfrontiert. Durch die Verfügbarkeit neuer georeferenzierter Datenquellen (z. B. Global Urban Footprint, Global Human Settlement Layer, Copernicus High Resolution Layer Imperviousness Density, Geobasisdaten) haben sich die Möglichkeiten zur Beobachtung und Bewertung physisch-struktureller Eigenschaften von Stadt und Landschaft deutlich verbessert. Das Messkonzept nach Jaeger & Schwick (2014) ist eine adäquate Methode zur Quantifizierung der Zersiedelung und hat in vielen Regionen eine breite Anwendung erfahren (z. B. Hennig et al. 2015; EEA, FOEN 2016; Nazarnia et al. 2016; Torres et al. 2016; Schwick et al. 2018; Jaeger et al. 2018; Xie et al. 2020).

Die in diesem Beitrag vorgestellten empirischen Befunde bilden eine wichtige Grundlage für Folgeuntersuchungen, die darauf abzielen, differenzierte Aussagen zu treffen, wie die derzeitigen Ausprägungen und Entwicklungen im Kontext planerischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Bedingungen begründet sind. Messergebnisse dieser Art können helfen, bestehende Strategien und Instrumente im Umfeld der Flächenneuanspruchnahme zu überprüfen bzw. fortzuentwickeln, z. B. um die Wirksamkeit von Grüngürteln

aus dem quantitativen Vergleich von Entwicklungstrends in Städten mit und ohne Grüngürtel zu untersuchen (Xie et al. 2020 sowie Pourtaherian und Jaeger, in Vorb.).

Für einen sparsameren Umgang mit Grund und Boden, für die Verringerung des ökologischen Fußabdrucks in den Industrieländern und für die Verbesserung der Lebensqualität in den Entwicklungsländern im Sinne der Sustainable Development Goals sind aus Sicht der Autoren dieses Beitrags wesentlich höhere Anstrengungen erforderlich als bisher. Das raumbezogene Monitoring der Zersiedelung schafft auch in der Zukunft wichtige empirische Grundlagen für evidenzbasierte Lösungsvorschläge, z. B. die Festlegung von Zielvorgaben und Grenzwerten (s. Beitrag von Jaeger und Schwick in diesem Band), sowie die Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen und Instrumenten zur Eindämmung der Zersiedelung.

6 Literatur

- Behnisch, M.; Krüger, T.; Jaeger, J. A. G. (einger.): Urban sprawl on the rise: Global hot-spots and trends since 1990. *PLOS Sustainability and Transformation*, eingereicht.
- Behnisch, M.; Schorcht, M.; Kriewald, S.; Rybski, D. (2019): Settlement percolation: A study of building connectivity and poles of inaccessibility. In: *Landscape and Urban Planning*, Volume 191, 103631.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103631>.
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2021): Dokumentation Verwaltungsgebiete 1: 25 000 – VG25. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.
https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/vg25.pdf
 (Zugriff: 13.10.2021).
- EEA – European Environment Agency; FOEN – Swiss Federal Office for the Environment (2016): Urban sprawl in Europe. Joint EEA-FOEN report, Vol. 11/2016, EEA Report. Copenhagen, Denmark: European Environment Agency.
<http://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe>
 (Zugriff: 03.07.2021).
- EC – European Commission. Joint Research Centre (2017): Atlas of the human planet 2017: Global exposure to natural hazards. LU: Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/19837>
- EC – European Commission. Joint Research Centre (2018): Atlas of the Human Planet 2018: A world of cities. LU: Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/124503>
- EC – European Commission. Joint Research Centre (2020): Atlas of the Human Planet 2019: A compendium of urbanisation dynamics in 239 countries. LU: Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/014159>
- EC – European Commission. Joint Research Centre (2021): Atlas of the human planet 2020: Open geoinformation for research, policy, and action. LU: Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/16432>

- Gerten, C.; Fina, S.; Rusche, K. (2019): The sprawling planet: Simplifying the measurement of global urbanization trends. *Frontiers in Environmental Science* 7: 1-20, doi:10.3389/fenvs.2019.00140
- Hennig, E. I.; Schwick, C.; Soukup, T.; Orlitová, E.; Kienast, F.; Jaeger, J. A. G. (2015): Multi-scale analysis of urban sprawl in Europe: Towards a European de-sprawling strategy. *Land Use Policy* 49: 483-498. doi:10.1016/j.landusepol.2015.08.001
- INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in the European Community (2014): D2.8.I.2 Data Specification on Geographical Grid Systems – Guidelines. http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_GG_v3.1.pdf (Zugriff: 25.10.2021).
- Jaeger, J. A. G.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Kienast, F. (2010): Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, 10(2): 397-406. doi:10.1016/j.ecolind.2009.07.007
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C.; Hennig, E. I.; Schwarzak, M.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Soukup, T.; Orlitova, E.; Nazarnia, N.; Kienast, F. (2018): Messung der Zersiedelung ermöglicht Monitoring und stärkere Berücksichtigung in der Planung. In: Behnisch M.; Kretschmer O.; Meinel G. (Hrsg.): *Flächeninanspruchnahme in Deutschland*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 245-267. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8_14
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C. (2014): Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland. *Ecological Indicators* 38: 294-308. doi:10.1016/j.ecolind.2013.11.022
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C. (2021): Zielwerte und Grenzwerte für die Zersiedelung. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79.
- Liu, X.; Huang, Y.; Xu, X. et al (2020): High-spatiotemporal-resolution mapping of global urban change from 1985 to 2015. *Nat Sustain* 3: 564-570. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0521-x>
- Nazarnia, N.; Schwick, C.; Jaeger, J. A. G. (2016): Accelerated urban sprawl in Montreal, Quebec City, and Zurich: Investigating the differences using time series 1951-2011. *Ecological Indicators* 60: 1229-1251.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2018): *Rethinking urban sprawl moving towards sustainable cities*. OECD Publishing. doi:10.1787/9789264189881-en
- Pesaresi, M.; Melchiorri, M.; Siragusa, A.; Kemper, T. (2016): *Atlas of the Human Planet 2016. Mapping Human Presence on Earth with the Global Human Settlement Layer*. Ispra: Publications Office of the European Union. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC103150> (Zugriff: 03.07.2021)

- Pourtaherian, P.; Jaeger, J. A. G. (in Vorb.): How do greenbelts affect urban sprawl in European cities? In Vorb.
- Schwick, C.; Jaeger, J.; Hersperger, A.; Cathomas, G.; Muggli, R. (2018): Zersiedelung messen und begrenzen. Massnahmen und Zielvorgaben für die Schweiz, ihre Kantone und Gemeinden. ISBN 978-3-258-08086-4. Bristol-Stiftung, Zürich. Haupt-Verlag, Bern. 238 S.
- Sidentop, S.; Fina, S. (2012): Who Sprawls Most? Exploring the Patterns of Urban Growth across 26 European Countries. *Environment and Planning A: Economy and Space* 44(11): 2765-2784. doi:10.1068/a4580
- Steurer, M.; Bayr, C. (2020): Measuring urban sprawl using land use data. *Land Use Policy*, 97, 104799. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104799
- Stomp, A. (2013): An international Survey of Urban Sprawl Case Studies. *Geography Compass* 7: 504-516.
- Torres, A.; Jaeger, J. A. G.; Alonso, J. C. (2016): Multi-scale mismatches between urban sprawl and landscape fragmentation create windows of opportunity for conservation development. *Landscape Ecology* 31(10): 2291-2305.
- WBGU – German Advisory Council on Global Change (2021): *Rethinking Land in the Anthropocene: from Separation to Integration*. Berlin: WBGU.
- Xie, X.; Kang, H.; Behnisch, M.; Baildon, M.; Krüger, T. (2020): To what extent can the green belts prevent urban sprawl? – A comparative study of Frankfurt am Main, London and Seoul. *Sustainability* 12(2): 679. <https://doi.org/10.3390/su12020679>

Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Analyseergebnisse aus dem IÖR-Monitor

Ulrich Walz, Tobias Krüger, Ulrich Schumacher

Zusammenfassung

Es werden multitemporale Analysen zur Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland über die letzten 20 Jahre basierend auf Daten des amtlichen Digitalen Basis-Landschaftsmodells (ATKIS Basis-DLM) der Landesvermessungsverwaltungen vorgestellt. Dabei zeigt sich, dass die Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung bundesweit in dem genannten Zeitraum kaum zugenommen haben. Allerdings ist dies regional differenziert zu betrachten. So gibt es nach wie vor Infrastrukturprojekte, die unzerschnittene Freiräume durchtrennen. Außerdem sind strukturelle Maßnahmen wie z. B. die Trassenbündelung zu diskutieren, welche einerseits zur Schonung unzerschnittener Freiräume beitragen, andererseits die Barrierestärke von Trassen erhöhen können. Weitere Maßnahmen zur Entschneidung sind daher notwendig. Außerdem sollten entsprechende Indikatoren entwickelt werden, um die Durchlässigkeit des Verkehrsnetzes und dessen funktionale Zerschneidung besser abzubilden.

Schlagwörter: Landschaftszerschneidung, Waldfragmentierung, Monitoring, ATKIS

1 Einführung

Im Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) stehen mittlerweile Informationen zur Landschaftszerschneidung in Deutschland über einen Zeitraum von 20 Jahren (2000 bis 2020) zur Verfügung. Dies soll zum Anlass genommen werden, um zu fragen, wie sich Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in diesem Zeitraum entwickelt haben. Die beiden zusammenhängenden Themen sind schon seit längerem Gegenstand der bundesweiten Umweltberichterstattung (z. B. LIKI 2020; BfN 2016), der Forschungen des IÖR (z. B. Walz 2005; Walz et al. 2011; Walz et al. 2013; Schumacher, Walz 2000), aber auch weiterer Untersuchungen und Programme (z. B. Reck et al. 2010; BMU 2012).

Die Landschaftszerschneidung ist in der Raumplanung und -entwicklung ein wesentliches Problem in Bezug auf Fragen des Umwelt- und Naturschutzes, da künstliche Barrieren in der Landschaft wie Straßen und Bahnlinien, aber auch Kanäle und bebaute Bereiche erhebliche Auswirkungen auf Natur und Umwelt, aber auch den Menschen haben können. Insbesondere die Barrierewirkung, welche Lebensräume zerteilt und Wanderungswege unterbricht bzw. erschwert, ist hier erwähnenswert. Dadurch werden zusammenhängende Lebensräume für Fauna und Flora verkleinert sowie die

Lärmwirkung in die verbliebenen unzerschnittenen Freiräume (UZF) hinein verstärkt. Der Mensch selbst ist auch davon betroffen, beispielsweise durch Beeinträchtigung von (Nah-)Erholungsbereichen, durch den Lärm und die Störung des Landschaftsbildes (Abb. 1).

In den Grundsätzen der Raumordnung im Raumordnungsgesetz (ROG) heißt es daher: *„Die weitere Zerschneidung der freien Landschaft und von Waldflächen ist dabei so weit wie möglich zu vermeiden“* (Deutscher Bundestag 2008). Auch die Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung formuliert als Ziel: *„Der derzeitige Anteil der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume $\geq 100 \text{ km}^2$ (UZVR) bleibt erhalten“* (BMU 2012).

Vor diesem Hintergrund soll es hier insbesondere um folgende Fragen gehen:

- Wie haben sich Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung seit 2000 entwickelt und welchen Stand haben wir heute in Deutschland?
- Wie stark zerschnitten sind die Großschutzgebiete (Nationalparks und Biosphärenreservate)?
- Welche Indikatoren sollten bzw. könnten ergänzt werden?



Abb. 1: Raumgreifende Wirkung von Straßen: Autobahnkreuz bei Singen am Hohentwiel an der A81 (Foto: Ulrich Walz)

2 Methodik

Im IÖR-Monitor (www.ioer-monitor.de) werden regelmäßig folgende Indikatoren zur Landschaftszerschneidung und zur Waldfragmentierung berechnet und zur freien Nutzung angeboten:

- Effektive Maschenweite der Freiräume (modifiziert),
- Anteil unzerschnittener Freiräume > 100 km² an Gebietsfläche,
- Anteil unzerschnittener Freiräume > 50 km² an Gebietsfläche,
- Effektive Maschenweite der Wälder (modifiziert),
- Anteil unzerschnittener Wälder > 50 km² an Gebietsfläche.

Weiterhin stehen im IÖR-Monitor Angaben über verschiedene Verkehrsnetzdichten je Gebietseinheit zur Verfügung.

Für die Berechnung der o. g. Indikatoren werden folgende topographische Objekte aus dem ATKIS Basis-DLM (AdV 2019) zum Aufbau einer Zerschneidungsgeometrie verwendet:

- Überörtliches Straßennetz (linienförmig): Autobahn, Bundesstraße, Landes- bzw. Staatsstraße, Kreisstraße,
- Eisenbahnnetz (linienförmig): Mehrgleisige Strecke, eingleisige elektrifizierte Strecke (jeweils in Betrieb),
- Schifffahrt (linienförmig): Kanäle für die Schifffahrt,
- Verkehr (flächenförmig): Platz, Raststätte, Flughafen/Flugplatz, Bahnhofsanlage, Bahnkörper, Hafenbecken,
- Siedlung (flächenförmig): zusammenhängende Ortslagen (> 5 ha).

Für das Jahr 2000, als das ATKIS Basis-DLM noch im Aufbau war, wurden zusätzliche Vektordaten für das Straßennetz von Infas Geodaten herangezogen sowie das ATKIS-Bahnnetz mit Hilfe eines Eisenbahnatlas retrospektiv editiert.

Alle linienförmig als Polygonzug modellierten Objekte wie Straßen bzw. Fahrbahnen, Eisenbahnlinien und Schifffahrtskanäle werden zur Flächenbildung entsprechend der Angaben in ihren Attributen auf ihre Objektbreite gepuffert. Die resultierenden flächenhaften Geometrien werden anschließend mit den anderen flächenförmigen Elementen zur Zerschneidungsgeometrie vereinigt. Die (unzerschnittenen) Freiräume ergeben sich als Restflächen nach deren Ausschneiden aus der jeweiligen Gebietsfläche.

Im Küstenbereich können sich große langgestreckte Freiraumpolygone ergeben, weil die Verkehrstrassen in der Regel vor der Küstenlinie enden. Hier bilden sich durch die Eliminierung der Siedlungs- und Verkehrsflächen aus der terrestrischen Gebietsfläche

bei der GIS-Bearbeitung oft unrealistische, schmale Freiraumkorridore. Deshalb werden die Freiraumpolygone vor der Indikatorberechnung leicht generalisiert bzw. modifiziert (doppelte Pufferung – erst nach innen, dann nach außen – mit jeweils $-/+22$ m Pufferdistanz). Die Abbildung 2 zeigt einen solchen Fall an der Ostseeküste: In der Realität zerschneidet die Ortslage der Stadt Kühlungsborn einen langgestreckten unzerschnittenen Freiraum im Küstenbereich, während dies bei der GIS-Bearbeitung erst durch das modifizierte Verfahren mit doppelter Pufferung erreicht wird.

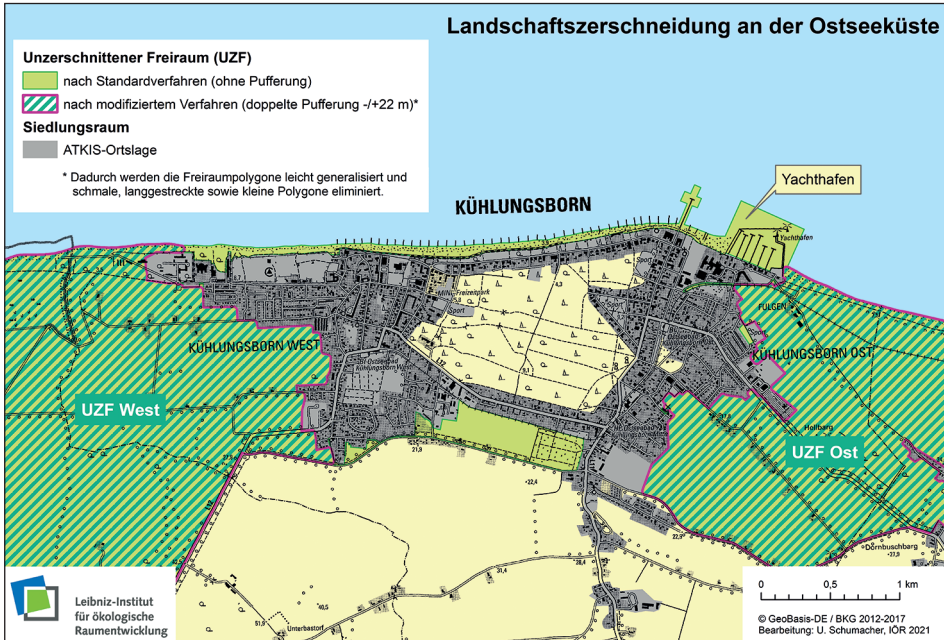


Abb. 2: Geometrische Modifikationen zur Ableitung unzerschnittener Freiräume (UZF) – Beispiel aus dem Küstenbereich (Kartographie: Ulrich Schumacher)

Als Maßzahlen zur Landschaftszerschneidung werden verwendet:

- Anzahl der unzerschnittenen Freiräume größer 50 bzw. 100 km²
- Effektive Maschenweite unzerschnittener Freiräume (nach Jaeger 2000):

$$m_{eff} = \frac{1}{F_{gesamt}} (F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_n^2)$$

- Effektive Maschenweite unzerschnittener Freiräume modifiziert (nach Moser et al. 2007):

$$m_{eff}^{FaV} = \frac{1}{F_{gesamt}} (F_1 \cdot F_1^{erg.} + F_2 \cdot F_2^{erg.} + F_3 \cdot F_3^{erg.} + \dots + F_n \cdot F_n^{erg.})$$

Die Maßzahlen zur Waldfragmentierung orientieren sich daran in vergleichbarer Weise.

3 Ergebnisse

3.1 Entwicklung der Landschaftszerschneidung

Betrachtet man den aktuellen Zustand der Landschaftszerschneidung in Deutschland (2020), so wird auf den ersten Blick deutlich, dass es sehr große regionale Unterschiede gibt (Abb. 3.). Die Mehrheit der Landkreise (56,8 %) hat überhaupt keinen Anteil mehr an einem unzerschnittenen Freiraum größer 100 km². Solche großflächigen unzerschnittenen Freiräume sind vor allem noch in einigen Mittel- und Hochgebirgsregionen wie z. B. dem Bayerischen Wald, dem Schwarzwald und den Alpen vorhanden. Aber auch Räume mit geringer Besiedlungsdichte wie in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und im nördlichen Sachsen-Anhalt, teilweise auch in Niedersachsen und Schleswig-Holstein heben sich deutlich ab. Bemerkenswert ist eine ringförmige Region geringer Zerschneidung um die Wachstumsmetropole Berlin herum. Hier sind die erhalten gebliebenen UZF sicher einem besonderen Druck ausgesetzt.

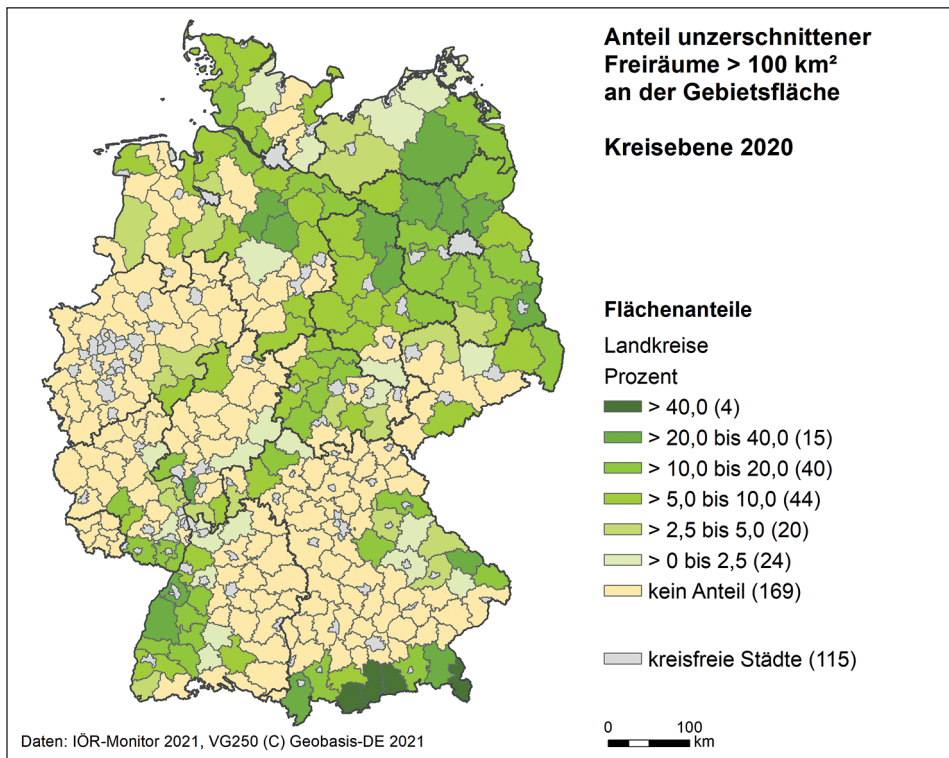


Abb. 3: Anteil unzerschnittener Freiräume > 100 km² an Gebietsfläche auf Kreisebene 2020 (Quelle: IÖR-Monitor, Karte: Schumacher/Krüger, IÖR)

Wie sich die Situation nun in den letzten 20 Jahren entwickelt hat, soll an der Maßzahl der Effektiven Maschenweite unzerschnittener Freiräume für die einzelnen Bundesländer gezeigt werden (Tab. 1). Kleine Werte der Effektiven Maschenweite stehen dabei für stärkere Zerschneidung. Für die einzelnen Bundesländer gibt es durchaus unterschiedliche Entwicklungspfade. So verzeichnen gerade die Bundesländer mit besonders vielen UZFs (siehe oben) auch die größten Abnahmen und damit weitere Zerschneidung, namentlich Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg. Allerdings gibt es auch gegenläufige Trends, die auf eine Abnahme der Zerschneidung hinweisen. Gründe dafür wären noch näher zu untersuchen.

Tab. 1: Entwicklung der effektiven Maschenweite unzerschnittener Freiräume je Bundesland von 2000 bis 2020 (Quelle: IÖR-Monitor.de)

Bundesland	Indikatorwert [km ²]					Differenz 2020-2000
	2000	2008	2012	2016	2020	
Baden-Württemberg	21,16	22,59	22,58	22,46	22,40	1,24
Bayern	35,36	36,60	36,67	36,48	36,49	1,13
Brandenburg	56,83	53,20	54,51	53,19	53,27	-3,56
Hessen	19,92	20,23	20,47	20,42	20,50	0,58
Mecklenburg-Vorpommern	61,79	55,93	56,54	54,40	55,04	-6,75
Niedersachsen	33,41	35,34	35,98	35,25	35,50	2,09
Nordrhein-Westfalen	13,84	13,94	14,02	13,95	13,95	0,11
Rheinland-Pfalz	18,22	18,45	18,50	18,51	18,54	0,32
Saarland	10,99	13,80	13,11	12,98	17,04	6,05
Sachsen	20,05	19,89	20,04	20,14	19,88	-0,17
Sachsen-Anhalt	56,54	45,28	45,66	45,23	45,23	-11,31
Schleswig-Holstein	29,75	38,15	38,30	36,82	37,85	8,10
Thüringen	30,77	30,81	32,48	34,49	34,98	4,21
Bundesrepublik	32,99	32,82	33,24	32,76	32,97	-0,02

3.2 Fragmentierung von Wäldern

Große zusammenhängende Wälder besitzen eine besonders hohe Bedeutung als Lebensraum für Tiere und Pflanzen und als Erholungsgebiet für den Menschen. Die Flächengröße von zusammenhängenden Waldflächen, die nicht von Infrastruktur durchtrennt sind, kann nach Burkhardt (2004) als Wertkriterium zur naturschutzfachlichen Einstufung herangezogen werden. So werden Waldflächen > 5 000 ha (= 50 km²) als „sehr gut“ eingestuft, > 1000 ha als „gut“ und > 100 ha nur noch als „mäßig“.

Große zusammenhängende Wälder größer 50 km² sind aktuell noch in vielen Landkreisen vorhanden, wobei sich auch hier naturgemäß die Alpen und die Mittelgebirge

deutlich abzeichnen. Insbesondere die walddreichen Länder Thüringen, Hessen und Brandenburg sind zu nennen. Dem stehen die waldarmen Gebiete im Nord- und Nordwestdeutschen Flachland und den Bördegebieten sowie dem Bayerischen Flachland und dem Sächsisch-Thüringischen Lößhügelland gegenüber (Abb. 4, links).

Veränderungen der Maschenweite der Wälder zeigen zwei Richtungen (Abb. 4, rechts): Zum einen gibt es vergrößerte Maschenweiten, also eine Verbesserung der Zerschneidungssituation, was sicher auf Aufforstungen zurückzuführen ist. Das zeigt sich beispielsweise in bisher relativ waldarmen Regionen wie in Teilen von Sachsen oder Sachsen-Anhalt. Zum anderen sind aber auch Abnahmen zu verzeichnen. Das betrifft Brandenburgische Landkreise im Umland von Berlin, aber u. a. auch Landkreise in Nordrhein-Westfalen, Bayern oder Baden-Württemberg.

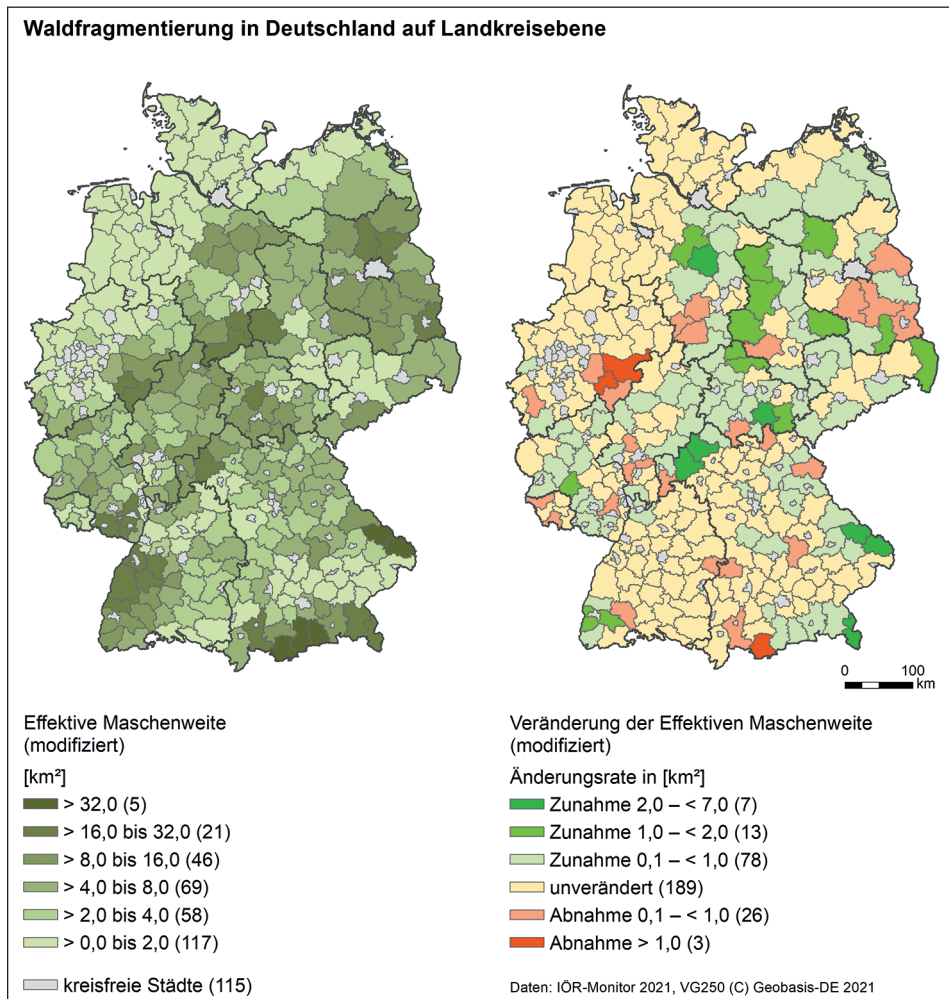


Abb. 4: Effektive Maschenweite (modifiziert) der Wälder auf Landkreisebene 2020 (links) und ihre Veränderung 2008 bis 2020 (rechts) (Quelle: IÖR-Monitor, Karte: Schumacher/Krüger IÖR)

3.3 Weitere Ergebnisse

Auf weitere Analyseergebnisse zur Zerschneidung von Großschutzgebieten (Nationalpark und Biosphärenreservate), zur Naturnähe der UZF und zur Berücksichtigung der Flächenform der UZF bei der Berechnung der Indikatoren soll hier aus Platzgründen nur kurz verwiesen werden. Für eine detailliertere Darstellung siehe Beitrag von Walz et al. (Im Erscheinen). Aus den Analysen ergaben sich folgende wesentlichen Erkenntnisse:

- Großschutzgebiete sind teilweise ebenfalls von Landschaftszerschneidung betroffen und von überregionalen Verkehrsstrassen durchschnitten. So liegen aktuell nur vier Nationalparks zu mehr als 90 % in UZF, die größer als 100 km² sind.
- Große unzerschnittene Freiräume mit gleichzeitig hohen Anteilen naturbetonter Flächen sind insgesamt selten. Andererseits gibt es auch Landkreise mit großer Maschenweite und relativ geringer Naturnähe (Beispiel Stade). Es zeigt sich also, dass der Zerschneidungsgrad nicht unbedingt gegenläufig mit erhöhter Naturnähe korreliert, aber große unzerschnittene Räume mit einem hohen Anteil naturnaher Flächen ein seltenes und daher besonders wertvolles Schutzgut darstellen.
- Stichstraßen in ansonsten unzerschnittenen Freiräumen sowie unterschiedliche geometrische Formen der Freiräume (z. B. langgestreckt und schmal versus kompakt mit großem geschlossenen Kernbereich) werden bei der Indikatorberechnung bisher nicht berücksichtigt. Wir konnten zeigen, dass mit einem Verfahren nach Voerkel (TLUG 2007) bzw. Watts et al. (2007) diese Aspekte bundesweit berechnet und damit in den Auswertungen berücksichtigt werden können.

4 Diskussion und Fazit

Es bleibt festzuhalten, dass sich die Landschaftszerschneidung in Deutschland nach wie vor auf einem hohen Niveau befindet. Zwar ist eine Verlangsamung des Trends zur weiteren Zerschneidung festzustellen, aber dies gilt nur für bestimmte Regionen. Nach wie vor gibt es zahlreiche überregionale Straßenbauprojekte, die zu weiterer Landschaftszerschneidung führen und teilweise große, bisher unzerschnittene Landschaftsräume durchteilen würden.

Zur Verlangsamung des Trends der weiteren Zerschneidung und positiv im Sinne des Erhalts großer unzerschnittener Freiräume hat möglicherweise das raumplanerische Prinzip der Trassenbündelung beigetragen (Abb. 5). Dabei sollen neue zerschneidende Elemente (Straßen, Bahnlinien, Hochspannungsleitungen etc.) mit vorhandenen Elementen gebündelt werden. Der Vorteil dieses Prinzips liegt in der Vermeidung weiterer Landschaftszerschneidung, allerdings mit dem Nachteil, dass die Barrierestärke insgesamt wächst und die bereits bestehende Zerschneidungswirkung im funktionalen Sinne verstärkt wird.



Abb. 5. Bündelung der Neubaustrecke Erfurt – Nürnberg der Deutschen Bahn (links) mit dem Neubau der Autobahn A71 Erfurt-Suhl (Mitte) sowie einer Hochspannungsleitung bei Arnstadt (rechts) (Quelle: DOP20, © GDI-Th)

Die mit neuen Infrastrukturprojekten verbundenen Belastungen für Natur und Mensch sind nach wie vor insgesamt als hoch einzustufen. Es sind daher geeignete Entschneidungsmaßnahmen (wie z. B. Grünbrücken) notwendig, insbesondere auch für die Verkehrswege im Bestand.

Vor dem Hintergrund der Herausforderungen aus Biodiversitäts- und Klimakrise ist die Sensibilität der Bevölkerung gegenüber Eingriffen durch Neubau von Infrastrukturtrassen in der offenen Landschaft und im Wald derzeit offensichtlich hoch, wie zahlreiche Bürgerinitiativen, Petitionen und entsprechende Beiträge in den Medien zeigen.

Auf Seiten des Monitorings zur Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung gibt es ebenfalls Bedarf für Weiterentwicklungen bzw. Ergänzungen, da die aktuell verwendeten Indikatoren auf Bundes- und Landesebene nicht alle Aspekte der Zerschneidung aufzeigen können. So werden z. Z. nicht berücksichtigt:

- die funktionelle Vernetzung von Lebensräumen,
- die Durchlässigkeit des Straßen- und Eisenbahnnetzes,
- Kumulationseffekte entlang der Verkehrswege (z. B. mit Photovoltaikanlagen).

Eine Weiterentwicklung der Indikatoren in den genannten Punkten ist daher notwendig und sollte durch entsprechende Forschungsprojekte umgesetzt werden.

5 Literatur

- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2019): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok): Erläuterungen zum ATKIS® Basis-DLM. 157 S. [Version 6.0.1 Stand: 21.05.2019].
<https://www.adv-online.de/Products/Geotopography/Official-Topographic-Maps/DTK10/binarywriterservlet?imgUid=1f850d50-1d5d-0b61-7905-ba3403b36c4c&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111>
 (Zugriff: 06.10.2021).
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2016): Daten zur Natur 2016. – 164 S.; Bonn.
https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/daten_fakten/Downloads/Daten_zur_Natur_2016_BfN.pdf (Zugriff: 06.10.2021).
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012): Bundesprogramm Wiedervernetzung: Grundlagen – Aktionsfelder – Zusammenarbeit. 30 S.
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/bundesprogramm-wiedervernetzung.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 06.10.2021).
- Burkhardt, R. (2004): Empfehlungen zur Umsetzung des § 3 BNatSchG „Biotopverbund“. Naturschutz und Biologische Vielfalt, 2; Bonn-Bad Godesberg.
- Deutscher Bundestag (2008): Raumordnungsgesetz – ROG.
- Jaeger, J. A. G. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15 (2): 115-130.
 doi: 10.1023/A:1008129329289
- LIKI – Länderinitiative Kernindikatoren (2020): Indikatoren Natur und Landschaft, B1 – Landschaftszerschneidung.
<https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=13&aufzu=2&mode=indi>
 (Zugriff: 10.09.2021).
- Moser, B.; Jaeger, J. A. G.; Tappeiner, U.; Tasser, E.; Eiselt, B. (2007): Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology*, 22 (3): 447-459. doi: 10.1007/s10980-006-9023-0.
- Reck, H.; Hänel, K.; Walz, U.; Stratmann, L.; Schumacher, J.; Schumacher, A.; Huckauf, A.; Herrmann, M.; Klar, N. (2010): Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen, Überwindung straßenbedingter Barrieren: BfN – Bundesamt für Naturschutz. [Kurzfassung F+E-Vorhaben „Prioritätensetzung“ FKZ 3507 82 090].
https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/planung/ingriffsregelung/Dokumente/Bundesweite_Prioritaeten_Wiedervernetzung.pdf (Zugriff: 06.10.2021).
- Schumacher, U.; Walz, U. (2000): Landschaftszerschneidung durch Infrastrukturtrassen. In: IFL – Institut für Länderkunde Leipzig (Hrsg.): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland: Freizeit und Tourismus, 10: 132-135; Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
http://archiv.nationalatlas.de/wp-content/art_pdf/Band10_132-135_archiv.pdf
 (Zugriff: 07.10.2021).

- TLUG – Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (2007): Neue Kennzahlen zur Bewertung der Störungsarmut von geographischen Räumen in Thüringen. Fachstandpunkte der TLUG, 2007 (11): 18 S.; Jena.
https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/00_tlubn/Service/download/fachstandpunkte/fachstandpunkt_11_07.pdf (Zugriff: 06.10.2021).
- Walz, U. (2005): Landschaftszerschneidung in Grensräumen – Sachsen und die Sächsisch-Böhmische Schweiz. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 14 (2): 171-174.
- Walz, U.; Krüger, T.; Schumacher, U. (2011): Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung. Neue Indikatoren des IÖR-Monitors. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung, Analyse, Bewertung*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 58: 163-170.
https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2011_3_DFNS/Buchbeitraege/IOER_Schrift_58_DFNS_III_S_163-170_PDFA.pdf
- Walz, U.; Krüger, T.; Schumacher, U. (2013): Fragmentierung von Wäldern in Deutschland – neue Indikatoren zur Flächennutzung. *Natur und Landschaft*, 88 (3): 118-127.
- Walz, U.; Schumacher, U.; Krüger, T. (im Erscheinen): *Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Ergebnisse aus einem Monitoring im Kontext von Schutzgebieten und Naturnähe*. *Natur und Landschaft*.
- Watts, R. D.; Compton, R. W.; McCammon, J. H.; Rich, C. L.; Wright, S. M.; Owens, T., Ouren, D. S. (2007): Roadless Space of the Conterminous United States. *Science*, 316 (5825): 736-738. doi: 10.1126/science.1138141

Bundesweites Ecosystem Accounting im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen – Extent Account

Johannes Oehrlein, Marius Bellingen, Simon Felgendreher, Simon Schürz

Zusammenfassung

Das Statistische Bundesamt arbeitet derzeit an dem Aufbau eines Ecosystem Accountings im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR). Im Ecosystem Accounting werden das Ausmaß, der Zustand und die Leistungen der Ökosysteme bundesweit und regelmäßig erfasst und in eigenen Konten dargestellt. Das Konto zum Ausmaß der Ökosysteme (Ecosystem Extent Account) stellt dabei eine Grundlage für alle weiteren Konten dar. Die Methoden zur Erstellung dieses Kontos sowie erste Ergebnisse werden auf dem Flächennutzungssymposium präsentiert. Die Veröffentlichung der Ergebnisse ist für die zweite Jahreshälfte 2021 geplant und umfasst sowohl eine digitale Ökosystemkarte als auch Tabellenkonten.

Ziel des Extent Accounts ist es, die gesamte Fläche Deutschlands überschneidungsfrei in verschiedene Ökosysteme zu unterteilen. Hierfür wird eine neue hierarchische Klassifikation der Ökosysteme erstellt, die sich einerseits an dem spezifischen Kontext Deutschlands orientiert, andererseits jedoch eine Überführung in andere Landbedeckungs- und Ökosystemklassifikationen auf internationaler Ebene ermöglicht. Die 74 nationalen Ökosystemklassen werden anhand ihrer strukturellen und ökologischen Eigenschaften unterschieden.

Anhand dieser Klassifikation werden einzelne Flächenpolygone auf Basis einer breiten Datengrundlage jeweils eindeutig einer Ökosystemklasse zugewiesen. Neben dem Landbedeckungsmodell für Deutschland (LBM-DE) wird eine Vielzahl weiterer Geodaten, wie etwa Daten des Copernicus-Programms oder der Kartierungen der Länder, für die Bestimmung der Ökosystemklassen herangezogen. Mit dem Ecosystem Extent Account stellt das Statistische Bundesamt somit eine neuartige Datengrundlage zur Analyse des flächenmäßigen Bestands an Ökosystemen in Deutschland sowie dessen Veränderung bereit.

Schlagwörter: Ecosystem Accounting, Extent Account, Fläche der Ökosysteme, Klassifikation der Ökosysteme, Umweltökonomische Gesamtrechnungen

1 Einführung

Im Jahr 2020 haben beim Statistischen Bundesamt die Arbeiten zum Aufbau der Ökosystemrechnungen, dem sogenannten Ecosystem Accounting, begonnen. Beim Ecosystem Accounting handelt es sich um ein ökonomisch-ökologisches Berichtssystem, das die Interaktion zwischen Mensch und Umwelt in einem systemischen Ansatz darstellt und bewertet. Dabei ist es als neuer Bestandteil der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) konsistent mit bestehenden Definitionen und Klassifikationen des statistischen Systems.

Die erste Säule der Ökosystemrechnungen stellt die Flächenbilanzierung der Ökosysteme (Ecosystem Extent Account) dar. Sie erfasst das bundesweite Ausmaß der Ökosysteme vollständig und lückenlos. Die weiteren Accounts – zum Zustand (Ecosystem Condition Account) der Ökosysteme sowie zu den physischen und monetären Ökosystemleistungen (Ecosystem Services Accounts) – bauen direkt auf den Extent Account auf. Ziel des Ecosystem Accountings ist die explizite Erfassung der Leistungen der Ökosysteme für den Menschen, um diese Information den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen als zusätzliche Basis für politische und wirtschaftliche Entscheidungen zur Seite zu stellen.

Als Orientierung für den Aufbau sämtlicher Ökosystemrechnungskonten dient das internationale Rahmenwerk System of Environmental Economic Accounting Ecosystem Accounting (SEEA EA) der Vereinten Nationen (UNCEEA 2021). Zudem werden alle Ökosystemkonten so konzipiert, dass diese in internationale Klassifikationssysteme (wie beispielsweise die IUCN-Typologie) überführt werden können. So kann sichergestellt werden, dass hieraus zukünftig verlässliche Zahlen für die Berichterstattung an die Vereinten Nationen und die Europäische Union abgeleitet werden können.

In diesem Beitrag wird schwerpunktmäßig auf die Erstellung des Ecosystem Extent Accounts eingegangen. Insbesondere wird die konzeptionelle Herangehensweise bei der Erstellung des Extent Accounts sowie die Ausgestaltung der Nationalen Ökosystemklassifikation erläutert. Als praktisches Beispiel wird anhand der Fließgewässer gezeigt, wie Teilflächen auf Grundlage verschiedener Geodatensätzen einer Ökosystemklasse zugeordnet werden.

2 Der Ecosystem Extent Account

Die Flächenbilanzierung (Ecosystem Extent Account) erfasst das bundesweite Ausmaß der Ökosysteme. Ein Ökosystem bezeichnet dabei einen „dynamischen Komplex von Gemeinschaften aus Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen sowie deren nicht lebender Umwelt, die als funktionelle Einheit in Wechselwirkung stehen“ (UN 1992).

Für den Extent Account wird eine räumlich hochaufgelöste und kleingliedrige Datengrundlage erstellt, die für jede Fläche Deutschlands inklusive der ausschließlichen

Wirtschaftszone (AWZ) in Nord- und Ostsee eine ökologisch-strukturelle Charakterisierung in Form einer Ökosystemklasse ausweist. Die Mindestkartierfläche liegt bei einem Hektar.¹ Anhand dieser Klassen werden die Ökosystemflächen zum Extent Account aggregiert. Dieser bildet den Bestand der Ökosysteme im jeweiligen Berichtsjahr ab, wobei eine Zeitreihe erstellt wird, die es zudem erlaubt, ein Monitoring zu etablieren.

Die theoretische Basis des Extent Accounts ist die nationale Ökosystemklassifikation, welche hierarchisch aufgebaut ist und Flächen anhand ökologischer und struktureller Eigenschaften unterteilt. Für jede Klasse wurden eindeutige und leicht nachvollziehbare Zuteilungskriterien definiert, die diese Eigenschaften widerspiegeln.

Die Datengrundlage, die eine vollständige Klassifizierung aller Flächen des nationalen Territoriums Deutschlands und der AWZ ermöglicht, besteht aus einer Vielzahl von räumlich hochaufgelösten Datensätzen, die mittels semi-automatisierter GIS-Prozesse aufbereitet und verarbeitet werden. Diese Datenbasis wird dann an eine Klassifizierungsmatrix übergeben, die eine vollständige und eindeutige Zuteilung aller Flächen zu Ökosystemklassen sicherstellt. Durch Aggregation auf Bundes- und Landesebene sowie der Gegenüberstellung verschiedener Zeitschnitte werden die Konten zum Ausmaß der Ökosysteme erstellt, die den Kern der Datenveröffentlichung bilden.

2.1 Nationale Ökosystemklassifikation

Bei der nationalen Ökosystemklassifikation handelt es sich um eine vollständige und einheitliche Klassifizierung aller in Deutschland potentiell auftretenden Ökosysteme (vgl. Bellinghen et al. 2021). Die Klassifikation ist sowohl mit internationalen Rahmenwerken und Typisierungen als auch mit den Standards der amtlichen Statistik kompatibel. Dies ermöglicht eine einfache und effektive Kommunikation und Visualisierung der Daten.

Die nationale Ökosystemklassifikation enthält und klassifiziert alle Ökosysteme, die

- i) im spezifischen Kontext Deutschlands relevant und existent,
- ii) derzeit in Deutschland (noch) nicht präsent, jedoch potentiell relevant,
- iii) durch die Datenlage für Deutschland ausreichend detailliert und flächendeckend erfassbar und
- iv) im Hinblick auf die zu erfassenden Ökosystemleistungen zielführend

sind. Insbesondere ist eine hinreichende Bedingung für Untergliederungen, dass Ökosysteme in unterschiedlichen Klassen unterschiedliche Ökosystemleistungen erbringen.

¹ Dies reflektiert den Mindestanspruch des Extent Accounts, alle Ökosystemfläche über einer Größe von einem Hektar zu erfassen und zu klassifizieren und bedeutet im Gegenzug, dass, sofern es die Datenlage zulässt, auch kleinere Flächen abgebildet werden können.

Die Abgrenzung der verschiedenen Ökosysteme geschieht anhand einer Vielzahl von Kriterien und Charakteristika: Landbedeckung (Vegetation, Versiegelung, Bebauung, Hydrologie), Landnutzung (Bebauungstyp, Nutzung, Anbau), Topographie (Höhe), Bodencharakteristika (Bodentyp), Klimazonen sowie Arten und Lebensräume. Die Einteilung der Ökosysteme für den Extent Account orientiert sich dabei primär an zeitstabilen Eigenschaften, während dynamische Charakteristika im Condition Account erfasst werden.

Als kleinste Untergliederung bilden die nationalen Ökosystemklassen die Erfassungs- und Berechnungsbasis aller Ökosystemkonten (Bestand, Zustand, Leistungen). Zum Zwecke der nationalen Berichterstattung werden die nationalen Ökosystemklassen thematisch zu nationalen Ökosystemgruppen und diese wiederum in Ökosystemabteilungen aggregiert. Dies ergibt in Summe:

- 4 Nationale Ökosystemabschnitte (National Ecosystem Sections)²,
- 6 Nationale Ökosystemabteilungen (National Ecosystem Divisions),
- 21 Nationale Ökosystemgruppen (National Ecosystem Groups),
- 74 Nationale Ökosystemklassen (National Ecosystem Classes).

2.2 Struktur der Datenverarbeitung

Ausgehend vom LBM-DE³ wird eine Vielzahl von Datenquellen⁴ mittels semi-automatisierter Datenverarbeitung eingebunden, um die finale Struktur der Vektor-Geometrien des Extent Accounts zu erstellen sowie die, zur Klassifizierung benötigten Variablen, zuzuspielen (vgl. Bellinghen et al. 2021).

Schritt 1: Datenquellen werden projiziert (ETRS 1989 UTM Zone 32N), homogenisiert, wie zum Beispiel im Fall der Biotopkartierungen der Länder, und bestimmte Attribute vorausgewählt, zum Beispiel Moorbodentypen aus der Bodenübersichtskarte. Diese Datensätze werden in eine Input-Datenstruktur für das jeweilige Berichtsjahr zugeordnet und eingebunden.

² Ökosystemabschnitte A (terrestrisch) und B (marin) werden derzeit erfasst. Ökosystemabschnitte C (subterranean) und D (mittlere und obere Biosphäre) werden laut SEEA EA derzeit nicht erfasst, sind aber gegebenenfalls für zukünftige Erweiterungen angelegt.

³ Das LBM-DE dient der Beschreibung von Landbedeckung und der Landnutzung im Vektorformat. Dabei ist die Darstellung bezogen auf die Fläche Deutschlands bei einer Mindestkartierfläche von einem Hektar und einer Mindestkartierbreite von 15 Metern lückenlos und überschneidungsfrei. Datengrundlage des LBM-DE sind die Amtliche Topographischen-Kartographischen Informationssystem (ATKIS)-Datensätze der Länder, die zusammengeführt im Digitalen Landschaftsmodell (Basis-DLM) münden, sowie weitere Datenquellen, die im Verlauf der Entwicklung des LBM-DE variieren, u. a. Fernerkundungsdaten der Satelliten RapidEye und Sentinel 2, digitale Orthophotos und Copernicus IMAGE-Daten.

⁴ Diese zusätzlichen Datenquellen umfassen unter anderem das Digitale Landschaftsmodell (Basis-DLM/BKG), das Digitale Geländemodell (DGM/BKG), die Bodenübersichtskarte (BÜK/BGR), die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL/BFG), diverse Copernicus High Resolution Layers, Biotopkartierungen der Länder und die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH/BfN)..

Schritt 2: Um einen effizienten automatisierten Klassifizierungsprozess zu gewährleisten, werden zusätzliche Datenquellen bestmöglich vorprozessiert. Mittels verschiedener GIS-Prozesse werden die Datensätze unabhängig von der Priorisierungsabfolge bestmöglich vorbereitet. Die Priorisierungsabfolge legt zum Beispiel fest, dass eine küstennahe Sandfläche, die aufgrund eines Verarbeitungsschritts als Düne erkannt und klassifiziert wurde, nicht in einem folgenden Prozess den Sandstränden zugewiesen wird. Eine solche mögliche Doppelausweisung wird aber zunächst in der Vorprozessierung ignoriert und in einem späteren Schritt korrigiert.

Für die Fälle der Verkehrsinfrastruktur (Straßen und Schienen), der Meere (küstenfernes Meer und AWZ), Flüsse (lückenlose Erfassung) sowie der Feldhecken (Pufferung linearer Objekte) werden unabhängig von den LBM-DE-Flächen gänzlich neue Polygonstrukturen aufgebaut, da diese im LBM-DE nicht oder nicht ausreichend erfasst sind.

Für andere Ökosysteme werden LBM-DE-Flächen mit Hilfe von zusätzlichen Datenquellen verschnitten, u. a. für die Erfassung von Auenwäldern oder Dünen. In der Regel werden solche Untergliederungen durch Mehrheitsregeln (Überlappung) und Mindestkartiergrenzen (Splitterpolygone) abgewickelt.

Auch das Hinzufügen von Zusatzinformation auf bestehende LBM-DE-Flächen wird weitestgehend vorab durchgeführt. Dies geschieht zum Beispiel im Fall der Moore durch Mehrheitsregeln (Überlappung) oder wie bei den Stränden durch eine Nachbarschaftsanalyse (Sandflächen in Nachbarschaft zu marinen Gewässern).

Schritt 3: Ausgehend vom LBM-DE-Datensatz des jeweiligen Bundeslandes bzw. von Polygonen für Nord- und Ostsee wird eine Arbeitsdatei erstellt, der dann die vorprozessierten zusätzlichen Datenquellen durch zwei unterschiedliche Verfahren zugespielt werden. Wenn es sich um eine Zerschneidung oder Veränderung der Ausgangspolygone handelt, ersetzen die vorprozessierten Flächen jene der Arbeitsdatei. Wenn es sich um Zuspiegelung von Daten auf bestehende Flächen handelt, werden zusätzliche Merkmale den entsprechenden Flächen der Arbeitsdatei zugeteilt. Durch die Vorprozessierung in Schritt 2 wird dieser Vorgang beschleunigt und folgt gleichzeitig der festgelegten Priorisierungsreihenfolge (z. B. Dünen vor Sandstränden), da die Arbeitsdatei schrittweise in vordefinierter Abfolge aktualisiert wird.

Schritt 4: Jedes Polygon in der finalen Struktur der Vektorgeometrien wird mittels der Klassifizierungsmatrix einer Ökosystemklasse eindeutig zugeordnet. Diese Matrix bildet die Relation zwischen Extent-Variablen und Ökosystemklassen ab und wird in Punkt 4.2 näher erläutert. Die zur Klassifizierung verwendeten Informationen (Quelle und Wert der Variablen) werden für jedes Polygon registriert und ermöglichen eine manuelle Kontrolle und Qualitätsprüfung. Splitter- und Kleinstflächen werden über eine Zuweisungsmatrix bereinigt. Der finale räumliche Extent-Account-Datensatz wird dann auf verschiedene administrative Einheiten und Klassifikationsebenen aggregiert, indem Flächeninhalte der jeweiligen Einheit aufsummiert werden.

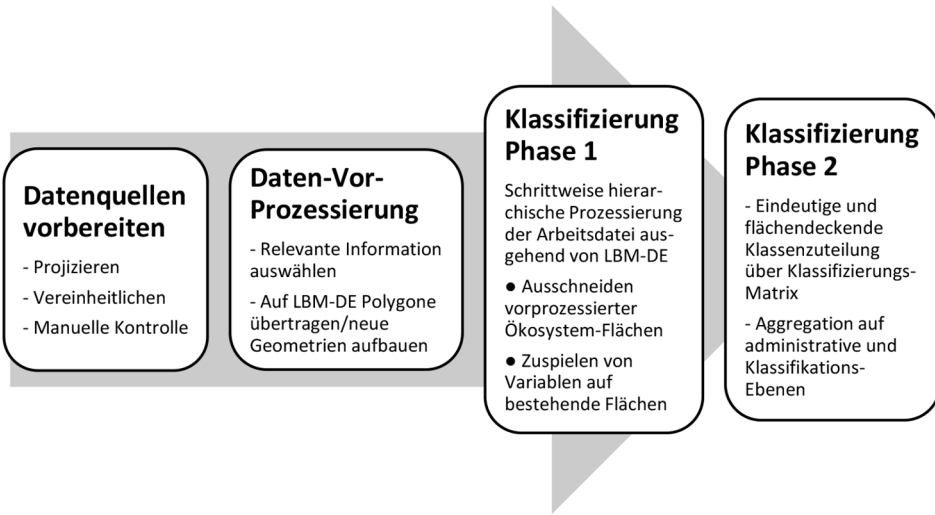


Abb. 1: Prozessstruktur der Klassifizierung im Extent Account (Quelle: eigene Bearbeitung)

3 Datenprozessierung am Beispiel der Fließgewässer

Im Folgenden wird am Beispiel der Fließgewässer erläutert, wie Daten für die Klassifizierung vorprozessiert werden, um schließlich als einzelne Flächen der jeweiligen Ökosystemklasse zugeordnet zu werden. Gemäß der nationalen Ökosystemklassifikation gehören Fließgewässer zu der Ökosystemabteilung „Binnengewässer“ und bilden dort die Ökosystemgruppe „Fließgewässer“. In dieser werden wiederum, wie in Tabelle 1 dargestellt, vier unterschiedliche Ökosystemklassen unterschieden. Nach der derzeitigen Konzeption des Extent Accounts werden nur Fließgewässer, die unter die Berichtspflicht der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fallen, flächenmäßig im Extent Account berücksichtigt. Kleinere Fließgewässer könnten jedoch zu einem späteren Zeitpunkt aufgenommen werden, falls es hierfür wichtige Gründe gibt und die Datengrundlage dies zulässt.⁵ Aus diesem Grund wurde die Klasse „Sonstige, kleine Fließgewässer“ bereits in der Klassifikation angelegt, aber nicht befüllt (Klasse grau hinterlegt in Tabelle 1).

Tab. 1: Ökosystemklassifikation der Fließgewässer (Quelle: eigene Bearbeitung)

Ökosystemgruppe	Fließgewässer			
Ökosystemklasse	Natürliche, große Fließgewässer	Erheblich veränderte, große Fließgewässer	Künstliche, große Fließgewässer	Sonstige, kleine Fließgewässer

⁵ Zudem kann die Präsenz kleiner Fließgewässer in anderen Ökosystemen, zum Beispiel Bäche in einem Moorwald, als Zusatzinformation im Condition Account erfasst werden. Dort werden sie als Charakteristika des Waldes, nicht jedoch als explizit räumlich kodierte Objekte übernommen.

Um die in Tabelle 1 genannten Ökosysteme im Extent Account auszuweisen, sind neben der genauen Lage einschließlich der Ausmaße auch morphologische Informationen über die Art des Fließgewässers notwendig. Für letzteres stellt die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) einen Datensatz bereit, der alle Fließgewässer enthält, die nach WRRL berichtspflichtig sind. Diesem Datensatz sind neben einer Einteilung der Fließgewässer in die Kategorien „natürlich“, „erheblich verändert“ und „künstlich“ auch der jeweilige Verlauf in Form eines Linienzuges zu entnehmen. Um diese Informationen in den Extent Account zu integrieren, sind genauere Informationen über die Ausmaße der Fließgewässer notwendig. Aufgrund der im LBM-DE verwendeten Mindestkartierbreite von 15 Metern wird eine weitere Datenquelle benötigt, um die Ausmaße aller im BfG-Datensatz enthaltenen Fließgewässer möglichst wiederzugeben (Abb. 2). Zu diesem Zweck wird das Digitale Basis-Landschaftsmodell (ATKIS Basis-DLM) herangezogen, welches Informationen zu Fließgewässern in wesentlich größerem Umfang bereitstellt (Abb. 3a). Abgesehen von den Fließgewässerrläufen in Form von Linienzügen sind im Basis-DLM auch Polygone für breite Gewässer sowie grobe Breitenangaben für schmale, maximal 12 Meter breite Gewässer bereitgestellt.

In einem ersten Schritt müssen aus dem Basis-DLM-Datensatz diejenigen Linienzüge ausgewählt werden, welche den Fließgewässern des BfG-Datensatzes entsprechen; Tabelle 2 gibt den Umfang dieser Datensätze wieder. Dazu kann auf die Gewässerkennzahl (GWK) (LAWA 1993) zurückgegriffen werden, welche sowohl im Basis-DLM- als auch im BfG-Datensatz zu finden ist. Für die Auswahl dieser Features kann auf 11 528 GWKs zurückgegriffen werden, welche in beiden Datensätzen identifiziert werden können. Die Auswahl der Objekte im Basis-DLM, welche die verbleibenden BfG-Features repräsentieren, erfolgt durch räumliche Zuordnung der beiden Datensätze.

Tab. 2: Charakteristika der verwendeten Datensätze. (Quelle: eigene Bearbeitung)

Datensatz	Anzahl Features	Gesamtlänge	Anzahl GWK
BfG	48 919	143 202 km	12 144
Basis-DLM	3 462 240	588 940 km	278 488
Basis-DLM (Auswahl)	574 245	145 943 km	12 383

In einem zweiten Schritt werden Features aus dem BfG-Datensatz mit Features aus dem vorausgewählten Basis-DLM-Datensatz identifiziert, um die Kategorien zu übertragen. Die automatische Kategoriezuweisung gelingt dabei für 99,8 Prozent der Gesamtlänge des Basis-DLM-Datensatzes (Tab. 3).

Tab. 3: Verteilung der Fließgewässerkategorien auf die Datensätze (Quelle: eigene Bearbeitung)

Datensatz	Natürlich	Erheblich verändert	Künstlich	Nicht zugeordnet
	in %	in %	in %	in %
BfG	62,9	27,3	9,8	—
Basis-DLM (Auswahl)	62,6	27,4	9,8	0,2

In einem letzten Schritt der Vorprozessierung werden die linienhaften Features durch flächenhafte ersetzt. Dies geschieht durch die Auswahl entsprechender Polygone aus dem Basis-DLM oder durch die Pufferung der Linien mit der dem Basis-DLM entnommenen Breite. Dabei werden die entstehenden Polygone entlang des Gewässerlaufs entsprechend der oben genannten Kategorien unterteilt und den einzelnen Ökosystemklassen zugewiesen (siehe Abb. 3b).

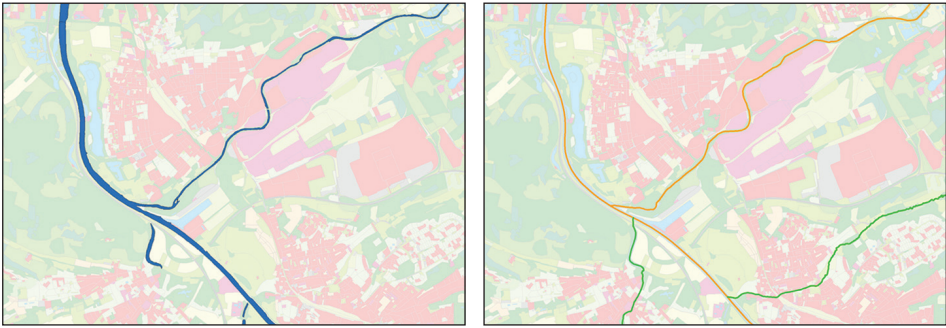


Abb. 2a): Flächen mit Landbedeckung „Wasserlauf“ aus dem LBM-DE (links). Abb. 2b) Verlauf der Fließgewässer gemäß der WRRL: grün: „natürlich“, orange: „erheblich verändert“ (rechts) (Quelle: LBM-DE, BfG, eigene Bearbeitung)

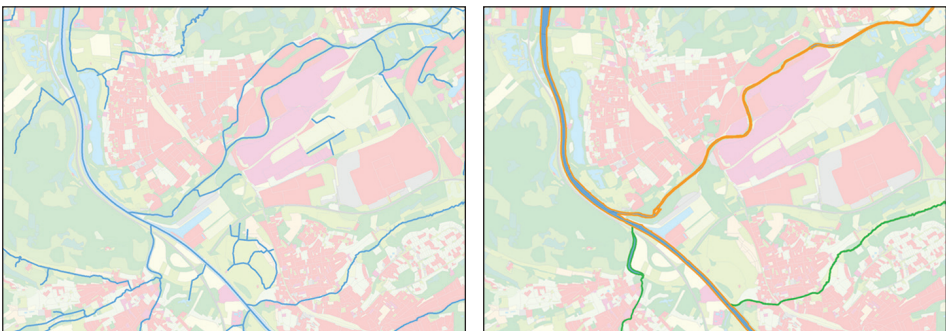


Abb. 3a): Ausweisung der Fließgewässer im Basis DLM (links). Abb. 3b): Finale Ausweisung der Fließgewässer im Ecosystem Extent Account als „natürliche, große Fließgewässer“ (grün umrandet) und „erheblich veränderte, große Fließgewässer“ (orange umrandet) (rechts) (Quelle: LBM-DE, Basis DLM, eigene Bearbeitung)

4 Fazit

Die regelmäßige und bundesweite Erfassung von Ökosystemen in Deutschland erfordert eine eindeutige und lückenlose Klassifizierung aller Flächen anhand von konsistenten und hochqualitativen räumlichen Daten sowie transparenten, zielführenden Kriterien.

Aufbauend auf vorherigen Forschungsarbeiten (Grunewald et al. 2021) wurde eine nationale Ökosystemklassifikation erstellt, die anhand struktureller und ökologischer Eigenschaften 74 Ökosystemklassen unterscheidet. Informationen über Landbedeckung und Landnutzung wird mit einer Vielzahl von zusätzlichen Geodaten angereichert, um diese detaillierte Untergliederung zu ermöglichen sowie die vollständige Erfassung aller terrestrischen und marinen Ökosysteme zu gewährleisten.

Eine intensive mehrstufige Datenverarbeitung ist unter anderem nötig, um linienhafte Objekte wie Straßen, Schienen, Flüsse und Hecken klar strukturiert und in einer konsistenten Priorisierung zu erfassen. Auch für die marinen Ökosysteme werden eigene Geometrien erstellt.

Aufgrund der weitgehend automatisierten Berechnungen können die Konten der folgenden Zeitschritte bei konsistenter Datengrundlage mit geringem Mehraufwand produziert sowie anlassbedingt Revisionen erstellt werden, wenn neue Datenquellen oder verbesserte Datenqualität verfügbar wird. Dabei finden die Berechnungen zum Ecosystem Extent Account in Anlehnung an die Aktualisierungszyklen des LBM-DE im dreijährlichen Abstand statt.

5 Literatur

- Bellingen, M.; Felgendreher, S.; Oehlein, J.; Schürz, S. (2021): Umweltökonomische Gesamtrechnungen – Methode der Flächenbilanzierung der Ökosysteme 2015 - 2018. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Wiesbaden.
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2019): Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM).
<https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/digitale-landschaftsmodelle/digitales-basis-landschaftsmodell-kompakt-basis-dlm-kompakt.html> (Zugriff: 03.08.2021).
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2020): Landbedeckungsmodell von Deutschland 2018.
<https://www.bkg.bund.de/DE/Ueber-das-BKG/Geoinformation/Fernerkundung/Landbedeckungsmodell/landbedeckungsmodell.html> (Zugriff: 03.08.2021).
- Grunewald, K.; Schweppe-Kraft, B.; Syrbe, R.-U.; Meier, S.; Krüger, T.; Schorcht, M.; Walz, U. (2020): Hierarchical classification system of Germany's ecosystems as basis for an ecosystem accounting – methods and first results. *One Ecosystem* 5: e50648. doi.org/10.3897/oneeco.5.e50648

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (1993): Richtlinie für die Gebietsbezeichnung und die Verschlüsselung von Fließgewässern.

https://www.lawa.de/documents/richtlinie_fuer_die_gebietsbezeichnung_und_die_verschluesselung_von_fliessgewaessern_1552305779.pdf (Zugriff: 03.08.2021).

Umweltbundesamt (2020): Wasserrahmenrichtlinie für Oberflächengewässer.

<https://www.gewaesser-bewertung.de/> (Zugriff: 03.08.2021).

UN – United Nations (1992): Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD).

<https://www.bfn.de/fileadmin/ABS/documents/0.451.43.de.pdf>

(Zugriff: 03.08.2021).

UNCEEA – UN Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting (2021): SEEA Ecosystem Accounting (SEEA EA): Final draft (as adopted by the UN Statistical Commission in March 2021).

https://unstats.un.org/unsd/statcom/52nd-session/documents/BG-3f-SEEA-EA_Final_draft-E.pdf (Zugriff: 03.08.21).

Grünbestände in privaten Innenhöfen und deren Ökosystemleistungen im Stadtquartier – Erkenntnisse einer quartiersweiten Erhebung in Karlsruhe

Denise Böhnke, Rebekka Volk, Thomas Lützkendorf, Elias Naber, Alice Krehl, Ronja Becker, Stefan Norra

Zusammenfassung

Stadtgrün ist ein wichtiger Bestandteil nachhaltigen Flächenmanagements. In vielen Städten ist es das Ziel, grüne Infrastruktur zu schützen und weiterzuentwickeln. Die notwendigen Daten dafür sind für den öffentlichen Raum teilweise vorhanden, z. B. in Form eines Baumkatasters. Soll der gesamte Grünbestand betrachtet und seine lokalen Ökosystemleistungen (ÖSL) bewertet werden, so müssen jedoch auch die privaten Bereiche berücksichtigt werden. Daher wurden Flächenbiotope wie Grünflächen, Gärten, Hecken usw. sowohl im Öffentlichen als auch in privaten Innenhöfen der Blockrandbebauung eines Stadtquartiers in Karlsruhe auf ca. 170 000 m² Fläche kartiert und anschließend bewertet. Im öffentlichen Bereich sind 3,6 % der Fläche begrünt und 95,7 % voll versiegelt, im Privaten 37,2 % begrünt aber auch 55,9 % voll versiegelt. In diesem verdichteten Innenstadtbereich ohne öffentliche Grünflächen hat daher der private Bereich einen besonders hohen Stellenwert für alle ÖSL. Dies stellt das Prinzip der Innen- vor Außenentwicklung stark in Frage, insbesondere, wenn für die Innenverdichtung wertvolle Grünbestände verloren gehen. Die monetäre Bewertung des Grünbestands anhand von Ökopunkten (25 Ct/ÖP) ergibt für die Flächenbiotope des Gesamtquartiers gerade mal 42 000 €, etwas mehr als der Gegenwert einer Garage. Wir schlussfolgern, dass deutlich höhere Sätze in den flächen-umkämpften Städten angesetzt werden müssten bzw. Grünbestände flächenmäßig vergrößert oder qualitativ aufgewertet werden müssten.

Schlagerworte: Urbane Grüne Infrastruktur, Ökosystemleistungen, Stadtquartier, Private Innenhöfe, Innenentwicklung

1 Einführung

Eine Stadt lebt von ihren Bäumen, öffentlichen Parks, Gärten und kleinen Grünflächen (Breuste 2019; Biercamp et al. 2018). Nachhaltiges urbanes Flächenmanagement befasst sich daher verstärkt mit grüner Infrastruktur und ihren Ökosystemleistungen (ÖSL), wobei der Fokus des kommunalen (Daten-)Managements meist im öffentlichen Raum liegt (Hansen et al. 2017). Um das Ökosystem Stadt ganzheitlich betrachten und wertvolle Grünbestände sichern zu können, müssen jedoch auch die Grünbestände der Privatbereiche und deren lokale ÖSL berücksichtigt werden (Biercamp et al. 2018).

Hinzu kommt, dass die für die Privatbereiche typischen sehr alten und artenreichen Grünbestände (z. B. alte Gärten) durch das Prinzip der „Innen- vor Außenentwicklung“ gefährdet sind. Ziel dieser Arbeit war es daher, die gesamten Grünbestände eines Stadtquartiers pilothaft zu kartieren und differenziert nach privaten und öffentlichen Bereichen auszuwerten. Dies geschah im Rahmen des BMBF-Projektes NaMaRes und des Stadtökologischen Praktikums 2018 und 2020 am Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW). Das Untersuchungsgebiet der Innenstadt-Ost von Karlsruhe (Tab. 1) ist von Blockrandbebauung geprägt, die sich von Block zu Block stark in ihrer Flächengröße und Form unterscheidet (Kleinster Block: 2 060 m²; Größter Block: 21 900 m²).

Tab. 1: Steckbrief Untersuchungsgebiet (Quellen: Karlsruher Statistikatlas, eigene Bearbeitung)

Charakteristik	Wohngebiet der Innenstadt-Ost Karlsruhe
Einwohnerzahl (gesamt):	ca. 6 500 Einwohner (Stand 2020)
Gebäudestrukturtyp:	Blockrandbebauung (28 Blöcke, > 100 Innenhöfe)
Flächengröße:	342 695 m ²
davon Gebäude	169 463 m ² (49,5 %)
davon öffentliche Fläche	90 439 m ² (26,4 %)
davon private Innenhöfe	82 793 m ² (24,2 %)

2 Kartierung und Bewertung der Grünbestände

2.1 Kartierung der Flächenbiotope

Die flächenhafte Kartierung der bodennahen Biotope erfolgte nach dem regional in Naturschutzbehörden und Planungsbüros verwendeten Kartierschlüssel zur Erfassung von Biotopen der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW 2018). Die Flächendaten wurden anschließend in QGIS Version 3.6 digitalisiert. Als Datengrundlagen dienten ein Luftbild (Stand 2017) und Shapefiles zu Flächen und Gebäudegrenzen der Innenstadt-Ost, die von der Stadt Karlsruhe zur Verfügung gestellt wurden. Es entstand ein Multipolygon-Datensatz für die Flächenbiotope mit 928 Teilflächen. **Nicht** enthalten sind Daten zu i) gebäudegebundenem Grün wie Dach- oder Fassadenbegrünung, wobei hier streng genommen auch die äußerst vielfältige Begrünung der Balkone und Terrassen zu betrachten wäre, und ii) private und öffentliche Baumbestände.

Für den angestrebten flächenhaften Vergleich der öffentlichen und privaten Grünbestände wurden die Gebäudeflächen herausgerechnet. Wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, sind die privaten und öffentlichen Bereiche fast identisch in ihrer Flächengröße (jeweils ca. 25 % der Gesamtfläche); ein Vergleich jeweils vorhandener Grünbestände ist

daher direkt möglich. Dabei entspricht in der hier vorgestellten Untersuchung der „private Bereich“ den Innenhofflächen der Blockrandbebauungen. Die strikte Betrachtung nach Eigentumsstruktur erfolgt im Buchbeitrag Volk et al. in diesem Band (2021).

2.2 Bewertung nach Zustands- und Ökosystemleistungsindikatoren

Um die derzeitige Situation als auch zukünftige Entwicklungen darstellen bzw. bewerten zu können, wurden aus den erhobenen Daten sowohl einfache Zustands- (Flächenanteile, Versiegelung) als auch Ökosystemleistungsindikatoren (Ökopunkte, Verdunstungsleistung, Biodiversität) abgeleitet. Deren Zuordnung zu den in der Innenstadt-Ost vorgefundenen Biotoptypen ist in Tabelle 2 dargestellt. Dieser Beitrag fokussiert auf die Flächenbiotope und die vertiefte Darstellung der Indikatoren Flächenanteile, Versiegelung (Zustandsindikatoren) sowie Ökopunkte und qualitative Verdunstungsleistung (ÖSL-Indikator).

Tab. 2: Bewertungsschema Biotope (vers.= versiegelt; Grundlage: LUBW (2018), Breunig (2017), Tiefbauamt KA; Quelle: eigene Darstellung)

ID	Biotoptyp	ÖP/m ²	Versiegelung	Verdunstung
13.92	Kleingewässer (Brunnen/Teich)	1/4	vollvers.	hoch
23.51	Verfugte Mauer / Natursteinmauer	1/8	vollvers.	keine
33.71	Trittrasen	4	unvers.	mittel
33.72	Lückiger Trittpflanzenbestand	4	unvers.	gering
33.80	Zierrasen	4 o. 6	unvers.	mittel
35.61	Annuelle Ruderalvegetation	1	unvers.	gering
35.64	Ausdauernde Ruderalvegetation	9	unvers.	mittel
43.11	Brombeer-Gestrüpp	9	unvers.	mittel
44.22	Hecke	6	unvers.	mittel
44.30	Heckenzaun	4-6	unvers.	mittel
45.20	Baumgruppe	6	unvers.	mittel
60.10	Gebäude	1	vollvers.	keine
60.21	Völlig versiegelte Straße o. Platz	1	vollvers.	keine
60.22	Gepflasterte Straße oder Platz	1 o. 2	vollvers.	keine
60.23	Weg/Platz mit Kies, Schotter	2-4	teilvers.	keine o. gering
60.24	Unbefestigter Weg oder Platz	3	teilvers.	keine o. gering
60.51	Blumenbeet oder Rabatte	4-7	unvers.	mittel
60.53	Bodendecker-Anpflanzung	4 o. 7	unvers.	mittel
60.61	Nutzgarten	6	teilvers.	mittel
60.62	Ziergarten	6	teilvers.	mittel
60.63	Mischtyp von Nutz- und Ziergarten	6	teilvers.	mittel
unbest.	unbestimmt	1	-	-

Die Zuordnung der Ökopunkte basierte auf der Ökokonto-Verordnung (ÖKVO 2010), der 3-stufige *Versiegelungsgrad* (*vollversiegelt* – *teilversiegelt* – *unversiegelt*) auf der Definition des Tiefbauamtes (Ausnahme: gepflasterte Bereiche = vollversiegelt), der 4-stufige *Verdunstungsgrad* (*keine* – *gering* – *mittel* – *hoch*) auf dem verfeinerten Biotopbewertungsverfahren der Stadt Karlsruhe (Stadt KA 2017). Da die tatsächliche Verdunstung von Pflanzen und Oberflächen teils sehr stark variiert, bspw. nach Feuchtezustand des (Ober-)Bodens, nach Temperatur und Sättigungsdefizit der Umgebungsluft, nach Pflanzenart, tatsächlich transpirierender Blattoberfläche und Windverhältnissen, sehen die Autoren eine rein qualitative Abschätzung des Verdunstungspotentials zum Zwecke des Vergleichs verschiedener Bereiche als zweckmäßig und angemessen an.

3 Grünbestände eines Stadtquartiers

3.1 Ergebnisse Flächenbiotope

Da die Flächengröße des öffentlichen und privaten Bereichs vergleichbar ist, erfolgt die Auswertung als eine direkte Gegenüberstellung der beiden voneinander abzugrenzenden Teilgebiete der Innenstadt-Ost. Von den über 100 Biototypen und Untertypen des LUBW-Schlüssels wurden insgesamt 11 im öffentlichen Bereich und 21 in den privaten Innenhöfen kartiert. Der Arbeitsaufwand war insbesondere bei den Innenhöfen hoch, da von über 100 Höfen nur etwa 20 % frei zugänglich waren und der Zutritt bei etwa 80 % über Klingeln und Erfragen erarbeitet werden musste. Nicht kartiert werden konnten 1,2 % der Innenhofflächen. Vergleicht man die Innenhöfe untereinander rein nach der Art ihrer Bodenbedeckung, so sind bereits große Unterschiede feststellbar; die Innenhöfe variierten von weitgehend (>50 %) unversiegelt und begrünt (4 von 28 Blöcken) bis zu vollständig versiegelt oder stark nachverdichtet (min. 11 von 28 Blöcken).

Die beispielhafte Kartendarstellung zur Verdunstungsbewertung (Abb.1) zeigt das Untersuchungsgebiet und umfasst die flächenmäßig unberücksichtigten Blockrandgebäude (weiß in beiden Graphiken), die dazwischenliegenden öffentlichen Bereiche (obere Graphik) sowie die innenliegenden, privaten Innenhöfe (untere Graphik). Alle Ergebnisse der flächenhaften Biotopkartierung sowie abgeleiteter Indikatoren sind in Abbildung 2 dargestellt.

Im öffentlichen Bereich sind 3,6 % der Fläche begrünt (unter Berücksichtigung der Baumscheiben etwa 6,1 %) und 95,7 % voll versiegelt, in den privaten Innenhöfen sind hingegen 37,2 % begrünt, aber noch 55,9 % voll versiegelt. In beiden Abbildungen ist klar erkennbar, dass sich fast der gesamte Grünbestand (ohne Bäume) auf die Privatbereiche konzentriert und damit auch deren Ökosystemleistungen, wie Versickerung (Bezug: Starkregenvorsorge, Grundwassererneuerung), Verdunstungskühle (Bezug: Mikroklima), Lebensraum für Tiere und Pflanzen (Bezug: Biodiversität) und die positive

Beeinflussung des Wohlbefindens der Anwohner in direkter (durch Beschattung) und indirekter (Bezug: Ästhetik, Gesundheit) Weise (Breuste 2019; Hansen et al. 2017).

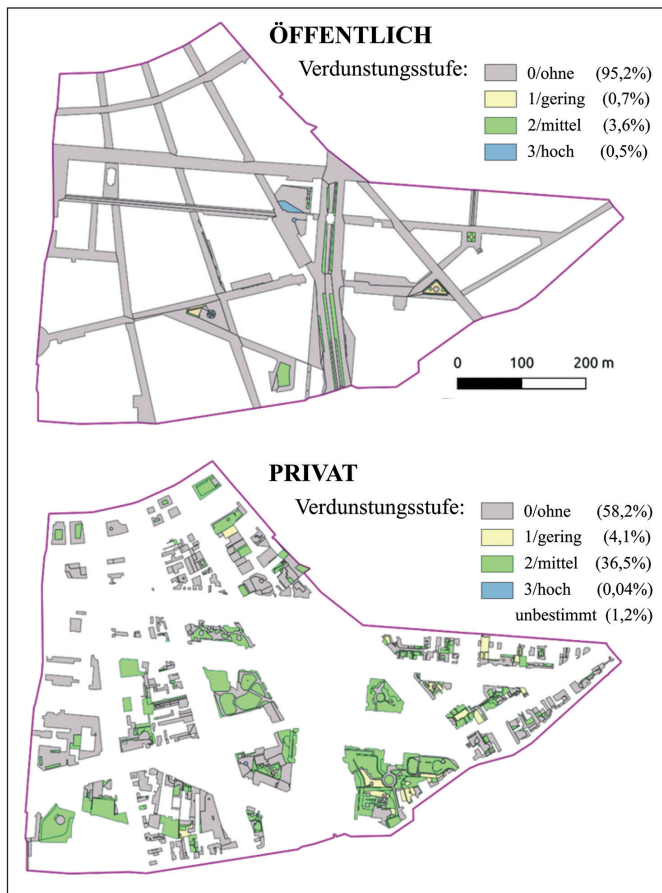


Abb. 1: Qualitative Bewertung der Verdunstungsleistung im Stadtquartier. Flächenanteile pro Verdunstungsstufe in [%]. (Quelle: Kartengrundlagen: Stadt Karlsruhe, Biotopkartierung; eigene Darstellung)

Tab. 3: Monetäre Bewertung der Flächenbiotope (Quelle: ÖKVO, eigene Bearbeitung)

	Öffentlich	Privat	Gesamt
Ökopunkte Gesamtfläche	104 018 ÖP	227 616 ÖP	331 634 ÖP
Geldwert bei 25 Cent/ÖP	26.005 €	56.904 €	82.909 €
Geldwert bei 2 €/ÖP	208.036 €	455.232 €	663.268 €
Ökopunkte Grünbestand	14 438 ÖP	153 054 ÖP	167 492 ÖP
Ökopunkte/Fläche	443 %	497 %	491 %
Geldwert bei 25 Cent/ÖP	3.610 €	38.264 €	41.873 €
Geldwert bei 2€/ ÖP	28.876 €	306.108 €	334.984 €

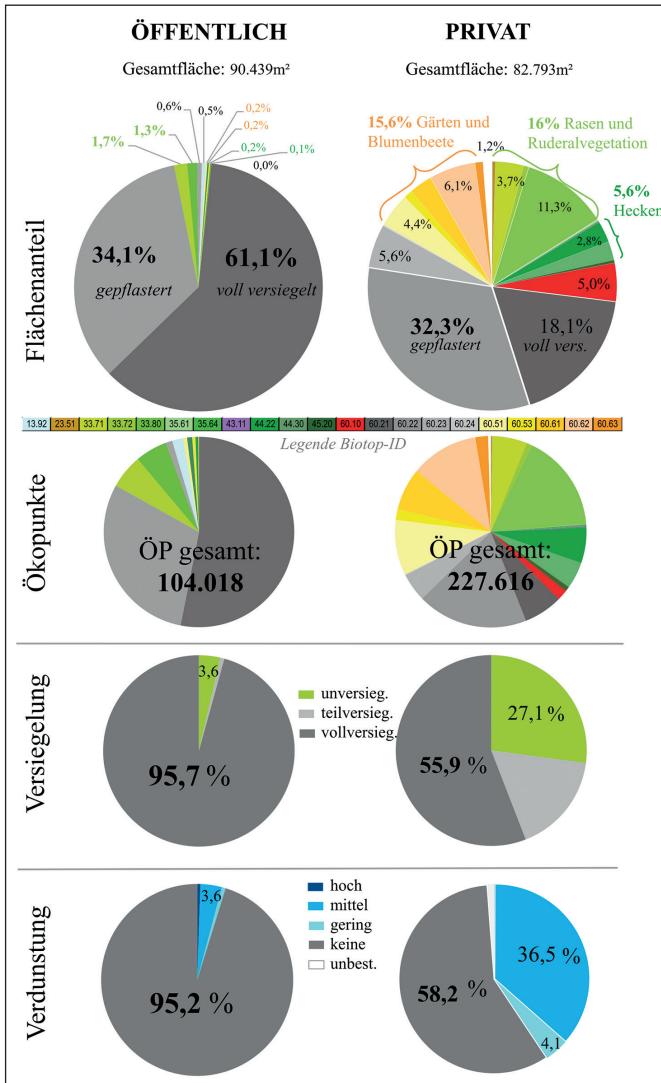


Abb. 2: Zustands- und ÖSL-Indikatoren berechnet anhand der Biotopkartierung (Quelle: eigene Darstellung)

3.2 Diskussion Flächenbiotop

Die Stadtplanung hat im öffentlichen Bereich grundsätzlich einen größeren Handlungsspielraum, da die Entwicklung der Privatflächen über das Instrumentarium der Bauleitplanung zwar gelenkt werden kann, die realisierende Objekt- und Freiraumplanung aber letztlich Privatsache ist. Auch im Bestand bzw. Sanierungsfall sind gewünschte Veränderungen im Privatbereich meist nur indirekt über bspw. Fördermittel anzuregen und daher direkt von der Handlungsbereitschaft der Eigentümer abhängig.

Gleichzeitig ist aber der öffentliche Raum durch hohe Flächenansprüche und -zwänge geprägt. Dies betrifft klassischerweise die sogenannte graue Infrastruktur wie unter- und oberirdische Leitungen, Straßen und Gehwege, Parkplätze als auch grüne Infrastruktur wie Straßenbegleitgrün oder Grünflächen. Motiviert durch die immer deutlicher werdenden Risiken durch den Klimawandel sowie gesundheitlichen Belastungen durch urbane Luftverschmutzung treten aber auch verstärkt Themen wie Biodiversität, grüne Lunge bzw. Stadt, Schwammstadt und Starkregenvorsorge auf, welche die bereits heute schon komplexen Planungen um einige Komplexitätsgrade erweitern und Flächenzwänge verstärken. Wie in Abbildung 1 zu sehen, sind Veränderungen wie Entsiegelung und Begrünung im öffentlichen Bereich daher auf wenige Sonderbereiche beschränkt. Die begrünten Gleistrassen der Straßenbahn zum Beispiel, die sowohl zur Reduktion von Lärm beitragen, zur Verbesserung des Mikroklimas und gleichzeitig auch Materialverschleiß durch Hitze mindern können.

Der private Bereich wies deutlich mehr begrünte und unversiegelte Flächen auf. Trotzdem und trotz der auch hier bestehenden Flächenzwänge (Zufahrten, Mülltonnen, Stellplätze...), scheint hier noch ein deutlich höheres Potential für Entsiegelung und Begrünung zu bestehen, insbesondere für die Verwendung gebäudegebundenen Grüns. Ein großes Problem ist jedoch, dass Hinterhöfe oft einer Vielzahl von Eigentümern gehören und gemeinsame Änderungen nur schwer zu initiieren sind. Hier kann die Stadt als Katalysator wirken, indem sie Aufklärungsarbeit und Hilfestellungen für die Entwicklung einer gemeinsamen, begrünten und deutlich lebenswerteren Vision für den gesamten Hinterhof und einer anschließenden vertraglichen Regelung schafft (Idee von Cord Soehlke, Baubürgermeister von Tübingen). Durch eine schönere Gestaltung, damit verbundener Stressentlastung (Groenwegen et al. 2006) und Verbesserung des Mikroklimas steigt nicht nur die Aufenthaltsqualität im Innenhof selbst, sondern auch – was argumentativ weiterhin sehr schlagkräftig ist – der Immobilienwert.

4 Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass die privaten Innenhöfe rein flächenmäßig fast den gesamten Grünbestand des untersuchten Stadtquartiers umfassen. Dadurch gewinnt der private Bereich eine tragende Rolle als Refugium für unterschiedlichste Formen von Stadtgrün, damit verbundener mikroklimatischer Vielfalt und Verringerung des Wärmeinseleffektes durch Verschattung und Erhalt der Biodiversität. Selbst in diesem stark (nach-)verdichteten Innenstadtbereich ist der private Raum noch deutlich begrünter und unversiegelter als der öffentliche Raum. Erklärt werden kann dies durch die oben diskutierten, öffentlichen Flächenzwänge und generell unterschiedlichen Grund- und Rahmenbedingungen der beiden Bereiche. Es ergibt sich daher unweigerlich die Frage, ob wir uns eine weitere Nachverdichtung im privaten Bereich auf Kosten wertvoller Grünbestände klimatisch sowie bezüglich der Wohn- und Aufenthaltsqualität noch weiter leisten können. Diese

Frage stellt sich nicht nur lokal, sondern für viele derartig gestaltete Innenstadtbereiche in deutschen Städten. Die Ergebnisse fordern eindeutig einen kritischeren Umgang mit der Planungsprämisse der „Innen- vor Außenentwicklung“ und intensivere Voruntersuchungen, welche die lokale Situation bewerten. Ein standardisierter Bewertungsansatz, der verschiedenste Umweltaspekte berücksichtigt (Grünbestände, Versiegelung bzw. Verdichtung, Kleinklima, Nähe zu Grünflächen usw.) wäre hierfür zu entwickeln.

Die ökonomische Bewertung der Grünanteile der Flächenbiotope ergibt bei den in Planungen üblichen Werten von unter 1 € pro Ökopunkt so geringe Gesamtwerte für das gesamte Stadtquartier (bei 0,25 Cent/ÖP Gesamtquartier ~42.000° €, davon Innenhöfe ~38.000° €), dass diese gerade einmal etwas mehr als dem Gegenwert einer Garage entsprechen. Eine derartige Bewertung der Ökopunkte führt aus Sicht der Autoren zu einer extremen Unterschätzung des vielfältigen Wertes von Stadtgrün, insbesondere im Hinblick auf die starke Flächenkonkurrenz mit anderen Nutzungen. Eine fundierte Anpassung des Geldwertes bzw. externen Nutzens ist daher dringend notwendig, um dieses Instrument zur Bewertung von Grünbeständen im urbanen Raum realitätsnah zu nutzen sowie dessen Lenkungswirkung in Richtung Entsiegelung und Begrünung zu erhöhen.

5 Literatur

- Biercamp, N.; Hirschfeld, J.; Mohaupt, F.; Müller, R.; Rioussset, P.; Spreter, R. et al. (2018): Grünflächenmanagement im Kontext von Klimawandel und Biodiversität. Synthesebericht zum Modul I des Projekts STADTGRÜN. Hg. v. Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Berlin.
- Breunig, T. (2017): Verfeinertes Biotopbewertungsverfahren der Stadt Karlsruhe. Hg. v. Umwelt- und Arbeitsschutz, Stadt Karlsruhe & Institut für Botanik und Landschaftskunde. Karlsruhe.
- Breuste, J. (2019): Die Grüne Stadt. Springer Berlin Heidelberg.
- Griffin, P. (2017): The Carbon Majors Database. CDP Carbon Majors Report 2017. Hg. v. CDP Worldwide. London.
- Groenewegen, P. P.; van den Berg, A. E.; de Vries, S.; Verheij, R. A. (2006): Vitamin G. Effects of green space on health, well-being, and social safety. In: BMC public health 6: 149.
- Hansen, R.; Rolf, W.; Pauleit, S.; Born, D.; Bartz, R.; Kowarik, I. et al. (2017): Urbane Grüne Infrastruktur. Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte. Hinweise für die kommunale Praxis. 1. Aufl. Hg. v. Bundesamt für Naturschutz. Bonn.
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2018): Arten, Biotope, Landschaft. Schlüssel zum Erfassen, Beschreiben, Bewerten. 5. Aufl. Hg. v. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Karlsruhe.

- Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr (2010): Ökokonto-Verordnung. ÖKVO, vom 19.12.2010. Fundstelle: Zentraler FachDienst der LUBW.
- Norton, B. A.; Coutts, A. M.; Livesley, S. J.; Harris, R. J.; Hunter, A. M.; Williams, N. S. G. (2015): Planning for cooler cities. A framework to prioritize green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. In: *Landscape and Urban Planning* 134 (3): 127-138.
- Sieker – Die Regenwasserexperten: Das Konzept der Schwammstadt (Sponge-city). <https://www.sieker.de/fachinformationen/umgang-mit-regenwasser/article/das-konzept-der-schwammstadt-sponge-city-577.html> (Zugriff: 23.07.2021).
- Volk, R.; Naber, E.; Lützkendorf, T.; Böhnke, D.; Mörmann, K.; Schultmann, K.; Norra, S. (2021): Identifikation und Bewertung von Entsiegelungspotenzialen als Beitrag zur nachhaltigen Quartiersentwicklung – Zwischenergebnisse aus NaMaRes. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring XIII: Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79.

Analysen und Monitoring

Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche nachgerechnet: Ein Plädoyer für frei zugängliche ALKIS-Daten

Julian Schmitz, Stefan Fina, Guido Riembauer, Martina Hollen

Zusammenfassung

Im Rahmen der OpenData-Strategie stellen erste Bundesländer wie Nordrhein-Westfalen Daten aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS frei zur Verfügung. Vor- und Nachnutzungen neuer und weggefallener Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV) können damit erstmals über den Abgleich mit Referenzdaten wie Luftbildern oder Klassifikationen der Landbedeckung mit Methoden der Fernerkundung nachvollzogen werden.

Eine Auswertung von Flächennutzungsbilanzen für die Neuinanspruchnahme von SuV-Flächen in den Kreisen und kreisfreien Städten Bonn, Düren, Düsseldorf, Münster und dem Oberbergischen Kreis zeigt einen Zuwachs von 17 km² und einen Wegfall von 11 km² zwischen Ende 2016 und Ende 2019. Sowohl ‚Landwirtschafts- als auch Wald- und Gehölzflächen‘ wurden vermehrt in SuV-Flächen umgewidmet. Neu hinzugekommene SuV-Flächen entstammen überwiegend den Objektarten der Landnutzung ‚Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen‘ sowie den ‚Verkehrsflächen‘.

Ein Abgleich mit fernerkundlich erhobenen Landbedeckungsklassifikationen aus dem Projekt ‚Inwertsetzung von Copernicus Daten für die Raumbeobachtung‘ zeigt eine weniger dynamische Veränderung der Landbedeckung der SuV-Flächen. Weggefallene SuV-Flächen waren bereits 2016 kaum ‚baulich geprägt‘, sondern mit ‚Wald‘ und ‚niedriger Vegetation‘ bedeckt. Auf zugewachsenen SuV-Flächen ist dagegen ein Anstieg der ‚baulich geprägten Fläche‘ und der ‚vegetationslosen Böden‘ erkennbar, der auf Bauaktivitäten hindeuten könnte.

Eine bundesweit freie Zugänglichkeit mehrerer Zeitstände der ALKIS-Daten in Kombination mit fernerkundlichen Referenzdaten kann der Raumforschung helfen, den bundesweiten Wandel der Flächennutzung detaillierter nachzuvollziehen, und somit Debatten um die Flächen(neu-)inanspruchnahme auch im Hinblick auf aktuelle Neuformulierungen der Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung zu versachlichen.

Schlagwörter: Flächenneuinanspruchnahme, ALKIS, Monitoring, Flächennutzung, 30-ha-Ziel

1 Potenziale flächenscharfer ALKIS-Daten

Seit dem Jahr 2002 nutzt die Raumforschung für das Monitoring von Flächensparziele katasterbasierte Daten. In diesem Jahr wurde das Nachhaltigkeitsziel zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf 30 Hektar pro Tag in die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung aufgenommen (Die Bundesregierung 2002). Das Ziel geht zurück auf ein Gedankenspiel zur Reduzierung von Umweltbelastungen um den Faktor Vier, das Ernst-Ulrich von Weizsäcker in seinem gleichnamigen Buch vorschlug (Weizsäcker et al. 1995). Ausgehend von einer durchschnittlichen Flächeninanspruchnahme von ca. 120 ha pro Tag in den 1990er Jahren läutete dies den ‚30-Hektar‘-Pfad zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme bis zum Jahr 2020 ein. Diesen Pfad hat die Politik mittlerweile auf ‚30 Hektar minus x‘ bis 2030 bzw. die ‚Netto-Null‘ bis 2050 fortgeschrieben (Die Bundesregierung 2021). Die Zielerreichung wird weiterhin mit Aggregaten ausgewählter Nutzungsarten aus dem Bereich der ‚Siedlungs- und Verkehrsflächen‘ der Automatisierten Liegenschaftskarte ALK bzw. seit 2015/16 mit dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS gemessen.

Die Bereitstellung dieser Daten für die Raumforschung erfolgt als Flächenstatistik nach ‚Art der tatsächlichen Nutzung‘, die über Gebietschlüssel den bundesdeutschen Verwaltungseinheiten vom Bund bis zu den kreisfreien Städten und Gemeinden zugeordnet werden kann. Diese Datengrundlage ist für eine Mengensteuerung der Flächeninanspruchnahme theoretisch gut geeignet. Übergeordnete Entscheidungsträger können sich über die allgemeinen Trends der Flächeninanspruchnahme informieren. Deutliche Abstriche an dieser Eignung ergeben sich in der Zeitreihenstabilität aufgrund der Umstellungen im Katasterwesen und neu eingeführten Nutzungsartenkatalogen im Vermessungswesen. In der Folge entstanden Inkonsistenzen und Brüche in den Zeitreihen. Weitere Umstellungen stehen in den kommenden Jahren an, sodass sich die Raumforschung auch in Zukunft mit Referenzdaten aus alternativen Datenquellen (z. B. Fernerkundung, Digitale Landschaftsmodelle, Realnutzungskartierungen) behelfen muss (Meinel 2020).

Problematisch ist, dass die Flächenbilanzen aus Referenzdaten nicht mit den im politischen Raum weiterhin genutzten katasterbasierten Flächenstatistiken kongruent sind. Die zugrunde liegenden Erhebungsmethoden unterscheiden sich deutlich. Dadurch erzeugen unterschiedliche Ansätze der Flächenbilanzierung immer wieder Irritationen über die Bewertung des Nachhaltigkeitsziels zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Weiterhin sind katasterbasierte Flächenstatistiken für eine planerische Steuerung der Flächeninanspruchnahme ungeeignet, wenn neue Bebauungen z. B. in räumlichem Zusammenhang mit benachbarten Landnutzungen und dem Verlust von Bodenqualitäten verstanden und bewertet werden müssen. Hier sind vertiefende Raumanalysen gefragt, die Wirkungsanalysen für Flächenplanungen mit Geoobjekten und ihre Modellierung in Geoinformationssystemen ermöglichen (Siedentop et al. 2007; Fina 2013; Goetzke 2018).

In diesem Spannungsfeld ist die Ertüchtigung des Kataster- und Vermessungswesens zur Bereitstellung konsistenter und flächenscharfer Grundlagendaten eine Aufgabe, die bislang zu wenig Nachdruck in der Zusammenarbeit von Raumforschung und den zuständigen Behörden und Arbeitsgemeinschaften erfahren hat. Diese Sichtweise der Autor*innen dieses Beitrages stützt sich auf die Dringlichkeit, mit der die politisch postulierte Flächenkreislaufwirtschaft („Netto-Null der Flächeninanspruchnahme bis 2050“) im Monitoring des Nachhaltigkeitsziels zukünftig zu berücksichtigen sein wird. In der Konsequenz bedeutet dies, dass Ausgleichs- und Kompensationsflächen für neue Bauungen mit in die Bilanzierung aufgenommen werden müssen. Die Aufgabe erfordert folglich eine Weiterentwicklung von Flächenbilanzen mit einer Bewertung von Kompensationsanforderungen und -angeboten für die Neuplanung von Siedlungs- und Verkehrsflächen.

Das Bundesland Nordrhein-Westfalen bietet sich seit Kurzem als Experimentierfeld für die Entwicklung entsprechender Methoden und ergänzender Zwischenschritte an. Aktuelle katasterbasierte Landnutzungsdaten aus ALKIS sind bereits seit einigen Jahre als vektorbasierte Geodaten frei verfügbar. Frühere Zeitstände können auf Anfrage gegen eine geringe Bereitstellungsgebühr zur Verfügung gestellt werden. Nach Auskunft der Bezirksregierung Köln¹, die ALKIS-Datenpakete auf Landesebene koordiniert, sollen zukünftig auch archivierte ALKIS-Daten als OpenData veröffentlicht werden. Damit können Zeitreihenvergleiche zukünftig systematisch vorgenommen werden.

Mit dieser Bereitstellungspraxis von ALKIS-Daten kann für die Raumforschung die Möglichkeit erschlossen werden, Bewertungen von Flächenplanungen im Sinne der oben genannten Flächenkreislaufwirtschaft zu realisieren. Der große Vorteil ist, dass die zugrundeliegenden Daten identisch mit den Meldungen der Behörden für die Flächenerhebung nach ‚Art der tatsächlichen Nutzung‘ sind.

Die Informationen aus einer objektorientierten Bewertung von Flächenentwicklungen sind absolut kongruent mit den Bilanzen für das Nachhaltigkeitsmonitoring der Flächen(neu-)inanspruchnahme.

Dies wird durch einen Geodatenlayer in ALKIS ermöglicht, der die Nutzungsarten der tatsächlichen Nutzung aus den einzelnen Nutzungsarten der Siedlungs- und Verkehrsflächen zusammensetzt. Momentan ist es hierfür noch erforderlich, die vollständigen ALKIS-Daten je Kreis (d. h. für alle kreisfreien Städte und Landkreise) einzeln im Format der normbasierten Austauschschnittstelle NAS in eine Geodatenbank zu überführen, und den Layer der ‚tatsächlichen Nutzung‘ entsprechend zu extrahieren. Dieser Mehraufwand könnte durch eine passgenauere Bereitstellungslogik, die diese Datenschicht landesweit anbietet, für die Zwecke der Raumforschung noch effizienter ausgestaltet werden.

¹ Telefonische Auskunft der Bezirksregierung Köln vom Dezember 2020.

Nun stellt sich die Frage, inwiefern diese Daten hilfreich sein können, um die oben geschilderten Probleme der Zeitreihenstabilität von ALKIS-Daten zu beheben. In diesem Zusammenhang wird es bis auf Weiteres notwendig sein, die Geoobjekte aus ALKIS auf tatsächliche Änderungen der Landbedeckung zu überprüfen. Dies ist deshalb ein vielversprechender Ansatz, da die größten Probleme in der Zeitreihenstabilität von ALKIS auf Umgruppierungen von Nutzungsarten zurückzuführen sind, denen keine physische Änderung der Landnutzung zu Grunde liegt. Es sind somit Artefakte aus dem Prozess der Umgruppierung von Nutzungsarten.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur geförderten Forschungsprojektes ‚Inwertsetzung von Copernicus-Daten für die Raumbewachung‘ (incora) konnten Landbedeckung und -nutzung miteinander verglichen werden. Für die Zeitstände 2016 und 2019 konnten aus den ALKIS-Daten neu ausgewiesene und weggefallene SuV-Flächen identifiziert und mit der Landbedeckung abgeglichen werden.

Hierfür wurden für Nordrhein-Westfalen entsprechende Satellitenbilddaten ausgewertet und mit Fokus auf spektrale Signaturen aus dem Bereich der Siedlungs- und Verkehrsflächen (hier: „baulich geprägte Flächen“) mit den in ALKIS im gleichen Zeitraum neu erfassten SuV-Flächen abgeglichen (Riembauer et al. 2021). Aufgrund der (noch) anfallenden Bereitstellungskosten wurden bisher nur fünf kreisfreie Städte bzw. Landkreise in Nordrhein-Westfalen für die Analysen ausgewählt.

2 Veränderung der SuV-Flächen

In den fünf untersuchten Kreisen und kreisfreien Städten Bonn, Düren, Düsseldorf, Münster und dem Oberbergischen Kreis sind in den ALKIS-Geoobjekten der ‚tatsächlichen Nutzung‘ einerseits 17 km² neue SuV-Flächen hinzugekommen und andererseits 11 km² SuV-Flächen weggefallen (siehe Abb. 1). Daraus ergibt sich ein Anstieg der SuV-Flächen um 6 km² (+0,91 % der SuV-Fläche) innerhalb von drei Jahren. Abbildung 1 zeigt für die einzelnen Städte bzw. Landkreise, dass die SuV-Fläche in vier Kreisen und kreisfreien Städten zugenommen hat. In Münster hat die SuV-Fläche dagegen um 78 ha abgenommen.

Die Summen der amtlichen Flächenstatistik und die Summen der Berechnungen aus ALKIS-Geoobjekten zur SuV stimmen sehr gut überein (2016: 99,96 %, 2019: 99,97 %, Abgleich mit: IT.NRW 2021). Geringfügige Abweichungen könnten auf Rundungen, aber auch auf eine unterschiedliche Abgrenzung der Kreise bzw. kreisfreien Städte zurückzuführen sein, die für die Extraktion von Geoobjekten je Verwaltungseinheit genutzt werden.

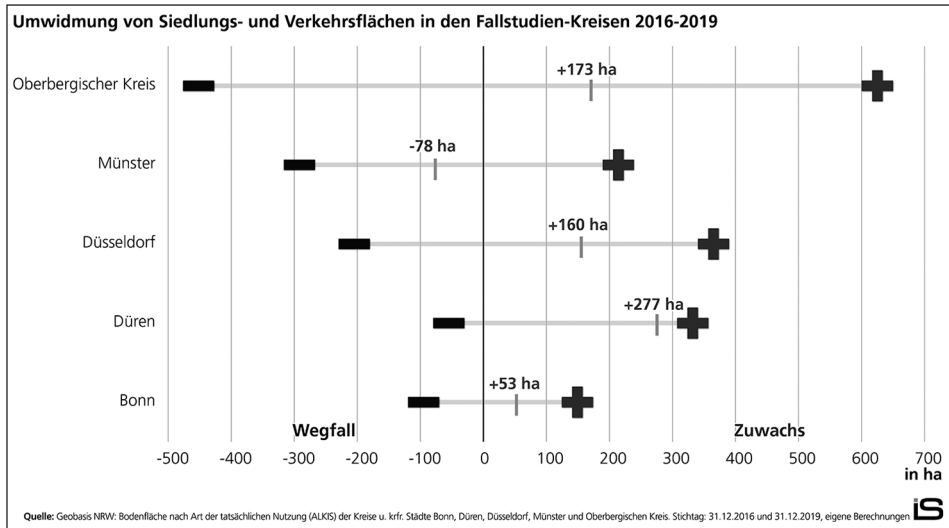


Abb. 1: Umwidmung von Siedlungs- und Verkehrsflächen in den fünf Kreisen und kreisfreien Städten 2016-2019 (Quelle: eigene Abbildung; Datenquelle: Geobasis.NRW, Bezirksregierung Köln)

3 Veränderung der Landnutzung

In Abbildung 2 sind Flächennutzungsänderungen >10 ha dargestellt. Demnach sind neue SuV-Flächen überwiegend auf vormaligen ‚Landwirtschaftsflächen‘ (1 043 ha) sowie auf ‚Wald- und Gehölzflächen‘ (465 ha) entstanden. Neu verzeichnete ‚Verkehrsflächen‘ entstammen zu etwa gleichen Teilen den Nutzungsarten ‚Landwirtschaft‘ und ‚Wald‘ bzw. ‚Gehölz‘. ‚Wohnflächen‘ (192 ha) und ‚Flächen gemischter Nutzung‘ (172 ha) waren vormals ‚Landwirtschaftsflächen‘. Der größte Anteil der verzeichneten Flächenneuinanspruchnahme entfällt auf neu ausgewiesene ‚Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen‘ und ‚Friedhofsflächen‘ (576 ha, davon 10 ha ‚Friedhof‘).

Dagegen sind seit 2016 weggefallene SuV-Flächen aus dem Bereich ‚Verkehr‘ (506 ha) sowie ‚Sport, Freizeit, Erholung‘ und ‚Friedhof‘ (273 ha, davon 10 ha ‚Friedhof‘) in der Folgenutzung hauptsächlich ‚Wald‘ und ‚Gehölz‘ (680 ha) sowie ‚Landwirtschaft‘ (259 ha) zugeordnet. Vormalig für den Bereich ‚Wohnen‘, ‚Industrie‘ und ‚Gewerbe‘ und ‚Mischnutzung‘ registrierte Flächen sind 2019 zu großen Teilen ‚Wald‘ und ‚Gehölz‘ bzw. ‚Landwirtschaft‘.

Insbesondere letztere Beobachtung legt die Vermutung nahe, dass im Kataster vormalig als Bauerwartungsland geführte Planflächen rückgeführt wurden. Ihre andauernde Nichtbebauung führt zu einer Umschlüsselung im Kataster. Diese These wird durch Luftbildabgleiche für größere auffällige Flächen gestützt, aber noch nicht vollständig belegt. Hierfür sind die oben angesprochenen und nachfolgend ausgeführten systematischen Abgleiche mit Referenzdaten aus der Fernerkundung aufschlussreicher.

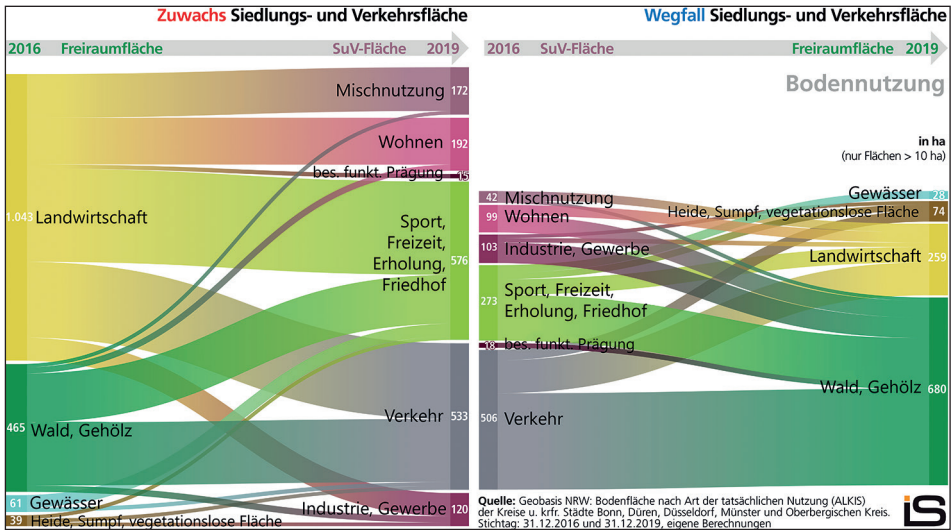


Abb. 2: Kumulierte Flächenübergänge nach Nutzungsart aus ALKIS für die Analyse von Zuwachs und Wegfall von Siedlungs- und Verkehrsflächen in den fünf Kreisen und kreisfreien Städten (Quelle: Grafik: Jutta Rönsch; Daten: Geobasis.NRW, Bezirksregierung Köln)

4 Veränderung der Landbedeckung

Für das Verständnis der nachfolgend beschriebenen Auswertung ist anzuführen, dass der Datenabgleich zwischen katasterbasierten Landnutzungsdaten mit Erhebungen der Landbedeckung mit Mitteln der Bildanalyse Grenzen hat. Es kann zwar überprüft werden, inwiefern sich die spektrale Signatur einer Fläche mit einer bestimmten Landbedeckung tatsächlich verändert hat. Außen vor bleibt aber eine Bewertung, inwiefern sich der menschliche Nutzungsaspekt verändert hat. Dies spielt zum Beispiel dann eine Rolle, wenn einem stadtnahen Wald die Nutzungsfunktion ‚Erholungsfläche‘ zugewiesen wird, die dann im Kataster als ‚Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche‘ Bestandteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen wird (sogenannte ‚Siedlungsfreiflächen‘). Die Fernerkundung kann deshalb lediglich Hinweise zur Veränderung von SuV-Flächen im Sinne einer tatsächlichen bzw. nicht registrierbaren Überbauung liefern.

Für die nachfolgende Interpretation ist diese Einschränkung dann relevant, wenn im größeren Umfang Umwidmungen natürlicher Vegetation in eben jene Siedlungsfreiflächen stattgefunden haben. Die Analyse konzentriert sich deshalb auf die überbauten Flächen aus den Fernerkundungsanalysen der physischen Bedeckung, die im oben genannten Projekt erfasst wurden. Diese sind: ‚Niedrige Vegetation‘, ‚Wald‘, ‚Landwirtschaft‘, ‚Bebauung‘, ‚unbedeckter Boden‘ sowie ‚Wasser‘ und haben eine Auflösung von 10 m x 10 m bei einer Genauigkeit von 88,4 % (2016) bzw. 91,9 % (2019) (vgl. Riembauer et al. 2021).

Im Datenabgleich zeigen sich sowohl für die zugewachsenen als auch die weggefallenen SuV-Flächen nur geringe Veränderungen der Landbedeckung. Betrachtet wurden Veränderungen der Landbedeckung >5 ha. Aufgrund der Auflösung von 10 m x 10 m wurden nur zugewachsene und weggefallene SuV-Flächen mit einem Minstdurchmesser vom 5 m und einer Gesamtgröße von mind. 100 m² betrachtet. In den Vergleich sind 83,6 % der zugewachsenen und 76,3 % der weggefallenen SuV-Flächen eingeflossen (Riembauer et al. 2021).

Neu ausgewiesene SuV-Flächen waren sowohl 2016 als auch 2019 – mit sinkender Tendenz – überwiegend durch ‚Wald‘ und ‚niedrige Vegetation‘ bedeckt (vgl. Abb. 3). Zugenommen haben ‚überbaute Flächen‘. Während 2016 noch 186 ha überbaut waren, waren 2019 bereits 304 ha überbaut. Ähnliches gilt für den ‚unbedeckten Boden‘: 2016 gab es 100 ha ‚unbedeckten Boden‘ und 2019 153 ha. ‚Unbedeckter Boden‘ kann auch auf andauernde Bautätigkeiten hindeuten. Der Anstieg von überbauten und unbedeckten Böden hat vorwiegend auf Flächen mit vorheriger ‚landwirtschaftlicher Bedeckung‘ oder ‚Waldflächen‘ stattgefunden. Stark rückläufig sind Flächen der ‚Landwirtschaft‘.

Weggefallene SuV-Flächen waren bereits 2016 überwiegend von ‚Wald‘ und ‚niedriger Vegetation‘ bedeckt und sind es 2019 weiterhin. Es kam nur zu geringen Veränderungen der Landbedeckung. Der Anteil ‚überbauter Flächen‘ war bereits 2016 mit 18 ha gering und ist überraschenderweise bis 2019 auf 29 ha angestiegen.

Insgesamt zeigt sich sowohl für zugewachsene als auch weggefallene SuV-Flächen ein hoher Überdeckungsgrad mit ‚niedriger Vegetation‘ und ‚Wald‘. ‚Überbaute Flächen‘ haben zugenommen.

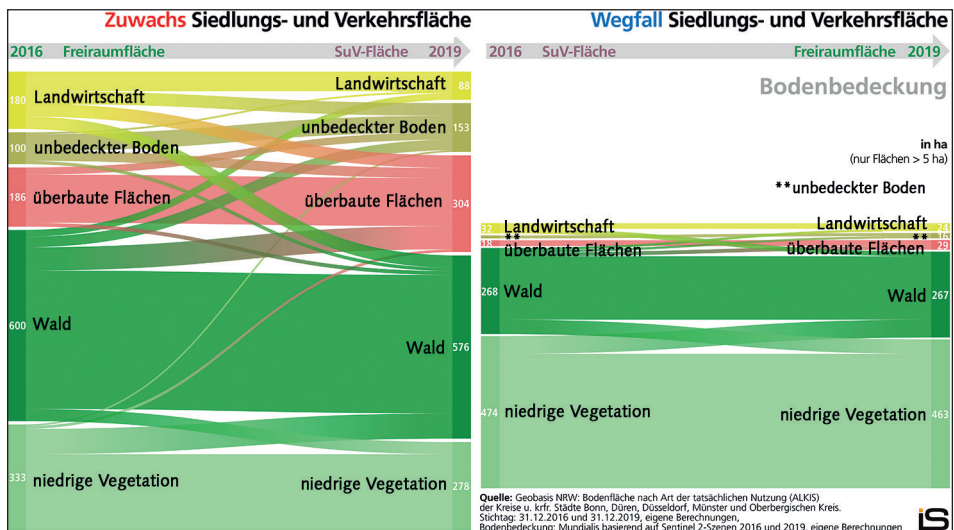


Abb. 3: Kumulierte Flächenübergänge nach Nutzungsart aus der incora Copernicus-Klassifikation für die in Abbildung 2 analysierten Flächen des Zuwachses und des Wegfalls von Siedlungs- und Verkehrsflächen in den fünf kreisfreien Städten und Landkreisen (Quelle: Grafik: Jutta Rönsch; Daten: Geobasis.NRW, Bezirksregierung Köln)

5 Fazit

Der Beitrag zeigt für das Monitoring der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland methodische Lösungswege zur Verbesserung der bestehenden Datengrundlagen. Grundlage bilden die Bereitstellung von katasterbasierten Landnutzungsdaten als Geoobjekte, die die bislang verfügbare Flächenstatistik ergänzen. Technisch zeigen erste Bundesländer, unter anderem Nordrhein-Westfalen, dass dies möglich ist.

Die – für die fünf Kreise und kreisfreien Städte – aufbereiteten Daten zur Flächennutzung und -bedeckung zeigen die Vor- und Nachnutzung neu verzeichneter und weggefallener SuV-Flächen. Eine Plausibilitätsprüfung zeigt, dass ein beträchtlicher Teil der verzeichneten Veränderung der SuV-Flächen nicht einer veränderten überbauten Landbedeckung geschuldet ist.

Zwar lassen sich in diesen Prüfungen keine Aussagen darüber treffen, inwiefern die Nutzungsänderung einer Neuklassifizierung von Flächen zuzuordnen ist. Deutlich wird jedoch, dass die Größenordnung der gefundenen Nutzungsänderungen ohne Neubebauung für das Nachhaltigkeitsziel der Bundesregierung zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme bedeutsam ist.

Diesbezüglich birgt der wissenschaftliche Befund dieses Beitrages das Potenzial der Fehlinterpretation, wenn damit das bislang bekannte Ausmaß der Flächeninanspruchnahme relativiert wird. Dies ist ausdrücklich nicht das Fazit der Autor*innen dieses Beitrages. Es erscheint auch im Hinblick auf die Neuausrichtung der Flächensparziele für eine geschlossene Flächenkreislaufwirtschaft mit Ausgleichs- und Kompensationsflächen vielmehr vordringlich, das Katasterwesen in Deutschland für ein dezidiertes Monitoring der Flächeninanspruchnahme zu ertüchtigen. Zwei Bausteine sind dafür wesentlich: 1. Die Herstellung einer zeitstabilen und konsistenten Datengrundlage über die datenliefernden Einrichtungen des Vermessungswesens sowie 2. eine zeitnahe und passgenaue Bereitstellungspolitik der zugrundeliegenden Geodaten der ‚tatsächlichen Nutzung‘ über komfortable Datendienste.

Die im Beitrag für fünf Kreise und kreisfreie Städte beispielhaft aufgezeigte Plausibilisierung von Katasterdaten mit Referenzdaten aus der Fernerkundung ist eine mögliche Zwischenlösung. In verschiedenen Projekten werden derzeit bundesweit vergleichbare Ansätze beforscht (vgl. z. B. Arnold, Kleine 2017). Die Autor*innen dieses Beitrages erwarten durch die politisch formulierten Neujustierungen der Ziele zur Flächeninanspruchnahme diesbezüglich einen steigenden Informationsbedarf. Frei verfügbare Geoobjekte aus ALKIS liefern hierfür die Grundlage.

6 Literatur

- Arnold, S.; Kleine, S. (2017): Neue Wege der Geodatennutzung: Perspektiven der Fernerkundung für die Statistik. In: WISTA. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden, 2017 (5): 31-36.
- Die Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Hg., v. Die Bundesregierung. Berlin.
- Die Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Hg. v. Die Bundesregierung. Berlin.
- Fina, S. (2013): Indikatoren der Raumentwicklung. Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung. Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen. Geographisches Institut.
- Goetzke, R. (2018): Indikatoren zur Bewertung einer nachhaltigen und klimawandelgerechten Siedlungsentwicklung. In: Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung. Heidelberg: Springer, 131-154.
- IT.NRW (2021): Landesdatenbank NRW: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung (33111-03iz).
www.landesdatenbank.nrw.de (Zugriff: 19.04.2021).
- Meinel, G. (2020): Herausforderung Flächenmonitoring. Datenquellen für ein Flächeninformationssystem und was sie leisten können. In: Stadtforschung und Statistik: Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker 33 (1): 107-114.
- 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: Proceedings of the 2021 conference on Big Data from Space, 53-56.
<https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/ac7c57e5-b787-11eb-8aca-01aa75ed71a1/language-en> (Zugriff: 19.08.2021).
- Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Heft 130 (Forschungen). Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Bonn.
- Weizsäcker, Ernst Ulrich von; Lovins, Amory B.; Lovins, L. Hunter (1995): Verdichtung statt Zersiedelung: Das neue Stadt- und Dorfgefühl. In: Faktor vier. In: Doppelter Widerstand – halbiertes Verbrauch. München, 168-170.

Zur Entwicklung der Flächenneuanspruchnahme in Deutschland

Tobias Krüger, Martin Schorcht, Gotthard Meinel

Zusammenfassung

Der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) stellt flächendeckend für Deutschland Indikatoren zur räumlichen Entwicklung der Flächennutzung in Zeitreihen bereit. Unter anderem werden auch Nachhaltigkeitsindikatoren, welche durch die Bundesregierung zur Messung der Zielerreichung für nachhaltige Städte und Gemeinden definiert wurden, im IÖR-Monitor jährlich berechnet und veröffentlicht. Von herausragender Bedeutung ist hierbei der Indikator zur Flächenneuanspruchnahme (bzw. zum Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche). Nachdem das für 2020 gesetzte 30-Hektar-Ziel deutlich verfehlt wurde, soll bis 2030 die tägliche Flächenneuanspruchnahme auf unter 30 Hektar sinken, um bis 2050 eine Flächenkreislaufwirtschaft zu erreichen.

Während bis zum Jahr 2018 im IÖR-Monitor ein kontinuierlicher Rückgang der Flächenneuanspruchnahme beobachtet werden konnte, wird seitdem ein Aufwärtstrend dieses Indikators gemessen. In diesem Beitrag werden die aktuellen Messergebnisse von 2020 auf unterschiedlichen administrativen Ebenen vom Bund bis zu den Gemeinden präsentiert und die multiskalaren empirischen Befunde kritisch diskutiert.

Schlagwörter: Flächenneuanspruchnahme, Siedlungsmonitoring, Nachhaltigkeitsindikatoren, Siedlungsdichte, Flächensparen

1 Einführung

Seit seiner Einführung im Jahr 2010 werden im Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) Indikatoren zu Struktur und Dynamik der Flächenentwicklung in Deutschland veröffentlicht. Sowohl das thematische Spektrum der Indikatoren, die Funktionalität der interaktiven Webanwendung als auch die Daten- und Dienstbereitstellung durch Exportdienste wurden seitdem kontinuierlich ausgebaut und sind auch weiterhin Gegenstand einer stetigen Weiterentwicklung (Krüger et al. 2013; Meinel et al. 2021, 2009).

Im Jahr 2020 wurde der IÖR-Monitor vom Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten (RatSWD) als Forschungsdateninfrastruktur akkreditiert¹. Dies hat seine Nutzung auf sozialwissenschaftliche Fragestellungen ausgedehnt und die gesellschaftliche und wissenschaftliche Relevanz seiner bereitgestellten Indikatoren unterstrichen.

¹ <https://www.konsortswd.de/datenzentren/alle-datenzentren/ioer-monitor/>

Neben Messgrößen zur Flächennutzungsstruktur (Flächenanteile unterschiedlicher Landnutzungskategorien) werden auch komplex berechnete Indikatoren bereitgestellt, beispielsweise zur Landschaftsqualität (z. B. Fragmentierung der Landschaft, Hemerobie), dem räumlichen Muster von Siedlungen (z. B. Zersiedelung) oder zum Flächenbedarf für nachhaltige Energiegewinnung (z. B. Windparkflächen).

Bei der Messung der Flächenneuanspruchnahme sind Nutzungsänderungen flächenscharf und nicht nur kumulativ zu bestimmen. Da sich in der Vergangenheit die Erhebungsmodelle zum Teil grundlegend geändert haben und dies in Zukunft voraussichtlich wieder passieren wird, ist dies vor dem Hintergrund einer insgesamt geringen Veränderungsdynamik besonders herausfordernd.

2 Flächenpolitische Zielvorgaben

Ein konkretes Ziel zur Reduktion der Flächenneuanspruchnahme wurde erstmals im Jahr 2002 in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie formuliert. Ausgehend von dem damaligen hohen Wert von mehr als 120 Hektar pro Tag wurde für das Jahr 2020 das Ziel von maximal 30 Hektar pro Tag definiert (Bundesregierung 2002; Jakubowski, Zarth 2003). Nachdem sich abzeichnete, dass dieser Wert bis 2020 nicht erreichbar sein würde, enthielt die Fortschreibung der Nachhaltigkeitsstrategie von 2016 die Formulierung der Erreichung eines Wertes von „weniger als 30 Hektar pro Tag“ bis zum Jahr 2030, allerdings ohne konkrete Bezifferung der anzustrebenden Differenz (Bundesregierung 2017). Bis zum Jahr 2050 soll laut „Klimaschutzplan 2050“ in Übereinstimmung mit dem Netto-Null-Ziel aus dem „Fahrplan für ein ressourceneffizientes Europa“ (European Commission 2011) eine Flächenkreislaufwirtschaft verwirklicht werden (Bundesregierung 2016). Viele Bundesländer haben in den letzten Jahren in eigenen Nachhaltigkeitsstrategien ebenfalls Flächensparziele definiert (Tab. 1).

Um das bundespolitische Flächensparziel zu erreichen, ist jedoch eine koordinierte Umlegung der 30 Hektar unumgänglich (Hamacher 2020; Henger et al. 2019). Die landespolitischen Ziele müssen letztlich bis auf die kommunale Ebene heruntergebochen werden, wo durch die Bauleitplanung etwa zwei Drittel der flächenpolitischen Entscheidungen fallen (Meinel et al. 2020). Solche Verteilungsschlüssel werden seit langem diskutiert und konkrete Vorschläge zur Umsetzung unterbreitet. Zu nennen sind hier u. a. die Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt aus dem Jahr 2009 für die Aufteilung der 30 Hektar aus dem Bundesziel auf die Länder und vor allem der im Rahmen des Projekts Planspiel Flächenhandel erarbeitete bevölkerungsbasierte Verteilungsschlüssel, der die Kontingentierung direkt auf Gemeindeebene vornimmt (Henger et al. 2019). Allerdings konnten sich der Bund und die Länder bislang nicht auf verbindliche Flächenkontingente einigen, was jedoch eine „zwingend erforderliche Voraussetzung einer Kontingentierung“ ist (Umweltbundesamt 2018: A54).

Tab. 1: Flächensparziele der Bundesländer (Quelle: eigene Recherchen)

Bundesland	Flächensparziel [ha/d]	Zieljahr	Quelle
Baden-Württemberg	3,00	2020	Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg (Landesregierung Baden-Württemberg, 2016: 17)
Bayern	5,00	2030	Koalitionsvertrag 2018-2023 CDU/FW (Landesregierung Bayern 2018: 30)
Berlin	0,85	2020	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz* (Land Berlin online 2021)
Brandenburg	Explizit keine landespolitische Vorgabe festgelegt (Landesregierung Brandenburg 2014: 17)		
Bremen	0,25	2030	Antwort des Senats auf die Kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen vom 10. Juni 2020 (Bremische Bürgerschaft 2020: 5)
Hamburg	keine landespolitische oder landesplanerische Vorgabe bekannt		
Hessen	< 2,50	2030	Nachhaltigkeitsstrategie Hessen (Hessisches Statistisches Landesamt 2020: 10)
Mecklenburg-Vorpommern	keine landespolitische oder landesplanerische Vorgabe bekannt		
Niedersachsen	4,00	2030	Nachhaltigkeitsstrategie Niedersachsen (Landesregierung Niedersachsen 2020: 80)
Nordrhein-Westfalen	5,00	2020	Landesentwicklungsplan (Landesregierung Nordrhein-Westfalen 2016: 33)
Rheinland-Pfalz	< 1,00	2030	Nachhaltigkeitsstrategie Rheinland-Pfalz (Landesregierung Rheinland-Pfalz 2020: 150)
Saarland	keine landespolitische oder landesplanerische Vorgabe bekannt		
Sachsen	< 2,00	2020	Landesentwicklungsplan Sachsen (Staatsregierung Sachsen n. d.: 57)
Sachsen-Anhalt	< 1,30	2020	Koalitionsvertrag 2016-2021** (Landesregierung Sachsen-Anhalt 2016: 113)
Schleswig-Holstein	< 1,30	2030	Landesentwicklungsplan Fortschreibung 2021 (2. Entwurf)***
Thüringen	0,00	2025	Landesentwicklungsprogramm Thüringen 2025 (Landesregierung Thüringen 2014: 33)

* Auf der Webseite der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz wird auf den Vorschlag der Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes zur Umlage des 30-ha-Ziels Bezug genommen und dieses als Landesziel interpretiert (Umweltbundesamt 2009: 11).

** Im Koalitionsvertrag ist formuliert, „Flächenversiegelung in Anlehnung an das bundesweite Ziel auf maximal 1,3 ha pro Tag zu begrenzen“. Da es kein bundesweites Ziel zur Versiegelung gibt, kann hier nur die Flächenneuanspruchnahme gemeint sein.

*** https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/Themen/PlanenBauenWohnen/Fortschreibung_LEP/Projekt/projekt_node.html (Zugriff: 15.07.2021).

Nur mit dieser wiederum kann die „Begrenzung der Flächenneuanspruchnahme auf einen Zielwert [...] zuverlässig [...] gelingen“ (ebd.). Seit 2019 wird im Auftrag des Umweltbundesamtes durch das Deutsche Institut für Urbanistik der Bund-Länder-Dialog zur Umsetzung des Aktionsplans Flächensparen moderiert.²

3 Nachhaltigkeitsindikatoren im IÖR-Monitor

Die verlässliche Bestimmung der Flächenneuanspruchnahme ist aus mehreren Gründen höchst anspruchsvoll. Zum einen werden belastbare Indikatorwerte zur Flächenanspruchnahme im Rahmen eines Monitorings, insbesondere auch auf Gemeindeebene, gebraucht. Dabei entspricht die aktuelle Flächenneuanspruchnahme von 57,6 Hektar pro Tag einer Fläche von umgerechnet jährlich nur 0,06 Prozent der Gesamtfläche Deutschlands. Vor dem Hintergrund, dass die zur Flächenstatistik verwendeten Geobasisdaten originär für andere Zwecke (Liegenschaftskataster bzw. Geotopographie) erhoben werden, ist die Bestimmung solch feinteiliger Änderungsraten messtechnisch äußerst herausfordernd.

Seit dem Jahr 2010 wird am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung der IÖR-Monitor als Forschungsdateninfrastruktur aufgebaut. Unter anderem werden in dessen Rahmen auch flächenstatistische Indikatoren auf Grundlage des ATKIS Basis-DLMs berechnet und seit dem Jahr 2008 jährlich berechnet und ausgewiesen.³

Die Eignung des ATKIS Basis-DLMs resultiert aus seiner einheitlichen Modellierung als geotopographischer Basisdatensatz in allen Bundesländern, der damit verbundenen flächendeckenden Beschreibung der Erdoberfläche, der gesetzlich gesicherten zyklischen Laufendhaltung und v. a. aus der differenzierten Nutzungsattributierung (AdV 2006; Krüger 2010; Krüger et al. 2013; Meinel 2009).

Die Objektartengruppe *Tatsächliche Nutzung* des ATKIS Basis-DLMs bildet das terrestrische Staatsgebiet Deutschlands lückenlos und überschneidungsfrei ab. Mit diesen Daten können durch Auswahl und Geoprozessierung von relevanten Objektarten jährliche Landnutzungsdatensätze entsprechend einem hierarchischen Flächenschema erzeugt und ausgewertet werden (Krüger 2011, 2010). Über spezialisierte Modellierungsansätze ist es möglich, den Landnutzungswandel und die Flächenneuanspruchnahme in Zeitreihen unter Berücksichtigung von Geometrie- und Modellkorrekturen zu quantifizieren (Schorcht et al. 2016, 2015).

² <https://difu.de/projekte/unterstuetzung-des-bund-laender-dialogs-zum-flaechensparen>

³ Mit den Zeitschnitten 2000 und 2006 kann die Zeitreihe entsprechend verlängert werden, jedoch ist insbesondere für 2000 (und in Teilen auch für 2006) eine große Unsicherheit bezüglich der Zuverlässigkeit der Eingangsdaten zu verzeichnen, da sich ATKIS zu der Zeit noch in der Aufbauphase befand und noch nicht alle definierten Objektarten modelliert waren.

Eine Zäsur in der ATKIS-Modellierung stellte die Migration auf das AAA-Modell der AdV dar (AdV 2008; Skrzeczek, Vleugels-Hübner 2010). Die Umstellung der bis dahin gültigen ATKIS-Referenzversion 3.2 auf die AAA-konforme Version 6.0 erfolgte schrittweise in den Bundesländern und zog sich über einen Zeitraum von mehreren Jahren hin. Dadurch kam es modellbedingt zu Brüchen in den Zeitreihen, was sich in einzelnen Indikatorwerten niederschlägt (Krüger et al. 2015). Dieser Umstand erfordert für die Berechnung von Differenzindikatoren wie der Flächenneuanspruchnahme spezielle Modellierungsansätze, um Landnutzungsveränderungen, die sich aus den Daten ergeben, aber keine realweltliche Entsprechung haben, zu erkennen und von der Quantifizierung der Flächenneuanspruchnahme auszuschließen (Schorcht et al. 2018, 2016, 2015).

Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie definiert drei Indikatoren zur Messung der Flächenentwicklung im Sinne des Ziels „Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig [zu] gestalten“ (Bundesregierung 2020).

- Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche: definiert als durchschnittlicher täglicher Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche; berechnet als gleitender Vierjahresdurchschnitt; Zielvorgabe: Begrenzung „bis zum Jahr 2030 auf durchschnittlich unter 30 Hektar pro Tag“
- Freiraumverlust: definiert als jährliche Veränderung der Freiraumfläche pro Einwohner, Angabe in m², gleitender Vierjahresdurchschnitt; Zielvorgabe: Reduktion des Rückgangs der Freiraumflächen pro Einwohner ohne Quantifizierung
- Siedlungsdichte: definiert als Bevölkerungsentwicklung je Quadratkilometer Siedlungs- und Verkehrsfläche im Vergleich zum Basisjahr 2000; Zielvorgabe: Entgegenwirkung der Verringerung der Siedlungsdichte durch flächensparende Maßnahmen

Darauf aufbauend werden im IÖR-Monitor in der Kategorie Nachhaltigkeit sechs Indikatoren geführt (Tab. 2).

Tab. 2: Nachhaltigkeitsindikatoren im IÖR-Monitor (Quelle: IÖR-Monitor)

Indikator	Definition
Flächenneuanspruchnahme SuV im Fünfjahresmittel	absolute tägliche Flächenneuanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr (SuV) in Hektar pro Tag eines Fünfjahreszeitraums
Flächenneuanspruchnahme baulich geprägter SuV im Fünfjahresmittel	absolute tägliche Flächenneuanspruchnahme durch baulich geprägte Siedlung und Verkehr (SuV) in Hektar pro Tag eines Fünfjahreszeitraums
Relative Flächenneuanspruchnahme SuV im Fünfjahresmittel	prozentuale Änderungsrate von Siedlungs- und Verkehrsflächen innerhalb von fünf Jahren
Relative Flächenneuanspruchnahme baulich geprägter SuV im Fünfjahresmittel	prozentuale Änderungsrate von baulich geprägten Siedlungs- und Verkehrsflächen innerhalb von fünf Jahren
Verlust von Freiraumfläche pro Einwohner	Mittlerer jährlicher Verlust von Freiraumfläche pro Einwohner, basierend auf einem Fünfjahreszeitraum
Siedlungsdichte	Einwohnerzahl pro Siedlungs- und Verkehrsfläche

Die Flächenneuanspruchnahme wird hierbei aus der Datendifferenz zweier Zeitstände im fünfjährigen Abstand berechnet und in Hektar pro Tag umgerechnet. Da ein vollständiger Aktualisierungszyklus des ATKIS Basis-DLMs maximal fünf Jahre dauern soll, wird damit sichergestellt, dass im gesamten Bundesgebiet der topographische Grunddatenbestand mindestens einmal vollständig aktualisiert worden ist und damit alle relevanten Landnutzungsänderungen erfasst werden. Dazu werden die beiden Flächennutzungsgeometrien geometrisch miteinander verschnitten, um Veränderungsflächen zu detektieren. Über geometrische und semantische Filterungen werden anschließend als irrelevant eingestufte Flächenänderungen selektiert und aus der Quantifizierung der Flächenneuanspruchnahme ausgeschlossen. Dies betrifft v. a. geometrische Korrekturen bei Objektbegrenzungen und Umschlüsselungen, von denen bekannt ist, dass ihnen i. d. R. keine realen Änderungen zugrunde liegen.

Nach Definition des Indikators Flächenneuanspruchnahme bezieht sich diese auf die gesamte Siedlungs- und Verkehrsfläche, welche auch Siedlungsfreiflächen mit geringen Überbauungsgraden umfassen. Darum wird im IÖR-Monitor ergänzend ein separater Wert nur für die Entwicklung der baulich geprägten Siedlungs- und Verkehrsfläche ausgewiesen. Diese klammert Siedlungsfreiflächen wie Parks, Friedhöfe oder Sport- und Freizeitanlagen aus und bildet damit im Wesentlichen den für die Überbauung verantwortlichen Teil des SuV-Zuwachses ab.

Für beide Indikatoren wird jeweils auch der relative Zuwachs im Vergleich zum Ausgangswert berechnet und veröffentlicht. Der Freiraumverlust wird als Quotient des SuV-Zuwachses und der Einwohnerzahl des Bezugsjahres berechnet, während die Siedlungsdichte das Verhältnis der Einwohnerzahl zur Gesamtfläche der SuV widerspiegelt.

4 Wertentwicklung der Indikatoren

4.1 Flächenneuanspruchnahme

Die Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr wird als Kernindikator für eine nachhaltige Flächenentwicklung angesehen.

Die amtliche Flächenstatistik weist den Wert basierend auf dem Liegenschaftskataster (ALKIS) aus. ALKIS umfasst analog zum ATKIS Basis-DLM eine thematische Ebene zur tatsächlichen Nutzung, die für die SuV-Wertentwicklung ausgewertet wird. Diese bestimmt sich dabei aus der Differenz der Flächensummen aller SuV-Flächennutzungsarten zweier Jahre. Eine geometrische Verschneidung der beiden Datensätze, durch die man lokale Unplausibilitäten aufdecken könnte, findet dabei nicht statt. Um Sprünge und Ausreißer in der Wertentwicklung auszugleichen, wird der Indikatorwert jeweils als gleitendes Mittel einer abgeschlossenen Vierjahresperiode berechnet.

Beide Indikatorberechnungen werden jährlich bestimmt und sind in ihren Wertverläufen seit 2011, dem Jahr der ersten möglichen Berechnung im IÖR-Monitor, in Abbildung 1 dargestellt.

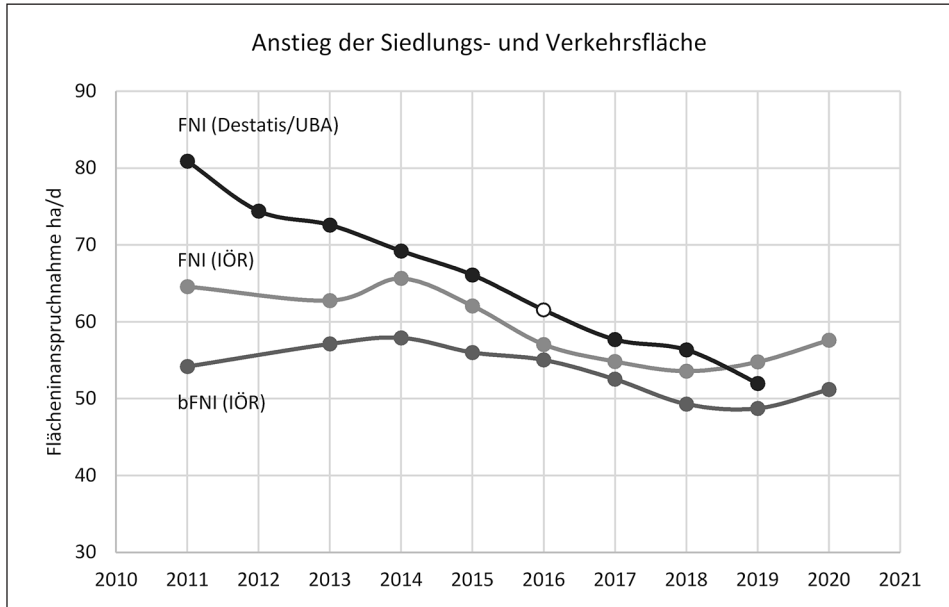


Abb. 1: Wertverlauf des Indikators Flächenneuanspruchnahme (FNI) im Vergleich zwischen amtlicher Statistik (Destatis; Datenpunkt 2016: UBA) und IÖR-Monitor sowie der baulich geprägten Flächenneuanspruchnahme (bFNI) auf Basis des IÖR-Monitors (Quelle: Destatis, UBA, IÖR-Monitor)

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der beiden Indikatoren zur Flächenneuanspruchnahme aus dem IÖR-Monitor. Erkennbar ist der anfängliche Abwärtstrend der Entwicklung. Der zwischenzeitlich hohe Wert im Jahr 2014 wird als ATKIS-migrationsbedingter Ausreißer gewertet. Seit 2018 ist die Kurve das zweite Jahr in Folge ansteigend. Auch der insgesamt flachere Verlauf der baulich geprägten Flächenneuanspruchnahme steigt zuletzt wieder an.

Da die Größenordnung der Indikatorwerte zur Flächenneuanspruchnahme bei beiden Messansätzen übereinstimmt, ist zu klären, warum sich seit 2018 die Kurven in unterschiedliche Richtungen bewegen. Während der leichte Niveauunterschied der Indikatorwerte durch die unterschiedlichen Eingangsdatensätze ALKIS und ATKIS, mit ihren verschiedenen Modellierungsmaßstäben und Berechnungsansätzen (gleitender Vierjahresdurchschnitt der rein numerisch kumulativ ermittelten Flächenzuwächse (Flächenstatistik) bzw. GIS-technischen Verschneidung von Geometrien im Fünfjahresintervall (IÖR-Monitor) erklärt werden kann, erscheint die jüngste gegenläufige Entwicklung zunächst nicht plausibel.

Erklärungsansätze können hierfür zum einen die unterschiedlichen Aktualisierungsmodi der Eingangsdaten bieten. Während ATKIS einer zyklischen Fortschreibung unterliegt, werden die Daten im Liegenschaftskataster üblicherweise anlassbezogen aktualisiert, obwohl die getrennte Ebenengeometrie von Flurstücken und Tatsächlicher Nutzung im ALKIS auch dort eine zyklische Laufendhaltung erlauben würde. Hinzu kommen die bei ALKIS potentiell häufiger auftretenden Unterschiede bei der Umsetzung der Modellierungsregeln im Vergleich zu ATKIS. Dies ergibt sich aus der höheren Anzahl an zuständigen Behörden (kommunalisiertes ALKIS, dagegen ATKIS in Länderhoheit). In den vergangenen Jahren wurden aufgrund von Artefakten bei Modellanpassungen der ALKIS-Daten mehrfach Werte auf Landesebene nicht publiziert.

Es stellt sich die Frage nach der Plausibilität der seit zwei Jahren gemessenen erneuten Steigerung der Flächenneuanspruchnahme. Einen Hinweis bietet der Blick auf die Bautätigkeitsstatistik der vergangenen Jahre. Eine parallele Darstellung der Anzahl der Baufertigstellungen pro Jahr mit der baulich geprägten Flächenneuanspruchnahme zeigt Abbildung 2. Obwohl die Zahl der Baufertigstellungen als reine Anzahl ohne Flächenbezug nicht unmittelbar mit der Flächenneuanspruchnahme vergleichbar ist, kann doch ein in etwa parallel verlaufender, seit ca. zwei Jahren ansteigender Trend beobachtet werden.

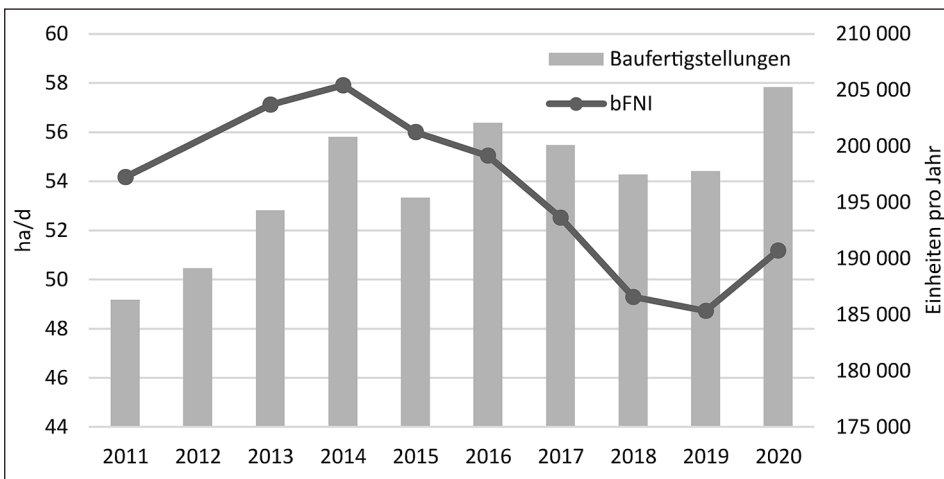


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der Baufertigstellungen und baulich geprägter Flächenneuanspruchnahme (bFNI) pro Jahr (Quelle: Destatis, IÖR-Monitor)

4.2 Freiraumverlust je Einwohner

Bezieht man die Flächenneuanspruchnahme auf die Einwohnerzahl, ergibt sich der Indikator des Freiraumverlustes je Einwohner. Um den Freiraumverlust pro Einwohner zu verringern, muss die Einwohnerentwicklung über der Flächenneuanspruchnahme

liegen. Letztlich liegt auch hier das Fernziel in einer völligen Vermeidung des Freiraumverlustes, was nur durch Flächenkreislaufwirtschaft erreicht werden kann.

Das Diagramm in Abbildung 3 stellt die Relationen der Einwohnerzahlen der Bundesländer und der jeweiligen aufsummierten Freiraumverluste pro Einwohner und Jahr gegenüber, jeweils getrennt nach ländlichen und städtischen Räumen. Die nördlichen Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen stechen mit den höchsten Pro-Kopf-Werten der Flächenneuinanspruchnahme heraus. Der Bundesdurchschnitt im ländlichen Raum von 5,2 m² je Einwohner wird außerdem von Sachsen überschritten. Die restlichen Bundesländer bleiben mit ihren Werten darunter. Die restlichen Bundesländer bleiben mit ihren Werten darunter.

Im städtischen Raum werden die höchsten Werte im Saarland, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen erreicht; über dem Bundesdurchschnitt von 1,3 m² je Einwohner schneiden ebenfalls Sachsen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ab. Die Stadtstaaten weisen praktisch keine Freiraumverluste pro Einwohner auf, während in Thüringen sogar ein erheblicher einwohnerbezogener Freiraumzuwachs gemessen wird.

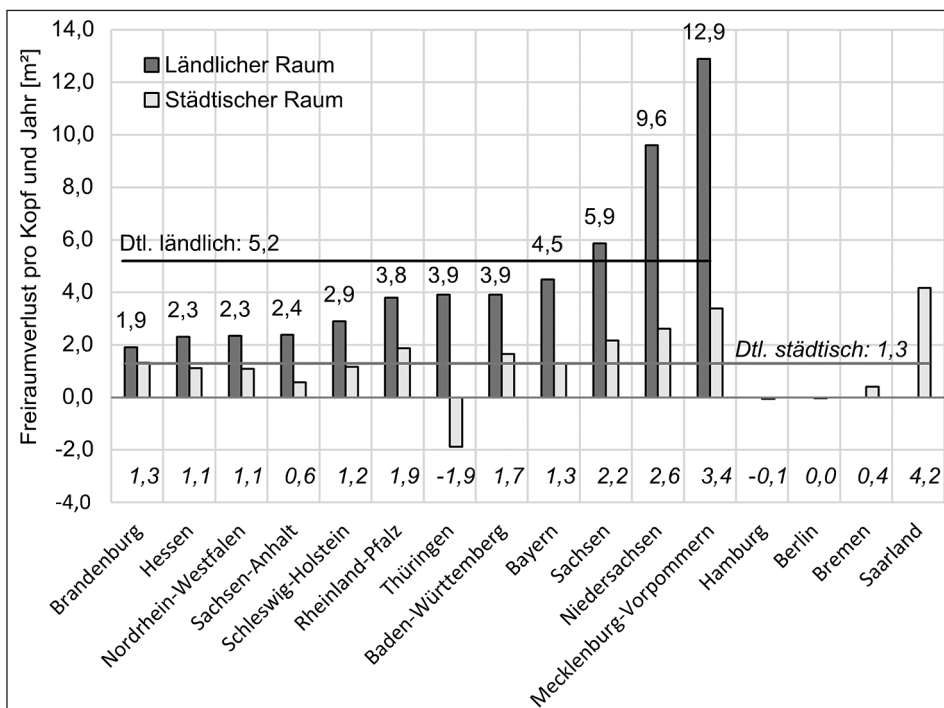


Abb. 3: Freiraumverlust pro Einwohner und Einwohnerzahl der Bundesländer, getrennt nach ländlichen und städtischen Räumen; Sortierung nach Werten im ländlichen Raum (Quelle: IÖR-Monitor, BBSR)

Insgesamt sind die Zahlen ein deutlicher Hinweis darauf, dass v. a. im dünn besiedelten ländlichen Raum insgesamt noch ungenügend sparsam mit Fläche umgegangen wird, wobei die Spreizung der Werte erheblich ist.

4.3 Siedlungsdichte

Die Siedlungsdichte bezieht die Einwohnerzahl auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche und „gibt Hinweise auf die Effizienz der Siedlungsflächennutzung“ (Bundesregierung 2017). Die Veränderung gegenüber einem Anfangswert wird als Anzeiger für eine tendenziell mehr oder weniger nachhaltige Entwicklung betrachtet. „Ziel der Bundesregierung ist es, durch flächensparende Maßnahmen [...] der Verringerung der Siedlungsdichte entgegenzuwirken.“ (ebd.)

Auf Gemeindeebene zeigt sich in Deutschland ein räumlich differenziertes Bild von klar abgrenzbaren Regionen mit steigenden und sinkenden Werten der Siedlungsdichte. Abbildung 4 zeigt oben links eine Gemeindekarte mit den Siedlungsdichten mit Stand

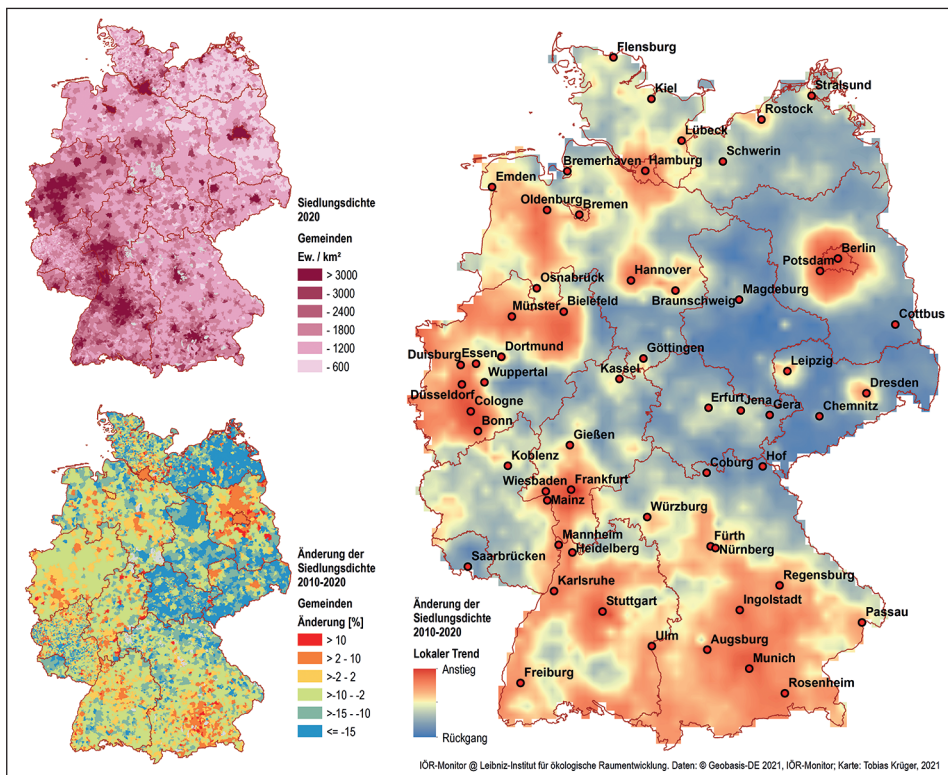


Abb. 4: Siedlungsdichte auf Gemeindeebene in Deutschland. Links oben: Status-quo-Karte der Siedlungsdichte 2020, links unten: Entwicklung der Siedlungsdichte 2010-2020, Rechts: Trends der Siedlungsdichteentwicklung, Dichtezuwachs in Rot-, Dichterückgang in Blautönen (Quelle: IÖR-Monitor, eigene Berechnungen)

2020 und darunter eine Differenzkarte der Siedlungsdichtewerte zum Jahr 2010. Die Karte auf der rechten Seite visualisiert deutlich den großräumigen Rückgang v. a. in den östlichen Bundesländern, aber auch in Bändern bis zum Saarland, an den Küsten und in den bayrischen Grenzregionen zu Tschechien. Regionen steigender Siedlungsdichtewerte sind bis auf Ausnahmen Süddeutschland, Frankfurt a. M., ein westlicher Gürtel entlang der Benelux-Grenze, die Metropolregionen Berlin, Hamburg, Hannover sowie einige Großstädte im Osten Deutschlands.

Eine grobe Klassifizierung der Entwicklungen kann anhand der prozentualen Änderungswerte vorgenommen werden. Änderungen in einem Wertebereich von ± 2 Prozent werden als stabile Entwicklung angesehen, Änderungen von mehr als 2 bzw. 5 Prozent in die positive oder negative Richtung werden als schwach bzw. stark steigender oder sinkender Wertverlauf gewertet. In Tabelle 3 sind entsprechend dieser Kategorisierung die Gemeinden, gruppiert nach Stadt- und Gemeindetypen, mit ihrer mittleren Siedlungsdichteänderung aufgeführt. Gleichzeitig wird der Anteil der in diesen Städten und Gemeinden lebenden Bevölkerung an der Gesamteinwohnerzahl Deutschlands angegeben.

Tab. 3: Prozentuale Änderung der Siedlungsdichte nach Stadt- und Gemeindetypen, gruppiert nach Entwicklungstrends der Siedlungsdichte und Anteil der Gemeinden an der Gesamtbevölkerung (Quelle: IÖR-Monitor)

Änderung der Siedlungsdichte [%]	Trend der Siedlungsdichte				
	stark steigend	schwach steigend	stabil	schwach sinkend	stark sinkend
	($\geq +5\%$)	($\geq +2\%$)	($\geq -2\% - 2\%$)	(< -2%)	(< -5%)
Große Großstadt (> 500 000 Ew.)	+7.1 9.0	+4.5 4.3	± 0.0 3.6		
Kleine Großstadt (> 100 000 – 500 000 Ew.)	+6.8 2.3	+3.2 1.6	+0.1 6.3	-2.9 2.8	-9.2 2.1
Große Mittelstadt (> 50 000 – 100 000 Ew.)	+8.8 0.7	+3.3 0.8	-0.1 3.6	-3.5 2.6	-10.9 1.3
Kleine Mittelstadt (> 30 000 – 50 000 Ew.)	+7.9 0.9	+3.3 2.0	-0.3 5.3	-3.5 4.8	-9.6 6.7
Größere Kleinstadt (> 10 000 – 30 000 Ew.)	+12.2 1.0	+3.3 1.1	-0.3 3.2	-3.5 3.2	-11.0 7.2
Kleine Kleinstadt (> 5 000 – 10 000 Ew.)	+13.8 0.7	+3.4 0.7	-0.3 2.1	-3.6 2.2	-13.0 7.9
Landgemeinde (< 5 000 Ew.)	+17.5 0.4	+3.3 0.4	-0.2 1.0	-3.6 1.3	-13.8 6.7
Alle	+14.8 15.2	+3.3 10.9	-0.2 25.0	-3.6 16.9	-13.1 31.9

Es wird deutlich, dass 48,8 Prozent der Bevölkerung Deutschlands in Gemeinden mit einer sinkenden Siedlungsdichte leben, während von den 26,1 Prozent Einwohnern von Gemeinden mit zunehmenden Siedlungsdichte etwa zwei Drittel in den Großstädten zu verorten sind.

5 Begrenzung der Flächenneuanspruchnahme

Mit den Ergebnissen des Planspiels zum Flächenzertifikatehandel unter Beteiligung von 87 Modellkommunen existiert eine bundesweit konsistente Berechnungsgrundlage für die Kontingentierung des Flächensparziels von 30 Hektar pro Tag auf Gemeindeebene (Grimski 2019; Umweltbundesamt 2016).

Die ersten beiden Karten in Abbildung 5 (links oben, links unten) zeigen die so berechneten gemeindebezogene Kontingente pro Jahr und die tatsächliche Flächeninanspruchnahme für das Jahr 2020, in dem dieses Ziel ursprünglich erreicht werden sollte, tatsächlich jedoch mit 57,6 Hektar pro Tag für Deutschland insgesamt deutlich verfehlt wurde. Deutlich erkennbar sind Tendenzen einer überhöhten Flächenneuanspruchnahme in ländlich geprägten, einwohnerschwachen Regionen, während Großstädte wie beispielsweise Berlin und Hamburg eher weniger Flächen in Anspruch nehmen, als ihnen zuzuteilen wäre. In der rechts abgebildeten Karte sind interpolierte lokale Zonen der Zielerreichungstendenz dargestellt. Dunkle Rottöne und Violett zeigen Regionen mit deutlichen Tendenzen der Überschreitung des Flächensparziels, während grün gefärbte Regionen eine Zielerreichung bzw. sogar Unterschreitung symbolisieren.

Ein Vergleich der auf Landesebene aggregierten Werte erlaubt eine erste Einschätzung, inwieweit die Bundesländer die zur Erreichung ihres Flächensparzielkontingents notwendigen Maßnahmen umgesetzt haben. Der Quotient aus tatsächlicher Flächenneuanspruchnahme und der Kontingentsumme aller Gemeinden im Bundesland ist ein Indikator für den Zielerreichungsgrad des 30-Hektar-Ziels. Bei Überschreitung des Wertes eins wird das Ziel verfehlt, darunter liegende Werte zeigen Zielerreichung an. Negative Werte weisen prinzipiell auf abnehmende Werte bei der Siedlungs- und Verkehrsfläche hin. Tabelle 4 stellt die Werte und resultierenden Quotienten (Spalte Zielerreichungsgrad) gegenüber.

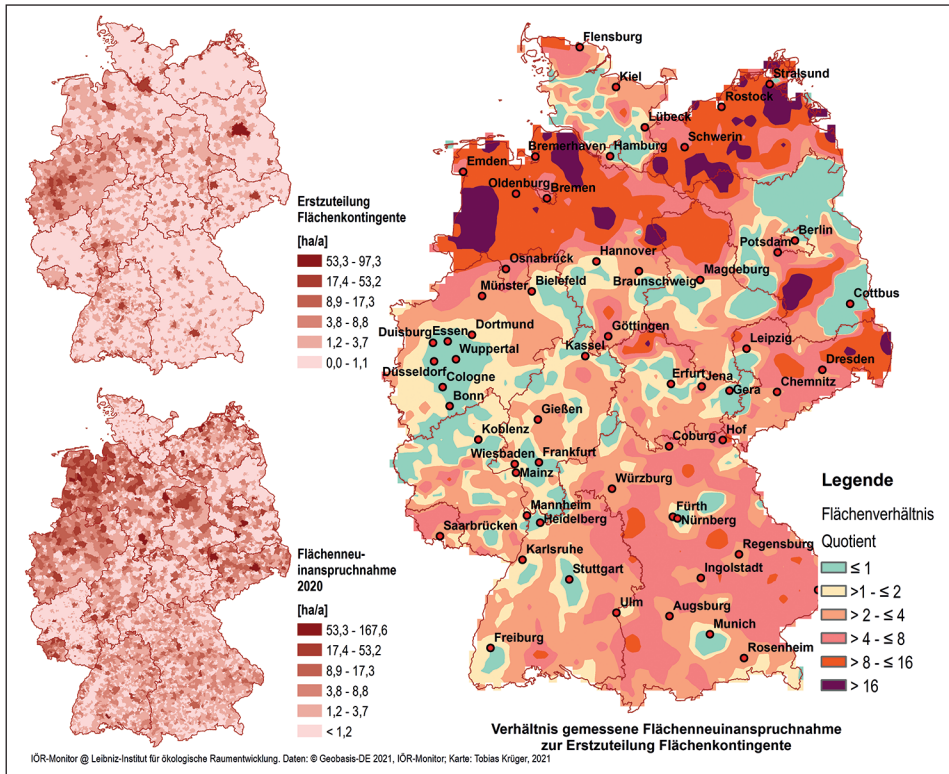


Abb. 5: Flächenkontingente zur Erreichung des 30-ha-Ziels im Vergleich mit tatsächlicher Flächenneuinanspruchnahme. Links oben: Kontingentierung auf Gemeindeebene, links unten: 2020 auf Gemeindeebene. Rechts: Zielerreichungsgrad als Flächenverhältnis der tatsächlichen Flächenneuinanspruchnahme zur Kontingentierung: Zielverfehlung in Rot-, Zielerreichung in Grüntönen (Quelle: IÖR-Monitor, eigene Berechnungen)

Tab. 4: Zielerreichungsgrade der Bundesländer beim 30-Hektar-Ziel. Der Zielerreichungsgrad wird als Quotient aus tatsächlicher Flächenneuinanspruchnahme (Ist) und der Zuteilung entsprechend der Kontingentierung aus dem Planspiel Flächenhandel (Soll) gebildet (Quelle: IÖR-Monitor, Henger 2021)

Bundesland	Flächenneuinanspruchnahme 2020 [ha/d]		Zielerreichungsgrad (Quotient Ist/Kontingent)
	Ist 2020	Maximales Kontingent [ha/d]	
Hamburg	-0,03	0,18	-0,14
Berlin	-0,03	0,33	-0,09
Bremen	0,08	0,11	0,67
Thüringen	1,10	1,13	0,97
Nordrhein-Westfalen	5,46	5,47	1,00
Hessen	2,29	2,23	1,03
Rheinland-Pfalz	2,76	2,66	1,04

Bundesland	Flächenneuanspruchnahme 2020 [ha/d]		Zielerreichungsgrad (Quotient Ist/Kontingent)
	Ist 2020	Maximales Kontingent [ha/d]	
Schleswig-Holstein	1,82	1,57	1,16
Brandenburg	1,29	1,03	1,26
Baden-Württemberg	5,89	4,16	1,41
Sachsen-Anhalt	1,19	0,80	1,48
Bayern	10,87	4,67	2,32
Saarland	1,13	0,38	2,98
Sachsen	4,45	1,31	3,41
Niedersachsen	14,26	3,03	4,70
Mecklenburg-Vorpommern	5,10	0,92	5,57
Deutschland	57,62	30,00	1,92

6 Fazit

Die Analyse der Geobasisdaten des ATKIS Basis-DLMs im Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung ergibt für den Fünfjahreszeitraum 2015-2020 für Deutschland eine Flächenneuanspruchnahme von 57,6 Hektar pro Tag. Gegenüber dem ursprünglich für 2020 avisierten 30-Hektar-Ziel bedeutet dies eine Verfehlung um den Faktor 1,92. Der baulich geprägte Anteil am SuV-Zuwachs beträgt im selben Zeitraum 51,2 Hektar pro Tag (88,9 Prozent der gesamten SuV-Zunahme). Damit entfallen nur 11,1 Prozent der Flächenneuanspruchnahme auf Siedlungsfreiflächen. Am intensivsten stellt sich die Flächenneuanspruchnahme in ländlichen Regionen dar, sowohl hinsichtlich ihrer flächenmäßigen als auch einwohnerbezogenen Ausprägung. Deutlich wird dies auch in der allgemeinen Rückläufigkeit der Siedlungsdichte zwischen 2010 und 2020 in diesen Räumen. Mit Ausnahme der Großstädte, welche ein Bevölkerungswachstum aufweisen, nimmt die Siedlungsdichte insgesamt großflächig ab, sodass nahezu die Hälfte der Bevölkerung Deutschlands vom Siedlungsdichterückgang betroffen ist.

Auf Gemeindeebene lassen sich regionale Trends der Flächenneuanspruchnahme identifizieren, sowohl hinsichtlich der Entwicklung der Siedlungsdichte als auch der gemessenen Flächenneuanspruchnahme im Vergleich zu einer Kontingentierung auf Basis des 30-Hektar-Ziels.

Die Resultate legen eine teilweise deutliche Verfehlung der gesetzten bzw. als notwendig erachteten Flächensparziele offen, wobei es regional durchaus auch positive Tendenzen einer flächensparenden Siedlungsentwicklung gibt. Insgesamt muss jedoch konstatiert werden, dass ein stabiler Abwärtstrend der Flächenneuanspruchnahme auf gesamtstaatlicher Ebene derzeit nicht erkennbar ist. Dagegen sprechen zum einen die deutliche Verfehlung des 30-Hektar-Ziels im Jahr 2020, zum anderen die Trendumkehr

der Flächenneuanspruchnahme zu einer erneuten Entwicklung mit steigenden Werten seit 2018 und nicht zuletzt die nach wie vor nicht vorhandene verbindliche Kontingentierung des bundespolitischen quantitativen Ziels auf Ebene der Planungs- und Entscheidungsträger. Ohne rechtsverbindliche Flächenzuteilung wird das Fernziel einer Flächenkreislaufwirtschaft nicht zu erreichen sein, zumal wegen der aktuell noch immer weit über der Zielstellung liegenden Flächenneuanspruchnahme die Reduktion deutlich schneller realisiert werden müsste.

7 Literatur

- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2006): ATKIS-Objektartenkatalog.
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2008): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok). Erläuterungen zum ATKIS® Basis-DLM Version 6.0 Stand: 11.04.2008.
- Bremische Bürgerschaft (2020): Antwort des Senats auf die Kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen vom 10. Juni 2020 „Flächenverbrauch reduzieren: Welche Ziele verfolgt Bremen?“ (Drucksache No. 20/582), Antwort des Senats auf die Kleine Anfrage. Senat Bremen, Bremen.
- Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung (Nachhaltigkeitsstrategie).
- Bundesregierung (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.
- Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016.
- Bundesregierung (2020): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Weiterentwicklung 2021 – Dialogfassung.
- European Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe.
- Grimski, D. (2019): Tradable Land Planning Certificates to Reduce Land Take: Results of a Simulation Game with Communities in Germany. In: Ginzky, H.; Dooley, E.; Heuser, I. L.; Kasimbazi, E.; Markus, T.; Qin, T. (Eds.): International Yearbook of Soil Law and Policy 2018, International Yearbook of Soil Law and Policy. Springer International Publishing, Cham: 131-147.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-00758-4_6
- Hamacher, H. (2020): Flächenverbrauch im Recht: 30-Hektar-Ziel und Flächenzertifikatehandel. NuR 42: 388-394.
<https://doi.org/10.1007/s10357-020-3694-1>
- Henger, R. (2021): Flächenkontingentierung gemäß Planspiel Flächenhandel (E-Mail-Korrespondenz mit dem Autor am 26.05.-01.06.2021).

- Henger, R.; Daniel, S.; Schier, M. (2019): Modellversuch Flächenzertifikatehandel. Realitätsnahes Planspiel zur Erprobung eines überregionalen Handelssystems mit Flächenausweisungszertifikaten für eine begrenzte Anzahl ausgewählter Kommunen. Abschlussbericht (Projektbericht No. 116/2019), Texte. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Hessisches Statistisches Landesamt (2020): Nachhaltigkeitsstrategie Hessen Ziele und Indikatoren. FORTSCHRITTSBERICHT 2020 (No. 2020), Nachhaltigkeitsstrategie Hessen – Fortschrittsberiht. Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden.
- Jakubowski, P.; Zarth, M. (2003): Nur noch 30 Hektar Flächenverbrauch pro Tag. Raumforschung und Raumordnung 61: 185-197. <https://doi.org/10.1007/BF03183807>
- Krüger, T. (2010): Potenziale und Probleme des ATKIS Basis-DLM im Flächennutzungsmonitoring. In: Meinel, G., Schumacher, U. (Hrsg.), Flächennutzungsmonitoring II. Konzepte – Indikatoren – Statistik, Berlin: Rhombos, IÖR-Schriften 52: 79-92.
- Krüger, T. (2011): Aktuelle Ergebniss des IÖR-Monitors zur Flächennutzung in Deutschland. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung – Analyse – Bewertung. Berlin: Rhombos, IÖR-Schriften 58: 23-35.
- Krüger, T.; Hennersdorf, J.; Meinel, G.; Behnisch, M. (2015): Migration des ATKIS-Basis-DLM – Auswirkungen auf die Nutzung für das Flächenmonitoring. KN 59-66. <https://doi.org/10.1007/BF03545089>
- Krüger, T.; Meinel, G.; Schumacher, U. (2013): Land-use monitoring by topographic data analysis. CaGIS 40: 220-228. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.809232>
- Land Berlin online (2021): Versiegelung und Flächenverbrauch [WWW Document]. Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/bodenschutz-und-altlasten/vorsorgender-bodenschutz/vorsorgender-bodenschutz-nichtstofflich/versiegelung-und-flaechenverbrauch/> (accessed 7.21.21).
- Landesregierung Baden-Württemberg (2016): Zielsetzung und Steuerung. Die Bericht-erstattung im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie in Baden-Württemberg.
- Landesregierung Bayern (2018): Für ein bürgernahes Bayern. Koalitionsvertrag für die Legislaturperiode 2018-2023.
- Landesregierung Brandenburg (2014): Antwort der Landesregierung auf die Große An-frage 36 der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Drucksache 5/8594.
- Landesregierung Niedersachsen (2020): Fortschrittsbericht zur Nachhaltigkeitsstrategie für Niedersachsen. Fortschreibung und Aktualisierung der Nachhaltigkeitsindikatoren (Fortschrittsbericht). Niedersächsisches Minitierium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Hannover.
- Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2016): Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen (LEP NRW).
- Landesregierung Rheinland-Pfalz (2020): Nachhaltigkeitsstrategie Rheinland-Pfalz. Fortschreibung 2019.
- Landesregierung Sachsen-Anhalt (2016): Koalitionsvertrag 2016-2021.

- Landesregierung Thüringen (2014): Landesentwicklungsprogramm Thüringen 2025. Thüringen im Wandel – Herausforderungen annehmen – Vielfalt bewahren – Veränderungen gestalten.
- Meinel, G. (2009): Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung auf Grundlage von Geobasisdaten. In: Meinel, G., Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring – Grundlagen, Statistik, Indikatoren, Konzepte. Aachen: Shaker: 177-194.
- Meinel, G.; Förster, J.; Witschas, S. (2009): Geobasisdaten – Grundlage für die Berechnung von Indikatoren zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung. KN 243-250.
- Meinel, G.; Henger, R.; Krüger, T.; Schmidt, T.; Schorcht, M. (2020): Wer treibt die Flächeninanspruchnahme? Ein Planvergleich und deren Flächenwirkung. Raumforschung und Raumordnung. Spatial Research and Planning 78: 233-248. <https://doi.org/10.2478/rara-2020-0003>
- Meinel, G.; Sikder, S. K.; Krueger, T. (2021): IOER Monitor: A Spatio-Temporal Research Data Infrastructure on Settlement and Open Space Development in Germany. Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 0, 000010151520210009. <https://doi.org/10.1515/jbnst-2021-0009>
- Schorcht, M.; Krüger, T.; Meinel, G. (2015): Methodik zur Bilanzierung des Flächennutzungswandels. In: Meinel, G., Schumacher, U., Behnisch, M., Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Berlin: Rhombos, IÖR-Schriften 67: 181-190.
- 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. IJGI 5, 134. <https://doi.org/10.3390/ijgi5080134>
- Schorcht, M.; Krüger, T.; Meinel, G. (2018): Bilanzierung zur Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. In: Behnisch, M., Kretschmer, O., Meinel, G. (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Berlin Heidelberg: Springer, 229-243. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8_13
- Skrzeczek, M.; Vleugels-Hübner, P. (2010): Wir verbinden was zusammengehört – das Hessische Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation migriert die DTK25 in das AAA-Modell. In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2010. Beiträge Zum 22. AGIT-Symposium Salzburg. Berlin: Wichmann, 143-152.
- Staatsregierung Sachsen, o. J.: Landesentwicklungsplan 2013.
- Umweltbundesamt (2009): Flächenverbrauch einschränken – jetzt handeln. Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt (2016): Planspiel Flächenhandel. Ziele und Erkenntnisse (Projektbericht No. UFOPLAN Fkz 3712 16 100). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2018): Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Aktionsplan Flächensparen, UBA-Texte. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Monitoring von Siedlungsflächen auf Basis von Sentinel-2

Silas Eichfuss, Martina Hollen, Guido Riembauer, Shaojuan Xu

Zusammenfassung

Siedlungsflächen entwickeln sich dynamisch. Ein Monitoring, um aktuelle Entwicklungstrends der Siedlungsflächen zu beurteilen, ist für die Raubeobachtung eine große Herausforderung. Angesichts aktueller Stadtentwicklungsimpulse ist die Nutzung neuer Datenquellen zur Planung und flächensparender Steuerung aktueller sowie künftiger Flächenansprüche umso wichtiger. Der Aussagekraft der Flächenstatistik nach Art der Tatsächlichen Nutzung als entscheidende amtliche Datengrundlage sind durch zeitliche und räumliche Inkonsistenzen Grenzen gesetzt. Frei verfügbare Fernerkundungsdaten bieten hinsichtlich besserer zeitlicher und räumlicher Auflösung eine potenziell verlässliche und kostengünstige Quelle. So stehen seit 2015 mit der Verfügbarkeit des multispektralen Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2-Daten mit hoher Wiederholungsrate und weltweiter Abdeckung zur Verfügung, womit sich neue Möglichkeiten der landesweiten Kartierung der Landoberfläche ermöglichen. Der Artikel stellt erste Ergebnisse des Projektes „Inwertsetzung von Copernicus-Daten zur Raubeobachtung“ (*incora*) vor. Es werden die Notwendigkeit von Fernerkundungsdaten, der Mehrwert sowie Limitationen eines satellitenbasierten Siedlungsflächenmonitorings anhand von Landbedeckungsklassifikationen und Indikatoren zur Siedlungsflächenentwicklung dargestellt.

Schlagwörter: Siedlungsflächenmonitoring, Flächennutzung, Fernerkundung, Copernicus, 30-ha-Ziel

1 Einführung

Mit der Verringerung des Flächenverbrauchs, dem Schutz des Freiraums und der Vermeidung der Landschaftszerschneidung werden von der Bundesregierung wichtige Nachhaltigkeitsziele zum nachhaltigen Umgang mit Fläche umgesetzt (Bundesregierung 2021). Ein detailliertes Monitoring und eine datenbasierte Steuerung der Flächenentwicklungen benötigt Kenntnisse der räumlichen Verteilung und Entwicklung der Siedlungsflächen (vgl. Behnisch et al. 2018). Die Datenbasis dieser Analysen ist mit der Flächenstatistik nach Art der Tatsächlichen Nutzung als entscheidende amtliche Datengrundlage in zeitlicher und räumlicher Auflösung begrenzt. Die Zielgrößen der Siedlungsflächenentwicklung auf andere Weise zu erfassen, gilt als große Herausforderung und kann durch die Ergänzung etablierter Daten mit Fernerkundungsdaten erfolgen. In diesem Kontext ist das Projekt *incora* angesiedelt, in dessen Rahmen Informationsbedarfe für ein Monitoring in Theorie und Praxis ermittelt und die Möglichkeit analysiert werden soll, bestehende Lücken in räumlicher und zeitlicher Genauigkeit durch die Fernerkundungs-Analyse von Landbedeckungsänderungen zu schließen.

1.1 Monitoring von Siedlungsflächen

Zur zeiträumlichen Analyse der Entwicklungen des Flächenverbrauchs der Siedlungsflächen ist ein Siedlungsflächenmonitoring hilfreich. Für ein dauerhaftes Monitoring müssen die Daten flächendeckend, vergleichbar, georeferenziert, regional differenzierbar und zeitreihenfähig vorliegen. Das amtliche Flächenmonitoring Deutschlands nutzt dabei die „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung“ (Beckmann, Dosch 2018). Aufgrund der mehrjährigen Umstellungsphase der Datenbasis von ALB/ALK zu ALKIS kam es in den letzten Jahren zu Brüchen in der Statistik und somit in der Zeitreihenvergleichbarkeit (vgl. Destatis 2020). Die größte Herausforderung liegt in der Unterscheidung realer und umstellungsbedingter Änderungen, die aufgrund der Umstellung und Aggregation bestimmter Nutzungskategorien aufkommen (Deggau 2009; Destatis 2020). Eine Weiterführung der Zeitreihen ist daher seit 2016 nicht mehr einwandfrei möglich. Dies zeigt sich vor allem in dem Kernindikator „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Die jährlichen Zahlen zur Zielerreichung 30 ha/Tag haben dabei starke Schwankungen, zur plausiblen Interpretation sind Kenntnisse der Effekte, die sich durch die Umstellung der Statistik ergeben, unerlässlich (Destatis 2019). Die Unterstützung durch räumlich und zeitlich genauere Datensätze u. a. aus der Fernerkundung, bietet einen Mehrwert gegenüber den statistisch aggregierten Daten.

1.2 Fernerkundliches Monitoring von Siedlungsflächen

Beim Monitoring von Siedlungsflächen gilt eine gute Datenqualität der Datengrundlage als unabdingbar, denn Indikatoren werden durch Schwankungen in der Qualität stark beeinflusst (vgl. Fina 2013; Beckmann, Dosch 2018). Räumliche Auflösungen, wie z. B. beim FTS-Soil-Sealing-Datensatz (20 x 20 m) oder CORINE Land-Cover-Datensatz (25 ha Mindest erfassungsgröße) der ESA, und hohe und/oder nicht periodisch zeitliche Abstände zwischen den Datensätzen bedingen Unsicherheiten bei Erfassung und Interpretation. Generalisierungen sind für viele Auswertungen herausfordernd, beim ATKIS Basis-DLM werden Teilnutzungen kleinerer Flächen unterhalb der Mindest erfassungsgröße den dominierenden Nachbarflächen zugeordnet, wobei Details verloren gehen (Siedentop, Fina, 2010; Feranec et al. 2016).

In der Planung ist der Drang, neue hochauflösende Daten zur Steuerung der Flächeninanspruchnahme und Klimaanpassung in räumlicher und zeitlicher Genauigkeit zu nutzen, hoch (vgl. Taubenböck, Dech 2010; Taubenböck et al. 2015). Ein Ziel ist die Erfassung von Flächenreserven in einer Realnutzungskartierung neben den Flächennutzungsplänen (Osterhage et al. 2015).

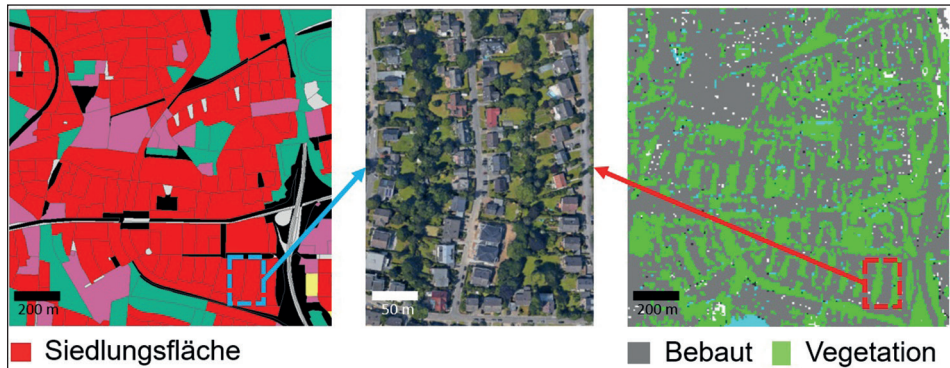


Abb. 1: Gegenüberstellung ATKIS Basis-DLM (l.), Luftbild (m.), *incora* Landbedeckungsklassifikation 2019 (r.) in Dortmund (Quelle: eigene Abbildung)

Abbildung 1 zeigt mittig Einfamilienhäuser mit ihren Hausgärten, diese fallen in der Abbildung links weg und werden den generalisierten Flächen der Klasse Siedlungsfläche-Wohnbau zugeordnet. Die Abbildung rechts zeigt die Bebauung und die Hausgärten in einer detaillierten rasterbasierten Landbedeckungsklassifikation. Für aktuelle Fragestellung, die ein räumlich und zeitlich genaues Monitoring benötigen, ist der Fernerkundungsansatz zukunftsfruchtig, gilt aber durch atmosphärische Störungen und Schwankungen in den Berechnungsgrundlagen der Klassifikation als fehleranfällig. Zur Darstellung der Art der Landnutzung sind Geobasisdaten wie ALKIS und ATKIS im Vergleich zu den Fernerkundungsdaten Quellen mit zeitlich und räumlich begrenzter Auflösung, aber hohem Informationsgehalt. Eine niedrigschwellige Bereitstellung der Datensätze und Indikatoren mit einem einheitlichen Berechnungsalgorithmus gilt als wichtiger Ansatz, der im *incora*-Projekt erforscht wird.

2 Fernerkundliche Methodik und Klassifikationsergebnisse

Im Projekt *incora* wird eine Methodik zur jährlichen Berechnung deutschlandweiter Landbedeckungsklassifikationen entwickelt. Diese können als Grundlage zur Berechnung von Indikatoren des Siedlungsflächenmonitoring verwendet werden. Die entwickelte Methodik wurde beispielhaft für die Referenzjahre 2016 und 2019 angewandt.

2.1 Datenbasis

Grundlage der Landbedeckungsklassifikation sind Sentinel-2 Aufnahmen des jeweiligen Referenzjahres. Um den Vorprozessierungsaufwand zu reduzieren, wurde auf Level-3A WASP Daten vom DLR zurückgegriffen (DLR 2019). Dabei handelt es sich um wolkenfreie, atmosphärenkorrigierte Sentinel-2-Reflektanzdaten, die zu monatlichen Mosaiken aggregiert wurden. Durch Wolkenbedeckung treten mitunter größere Datenlücken

auf, sodass bei weitem nicht für jeden Monat eine wolkenfreie Komplettabdeckung zur Verfügung steht. Besonders trifft dies auf das Referenzjahr 2016 zu: Zu diesem Zeitpunkt war erst einer der beiden Sentinel-2-Satelliten im Orbit, sodass im Vergleich zur heutigen Konfiguration nur halb so viele Aufnahmen zur Verfügung stehen. Für jedes Bezugsjahr wurden möglichst große zusammenhängende Teilgebiete identifiziert, für die viele lückenfreie Monatsmosaiken vorliegen. Aus den Spektralkanälen der Monatsmosaiken wurden diverse spektrale Indizes (NDVI, NDWI, NDBI, BSI) und Texturparameter berechnet. Es wurde ein Hauptmosaik zur Klassifikation ausgewählt, während die Zeitreihe der restlichen Monatsmosaiken zur Berechnung von Maßen der zeitlichen Variabilität der Indizes (vor allem NDVI) im Jahresverlauf genutzt wurde. Neben den Sentinel-2 selbst wurden folgende Hilfsdatensätze für die Erstellung von Trainingsgebieten verwendet: OpenStreetMap (OSM): Wasser, Gebäude und Straßen, zu einem Raster mit 10 m-Auflösung umgewandelt (OpenStreetMap 2020); Copernicus HRL Imperviousness Status Map 2018: Rasterdatensatz des Bodenversiegelungsgrades mit 10 m-Auflösung (EEA 2018); S2GLC Land Cover Map of Europe 2017: Europaweite Sentinel-2-Landbedeckungsklassifikation des Jahres 2017 (Malinowski et al. 2020).

2.2 Klassifikation

Aufgrund des großen Untersuchungsgebiets wurde ein Verfahren entwickelt, um automatisch Trainingsdaten aus den Hilfsdatensätzen sowie den Sentinel-2-Zeitreihen selbst zu extrahieren. Zunächst wurden die sechs Zielklassen „Wald“, „niedrige Vegetation“, „Wasser“, „bebaute Fläche“, „offener Boden“ und „Ackerfläche“ für die spätere Indikatorberechnung definiert. Im Anschluss wurden für jede der Klassen Regeln zur Extraktion potenzieller Trainingsgebiete erstellt. Am Beispiel der Klasse „Wasser“ lässt sich die Regeldefinition erläutern. Es werden nur solche Pixel als potenzielle Trainingsgebiete für diese Klasse extrahiert, die die folgenden Kriterien erfüllen:

- Pixel liegt innerhalb der OSM-Wasserflächen
- Pixel liegt außerhalb der um 20 Meter gepufferten OSM-Straßen
- der NDWI (Normalized Difference Water Index) des Pixels liegt oberhalb des 1. Quartils
- die Helligkeit (maximale Reflektanz der RGB-Bänder) liegt unter 0,5

Auf diese Weise lässt sich für jede Klasse ein Trainingsraster erstellen. Aus diesem Datensatz werden pro Klasse 50 000 Pixel zufällig gezogen und als Trainingsdaten für die Klassifikation der Sentinel-2-Zeitreihe verwendet. Dazu wurde ein Random-Forest-Klassifikator genutzt, der individuell für die zuvor identifizierten Teilgebiete trainiert wurde. Die Klassifikationsergebnisse wurden abschließend zusammengesetzt und kleine Postprozessierungsschritte, wie die Reduktion von Fehlklassifikationen an Bergschatten und im Wattenmeer, angewandt. Zur Analyse von Veränderungen wurde eine Differenz der Klas-

sifikationen der Referenzjahre 2016 und 2019 berechnet. Das Ergebnis wurde anschließend mit einem Modalwertfilter geglättet und Veränderungen kleiner als 0,5 ha entfernt.

2.3 Ergebnisse und Validierung

Abbildung 2 zeigt das Klassifikationsergebnis für ganz Deutschland (a) sowie einen Teilausschnitt des Raums Köln-Bonn (b) für das Jahr 2019.

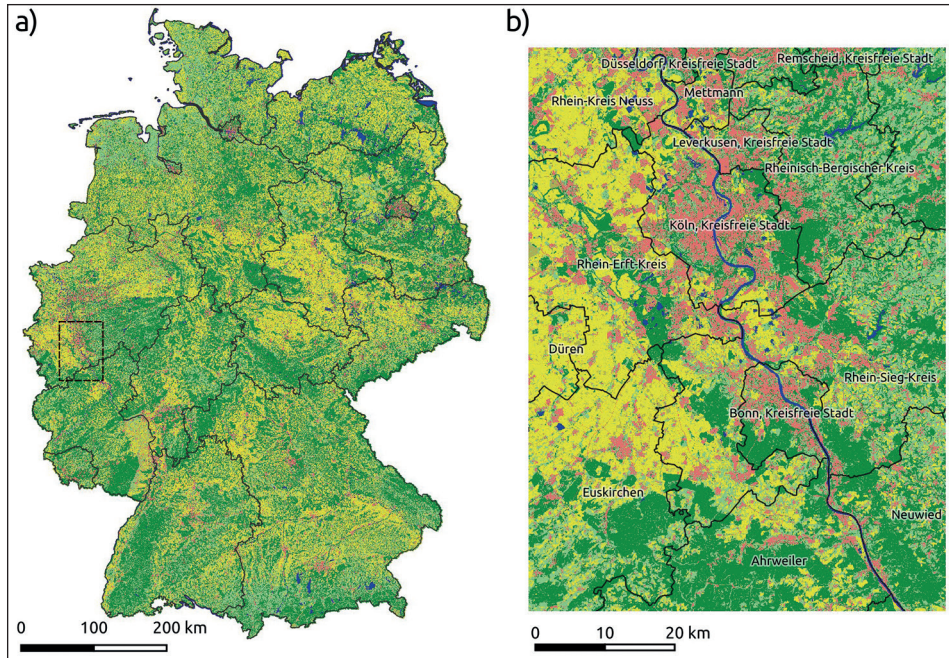


Abb. 2: Klassifikationsergebnis für das Referenzjahr 2019 (Quelle: eigene Abbildung)

Zur Bewertung der Klassifikationsgenauigkeit wurde ein beispielhafter Validierungsdatensatz mit Hilfe des ATKIS Basis-DLM von Nordrhein-Westfalen erstellt. Dieses Bundesland wurde ausgewählt, da zum einen das offene Datenportal leichten Zugang zu relevanten Datensätzen ermöglicht, zum anderen, da der hohe Anteil an bebauter Fläche in NRW belastbare Aussagen zur erzielten Genauigkeit dieser Klasse, die am relevantesten zur Ableitung von Indikatoren zum Siedlungsflächenmonitoring ist, ermöglicht. Da die Validierung nur das Gebiet Nordrhein-Westfalens abdeckt, ist sie nur als beispielhaft anzusehen und kann nicht ohne Weiteres auf die Ergebnisse für die verbleibende Fläche Deutschlands übertragen werden. 5 000 Punkte wurden zufällig aus dem Basis-DLM extrahiert, regelbasiert den sechs *incora*-Klassen zugewiesen und anhand von Sentinel-2- und Luftbildaufnahmen visuell überprüft. Die beiden Klassifikationen der Jahre 2016 und 2019 wurden anschließend anhand dieses Datensatzes validiert. Tabelle 1 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tab. 1: Validierung der Klassifikationsergebnisse. PA = Producer's Accuracy, UA = User's Accuracy, OA = Overall Accuracy, n = Anzahl der Referenzpunkte (Quelle: eigene Darstellung)

Klasse	PA (2016/2019) in %	UA (2016/2019) in %	n
Wald	94,3/95,9	96,9/98,1	1 410
Niedrige Vegetation	84,0/91,5	70,6/76,4	844
Wasser	94,3/92,8	98,5/98,5	69
Bebaute Fläche	89,8/97,3	98,2/99,3	983
Boden	58,5/95,1	19,7/35,1	41
Ackerfläche	85,3/85,3	91,7/95,9	1 653
OA (2016/2019)	88,4/91,9		

In beiden Jahren liegt die Gesamtgenauigkeit (Overall Accuracy) bei ca. 90 %. Die Klasse „bebaute Fläche“ erzielt vor allem im Bezugsjahr 2019 sehr gute Ergebnisse – im Bezugsjahr 2016 liegt die Producer's Accuracy mit 89,8 % jedoch nicht mehr im sehr guten Bereich. Dies ist auf die bereits angesprochene geringere Abdeckung mit Sentinel-2-Daten zurückzuführen, die das Klassifikationsergebnis etwas instabiler macht.

Diese Limitierung zeigt sich auch in der Veränderungsanalyse: Da diese als Differenzraster die Ungenauigkeiten der beiden Klassifikationsergebnisse kombiniert, finden sich einige Gebiete, bei denen in der Veränderungsanalyse von bebauten Flächen vermehrt Fehlalarme auftreten. Eine bereits erfolgte Klassifikation des Bezugsjahres 2020 legt jedoch nahe, dass sich diese Ungenauigkeiten in Bezugsjahren mit besserer Sentinel-2-Datenlage reduzieren lassen.

Die statischen Klassifikationsergebnisse sowie die Veränderungsanalyse wurden anschließend als Grundlage für die Berechnung der Indikatoren verwendet. Diese Datensätze stehen zum Download auf der *mundialis*-Homepage¹ sowie auf der Plattform CODE-DE² zur Verfügung.

3 Indikatoren

Das angestrebte Siedlungsflächenmonitoring im Projekt *incora* beinhaltet eine Auswahl von 30 Indikatoren, die in einem ausführlichen Prozess ausgewählt und hinsichtlich der theoretischen Umsetzbarkeit mit der im Projekt erstellten Landbedeckungsklassifikation bewertet wurden. Anhand der theoretischen Bewertung wurden die Indikatoren in vier Ebenen eingeordnet, die in Form einer Pyramide aufgebaut sind (Abb. 3).

¹ <https://www.mundialis.de/de/deutschland-2019-landbedeckung-auf-basis-von-sentinel-2-daten/>

² <https://code-de.org/de/portfolio/69?q=all>

Die Spitze bildet die Gruppe der Kernindikatoren, die für das Flächenmonitoring essenziell sind und sich an den Nachhaltigkeitsindikatoren Deutschlands u. a. SDG 11.1a-c orientieren (vgl. Bundesregierung 2021; Destatis 2021). Weitere Ebenen bilden Zusatzindikatoren mit bundesweiten Raumstrukturindikatoren und Fallbeispielindikatoren mit regionalen und lokalen Raumbezug ab. Die Fernerkundungsdaten werden für die jeweiligen Berechnungen unterschiedlich genutzt, so nutzt ein großer Teil der Indikatoren die Daten vollumfänglich, andere nutzen diese ergänzend zu bestehenden Geodaten. Folgende Darstellungen sind Auszüge aus den laufenden Arbeiten zur praktischen Anwendung der *incora* Landbedeckungsklassifikation und sollen einen Eindruck der Möglichkeiten geben.

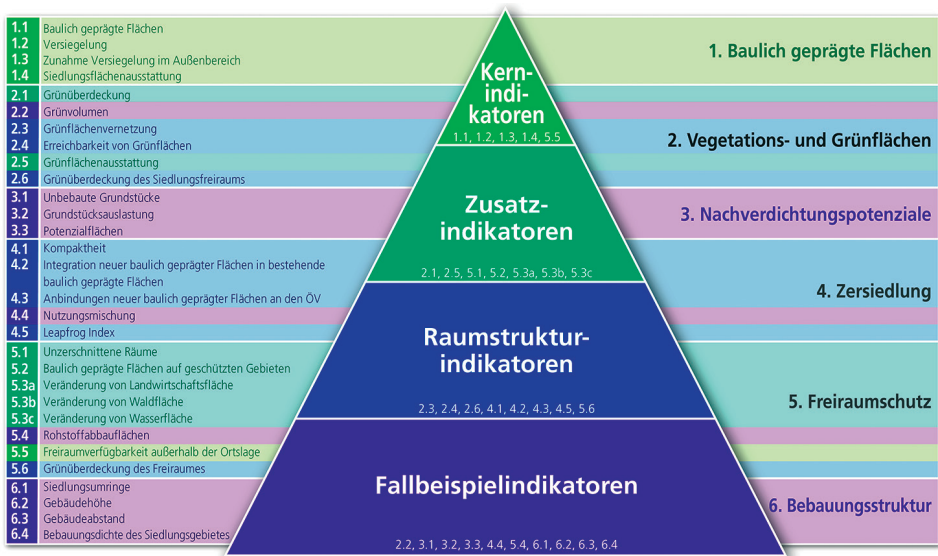


Abb. 3: Indikatoren-Set des Projekts *incora* (Quelle: eigene Abbildung)

3.1 Kernindikatoren

Als wichtigster Kernindikator ist der Indikator 1.1 „Baulich geprägte Fläche“ zu nennen. Der Indikator wird aus der Klasse „bebaute Fläche“ der Landbedeckungsklassifikation gewonnen und beschreibt den Anteil der baulich geprägten Fläche in der Gebietseinheit (Abb. 4). Er dient außerdem als Grundlage für viele weitere Indikatoren, wie dem Indikator 1.4 „Siedlungsflächenausstattung“ (Abb. 4). Der einwohnergewichtete Indikator beschreibt die verfügbare baulich geprägte Fläche pro Einwohner in m².

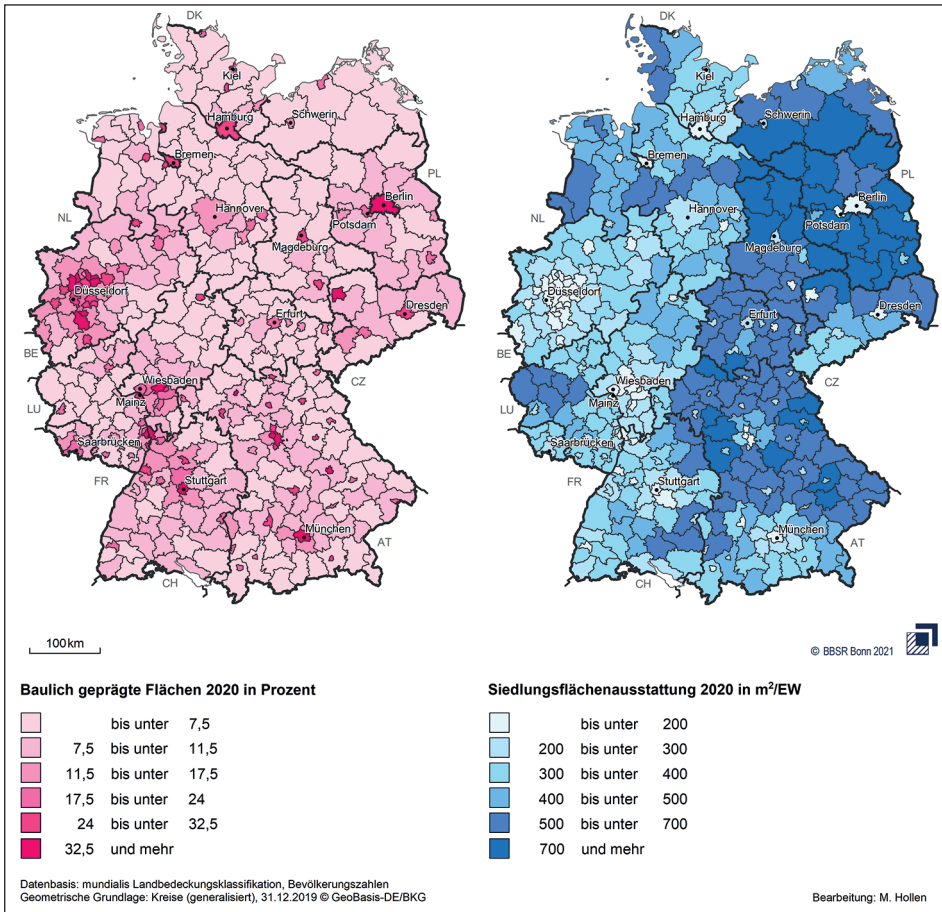


Abb. 4: Deutschlandweite kartographische Darstellung der Indikatoren 1.1 (l.) und 1.4 (r.) auf Kreisebene (Quelle: s. Abbildung)

3.2 Zusatzindikatoren

Der Indikator 2.1 „Grün­ausstattung“ gilt als wichtiger Indikator der Gruppe Zusatzindikatoren (Abb. 5). Dieser setzt sich aus den Klassen „niedrige Vegetation“ und „Wald“ der Landbedeckungsklassifikation zusammen und wird als Anteil der Grünüberdeckung auf der Gebietseinheit angegeben. Teilweise werden kleinräumige urbane Grünflächen in aggregierten Geobasis-Daten wie ALKIS nicht dargestellt, durch die Nutzung von Satellitenbilddaten können diese kleinräumigeren Strukturen erkannt werden. Ebenso sind Grünflächen förderlich für eine Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung. Daher ist es nicht nur wichtig, den Anteil der Grünflächen auf der Gebietseinheit anzugeben, sondern auch die einwohnergewichtete Grünflächenausstattung (Abb. 5).

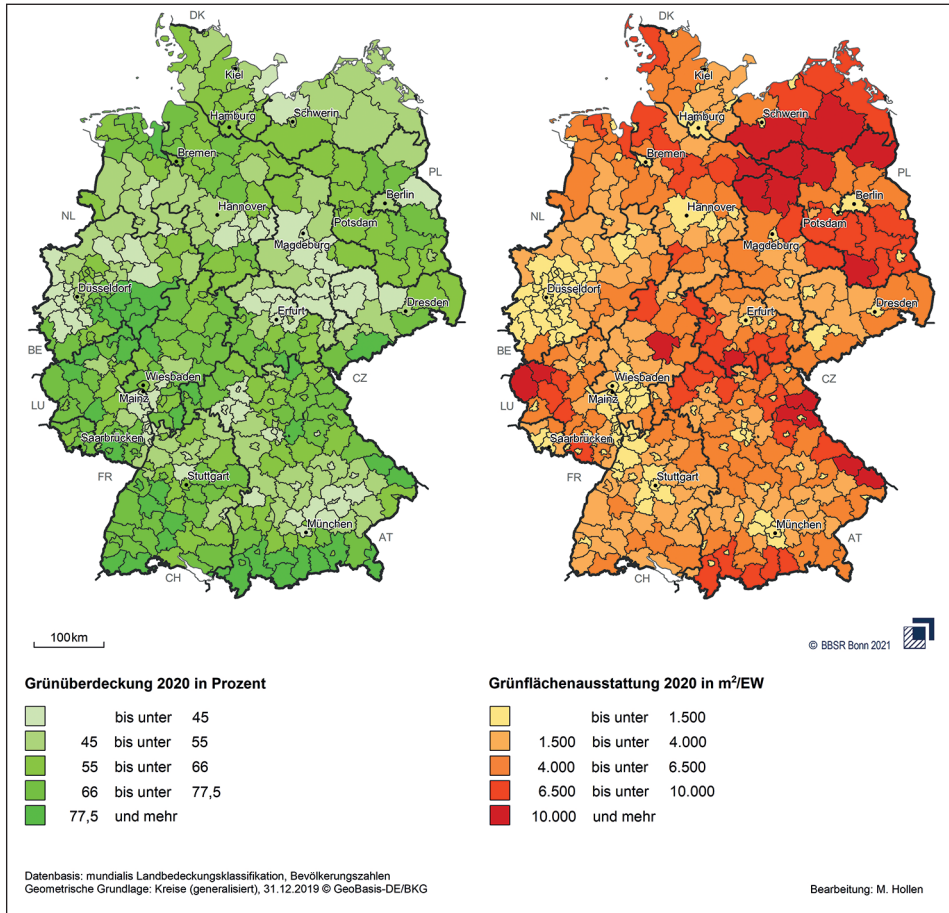


Abb. 5: Deutschlandweite kartographische Darstellung der Indikatoren 2.1 (l.) und 2.5 (r.) auf Kreisebene (Quelle: s. Abbildung)

3.3 Raumstruktur- und Fallbeispielindikatoren

Wichtig für eine nachhaltige Flächennutzung sind Kenntnisse über die Raumstruktur. Disperse Siedlungsstrukturen sind z. B. ein Grund für eine fragmentierte Freiraumstruktur. Als Maß kann u. a. der Indikator 4.1 „Kompaktheit“ genutzt werden. Der zu berechnende Index beruht auf der Annahme, dass der Siedlungskörper einer Gebietseinheit aus einer Menge von Polygonen unterschiedlicher Form besteht. Zur Berechnung wird der Umfang der Siedlungsfläche ins Verhältnis zum Umfang eines Kreises mit gleich großem Flächeninhalt gesetzt (vgl. Thinh 2004; McGarigal; Marks 1995). Mit der Landbedeckungsklassifikation kann dieses Maß flächendeckend berechnet werden. Dies zeigt sich vor allem im Unterschied von kreisfreien Großstädten zu Landkreisen, wobei die hohe

räumliche und zeitliche Auflösung der Fernerkundungsdaten als Vorteil gegenüber der Berechnung des Indikators mit Geobasisdaten gilt und kleinste Flächen hervorhebt.

Anhand der Fallbeispielindikatoren werden spezielle Themenbereiche der Siedlungsflächenentwicklung auf lokaler Ebene betrachtet. Ein Indikator ist der Indikator 3.1 „Unbebaute Grundstücke“. Unbebaute Grundstücke spielen im politischen Diskurs bezüglich der Begrenzung des Zuwachses der Siedlungs- und Verkehrsfläche eine wichtige Rolle. Dafür sind u. a. Kenntnisse über den Umfang von unbebauten Grundstücken essenziell (vgl. Hecht, Meinel 2014). Informationen über die tatsächliche Landbedeckung aus der *incora*-Landbedeckungsklassifikation können Untersuchungen zu detektierten unbebauten Grundstücken um wichtige Zusatzinformationen ergänzen.

4 Fazit und Ausblick

Die vorgestellte Landbedeckungsklassifikation ist mit leichten Abzügen in der zeitlichen Vergleichbarkeit für die Erstellung von Indikatoren bebauter Flächen und grüner Infrastruktur erfolgreich nutzbar, wobei einzelne Indikatorengruppen gut, andere weniger gut mit den Daten berechnet werden können. Die Kernindikatoren der baulich geprägten Fläche, Strukturindikatoren v. a. für den Status quo, sind dabei gut abbildbar. Auflösungsbedingte Unschärfen (v. a. bei kleinräumigen Strukturen, wie Indikatoren für Nachverdichtungspotenziale, Bebauungsstruktur) gelten als wichtige Erkenntnis, die eine tiefgreifende Forschung mit höher aufgelösten Daten begründen. Das vorgestellte Indikatoren-Set der *incora*-Indikatoren-Pyramide stellt eine vielschichtige Grundlage für ein Monitoring dar und soll zu weiteren Arbeiten anregen.

Der automatische Workflow bietet schnelle und reproduzierbare Ergebnisse und ist ein wichtiger Baustein zur schnellen und fehlerfreien Produktion der Daten. Eine künftige freie Verfügbarkeit der Berechnungsgrundlagen, wie auch die Verfügbarkeit der Daten auf der Website der Firma Mundialis und CODE-DE stellt dabei einen weiteren Schritt zur einfachen, niedrighschwelligen Nutzung von Fernerkundungsdaten in der Planung dar.

Das primäre Ziel ist eine möglichst exakte, verlässliche Erfassung der baulich geprägten Flächen und den darauf basierenden Indikatoren. Das sekundäre Ziel, *incora*-Daten als Ergänzung zu anderweitig berechneten Indikatoren zu nutzen, gilt es weiter zu verfolgen. Die Kombination der Landbedeckungsklassifikation mit Geobasisdaten, frei verfügbaren Geodaten oder anderen Fernerkundungsdaten gilt als Schlüssel, einen Mehrwert gegenüber anderen Quellen zu schaffen. Die Landbedeckungsklassifikation liefert eine räumlich und zeitlich hohe Auflösung, es ist vom Nutzer abzuwägen, ob die Daten auch in der thematischen Auflösung für den Zweck nutzbar sind.

Die Indikatoren zeigen vielversprechende Ergebnisse, wobei die auf der Veränderungsanalyse basierenden Indikatoren mit Vorsicht zu behandeln sind. Hier zeigen sich Schwächen, die es gilt, im Projektverlauf zu identifizieren. Die Landbedeckungsklassifikation von 2020 kann dies noch verbessern.

5 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.
- Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G. (Hrsg.) (2018): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung Springer Spektrum. Berlin.
- Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Weiterentwicklung 2021.
- Deggau, M. (2009): Die amtliche Flächenstatistik – Grundlage, Methode, Zukunft. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.). Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen 2009.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2019): Methodenbericht zur Flächenerhebung 2018.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2020): Qualitätsbericht zur Flächenerhebung.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2021): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Indikatorenbericht 2021.
- DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2019): Sentinel-2 MSI – Level 2A (MAJA Tiles) – Germany. <https://geoservice.dlr.de/data-assets/ifczsszkc63.html> (Zugriff: 21.07.2020).
- EEA – Europäische Union, Copernicus Land Monitoring Service, Europäische Umweltagentur (2018): Copernicus High Resolution Layer: Imperviousness Status Map.
- Fina, S. (2013): Indikatoren der Raumentwicklung. Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung. Dissertation an der Eberhard Karls Universität Tübingen, Geographisches Institut.
- Hecht, R.; Meinel, G. (2014): Automatisierte Baulückendetektion in Geobasisdaten – Möglichkeiten und Grenzen der Ermittlung von Innenentwicklungspotenzialen. Vermessung Brandenburg 2, 17-25.
- Malinowski, R.; Lewiński, S.; Rybicki, M.; Gromny, E.; Jenerowicz, M.; Krupiński, M.; Nowakowski, A.; Wojtkowski, C.; Krupiński, M.; Krätzschmar, E.; Schauer, P. (2020): Automated Production of a LandCover/Use Map of Europe Based on Sentinel-2 Imagery. In: Remote Sensing, 21 (2020) 12.
- McGarigal, K.; Marks, B. J. (1995): Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNWGTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1-122.

- OpenStreetMap (2020): Planet dump retrieved from <https://planet.osm.org>.
<https://www.openstreetmap.org> (Zugriff: 20.07.2021).
- Osterhage, F.; Eichorn, S.; Rönsch, J. (2015): Siedlungsflächenmonitoring Nordrhein-Westfalen. Ergebnisbericht Erhebung der Siedlungsflächenreserven 2014. Hg. v. Staatskanzlei des Landes Nordrhein-Westfalen. ILS Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH, Düsseldorf.
- Siedentop, S.; Fina, S. (2010): Datengrundlagen zur Siedlungsentwicklung. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung. Stuttgart.
- Taubenböck, H.; Dech, S. (2010): Fernerkundung im urbanen Raum: Erdbeobachtung auf dem Weg zur Planungspraxis. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Taubenböck, H.; Wurm, M.; Esch, T.; Dech, S. (2015): Globale Urbanisierung: Perspektive aus dem All. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Thinh, N. (2004). Entwicklung von Maßen zur Charakterisierung und Bewertung der physischen und funktionalen Kompaktheit von Stadtregionen. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, (3), 225-236.

Wie Geodaten des BKG die Agenda 2030 unterstützen

Gwendolin Seidner-Schötz, Patrick Knöfel

Zusammenfassung

Die Urbanisierung und die damit verbundenen Effekte wie Bevölkerungswachstum und Verstädterung führen zu negativen Auswirkungen auf die Umwelt und Gesellschaft und stellen die globale Geo- und Statistikgemeinschaft vor große Herausforderungen. Daher haben sich die Stakeholder des Themas angenommen und suchen nach nachhaltigen Lösungen zur Umsetzung der Agenda 2030. Dieser Beitrag diskutiert und charakterisiert die kollaborative Analyse von SDG-Indikatoren mit Geo- und Fernerkundungsdaten am Beispiel eines urbanen SDG-Indikators (11.7.1: „Siedlungsfläche in Städten, die der Öffentlichkeit zugänglich ist“). Untersucht wird, ob es für bestimmte Indikatoren nur eine Analysemethode gibt oder ob auch mehrere Methoden verwendet werden können, wie z. B. bei statistischen Daten oder Fernerkundungsdaten. Anhand der verschiedenen Ansätze wird die Bedeutung von Kooperationen und der gemeinsamen Nutzung von Daten durch verschiedene Geo- und Statistikbehörden aufgezeigt.

Schlagwörter: Geodaten, Nachhaltige Entwicklung, Fernerkundung, Flächennutzung

1 Einführung

Städtische Gebiete sind die proportional am schnellsten wachsenden Landbedeckungskategorie. Mehr als 50 Prozent der Weltbevölkerung lebt heute bereits in Städten. Das stetige urbane Wachstum einschließlich der Nachverdichtung als Folge des Anstiegs der Weltbevölkerung stellt die Städte vor große Herausforderungen, insbesondere im Bereich der Stadtentwicklung und Infrastruktur (Fuller, Gaston 2009). Um negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft zu verringern, müssen Maßnahmen entwickelt und umgesetzt werden, um nachhaltige Lösungen zum Schutz der natürlichen und menschlichen Umwelt zu finden und lokale und globale Probleme anzugehen. Der Verlust von Grünflächen durch versiegelte Flächen, große Mengen an CO₂-Emissionen durch Industrie und Verkehr sind nur einige Umstände, die als negative Auswirkungen zu nennen sind.

Um den Anforderungen einer nachhaltigeren Zukunft gerecht zu werden, wurde die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung verfasst. Verabschiedet von der UN-Generalversammlung im September 2015, bietet die Agenda eine Blaupause für Maßnahmen zum Aufbau einer besseren Welt, indem sie einen Plan zur nachhaltigen Umgestaltung von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt bis zum Jahr 2030 entwirft (United Nations 2021), und zwar mit dem übergeordneten Ziel, niemanden zurückzulassen („leave no

one behind“). Ein zentraler Bestandteil der Agenda 2030 sind die 17 globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs), die in 169 Unterziele unterteilt sind. Auf internationaler Ebene sind die nationalen statistischen Ämter für die Koordinierung und Veröffentlichung von Daten zu den SDGs zuständig. Sie adressieren die globalen Herausforderungen wie Armut, Ungleichheit, Umweltzerstörung, Frieden, Gerechtigkeit und Klimawandel (ebd.).

2 Zusammenarbeit von Geo- und Statistiksektor

Der Zugang zu qualitativ hochwertigen Daten ist für viele verschiedene Bereiche von grundlegender Bedeutung, nicht nur im Bereich der Geodaten. Aufgrund des stetigen Städtewachstums und der Zunahme von messbaren negativen Veränderungen (unkontrolliertes Bevölkerungswachstum, Emissionen, etc.) ist eine Kombination verschiedener Datentypen unausweichlich. Insbesondere die Analyse von statistischen und raumbezogenen Daten spielt für soziale und wirtschaftliche Aspekte eine wichtige Rolle. In Deutschland ist das Statistische Bundesamt für die Koordinierung des nationalen Monitorings der Sustainable Development Goals zuständig. Durch die Zusammenarbeit mit dem BKG bei der Indikatorenanalyse wurde das Fachwissen aus dem Statistik- und dem Geodatenbereich kombiniert, welches zu einem qualitativ hochwertigen Output und zur Stärkung der Geodateninfrastruktur durch die erfolgreiche Anpassung von Verfahren führt. Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt in der Herausstellung der Bedeutung einer kollaborativen Zusammenarbeit für die Förderung und Nutzung von Geodaten und statistischen Daten sowie des Erfahrungsaustausches zu technischen Herausforderungen und Qualitätssicherung.

2.1 Nationale Ebene

Das Statistische Bundesamt ist der sogenannte Focal Point für Deutschland. Das Statistische Bundesamt wurde von der Bundesregierung unter anderem beauftragt, im Rahmen des nationalen Monitorings der Sustainable Development Goals nationale Zeitreihen zu den globalen SDG-Indikatoren zu erstellen. Es ermittelt, inwieweit Daten nationaler Stellen für die Berechnung der SDG-Indikatoren geeignet sind oder von internationalen Institutionen bereits genutzt werden. Als nationaler Anbieter für Geoinformationen in Deutschland ist das BKG für die Entwicklung und Produktion nationaler Geodatensätze wie dem Deutschen Landbedeckungsmodell (LBM-DE), den Digitalen Geländemodellen (DMG) oder dem Digitalern Landschaftsmodell (DLM) zuständig. Im Rahmen eines Memorandum of Understanding (MoU) zwischen dem BKG und dem Statistischen Bundesamt wurden Machbarkeitsstudien zu drei ausgewählten SDG-Indikatoren hinsichtlich der Integration von Erdbeobachtungsdaten und nationalen Geodatensätzen zur Berechnung evaluiert. Das BKG hat bereits einige Studien zum Ziel 15 („Leben an

Land“) durchgeführt (Knöfel et al. 2019). Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf SDG 11: „Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten“. Durch die Analyse des Indikators 11.7.1: „Siedlungsfläche in Städten, die der Öffentlichkeit zugänglich ist“, untersucht das BKG, ob Fernerkundungs- bzw. nationale Geodaten zur Berechnung zielführend eingesetzt werden können.

2.2 Internationale Ebene

Die Erfahrungen auf nationaler Ebene werden in globalen Netzwerken und Kooperationen geteilt. Das BKG hat den Vorsitz der UN-GGIM: Working Group on Data Integration (United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management), die sich mit der Integration von Geodaten mit anderen Informationen beschäftigt. Etwa 20 europäische UN-Mitgliedsstaaten sind Mitglieder der Arbeitsgruppe. Vertreten sind neben nationalen Statistikämtern auch nationale Kartographie- und Katasterämter.

Im Jahr 2019 veröffentlichte die Arbeitsgruppe einen Abschlussbericht zum Thema „The territorial dimension in SDG indicators: geospatial data analysis and its integration with statistical data“. Der Bericht konzentriert sich auf den Beitrag der Geodatenanalyse und deren Integration mit statistischen Daten aus globaler, europäischer und nationaler Perspektive anhand der Analyse ausgewählter SDG-Indikatoren (UN-GGIM: Europe 2019). Ziel ist es, eine methodische, operative und technische Anleitung für die Nutzung von Geodaten und Statistiken zur Berechnung von SDG-Indikatoren zu geben und über Lösungen nachzudenken, die dazu beitragen können, den Aufwand zur Erhebung und Aufbereitung statistischer Informationen zu verringern und den Detaillierungsgrad der SDG-Indikatoren zu erhöhen. Die vergleichende Analyse zwischen paneuropäischen und nationalen Methoden und die zusätzliche Analyse, ob eine Gewinnung neuer relevanter Informationen für die Berechnung der Indikatoren möglich ist, sind Hauptaufgaben der Arbeitsgruppe (ebd.).

Durch den Austausch der angewandten Methodik und der Ergebnisse, z. B. für den Indikator 11.7.1, konnten das BKG und das Statistisches Bundesamt zwei unterschiedliche, aber nützliche Ansätze mit Geodaten und statistischen Daten bereitstellen. Auf der Grundlage von Kooperationen auf nationaler und globaler Ebene können normative methodische Anleitungen für die Berechnung von SDG-Indikatoren und die Darstellung von umgesetzten Strategien entwickelt werden.

Netzwerke und Kooperationen von statistischen Ämtern, nationalen Kartierungs- und Katasterbehörden, Geodatenagenturen, Datenexperten und mehr sind der Schlüssel zur Entwicklung von Strategien für eine nachhaltigere Zukunft. Der aktive Erfahrung- und Wissensaustausch, wie z. B. in Europa beschrieben, unterstützt die Umsetzung der Agenda 2030.

3 Machbarkeitsstudie

3.1 Berechnungsmethode

Um die oben erwähnte Zusammenarbeit zu beschreiben, wird am Beispiel des ausgewählten Indikators zur öffentlichen Zugänglichkeit von urbanen Siedlungsflächen gezeigt, wie dessen Berechnung umgesetzt wurde und wie die Ergebnisse der Machbarkeitsstudien in den Netzwerken kommuniziert wurden.

Die Berechnung für den Indikator 11.7.1 wurde anhand des Dokuments „Metadata on SDGs Indicator 11.7.1, Indicator category: Tier II, entwickelt von: UN-HABITAT“ (Stand: Dezember 2018), durchgeführt. Das Dokument empfiehlt die schrittweise Ableitung der bebauten Flächen. Zunächst werden verschiedene Klassen auf Basis ihrer Bebauungsdichte in einem Kreis mit einer Fläche von 1 km² gebildet (laut Metadatenbeschreibung: Radius eines 1 km² großen Kreises, d. h. 564 m). Die in dieser Studie vorgeschlagene Methodik wurde an die verwendeten deutschen Datensätze angepasst. Die für die Ableitung der Indikatorwerte genutzten Daten sind nationale Geodatensätze, die vom BKG zur Verfügung gestellt und produziert werden. Die Verarbeitung erfolgte halbautomatisch mit einem Python-Skript, welches am BKG speziell für die nationalen Geodatensätze in dieser Berechnung entwickelt wurde.

Die Berechnungen basieren hauptsächlich auf den Daten des digitalen Landbedeckungsmodells Deutschland 2015 und 2018 (LBM-DE 2015; LBM-DE 2018; Hovenbitzer et al. 2014). Das LBM-DE wird alle drei Jahre aus Fernerkundungsdaten und Geodaten abgeleitet. Die für den Indikator wichtigen bebauten Flächen werden aus Rapid-Eye-Satellitendaten abgeleitet und als LBM-DE-Merkmalattribut „Versiegelungsgrad“ hinterlegt. Anschließend wurden bei der Berechnung für 81 ausgewählte Städte mit mehr als 100 000 Einwohnern die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Auswahl der Polygone mit einem Versiegelungsgrad > 25 %
2. Transformation in ein Raster mit 10 m Rasterweite.
3. Räumliche Analyse der Pixel nach der Bebauungsdichte in fußläufiger Entfernung (564 m).
4. Bildung eines urbanen Clusters durch Gruppierung zusammenhängender urbaner und suburbaner Pixel (Bebauungsdichte > 25 %)
5. Erweiterung des urbanen Clusters um 100-m-Puffer und Auswahl eingeschlossener, zusammenhängender Flächen < 200 ha.
6. Zuschneidung des urbanen Clusters auf administrative Grenzen

Hinweis: Nur potenzielle öffentliche Freiflächen werden identifiziert, da die kostenfreie und 24/7-Zugänglichkeit nicht mit Fernerkundung ermittelt werden kann.

Beispiele für die verschiedenen Verarbeitungsschritte sind in Abbildung 1 für die Stadt Frankfurt a. M. dargestellt. Zunächst wird eine räumliche Analyse anhand der Versiegelungsgrade der Flächen (Abb. 1a) durchgeführt, um die urbanen Klassen zu identifizieren (Abb. 1b). Die abgeleiteten Klassen „suburban“ und „urban“ werden zur Bildung des urbanen Clusters verwendet (Abb. 1c). Die potenziellen öffentlichen Freiflächen, wie sie für die Indikatorberechnung benötigt werden, sind die Freiflächen innerhalb des urbanen Clusters sowie die umschlossenen und die Saumflächen (Abb. 1d).

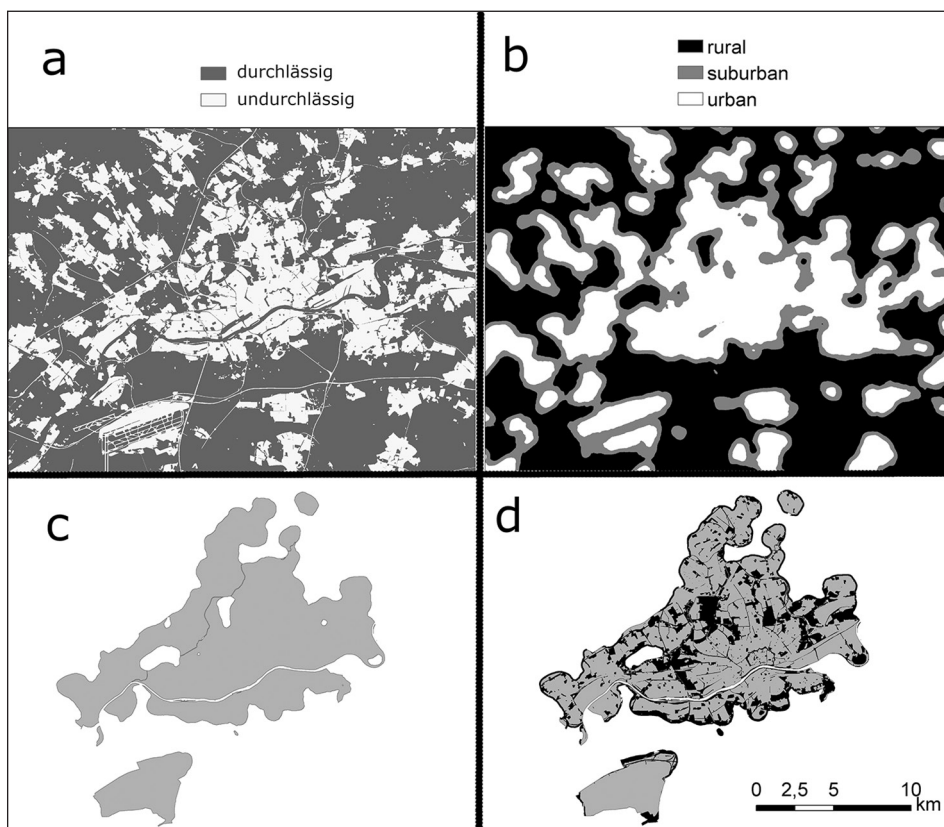


Abb. 1: Umwandlung des LCLU-Datensatzes in Built-up area (a), räumliche Dichteanalyse (b), die zugeschnittenen urbanen Cluster (grau) auf die Verwaltungsgrenzen (c) und die Endergebnisse für öffentliche Freiflächen (schwarz) im Verhältnis zur bebauten Fläche (d) (Quelle: eigene Bearbeitung)

3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Indikatorberechnung für Deutschland in Tabelle 1 zeigen einen Rückgang der Quote von 31,90 % im Jahr 2015 auf 31,78 % im Jahr 2018. Das bedeutet, dass der Anteil der potentiellen öffentlichen Freiflächen an der bebauten Fläche im Jahr 2018 im Vergleich zu 2015 um 0,12 Prozentpunkte gesunken ist.

Tab. 1: Indikatorwerte und relevante Flächen für Deutschland der Jahre 2015 und 2018
(Quelle: eigene Bearbeitung)

	2015	2018	Differenz
Share of (potential) built-up area of the city that is open space in public use [%]	31,90	31,78	-0,12
Potential Open Public Open Spaces [km ²]	2 291	2 287	-4
Built-up Area [km ²]	7 181	7 197	+16

Die Gründe hierfür lassen sich anhand der Werte aus Tabelle 1 erläutern. Die Zunahme der bebauten Fläche bei gleichzeitiger Abnahme der Fläche für potenzielle öffentliche Freiflächen führt insgesamt zu einer Abnahme des Indikatorwertes.

Die Definition als öffentlich zugängliche Freifläche (Public Open Space) für diesen spezifischen Indikator bedeutet nicht notwendigerweise, dass die Fläche auch von Vegetation bedeckt ist. Zum überwiegenden Teil kann aber davon ausgegangen werden. Dies impliziert, dass die Verdichtung des städtischen Raums zu einem Verlust an grünen, vegetationsbestandenen Flächen in der Stadt führt bzw. zu einer Abnahme möglicher Orte sozialer Interaktion, wie es der Indikator ausdrückt. Natürlich lässt sich aus solch kurzen Zeitreihen kein Trend ablesen. Zukünftige Daten werden es aber ermöglichen, eine Trendanalyse der Entwicklung des Indikators im Sinne der Agenda 2030 durchzuführen.

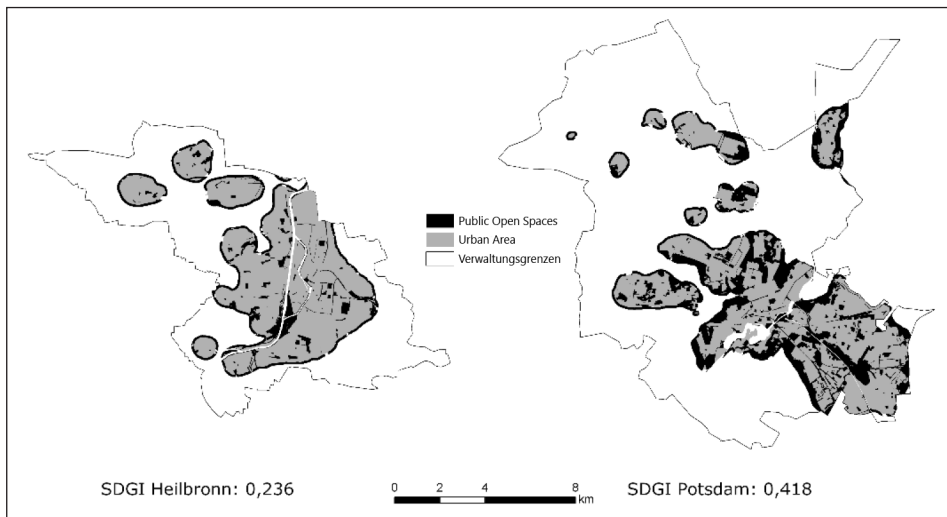


Abb. 2: SDG-Indikator 11.7.1 Vergleich der Städte Heilbronn (links) und Potsdam (rechts). Dargestellt ist die städtische Ausdehnung (grau) und die öffentlichen Freiflächen (schwarz). Hinweis: SDGI = SDG-Indikatorwert (Quelle: eigene Bearbeitung)

Auch wenn ein Vergleich zwischen den Jahren nur bedingt möglich ist, ist ein Vergleich verschiedener Städte durchaus möglich. Voraussetzung hierfür ist, dass sie basierend auf vergleichbaren Grundlagendaten ermittelt wurden, wie es bei der vorliegenden Studie der Fall ist. Ein beispielhafter Vergleich zweier Städte mit niedrigen und hohen Indikatorwerten ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die Stadt Heilbronn öffentliche Freiflächen (schwarze Fläche) überwiegend im Randbereich der Stadt und damit einen niedrigen Indikatorwert (0,236) hat. Im Vergleich dazu hat Potsdam neben den Randbereichen auch viele öffentliche Freiflächen (schwarze Fläche) innerhalb des urbanen Clusters und damit einen hohen Indikatorwert (0,418). Somit haben dichte und kompakte Städte einen relativ niedrigen Indikatorwert, verglichen mit Städten, wie Potsdam, in denen der öffentliche Freiraum stärker verteilt ist. Ein Histogramm mit berechneten Indikatorwerten für 81 Städte Deutschlands ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Städte Heilbronn und Potsdam sind darin hervorgehoben, um eine bessere Einordnung bzw. Vergleich der ermittelten Werte illustrieren zu können.

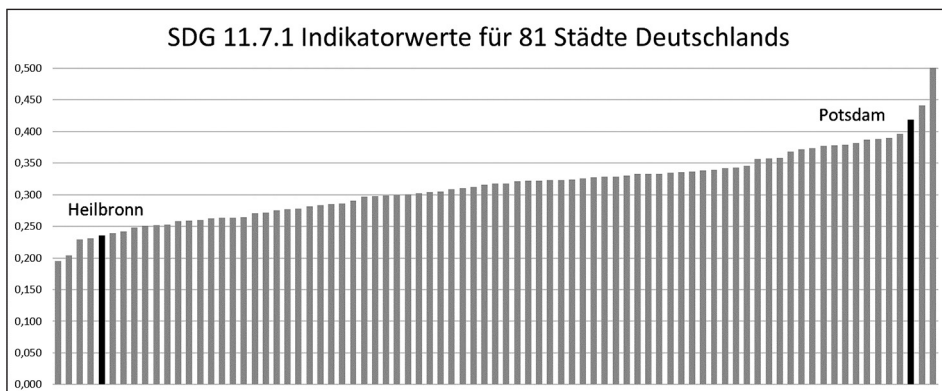


Abb. 3: Histogramm der Indikatorwerte für die berechneten 81 deutschen Städte über 100 000 Einwohner (inkl. Heilbronn und Potsdam, schwarz) (Quelle: eigene Bearbeitung)

4 Fazit

Wie in der Fallstudie gezeigt, ist die Verwendung von Geodaten für die nationale Berechnung des Indikators geeignet. Darüber hinaus kann die Methode für einen nationalen Städtevergleich der untersuchten Relation von potenziellen öffentlichen Freiflächen zur bebauten Fläche genutzt werden. Das Ergebnis der Auswertung der Machbarkeitsstudie mit dem Statistischen Bundesamt für den Indikator 11.7.1 zeigte, dass nationale Geodaten für die nationale SDG-Berichterstattung genutzt werden können.

Die Ergebnisse wurden zudem mit der UN-GGIM: Working Group on Data Integration und der Group of Earth Observations for the Sustainable Development Goals Initiative (EO4SDG) geteilt. Die größte technische Herausforderung bei dem Vergleich der

verschiedenen Mitgliedsstaaten ist die Heterogenität der Eingangsdaten, sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Auflösung. Das Ergebnis der internationalen Zusammenarbeit wird zur Entwicklung von standardisierten methodischen und technischen Dokumenten für jeden ausgewählten Indikator führen. Darüber hinaus wird eine normative Anleitung zur Nutzung von EO für die Berechnung von SDG-Indikatoren in Form von Merkblättern vorgestellt und erläutert. Zukünftige Indikatorenanalysen könnten bereits erprobte Verfahren übernehmen und auf die Erfahrungen aus interdisziplinären Analysen zurückgreifen.

5 Literatur

- Fuller, R.; Gaston, K. (2009): The scaling of green space coverage in European cities. *Biology letters*.
- Hovenbitzer, M.; Emig, F.; Wende, C.; Arnold, S.; Bock, M.; Feigenspan, S. (2014): Digital Land Cover Model for Germany – DLM-DE. In: Manakos, I.; Braun, M. (Eds): *Land use and land cover mapping in Europe: practices & trends. Remote Sensing and Digital Image. Processing*, 18. Springer, Dordrecht, 255-272.
- Knöfel, P.; Suresh, G.; Schweitzer, C.; Hovenbitzer, M. (2019): Einsatz von Fernerkundungsdaten zur Ableitung aktueller Land- und Waldflächen zur Unterstützung der Berechnung von SDG-Indikatoren. In: Leal Filho W. (Hrsg.): *Aktuelle Ansätze zur Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- SDG Indicators Metadata repository.
<https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-11-07-01.pdf>
(Zugriff: 15.01.2021).
- United Nations (2021): The 17 goals. <https://sdgs.un.org/goals> (Zugriff: 10.01.2021).
- UN-GGIM: Europe (2019): *The territorial dimension in SDG indicators: geospatial data analysis and its integration with statistical data*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.
https://un-ggim-europe.org/wp-content/uploads/2019/05/ UN_GGIM_08_05_2019-The-territorial-dimension-in-SDG-indicators-Final.pdf
(Zugriff: 10.01.2021).

Identifikation und Bewertung von Entsiegelungspotenzialen als Beitrag zur nachhaltigen Quartiersentwicklung – Zwischenergebnisse aus NaMaRes

Rebekka Volk, Elias Naber, Thomas Lützkendorf, Denise Böhnke, Kai Mörmann, Frank Schultmann, Stefan Norra

Zusammenfassung

Es besteht ein großes gesellschaftliches Interesse daran, städtische Lebensräume nachhaltiger zu gestalten. Die zugehörige nachhaltige und ressourceneffiziente Quartiersentwicklung stellt u. a. eine Herausforderung für das Flächenmanagement dar und ist ein Prozess, der auf Basis der Analyse des Ausgangszustands zu einer Formulierung konkreter Ziele führt sowie eine Auswahl, Bewertung und Umsetzung von Maßnahmen erfordert. Der Beitrag adressiert die Grundlagen einer Analyse und Bewertung des Ausgangszustands der Flächennutzung und Bodenversiegelung in Bestandsquartieren, sowie die Identifikation von Entsiegelungspotenzialen. Zur Bewertung der Maßnahmen werden Kennwerte zu ihren Wirkungen berechnet. Mit einem Werkzeug, welches im BMBF-Projekt NaMaRes konzipiert, entwickelt und erprobt wird, werden vorhandene städtische Daten verarbeitet und angereichert, um fundierte Arbeitsgrundlagen bereitzustellen und Szenarioanalysen zu ermöglichen. Die Vorgehensweise wird am Beispiel der Karlsruher Innenstadt-Ost dargestellt.

Schlagwörter: Entsiegelung; Biotope; Indikatoren; Bewertung; Kosten

1 Einführung

Böden stellen eine nicht erneuerbare Ressource dar, welche es zu schützen gilt (vgl. BauGB; BBodSchG; ROG; BNatSchG; EU-SFD). Die intensivste Form der Flächeninanspruchnahme ist die Bodenversiegelung. Die gemeinsame Schnittmenge unterschiedlicher Definitionen der Bodenversiegelung ist das Hinzufügen einer flächigen Barriere, welche die natürlichen Bodenfunktionen, hier insbesondere Versickerung und Gasaustausch, ganz oder teilweise beeinträchtigt (UBA 2021; ETC 2019). Die Infiltrationseigenschaften der hinzugefügten Barriere werden als Hauptcharakteristika herangezogen (Arnold 1996; EK 2011). Hohe Versiegelungsanteile sind besonders in Städten, dicht besiedelten und industriell genutzten Gebieten vorzufinden. Die zu erwartenden Folgen des Klimawandels (Kaspar 2017), die fortschreitende Urbanisierung und die Verdichtung in Großstädten und Metropolregionen schaffen ein anspruchsvolles Gemenge von Zielkonflikten der Flächennutzung. Die Flächenentsiegelung und -begrünung in Bestandsquartieren stellt eine Maßnahme mit vielen erwünschten Wirkungen dar. Sie ermöglicht die Regulierung des Mikroklimas (Buyantuyev 2010) sowie des Wasserabflusses bzw.

-haushalts (Pataki 2011). Durch die Wahl geeigneter Begrünungsmaßnahmen können Schadstoffminderungen (Seta 2013), Biodiversitäts- (Artmann 2014), Produktivitäts- (Lee 2009) und Kulturdienstleistungssteigerungen (Fuller 2007; Brandner 2011) erreicht werden. Jedoch limitieren die hohe Fragmentierung von potenziellen Flächen (durch die Eigentumsstruktur oder administrative Aufteilung), die hohe Nachfrage und Nutzungskonflikte die Umsetzung von Entsiegelungsmaßnahmen in Bestandsquartieren. Zur Ausschöpfung der vorhandenen Potenziale sind Planer*innen und zuständige Institutionen (z. B. Kommunen) mit der komplexen Aufgabe konfrontiert, langfristige Klimaschutz- und Klimaanpassungspläne in Einzelmaßnahmen zu übersetzen und diese mit begrenzten Ressourcen und häufig fehlenden Verfügungsrechten zu bewältigen. Wesentliche Erfolgsfaktoren für eine Planung und Umsetzung von Entsiegelungsprojekten in Bestandsquartieren sind die Bewertung von Potenzialen und Evaluierung von Maßnahmen. Der hier vorliegende Beitrag beurteilt die Datenlage auf lokaler Ebene und bewertet Entsiegelungsmaßnahmen technisch, ökonomisch und ökologisch je Flurstück am Beispiel eines Sanierungsgebiets in Karlsruhe.

2 Ausgangssituation, Daten und Methodik

In Literatur und Praxis sind vielfältige Arbeiten zur Klassifizierung von versiegelten Flächen zu finden (EK 2011; IÖR 2021; CLC 2021). Stetig werden neue Funktionen für Geoinformationssysteme und für neue Analysemöglichkeiten entwickelt. Fortschritte in der Fernerkundung führen zu höheren Auflösungen, Flächendifferenzierungen und Datenmengen. Auch das Angebot von öffentlich zugänglichen Daten wird stetig erweitert. Für das Versiegelungsmonitoring auf nationaler und regionaler Ebene haben sich methodische Ansätze etabliert, welche auf Fernerkundungsdaten, Flächennutzungstypologien oder statistischen Rechenmodellen basieren. Beispielsweise wird im Rahmen der umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder die Bodenversiegelung in Deutschland mittels eines vereinfachten statistischen Rechenmodells geschätzt (LABO 2019). Andere Beispiele zeigen, dass mit entsprechendem Aufwand hohe Auflösungen von wenigen Quadratmetern erreicht werden können (Schmidt 2020). Jedoch können diese Daten und Methoden nicht von jeder Kommune umgesetzt, verarbeitet oder stetig aktuell gehalten werden, und das Bearbeitungsraster entspricht nicht dem der Maßnahmen (z. B. Entsiegelung), die meistens flurstücksbezogen sind. Dadurch bleiben kleinteilige und flurstücksbezogene Maßnahmen zur Entsiegelung oder Aufwertung unberücksichtigt oder werden als Aggregat behandelt (Dewaelheyns 2014), welches keine direkte handlungsleitende Potenzialabschätzung, Bewertung oder Planung ermöglicht. Neuere Arbeiten streben hohe Auflösungen und Flächendifferenzierungen an (Bartesaghi 2020; Frick 2019). Dies gilt auch für die Bewertung von Entsiegelungsmaßnahmen, die besonderes durch Datenlücken und den teilw. privaten und kleinteiligen Charakter erschwert werden (Zölch 2016). Größtenteils werden Satellitenbilder,

Laserscan-, Radardaten und Luftbilder mittels Klassifizierungsalgorithmen und Spektralanalysen ausgewertet. Diese wissenschaftlich etablierten Ansätze finden verstärkt Anwendung in der Praxis (Marion 2020). Die Entwicklung von generischen und in Planungsabläufen integrierten Werkzeugen ist noch in einer frühen Phase (RES:Z). In der Bebauungsplanung werden verschiedene Planungskennzahlen bereits genutzt, wie bspw. die Grundflächenzahl (GRZ). Jedoch eignet sich diese nicht für die Quantifizierung und Bewertung der Versiegelungssituation. In einigen Stadtplanungsämtern liegen Angaben zur Versiegelung von Baugrundstücken vor, welche meistens aus den Erhebungen für die gesplittete Abwassergebühr (GAG) stammen (z. B. erhoben in 2015 97 Prozent der Gemeinden in Baden-Württemberg eine GAG). Mit diesen Daten können die Bodenversiegelung ermittelt und sogenannte Entsiegelungskataster, welche eine differenzierte Bewertung des Versiegelungs- oder Befestigungsgrad von Flächen beinhalten, erstellt werden, wie etwa in Hanau. Immer mehr Studien zur nachhaltigen Stadtentwicklung und Klimaanpassung beinhalten ähnliche räumliche Analysen und Erhebungen (NRW). Es wird deutlich, dass die kleinräumigen Flächenklassifizierungen in Quartieren zukünftig für die Bewertung der Bodenversiegelung und für Klimamodellierungen erforderlich werden. Der hier vorgestellte Ansatz verwendet kommunal verfügbare Daten, ist einfach anzuwenden, übertragbar und lässt Anpassungen für einzelne Flurstücke in der Nachbearbeitung zu. Er kombiniert kommunale Vektordatensätze und zeigt Möglichkeiten der Datenergänzung auf. Die Datenlage für private Grundstücke wird für Daten von OpenStreetMap (OSM), amtliche Liegenschafts- und GAG-Daten sowie eine Biotopkartierung (BK, vgl. Beitrag Böhnke et al. in diesem Band) im Quartier untersucht. Das Untersuchungsgebiet umfasst den Stadtteil Innenstadt-Ost von Karlsruhe (Stadtteilfläche 160 ha; ca. 7 200 Einwohner*innen) und ist durch dichte Bebauung in Blockrand- und Hofbebauung gekennzeichnet. Aufgrund der geschlossenen Morphologie der Bebauung ist mit Überhitzungstendenzen in den Blockinnenbereichen („Höfe“) zu rechnen (BMU 2017; Frick et al. 2020). Flächen mit Entwicklungspotenzial (z. B. zur Begrünung, Verdichtung etc.) sind vor allem in Blockinnenbereichen zu finden. Im Untersuchungsgebiet herrscht eine Mischnutzung der Flächen. Von besonderem Interesse sind die 365 Flurstücke privater Eigentümer*innen mit einer Gesamtfläche von 18,9 ha und 648 Gebäuden. In dem Sanierungsgebiet existieren finanzielle Förderprogramme für Entsiegelungsmaßnahmen (Abriss von Bauwerken/Gebäuden, Entsiegelung und Begrünung). Die Anteile versiegelter Flächen im Quartier sind hoch, zusätzliche Versiegelungsmaßnahmen (Nachverdichtung) verschärfen die Situation und verringern Möglichkeiten für eine Klimaanpassung. Zusätzliche Versiegelungen reduzieren natürliche Bodenfunktionen, Ökosystemleistungen und erhöhen Belastungen durch Luftschadstoffe, Temperatur oder Extremwetterereignisse. Der Zustand im Quartier kann durch Teil-/Entsiegelungsmaßnahmen verbessert werden. Alternativen zu einer Entsiegelung sind teils nicht umsetzbar oder sehr kostenintensiv. Mit geeigneten planerischen Maßnahmen können negative Auswirkungen versiegelter Flächen auf privaten Flurstücken ver-

ringert/umgekehrt werden. Insbesondere können Flächenbedarfe für Dienstleistungen und den ruhenden Verkehr Stellschrauben für das Ausschöpfen von Potenzialen darstellen. Für die Fallstudie werden Maßnahmen der Bodenentsiegelung von gebäudefreien Flächen auf privaten Flurstücken bewertet. Hierbei wird mittels Mindestanforderungen und Bedingungen sichergestellt, dass Betriebs- und Stellplatzflächen sowie Zufahrtswege nutzbar bleiben. Eingangsdaten sind amtliche Gebäude-, Flurstücks-, Bauwerks-, und GAG-Vektordaten von kommunalen Verwaltungen/Ämtern. Des Weiteren wurden OSM-Daten für das Untersuchungsgebiet verarbeitet und eine BK durchgeführt (Erhebung mittels Begehung und Befliegungs-/Satellitendaten). Im Vergleich zur automatisierten Verarbeitung der Fernerkundungsdaten können Biotop differenzierter und präziser bestimmt und kartiert werden. Die Daten werden mit *PostgreSQL* und *PostGIS* verarbeitet. So entsteht eine Bodenkarte, die für jede Teilfläche entsprechende Attribute vorhält. Diese setzen sich aus den Gebäudeumringen und den Befestigungsarten aus der GAG/BK und zusätzlichen Attributen wie z. B. Denkmalschutz, Anzahl der Wohneinheiten (WE) zusammen. Daraus werden verschiedene flurstückscharfe Kennwertgruppen abgeleitet, u. a. die gebäudefreie Fläche mit Angabe der Begrünung, Versiegelungsgrade, Befestigungsgrade (Abflussbeiwert nach DIN 1986-100), Niederschlagsmengen, Regenwasserabflüsse (monatlich), Ökopunkte (vgl. Beitrag Böhnke et al. in diesem Band), Luftschadstoffaufnahme, Verdunstung, Flächenbedarfe für Betrieb (z. B. für Abfallbehälter) und Mobilität (z. B. für PKW), Investitionen, Kosten, Förderung und Stoffströme. Für die Ermittlung der Potenziale werden folgende Annahmen getroffen: (1) Flächen von amtlichen Gebäudeumringen werden nicht entsiegelt, d. h. kein Abriss. (2) Flächen mit einer Unterbauung durch ein Gebäude werden als oberer Gebäudeabschluss bzw. Dach gewertet (nicht Teil dieses Beitrags). (3) Flächen nichtamtlicher Gebäudeumringe können entsiegelt werden (z. B. veraltete Daten, nicht erfasste/genehmigungspflichtige Bauwerke). (4) Die Anzahl der WE bestimmt den Bedarf für befestigte Betriebs- und Stellflächen (z. B. für Abfallwirtschaft oder Mobilität). Sind Stellplätze vorhanden, wird diese Anforderung als erfüllt gewertet. (5) Anforderungen der Förderprogramme für Entsiegelung und Begrünung der Stadt Karlsruhe.

3 Ergebnisse

Die Eingangsdaten werden hinsichtlich ihrer Aktualität, Vollständigkeit, Merkmalerfassung und Erfassungsmethodik beurteilt und der Ist-Zustand bewertet. In Tabelle 1 wird ersichtlich, dass die OSM-Daten häufig nicht attribuiert sind und aktuell noch zu viele Datenlücken (z. B. begrünte Flächen, Flurstücke) für die beabsichtigte Analyse aufweisen. Im Vergleich zwischen den amtlichen Liegenschaftsdaten (LG) mit GAG oder BK können folgende Unterschiede festgestellt werden: In der BK der privaten Hinterhöfe wurde ca. 20 Prozent weniger Gartenfläche erhoben. Dies kann mit dem Erhebungszeitpunkt und -fokus erklärt werden. Die GAG-Daten wurden zu einem früheren Zeitpunkt

erhoben und seitdem auf der Basis von Änderungsanträgen angepasst. Die BK fand über einen Zeitraum von mehreren Wochen statt und unterscheidet eine Vielzahl von Biotoptypen im Gegensatz zur GAG, welche eine Begrünung kennzeichnet, aber nicht den Biotoptyp. Hinsichtlich des Versiegelungsgrads stimmen beide Ansätze überein. Für die Befestigung kann, bedingt durch Erhebungszeitpunkte und Differenzierung, ein Unterschied von 10 Prozent festgestellt werden. Dies gilt auch für die Ökopunkte. Hier wurde für die Klassifizierung im GAG ein einfacher Garten als Referenzwert angenommen; die BK unterscheidet zwischen den Wertigkeiten der Biotope. Zudem waren auf fast $\frac{3}{4}$ der Flurstücke 1,2 ha bebaute Flächen (Gebäudeumringe) nicht in den amtlichen Daten enthalten (Durchschnitt: 35 m²; Median: 12 m² je Flurstück). Dabei kann es sich um nicht-genehmigungspflichtige Bauten oder nicht übertragene Änderungen handeln. Für die Entsiegelungsmaßnahmen werden alle Flächen („Höfe“) berücksichtigt, welche in Summe eine zusammenhängende und geometrisch umsetzbare Fläche für das jeweilige Flurstück bilden. Die dargestellten Ergebnisse (Tab. 2) stellen das technische Potenzial nach GAG und BK dar. Dieses Potenzial beschreibt den Teil der Flächen, die nach Stand der Technik, getroffenen Annahmen, Geometrie und gesetzlichem Rahmen entsiegelt werden können. Die Berechnungen zeigen, dass sowohl die Versiegelung deutlich verringert, als auch der Befestigungsgrad reduziert werden kann. Der Unterschied dieser Indikatoren liegt in der Gewichtung der Flächen mittels Spitzenabflussbeiwert. Im Vergleich zwischen GAG und BK liegt die absolute Spannweite der Abweichungen zwischen wenigen bis zu 22 Prozentpunkten. Werden die absoluten Abweichungen normalisiert (in Bezug auf die verfügbaren Flächen), fallen die Abweichungen deutlich kleiner aus. Da die Abweichungen im zu erwartenden Bereich liegen und die GAG-Daten stetig aktualisiert werden, werden die Ergebnisse für GAG dargestellt. Die induzierten Stoffströme (Abb. 2) betreffen die Entsiegelung (Abbruch und Entsorgung von Befestigungen) sowie die Gestaltung der neuen Befestigung und Begrünung. Das entwickelte Werkzeug ermöglicht Analysen auf Einzelprojektebene, Baublock- oder Quartiersebene. Viele Entsiegelungsprojekte haben eine Entsiegelungsfläche von 200 m² und weniger. Die maximale Fördergrenze von 19 000 € je Projekt wird in nur wenigen Fällen erreicht; der Eigenanteil liegt im Durchschnitt bei ca. $\frac{2}{3}$ der Gesamtinvestition (Abb. 1). Zudem können Projekte identifiziert werden, welche trotz eines großen Flächenpotenzials eine vermeintlich geringe Förderung erhalten würden sowie weitere Handlungsstrategien abgeleitet werden, um die Potenziale auszuschöpfen und ggf. Defizite im Förderprogramm anzupassen (Abb. 3).

Tab. 1: Vergleich der Datenquellen (Quelle: eigene Darstellung)

Merkmal	OSM	LG+GAG-Daten	LG+BK-Daten
Flurstücke (ohne Verkehrsflächen)	N/A	409	409
Flurstückfläche	N/A	26,1 ha	26,1 ha
Bebaute Fläche	12 ha	18,3 ha	18,3 ha
Gebäudefrei (davon begrünt)	N/A (0,56 ha)	7,7 ha (2,6 ha)	7,7 ha (2,1 ha)
Ø Versiegelungsgrad	N/A	0,902	0,933
Ø Befestigungswert der gebäudefreien Flächen	N/A	0,587	0,682
Ökopunkte	33 600	206 300	187 780

Tab. 2: Maßnahmenwirkung anhand ausgewählter Kennwerte (Quelle: eigene Darstellung)

Merkmal	GAG	BK
Flurstücke mit Entsiegelungspotenzial	323	323
Theoretische Potenzialfläche	5,2 ha	5,2 ha
Davon bereits begrünt	1,98 ha	1,7 ha
Ø Hof- bzw. Freifläche Versiegelungsgrad vor-/nachher	0,76/0,45	0,81/0,46
Ø Befestigungswerte vor-/nachher	0,67/0,18	0,77/0,19
Bäume vor-/nachher	0/366	181/365
Ø Verdunstungskategorie	0,5/1,2 (vorher/nachher)	0,4/1,2 (vorher/nachher)
Ø CO ₂ -Fixierung (konservativ geschätzt) Delta [kg]/ Gesamtmenge [t]	-127 je Entsiegelungsprojekt/ -41	-142 je Entsiegelungsprojekt/ -46
Ø Feinstaubbindung Delta/Gesamtmenge [kg/a]	-0,65 je Entsiegelungsprojekt/-210	-0,73 je Entsiegelungsprojekt/ -237
Ökopunkte Höfe vor-/nachher	154 900/250 900	136 100/248 800
Niederschlagsgebühren Delta [€/a]	-6 300	-7 800
Wasserretention (5a) Gesamtabfluss Delta [l/s]	-708	-897
Investition Ø /Gesamt [€]	10 000/3,275 Mio.	11 000/3,53 Mio.
Förderung Ø /Gesamt [€]	3 200/1,05 Mio.	3 800/1,24 Mio.

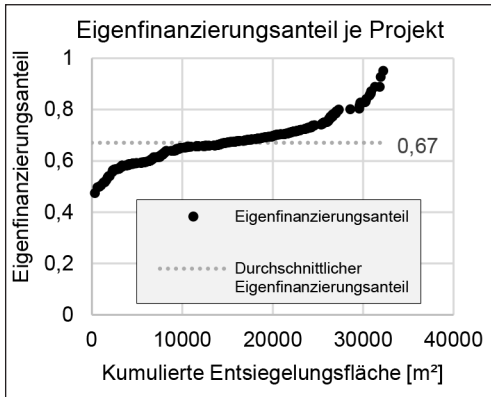


Abb. 1: Eigenfinanzierungsanteile N=323 (Quelle: eigene Darstellung)

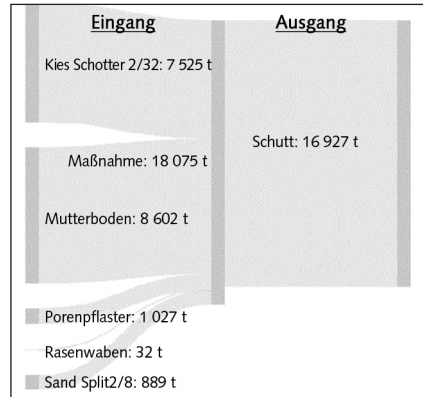


Abb. 2: Stoffströme aller 323 Maßnahmen (Quelle: eigene Darstellung)

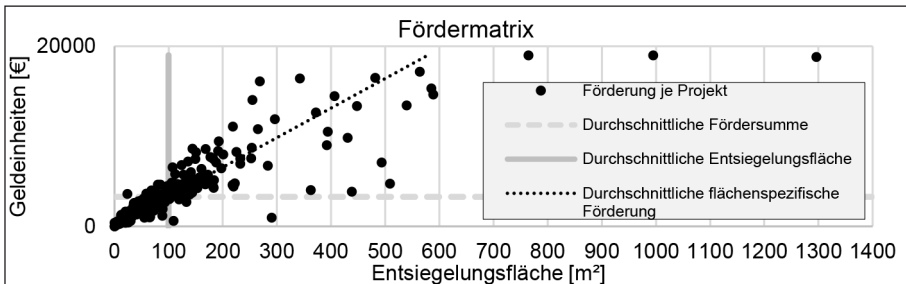


Abb. 3: Fördermatrix N=323 (Quelle: eigene Darstellung)

4 Diskussion und Ausblick

Ziel ist die Entwicklung eines Ansatzes zur flurstückscharfen Identifikation und Bewertung von Entsiegelungspotenzialen und zur Evaluierung von Förderinstrumenten. In der Fallstudie konnte gezeigt werden, dass die Kombination von amtlichen Liegenschaftsdaten und Daten zur gesplitteten Abwassergebühr sich für die Identifikation und Bewertung von Entsiegelungspotenzialen eignen. Die Abweichungen zu einer manuellen Biotopkartierung sind aus Sicht der Autor*innen tolerierbar. Dazu sollten die Grundlagendaten i.e. amtliche Daten stetig aktualisiert werden – auch um Veränderungen und Zeitreihen analysieren zu können. Eine genaue Vermessung des Quartiers erfolgte nicht, womit keine Grundwahrheit für einen oder mehrere Datensätze gegeben ist. Jedoch stellt die BK eine plausible und glaubwürdige Referenz dar. Es konnte gezeigt werden, dass eine Differenzierung der Grünflächen in Biotope für die ökologische Bewertung einen Mehrwert bietet. Die erzielbaren Wirkungen von Entsiegelungsmaßnahmen sind im Vergleich zur Größe des Quartiers klein und lokal begrenzt, weshalb die

Aktivierung möglichst aller Flächenpotenziale Ziel sein sollte. Morphologisch bedingt könnten die Entsiegelungs-/Begrünungsprojekte teilweise zusammengefasst werden, was in der Umsetzung kostenreduzierend wirken kann. Die finanziellen Anreize im untersuchten Sanierungsgebiet erhöhen die Attraktivität einer Entsiegelungsmaßnahme deutlich. Jedoch kann keine Aussage zur Wahrscheinlichkeit einer tatsächlichen Umsetzung abgeleitet werden, da z. B. die Zahlungsrückströme gering sind oder nicht direkt quantifiziert werden können (z. B. Abwassergebühren, Wertsteigerung, Einfluss auf Mieten). Zentrale Planer*innen können auf die Abwassergebühren als Steuerungsinstrument Einfluss nehmen, jedoch erscheint der Spielraum zu klein, um zur Steuerung des Versiegelungsgrades privater Flurstücke eingesetzt zu werden. Des Weiteren sind die nichtökonomischen Entscheidungskriterien und Motive der Bauherr*innen nicht erfasst. Empirische Studien untersuchen die monetäre Bewertung von Entsiegelungs-/Begrünungsmaßnahmen, jedoch nicht die Sicht der Bauherr*innen und deren Entscheidungsprozesse. Der durchschnittliche Befestigungsgrad eines Flurstücks könnte die Grundflächenzahl als städteplanerische Kennzahl ergänzen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen müssen für die Umsetzung an die lokalen Bedingungen und Vorstellungen der Bauherr*innen angepasst werden. Das entwickelte Werkzeug bietet wichtige Erkenntnisse für die Vorerkundung, reduziert den Arbeitsaufwand und schafft damit mehr Kapazitäten für die individuelle Beratung. Zudem können auf Basis der Potenzialberechnung Szenarien und Eingabedaten für Klimamodelle generiert werden. Allgemein sind eindeutige Definitionen, Systemgrenzen und Bewertungsmaßstäbe für Indikatoren z. B. die Versiegelung und Befestigung von Oberflächen notwendig. Nächste Schritte für Quartiersuntersuchungen im Projekt umfassen Ergänzungen durch andere Daten, die Integration von vertikalen und horizontalen Gebäudeaußenflächen sowie eine erhöhte Differenzierung und Granularität, um verschiedene Maßnahmenpakete zu bewerten. Eine Forschungslücke besteht noch in der empirischen Untersuchung der Entscheidungsprozesse der Bauherr*innen.

Danksagung

Diese Studie wurde innerhalb des Forschungsprojekts NaMaRes (Förderkennzeichen 033W111A) durchgeführt, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in Deutschland im Rahmen der Fördermaßnahme „RES:Z – Ressourceneffiziente Stadtquartiere“. Das BMBF ist nicht verantwortlich für die Ergebnisse oder Empfehlungen der Autor*innen.

5 Literatur

- Arnold, C. L. Jr.; Gibbons, C. J. (1996): Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *J Am Plan Assoc* 62: 243-258.
<https://doi.org/10.1080/01944369608975688> (Zugriff: 01.07.2021).
- Artmann, M. (2014): Assessment of soil sealing management responses, strategies, and targets toward ecologically sustainable urban land use management. *Ambio* 43: 530-541.
<https://doi.org/10.1007/s13280-014-0511-1> (Zugriff: 01.07.2021).
- Bartesaghi-Koc, C.; Osmond, P.; Peters, A. (2020): Quantifying the seasonal cooling capacity of 'green infrastructure types' (GITs). An approach to assess and mitigate surface urban heat island in Sydney, Australia. In: *Landscape and Urban Planning* 203 (1): S. 103893.
DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103893.
- BauGB, Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist" (§1 Abs 6).
- BBodSchG, Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist (§1 und 5).
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2017): Umwelt- und Aufenthaltsqualität in kompakturbanen undutzungsgemischten Stadtstrukturen.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3715_75_101_umweltqualitaet_stadtstrkturen_bf.pdf (Zugriff: 01.07.2021).
- BNatSchG, Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 25. Juni 2021 (BGBl. I S. 2020) geändert worden ist, (§ 1).
- Böhnke, D.; Volk, R.; Lützkendorf, T.; Naber, E.; Krehl, A.; Becker, R.; Norra, S. (2021): Grünbestände in privaten Innenhöfen und deren Ökosystemleistungen im Stadtquartier – Erkenntnisse einer quartiersweiten Erhebung in Karlsruhe. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79.
- Brander, L. M.; Koetse M. J. (2011): The value of urban open space: meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results. *J Environ Manag* 2011 (92): 2763-2773.
- Buyantuyev, A. (2010): Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to landcover and socioeconomic patterns. *Landsc Ecol* 25: 17-33.
<https://doi.org/10.1007/s10980-009-9402-4> (Zugriff: 01.07.2021).
- CLC – Copernicus Land monitoring services.
<https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/view> (Zugriff: 01.07.2021).

- Dewaelheyns, V.; Rogge, E.; Gulinck, H. (2014): Putting domestic gardens on the agenda using empirical spatial data. The case of Flanders. In: *Applied Geography* 50 (2): 132-143. DOI: 10.1016/j.apgeog.2014.02.011
- EK – Europäische Kommission (2011): Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects ISBN: 978-92-79-20669-6 doi: 10.2779/15146
- ETC – European Topic Centre (2019): EEA European environment agency, European Topic Centre on Urban, land and soil systems; Barbara Kosztra György Büttner Updated CLC illustrated nomenclature guidelines, Austria.
https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-nomenclature-guidelines/docs/pdf/CLC2018_Nomenclature_illustrated_guide_20190510.pdf (Zugriff: 01.07.2021).
- EU-SFD – EU Soil Framework Directive.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52006PC0232&from=EN> (Zugriff: 01.07.2021).
- Frick, A.; Tervooren, S. (2019): A Framework for the Long-term Monitoring of Urban Green Volume Based on Multi-temporal and Multi-sensoral Remote Sensing Data. In: *J geovis spat anal* 3 (1): 24. DOI: 10.1007/s41651-019-0030-5.
- Frick, A.; Wagner, K.; Kiefer, T.; Tervooren, S. (2020): Wo fehlt Grün? – Defizitanalyse von Grünvolumen in Städten. 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: 223-238.
- Fuller, R. A.; Irvine, K. N.; Devine-Wright, P.; Warren, P. H.; Gaston, K. J. (2007): Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biol Lett* 2007 (3): 390-394.
- Hanau. <https://www.gpm-webgis-13.de/geoapp/kataster/hanau/> (Zugriff: 01.07.2021).
- IÖR – Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung. <https://maps.ioer.de/detailviewer/raster/> (Zugriff: 01.07.2021).
- Kaspar, F.; Mächel, H.; Jacob, D.; Kottmeier, C. (2017): Beobachtung von Klima und Klimawandel in Mitteleuropa und Deutschland. In: Brasseur, G.; Jacob, D.; Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): *Klimawandel in Deutschland*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_3
- LABO – Länderausschuss für Bodenschutz (2019): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL).
https://www.statistikportal.de/sites/default/files/2019-07/m_flaeche_2.pdf (Zugriff: 01.07.2021).
- Lee, J.; Park, B.-J.; Tsunetsugu, Y.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. (2009): Restorative effects of viewing real forest landscapes, based on a comparison with urban landscapes. *Scand J Forest Res* 2009 (24): 227-234.

- NRW – Nordrhein-Westfalen. <https://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaanpassung-in-nrw/klimaanalyse> (Zugriff: 01.07.2021).
- OSM – Openstreetmap. https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Data_items (Zugriff: 01.07.2021).
- Pataki, D. E.; Carreiro, M. M.; Cherrier, J.; Grulke, N. E.; Jennings, V.; Pincetl, S.; Pouyat, R. V.; Whitlow, T. H.; Zipperer, W. C. (2011): Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Front Ecol Environ* 2011 (9): 27-36.
- Pause, M.; Hahn, A.; Lausch, A. (2020): Verbesserung der Informationslage zur Flächennutzung mittels aktueller und zukünftiger Fernerkundungsdaten. 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: 241-250.
- RES:Z – Förderprogramm RESZ: Ressourceneffiziente-stadtquartiere. Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. <https://ressourceneffiziente-stadtquartiere.de/?lang=de> (Zugriff: 01.07.2021).
- ROG, Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 3. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2694) geändert worden ist § 2.
- Schmidt, S.; Barron, C. (2020): Mapping Impervious Surfaces Precisely – a GIS-Based Methodology Combining Vector Data and High-Resolution Airborne Imagery. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 2020 (4): 14. <https://doi.org/10.1007/s41651-020-00055-6> (Zugriff: 01.07.2021).
- Setälä, H.; Viippola, V.; Rantalainen, A.-L.; Pennanen, A.; Yli-Pelkonen, V. (2013): Does urban vegetation mitigate air pollution in northern conditions? *Environ Pollut* 2013 (183): 104-112.
- UBA – Umweltbundesamt (2021): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung> (Zugriff: 01.07.2021).
- Zölch, T.; Maderspacher, J.; Wamsler, C.; Pauleit, S. (2016): Using green infrastructure for urban climate-proofing. An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. In: *Urban Forestry & Urban Greening* 20 (2): 305-316. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.09.011

Analyse der Fußwegequalitäten zu Schulen – Entwicklung von Indikatoren auf Basis von OpenData

Ulrike Jehle, Elias Pajares

Zusammenfassung

Kinder in Deutschland leiden verstärkt unter Bewegungsmangel, daher sollte das Gehen zur Schule gefördert werden. Damit Menschen zu Fuß gehen, ist jedoch eine attraktive und sichere Gehumgebung erforderlich. Es existieren zahlreiche Ansätze, die Fußgängerfreundlichkeit (engl. Walkability) zu bewerten. Jedoch fehlt es an einem auf den deutschen Kontext angepassten, übertragbaren Walkability Index. Basierend auf einer Vielzahl an offenen Datensätzen wurde für die Pilotkommune Freiburg ein multi-kriterieller Ansatz eines Walkability Index entwickelt. Dieser ist in das webbasierte Planungsinstrument Geo Open Accessibility Tool – GOAT integriert und zeigt pro Wegeabschnitt die Qualität für den Fußverkehr auf. Um gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Walkability priorisieren zu können, wurde außerdem ein Algorithmus zur Berechnung von Fußgängerpotentialströmen entwickelt. Dieser berechnet, ausgehend von allen Wohnhäusern, den kürzesten Weg zu ausgewählten Zielen. Die Einsatzmöglichkeit der entwickelten Indikatoren wird in diesem Beitrag anhand von Schulwegen beispielhaft erläutert.

Schlagwörter: Fußverkehr, OpenData, Walkability, VGI, Schulwege

1 Einführung

Kinder und Jugendliche in Deutschland bewegen sich zu wenig. So haben in den Jahren 2014 bis 2017 nur 25 % der Kinder und Jugendlichen die WHO-Empfehlung (Bull et al. 2020) von mindestens 60 Minuten körperlicher Aktivität pro Tag erfüllt (Robert Koch-Institut 2018). Durch die derzeitige Pandemie leiden viele Kinder noch stärker unter Bewegungsmangel (Schmidt et al. 2020). Dies stellt eine große Herausforderung dar, denn insbesondere für junge Menschen ist Bewegung sehr wichtig. Regelmäßige Bewegung fördert die kognitive, psychische und körperliche Entwicklung und unterstützt das Lernen sowie die Konzentrationsfähigkeit in der Schule (Keller 2006; Wunsch et al. 2021).

Das Zurücklegen der Schulwege zu Fuß oder mit dem Fahrrad kann hier eine Teillösung zur Behebung der mangelnden physischen Aktivität von Kindern darstellen. Idealerweise wird dieser gemeinsam mit anderen Klassenkameraden zurückgelegt und somit gleichzeitig das soziale Miteinander gestärkt (Schweizer 2014). Durch das Zurücklegen der Alltagswege zu Fuß oder mit dem Fahrrad können außerdem früh die Bewegungsgewohnheiten der Menschen geprägt werden, welche sich auch auf die

Mobilitätsentscheidungen im Erwachsenenalter auswirken (Limbourg et al. 2000; Flade, Institut Wohnen und Umwelt 1997). Da die häufigste Todesursache bei Kindern zwischen 10-14 Jahren Fahrradunfälle sind (Keller 2006), wird insbesondere die Förderung des Fußverkehrs als zielführendes Mittel zur Förderung der Gesundheit der Kinder gesehen.

Der Fußverkehr ist dabei nicht nur für die Entwicklung der Kinder wichtig, sondern auch essentieller Bestandteil der Mobilitätswende (Schneidewind, Fishedick 2016). Aktuell werden 22 % aller Wege in Deutschland zu Fuß zurückgelegt, bei Kindern (0-9 Jahre) sogar 32 % (infas 2018). Dies ist ein bedeutender Anteil, der durch geeignete Maßnahmen weiter gefördert werden sollte. Denn das Zufußgehen bringt gegenüber anderen Verkehrsmitteln zahlreiche Vorteile mit sich. Zu Fuß gehen ist einfach, sozial, kostenlos, räumlich effizient, klima- sowie umweltfreundlich und fördert die lokale Wirtschaft (Jou 2011), den Wohlstand (Florida 2014; Oishi et al. 2019) und die allgemeine Lebensqualität in einem Viertel (Rogers et al. 2011). Unter Berücksichtigung all dieser Vorteile kann das Zufußgehen somit als das nachhaltigste aller Verkehrsmittel angesehen werden (Jou 2011; Norzalwi, Ismail 2011).

Um das Mobilitätsverhalten frühzeitig nachhaltig zu formen, ist es daher essentiell, bereits bei Kindern durch die Bereitstellung einer attraktiven und sicheren Fußwegeinfrastruktur das Zufußgehen zu fördern.

2 Walkability

Die empfundene Fußgängerfreundlichkeit kann unter dem englischen Begriff „Walkability“ zusammengefasst werden und wird definiert als „the quality of walking conditions in an urban space which is inclusive of comfort, safety, connectedness and permeability (inclusiveness of neighborhood design)“ (Litman 2018). Die Walkability eines Weges hängt von zahlreichen Faktoren, wie Gehwegbreite, Flächennutzung, Verkehrseinwirkungen, Sicherheit und Ästhetik ab (Cervero, Kockelman 1997; Frank, Pivo 1994; Lopez-Bernal 2013), die ihre Bewertung zu einem komplexen und anspruchsvollen Prozess machen.

Weltweit existieren zahlreiche Ansätze, die anhand einer Auswahl an Qualitätskriterien, einen Walkability Index berechnen. Der vielleicht bekannteste dieser Indizes ist der *WalkScore*, welcher v. a. im amerikanischen Kontext eingesetzt wird. Dieser berechnet anhand von Daten zu Flächennutzung, vorhandenen Zielen, Bevölkerungsdichte und Konnektivität des Straßennetzwerkes wie fußgängerfreundlich eine Nachbarschaft ist (Walk Score 2021). Aber es gibt auch zahlreiche weitere Ansätze, wie den *Pedestrian Environment Data Scan – PEDS* (Clifton et al. 2007), den *Systematic Pedestrian and Cycling Environmental Scan – SPACES* (Pikora et al. 2002) oder den *Neighbourhood Environment Walkability Scale – NEWS* (Saelens, Sallis 2002). Insgesamt haben die Autoren

durch eine Literatur- und Webrecherche über 30 verschiedene Ansätze zur Bewertung der Walkability gefunden.

Diese lassen sich in objektive und subjektive Ansätze unterteilen. Bei den objektiven¹ Ansätzen wird die Walkability, wie z. B. beim *WalkScore*, basierend auf räumlichen Daten berechnet. Falls die jeweils notwendigen Daten vorhanden sind, können diese Ansätze theoretisch auf Anwendungsgebiete weltweit übertragen werden. Subjektive Ansätze, wie z. B. *NEWS*, basieren auf Umfragen, die für das jeweilige Untersuchungsgebiet durchgeführt wurden. Diese Ansätze haben zum Nachteil, dass die Ergebnisse nicht per se übertragbar sind. Dafür sind die Studien in der Regel umfangreicher und die Ergebnisse daher repräsentativer. Dies liegt u. a. daran, dass die existierenden objektiven Ansätze aufgrund limitierter Datenverfügbarkeit meist nur eine kleine Auswahl der zahlreichen Einflussfaktoren berücksichtigen und somit nur bedingt repräsentative Ergebnisse erzielen. Hinzu kommt, dass diese Ansätze primär in der USA entwickelt wurden (vgl. *WalkScore*, *Pedestrian Potential Value*, *National Walkability Index*, *Pedestrian Environment Factor*), welche sich stark von den deutschen Strukturen unterscheiden.

Daher wird hier der Bedarf nach neuen, an den deutschen Kontext angepassten Ansätzen gesehen. Dadurch, dass sich in den vergangenen Jahren die Qualität und Verfügbarkeit von offenen Datensätzen merklich verbessert hat, ergeben sich derzeit neue Möglichkeiten, weitaus detailliertere Analysen als bisher durchzuführen. Dies hat die Autoren dazu motiviert, die verfügbaren Daten zu nutzen und daraus einen multi-kriteriellen, objektiven Ansatz zur Quantifizierung der Walkability zu entwickeln, der repräsentativ und zugleich übertragbar ist.

3 Entwicklung eines Walkability Index

Im Rahmen eines Hackathons wurde von den Autoren ein erster Test-Prototyp eines auf offenen Daten basierenden Walkability Index für einen Stadtteil in München entwickelt. Dieser zeigt pro Wegeabschnitt, wie attraktiv dieser für den Fußverkehr ist. Technisch ist der Index in das webbasierte Erreichbarkeitsinstrument GOAT (Geo Open Accessibility Tool) eingebettet. In diesem kann der Walkability Index als zusätzlicher Layer eingeblendet werden und somit die bereits vorhandenen Analyseoptionen in GOAT ergänzen (Pajares et al. 2021; Plan4Better GmbH 2021b; goat-community 2021).

In einer darauffolgenden Innovationsphase wurde der Walkability Index testweise auf die Pilotkommune Freiburg übertragen, die zugrundeliegende Methodik verstetigt und die berücksichtigten Qualitätskriterien erweitert.

¹ Zur Unterscheidung der verschiedenen Ansätze wird hier der Begriff „objektiv“ verwendet. Es ist jedoch zu verdeutlichen, dass keine vollkommen objektiven Ansätze zur Walkability existieren. Da ein Großteil der Daten durch Menschenhand erhoben und interpretiert wird, fließen zu einem gewissen Grad immer auch subjektive Bewertungen mit ein.

3.1 Indikatoren und Gewichtung

Der entwickelte Walkability Index beinhaltet 22 Sub-Indikatoren, die in sechs Kategorien zusammengefasst werden können: Gehkomfort, Schutz vor dem Straßenverkehr, Beleuchtung & subjektive Sicherheit, Belebtheit & Gehumgebung, Vegetation & Gewässer und urbane Ausstattung (siehe Tab. 1). Die Gewichtung der Sub-Indikatoren basiert auf verschiedenen wissenschaftlichen Studien (Blecic et al. 2015; D'Arcy 2013; Spittaels et al. 2009; Vale et al. 2015; Manaugh, El-Geneidy 2011) und wurde auf die lokale Datenverfügbarkeit angepasst.

Qualitätskriterien, für welche die Datenverfügbarkeit in den zugänglichen Datensätzen zu gering war (z. B. Wegebreite), wurden im Index nicht berücksichtigt. Falls für einzelne Sub-Indikatoren für einzelne Wege keine Informationen zur Verfügung standen, wurden die anderen Sub-Indikatoren der gleichen Indikator-Kategorie entsprechend höher gewichtet, sodass das Gesamtgewicht der Indikator-Kategorien jeweils konstant blieb.

Tabelle 1: Indikatoren des Walkability Index und deren Gewichtung (Quelle: eigene Darstellung)

Walkability Indikatoren	Sub-Indikatoren	Gewichtung	
Gehkomfort	Gehwegverfügbarkeit	0,073	Σ 0,182
	Steigung	0,036	
	Oberfläche	0,036	
	Wegekategorie	0,036	
Schutz vor dem Straßenverkehr	Anzahl der Fahrspuren	0,027	Σ 0,273
	Geschwindigkeitslimit	0,055	
	Anzahl der Straßenquerungen	0,027	
	Parkplätze	0,064	
	Verkehrsunfälle	0,027	
	Lärm	0,073	
Beleuchtung & subjektive Sicherheit	Straßenlaternen	0,065	Σ 0,091
	Unterführungen	0,026	
Belebtheit & Gehumgebung	Flächennutzung	0,061	Σ 0,182
	Points-of-Interest	0,061	
	Bevölkerung	0,061	
Vegetation & Gewässer	Vegetation und Gewässer	0,182	Σ 0,182
Urbane Ausstattung	Verfügbarkeit von Bänken	0,021	Σ 0,091
	Verfügbarkeit von Mülleimern	0,030	
	Öffentliche Toiletten	0,030	
	Brunnen	0,009	

3.2 Daten

Dem Walkability Index zugrunde liegen sowohl mittels crowdsourcing erhobene Datensätze (Volunteered geographic information – VGI) wie OpenStreetMap, als auch Daten aus OpenData-Plattformen öffentlicher Aufgabenträger, wie z. B. dem FreiGIS der Stadt Freiburg (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Dem Index zugrunde liegende Objekte und deren Datenquellen
(Quelle: eigene Darstellung)

Objekte	Datenquelle
Wegenetz mit Attributen	OpenStreetMap
Points-of-Interest	OpenStreetMap + FreiGIS
Flächennutzung	OpenStreetMap + ATKIS + UrbanAtlas
Gebäude	OpenStreetMap + FreiGIS
Lärmkartierung	FreiGIS
Querungsmöglichkeiten	OpenStreetMap + Mapillary
Urbane Ausstattung	OpenStreetMap + Mapillary
Unfallhäufigkeiten Fußverkehr	Statistikportal
Bevölkerung (Zensus)	Statistische Ämter des Bundes und der Länder
Vegetation (NDVI)	Sentinel-Hub
Steigung (DGM)	DTM Germany 20m v1

Innovativ war hierbei v. a. die Nutzung von Mapillary-Daten. Mapillary ist eine Plattform zum Erheben und Teilen georeferenzierter Fotos des Straßenraums (Mapillary 2021). Aus diesen Bildsequenzen können mittels automatisierter KI-Algorithmen zahlreiche Objekte (z. B. Straßenlaternen, Verkehrsschilder) erkannt und ausgelesen werden.

Um diese Datenquelle zu testen, wurden für die Pilotkommune Freiburg über 10 000 georeferenzierte Bildaufnahmen mit einer GoPro-Actioncam in Mapillary erfasst (in anderen Städten stehen die Bildaufnahmen oftmals schon zur Verfügung). Die Originalbilder (siehe Abb. 1 – *Images*) werden durch die KI-Algorithmen von Mapillary in klassifizierte Segmente unterteilt (*Object Detection*) und für die erkannten Objekte mittels Triangulation die georeferenzierte Position abgeleitet (*Map Features*).

Die erkannten Objekte können über eine API abgerufen werden. Für den Walkability Index wurden hierüber u. a. Informationen zu Straßenlaternen, Parkbänken und Straßenüberquerungen bezogen und mit den OpenStreetMap-Daten (vgl. Tab. 1) fusioniert.



Abb. 1: Verarbeitungsschritte der Objekterkennungsalgorithmen von Mapillary (Quelle: eigene Darstellung; Bildaufnahmen von Mapillary (2021))

3.3 Berechnung

Die räumlichen Daten wurden in einer PostgreSQL/PostGIS Datenbank gespeichert und verarbeitet. Für jeden Wegeabschnitt wurden hierbei die Informationen zu allen Sub-Indikatoren hinterlegt. Basierend auf einem entwickelten Bewertungsschema wurde pro Sub-Indikator ein Wert zwischen 0 und 100 vergeben. Die Werte wurden aus zahlreichen Studien (vgl. Blečić et al. 2015) zum wahrgenommenen Einfluss des jeweiligen Elements auf die Walkability abgeleitet. Entsprechend der Gewichtung in Tabelle 1 wurden diese zu einem Gesamtscore verrechnet.

3.4 Ergebnis und Anwendung

In Abbildung 2 ist der daraus resultierende Walkability Index für die Pilotkommune Freiburg dargestellt. Durch die Integration in das Webtool GOAT kann die Qualität des Fußwegenetzes somit in einer interaktiven Webkarte angezeigt werden. Für Wege, die in einem dunklen Grün dargestellt sind (z. B. Fußgängerzone der Freiburger Innenstadt), wurde eine hohe Walkability berechnet. Orangene Wege (z. B. entlang der Gleisachsen



Abb. 2: Screenshot des in GOAT implementierten Walkability Index (Quelle: Plan4Better GmbH 2021a)

und großer Straßen) hingegen erreichen einen niedrigen Walkability Score und werden somit als weniger fußgängerfreundlich klassifiziert.

Anhand des Walkability Index können Schwachstellen im Wegenetz identifiziert werden. Um Prioritäten in der Verbesserung der Fußwegeinfrastruktur setzen zu können, sind außerdem Informationen über die Frequentierung von Wegen notwendig.

4 Entwicklung von Fußgängerpotenzialströmen

Hierzu wurde ein neuer Indikator, genannt „Fußgängerpotenzialströme“, entwickelt. Mittels diesem können wichtige Wegeachsen, wie z. B. zu Grundschulen, aufgezeigt und in der Planung fokussiert werden. Anhand dieses Anwendungsbeispiels wird im Folgenden die Berechnung der Fußgängerpotentialströme erläutert.

4.1 Berechnung

Als Berechnungsbasis dienen Bevölkerungsdaten. Für die Pilotkommune Freiburg war pro Stadtteil der Anteil an Kindern zwischen 6 und 9 Jahren bekannt. Somit konnte pro Wohnhaus berechnet werden, wie viele Kinder durchschnittlich in diesem wohnen. Im nächsten Schritt wurde von allen Wohnhäusern aus der kürzeste Weg zur Grundschule des jeweiligen Grundschulbezirks berechnet. Durch Aufsummieren der einzelnen Ströme ergeben sich die aggregierten Fußgängerpotentialströme.

4.2 Ergebnis und Anwendung

Abbildung 3 zeigt die berechneten Fußgängerpotentialströme zu Grundschulen in Freiburg. Anhand der Dicke der türkisenen Linien kann abgelesen werden, wie viele Kinder potentiell diesen Weg gehen.



Abb. 3: Screenshot der in GOAT implementierten Fußgängerpotentialströme (Quelle: Plan4Better GmbH 2021)

Wege, die eine hohe Frequentierung und zugleich jedoch eine geringe Walkability aufweisen, sollten in der Planung entsprechend priorisiert werden, um eine komfortable und sichere Gehumgebung für die Kinder zu schaffen und somit den Fußverkehr zu fördern.

5 Fazit

Die Bewertung der Walkability ist eine komplexe Herausforderung, die sowohl einen multi-kriteriellen Ansatz als auch eine Vielzahl an Daten benötigt. Der hier entwickelte Walkability-Index wurde in einem Workshop mit Planer*innen der Stadt Freiburg getestet und als nützlich bewertet. Um die Ganzheit der Fußgängerfreundlichkeit, abzubilden werden jedoch noch weitere Daten (u. a. zur Gehwegbreite) benötigt. Eine mögliche Datenquelle hierzu ist das Auslesen weiterer Informationen aus den Mapillary-Bildaufnahmen.

In diesem Beitrag wurde der Einsatz des Walkability-Index in Zusammenspiel mit den Fußgängerpotentialströmen am Beispiel von Schulwegen zu Grundschulen in Freiburg erläutert, die entwickelten Indikatoren könnten jedoch auch für weitere Wegezwecke eingesetzt und in weitere Untersuchungsgebiete übertragen werden. Außerdem wird die Entwicklung von nutzerspezifischen Walkability-Indizes, die je nach betrachtetem Ziel an die spezifischen Bedürfnisse der Nutzergruppe (z. B. Kinder) kalibriert werden, als eine potentiell wertvolle Weiterentwicklung gesehen.

Danksagung

Der Test-Prototyp wurde im Rahmen des MobiData BW Hackathons, der vom 27. November bis 29. November 2020 vom Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg zusammen mit der Stadt Freiburg und der NVBW – Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH ausgerichtet wurde, entwickelt. Die Weiterentwicklung des Prototyps wurde unter dem Akronym WALKIE (WALKability IndEx) in einer Innovationsphase (März-Juni 2021) mit rund 25 000 € durch das Land Baden-Württemberg gefördert.

6 Literatur

- Blečić, I.; Cecchini, A.; Congiu, T.; Fancello, G.; Trunfio, G. A. (2015): „Evaluating Walkability: A Capability-Wise Planning and Design Support System“. *International Journal of Geographical Information Science* 29 (8): 1350-1374.
<https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1026824> (Zugriff: 15.07.2021).
- Blečić, I.; Cecchini A.; Trunfio, G. A. (2015): „Towards a Design Support System for Urban Walkability.“ *Procedia Computer Science* 51: 2157-2167.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.489> (Zugriff: 15.07.2021).

- Bull, F. C.; Salih S Al-Ansari, S. S.; Biddle, S.; Borodulin, K.; Buman, M. P.; Cardon, G.; Carty, C. et al. (2020): „World Health Organization 2020 Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour.“ *British Journal of Sports Medicine* 54 (24): 1451-1462.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955> (Zugriff: 15.07.2021).
- Cervero, R.; Kockelman, K. (1997): „Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design.“ *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2 (3): 199-219.
[https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6) (Zugriff: 15.07.2021).
- Clifton, K. J.; Smith, A. D. L.; Rodriguez, D. (2007): „The Development and Testing of an Audit for the Pedestrian Environment.“ *Landscape and Urban Planning* 80 (1-2): 95-110.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.06.008> (Zugriff: 15.07.2021).
- D’Arcy, F. L. (2013): „A multidisciplinary examination of walkability: Its concept, measurement and applicability.“ PhD thesis, Dublin City University.
- Flade, A.; Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.) (1997): *Mobilität und verkehrsbezogene Einstellungen 11- bis 15jähriger. Studien und Texte zur Mobilitätsforschung 2.* Darmstadt: Inst. Wohnen und Umwelt.
- Florida, R. (2014): „Walkability Is Good for You.“ CityLab. 11. Dezember 2014.
<http://www.citylab.com/design/2014/12/growing-evidence-shows-walkability-is-good-for-you-and-for-cities/383612/> (Zugriff: 15.07.2021).
- Frank, L. D.; Pivo, G. (1994): *The Impacts of Mixed Use and Density on The Utilization of Three Modes of Travel: The Single Occupant Vehicle, Transit, and Walking.* Paper presented at the 73rd Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- goat-community (2021): „Goat-Community/Goat: This Is the Home of Geo Open Accessibility Tool (GOAT).“ GitHub. 2021.
<https://github.com/goat-community/goat> (Zugriff: 15.07.2021).
- infas – Institut für angewandte Sozialwissenschaft (2018): „Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht.“ Bonn, Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
www.mobilitaet-in-deutschland.de (Zugriff: 13.07.2021).
- Jou, K. K. (2011): „Pedestrian Areas and Sustainable Development.“ *International Journal of Architectural and Environmental Engineering*, 2011.
- Keller, H. (2006): „Motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter.“ *ZFA Zeitschrift für Allgemeinmedizin* 82 (10): 456-466.
<https://doi.org/10.1055/s-2006-942199> (Zugriff: 15.07.2021).
- Limbourg, M.; Flade, A.; Schönharting, J. (2000): *Mobilität im Kindes- und Jugendalter.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
<https://doi.org/10.1007/978-3-322-99569-8> (Zugriff: 15.07.2021).
- Litman, Todd A. (2018): „Economic Value of Walkability.“ *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1828 (1): 3-11.
<https://doi.org/10.3141/1828-01> (Zugriff: 15.07.2021).

- Schmidt, S. C. E.; Anedda, B.; Burchartz, A.; Eichsteller, A.; Kolb, S.; Nigg, C.; Niessner, C.; Oriwol, D.; Worth, A.; Woll, A. (2020): „Physical Activity and Screen Time of Children and Adolescents before and during the COVID-19 Lockdown in Germany: A Natural Experiment.“ *Scientific Reports* 10 (1): 21780.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-78438-4> (Zugriff: 13.07.2021).
- Schneidewind, U.; Fishedick, M. (2016): „Aus für Benzin- und Dieselfahrzeuge ab 2030: Der richtige Innovationsimpuls für die Verkehrswende?“ 2016: 6.
- Schweizer, T. (2014): „Der zumutbare Schulweg – Das Recht auf Bildung beginnt ander Haustüre.“ *Fussverkehr Schweiz*.
https://fussverkehr.ch/fileadmin/redaktion/publikationen/FB_2014_06_Zumutbarkeit_Schulweg_de.pdf (Zugriff: 15.07.2021).
- Spittaels, H.; Foster, C.; Oppert, J.-M.; Rutter, H.; Oja, P.; Sjöström, M.; De Bourdeaudhuij, I. (2009): „Assessment of Environmental Correlates of Physical Activity: Development of a European Questionnaire.“ *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 6 (1): 39.
<https://doi.org/10.1186/1479-5868-6-39> (Zugriff: 13.07.2021).
- Vale, D. S.; Saraiva, M.; Pereira, M. (2015): „Active accessibility: A review of operational measures of walking and cycling accessibility.“ *Journal of Transport and Land Use*, Juni 2015.
<https://doi.org/10.5198/jtlu.2015.593> (Zugriff: 15.07.2021).
- Walk Score (2021): „Walk Score Methodology.“ *Walk Score*.
<https://www.walkscore.com/methodology.shtml> (Zugriff: 13.07.2021).
- Wunsch, K.; Nigg, C.; Niessner, C.; Schmidt, S. C. E.; Oriwol, D.; Hanssen-Doose, A.; Burchartz, A. et al. (2021): „The Impact of COVID-19 on the Interrelation of Physical Activity, Screen Time and Health-Related Quality of Life in Children and Adolescents in Germany: Results of the Motorik-Modul Study.“ *Children* 8 (2): 98.
<https://doi.org/10.3390/children8020098> (Zugriff: 15.07.2021).

Untersuchung der Eigentumsstrukturen von Landwirtschaftsfläche in Deutschland

Andreas Tietz

Zusammenfassung

In Deutschland existiert keine statistische Erhebung über die Verteilung des Grundeigentums. In einem Pilotprojekt wurde eine Analyse der Eigentumsstrukturen von Flächen der Nutzungsart Landwirtschaft in einer bundesweiten Stichprobe von 59 Gemeinden durchgeführt. Basis sind die Eigentümerdaten aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS), die mithilfe von Algorithmen hinsichtlich der personellen Identität von Eigentümern aufbereitet und anonymisiert ausgewertet wurden.

Neben der Flächengröße, die individuellen Eigentümern zuzuordnen ist, wurde auch die aggregierte Flächengröße von wirtschaftlich zusammengehörigen Personen (Haushalten) und Unternehmen berechnet. Zudem wurden landwirtschaftliche Haushalte bzw. Betriebe identifiziert, die flächenbezogene Prämien der EU-Agrarförderung beziehen. Auswertungen erfolgten u. a. hinsichtlich der Verteilung auf Eigentümerkategorien und des Wohn- bzw. Firmensitzes der Eigentümer. Zudem wurden Konzentrationsraten der fünf größten Eigentümer in jeder Gemeinde ermittelt. Alle Merkmale zeigen eine sehr große Streubreite in der Stichprobe der untersuchten Gemeinden.

Schlagwörter: ALKIS, Landeigentum, Agrarstruktur, Landwirtschaftsfläche

1 Einführung

Die Verteilung des Eigentums an Landwirtschaftsfläche ist in Deutschland vermehrt Gegenstand politischer Debatten. Das aktuell geltende Grundstücksverkehrsgesetz (GrdstVG)¹ sieht vor, dass der Kauf von Landwirtschaftsfläche untersagt werden kann, wenn es damit zu einer „ungesunden Verteilung von Grund und Boden“ käme. Dieser unbestimmte Rechtsbegriff wird bislang so ausgelegt, dass im Fall des Kaufs durch einen Nichtlandwirt ein Vorkaufsrecht ausgeübt werden kann, wenn ein Landwirt, der einer Aufstockung seines Flächeneigentums bedarf, willens und in der Lage ist, diese Fläche zu kaufen.

¹ Gesetz über Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur und zur Sicherung land- und forstwirtschaftlicher Betriebe vom 28.07.1961, zuletzt geändert am 17.12.2008. Seit der Föderalismusreform II haben die Bundesländer die ausschließliche Gesetzgebungskompetenz für die landwirtschaftliche Bodenpolitik. Dies hat zur Folge, dass das GrdstVG als Bundesgesetz nicht mehr geändert werden kann und seine Geltung solange behält, bis die Länder eigene Gesetze erlassen. Dies hat bislang nur Baden-Württemberg mit dem Agrarstrukturverbesserungsgesetz von 2009 vollzogen (Netz 2015).

Mit Blick auf den landwirtschaftlichen Strukturwandel und das vermehrte Auftreten finanzstarker Investoren, die ganze landwirtschaftliche Betriebe aufkaufen (Tietz 2017), wird insbesondere in den ostdeutschen Bundesländern über ein neues Gesetz zum Schutz der Agrarstruktur nachgedacht, mit dem auch einer zu hohen Eigentumskonzentration vorgebeugt werden soll. So sah der Gesetzesentwurf des Landes Sachsen-Anhalt vor, dass ein Grundstückskauf auch unterbunden werden kann, wenn der Käufer bereits 50 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in der Region besitzt (Landtag von Sachsen-Anhalt 2020).

Wie das Eigentum an Grund und Boden in Deutschland verteilt ist, ist jedoch weitgehend unerforscht. Wissenschaftliche Untersuchungen zu diesem Thema liegen bis auf vereinzelte Ausnahmen (Duwendag und Epping 1974) nicht vor. Flächeneigentum wird im Grundbuch nach dem Prinzip des Realfoliums erfasst, daher ist eine statistische Auswertung nicht möglich.

Das Prinzip des Realfoliums besagt, dass jedes Flurstück mit eindeutiger Bezeichnung in genau einem Grundbuchblatt dokumentiert ist. Die Eigentümer*innen, die ggf. im Zeitablauf wechseln, werden auf dem Grundbuchblatt fortlaufend mit Namen, Geburtsdatum und Anschrift erfasst. Dieselbe Eigentümer*in kann auf einem anderen Grundbuchblatt jedoch mit abweichenden Daten verzeichnet sein, da sich Name und/oder Anschrift im Zeitablauf geändert haben, oder aufgrund einer abweichenden Schreibweise. Es fehlt ein eindeutiger Identifikator (wie z. B. die Steuernummer), anhand dessen die Flächen derselben Eigentümer*in zugeordnet werden könnten.

Um dem auch im Deutschen Bundestag (2018) diskutierten Bedarf nach Wissen über die Bodeneigentumsverteilung entgegenzukommen, hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) das Thünen-Institut mit einer Untersuchung zu diesem Thema beauftragt. Ziel war es, die Machbarkeit einer Auswertung bestehender Daten zu erproben und erste orientierende Ergebnisse in einer bundesweiten Stichprobe von Gemeinden zu erarbeiten. Zwei Forschungsfragen standen dabei im Mittelpunkt, nämlich:

- Wie ist landwirtschaftliches Bodeneigentum auf verschiedene Arten von Eigentümern verteilt?
- Wie hoch ist der Anteil der Landwirtschaftsfläche, der auf die größten individuellen Eigentümer vor Ort entfällt?

Das Projekt EigLanD wurde mit einjähriger Laufzeit konzipiert und mit der Übergabe eines Abschlussberichts (Tietz et al. 2021) an das BMEL erfolgreich beendet.

2 Datengrundlagen und Methodik

Das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem beinhaltet flurstücksbezogene Informationen über die aktuell im Grundbuch erfassten Eigentümer*innen in elektronischer Form. Die Aktualität dieser Daten wird durch regelmäßigen Abgleich der Datenbestände des elektronischen Grundbuchs und des ALKIS sichergestellt. Allerdings entsprechen die Grundbuchdaten nicht zwangsläufig den tatsächlichen Rechtsverhältnissen, da Einträge von Amts wegen nur in bestimmten Ausnahmefällen geändert werden. Änderungen und Berichtigungen finden im Übrigen nur auf Antrag einer Eigentümer*in statt. Eigentümerdaten können also insbesondere bei kleinen Flurstücken veraltet sein, z. B. wenn Eigentümer*innen unbekannt verzogen sind oder wenn sich nach deren Tod kein*e Erbberechtigte*r findet.

Es wurden ALKIS-Daten aus einer „gelenkten Zufallsstichprobe“ von insgesamt 59 Gemeinden, die über alle Bundesländer außer den Stadtstaaten verteilt sind, untersucht. Die Stichprobenziehung berücksichtigt den Umfang der Landwirtschaftsfläche (2 000 bis 4 000 Hektar) und die räumliche Streuung der Gemeinden innerhalb des jeweiligen Landes. Zudem wurde berücksichtigt, dass keine Flurbereinigungsverfahren in den gewählten Gemeinden anhängig sind.

Die Analyse beschränkte sich auf alle Flurstücke der Nutzungsart Landwirtschaft. Die Eigentümerdaten wurden aufbereitet, indem zunächst Flurstücke mit mehreren Eigentümern anteilig auf die Einzelpersonen aufgeteilt wurden. Anschließend kamen Algorithmen zum Einsatz, die aus den (oft ungleich, lücken- oder fehlerhaft eingetragenen) Eigentümerinformationen identische Eigentümer*innen generierten und das Landeigentum auf diese aggregierten. Die Eigentümer*innen wurden in zehn unterschiedliche Kategorien eingeteilt und anhand ihrer Anschrift geographisch zugeordnet. Dieser Datensatz wird als Aggregationsstufe 1 bezeichnet.

In einem weiteren Schritt wurde das Landeigentum der individuellen Eigentümer*innen entsprechend ihrer wirtschaftlichen Zusammengehörigkeit aggregiert. Gemeinsame Haushalte wurden anhand von Nachnamen und Anschrift identifiziert, zusammengehörige Unternehmen und/oder Personen wurden anhand der Gesellschafterlisten aus dem Handelsregister erkannt. Zusätzlich wurden landwirtschaftliche Unternehmen und Haushalte landwirtschaftlicher Familienbetriebe anhand von öffentlich verfügbaren Daten der EU-Agrarförderung und ggf. weiteren Quellen identifiziert. Der resultierende Datensatz wird als Aggregationsstufe 2 bezeichnet.

3 Ergebnisse

3.1 Zahl der Eigentümer

Die Eigentümerdaten der untersuchten Gemeinden sind in höchst unterschiedlichem Maß fragmentiert und unvollständig. Die Zahl unterschiedlicher Einträge liegt im Mittel bei 1 650 Eigentümer*innen und variiert innerhalb der Stichprobe um mehr als das 100-fache (zwischen 92 und 10 966 pro Gemeinde). Durch den Einsatz des Algorithmus wurde die Zahl identischer Eigentümer*innen auf durchschnittlich 1 294 (zwischen 89 und 8 711 pro Gemeinde) verringert.

Anschriften der Eigentümer*innen sind in den meisten Datensätzen überwiegend bis fast vollständig vorhanden. In neun Stichprobengemeinden (darunter alle aus Baden-Württemberg und dem Saarland) fehlten diese jedoch. In diesen Gemeinden konnte keine Aggregation der wirtschaftlichen Zusammengehörigkeit vorgenommen werden, weshalb sie aus den Auswertungen der Aggregationsstufe 2 ausgeschlossen wurden. Der Datensatz der 50 in dieser Stufe ausgewerteten Gemeinden enthält durchschnittlich 847 Eigentümer*innen (zwischen 71 und 3 255 pro Gemeinde).

3.2 Aggregationsstufe 1

Auswertungen der Aggregationsstufe 1 wurden hinsichtlich der vorbestimmten Kategorien sowie nach demographischen und geographischen Merkmalen der Eigentümer*innen vorgenommen. Tabelle 1 zeigt zur Verteilung auf Eigentümerkategorien jeweils das arithmetische Mittel, den Median sowie Minimal- und Maximalwerte in den Stichprobengemeinden. Generell zeigt sich eine sehr hohe Variationsbreite der Eigentumsanteile in allen Kategorien. Der Median liegt zumeist unter dem arithmetischen Mittel, was darauf hindeutet, dass statistische Ausreißer den Mittelwert verzerren. Natürliche Personen sind die Kategorie mit dem größten Eigentumsanteil von durchschnittlich 79,8 % (je nach Gemeinde zwischen 30,4 % und 97,9 %) der Landwirtschaftsfläche. Den Gebiets- und sonstigen Körperschaften – das sind die ersten sieben Kategorien in der Tabelle zusammengefasst – werden im Mittel 10,2 % der Landwirtschaftsfläche zugeordnet, wobei je nach Gemeinde stark variierende Anteile auf Kommune, Bund, Land usw. entfallen. Den Unternehmen des privaten Rechts gehören im Mittel 9,8 % der Fläche, wobei der Anteil der Unternehmen in den ostdeutschen Gemeinden signifikant höher ist als im alten Bundesgebiet, da Agrarunternehmen dort häufig die Rechtsform einer juristischen Person haben.

Tab. 1: Anteil der Landwirtschaftsfläche nach Eigentümerkategorien in den Stichprobengemeinden (Quelle: Tietz et al. 2021)

Eigentümerkategorie	Mittelwert in %	Median in %	Kleinster Wert in %	Größter Wert in %
Bund	0,8	0,0	0,0	18,5
BVVG	0,6	0,0	0,0	14,1
Land	2,0	0,9	0,0	17,6
Kommune	4,3	3,2	0,2	20,5
Kirche	2,2	1,7	0,1	17,1
Naturschutz	0,4	0,0	0,0	3,9
Zweckverband	0,5	0,1	0,0	5,3
Natürliche Person	79,8	83,9	30,4	97,9
Unternehmen	9,8	1,3	0,1	42,0
Unbekannt	0,2	0,0	0,0	4,2

Eine Auswertung der Geburtsdaten von natürlichen Personen im ALKIS bestätigt die Annahme, dass die Eigentümerdaten nicht immer auf dem aktuellen Stand sind. Das Durchschnittsalter aller Eigentümer*innen ist mit 61 Jahren relativ hoch; zudem ist das durchschnittliche Geburtsjahr der jeweils ältesten Eigentümer*in jeder Stichprobengemeinde das Jahr 1901.

Die Auswertung nach Wohn- bzw. Firmensitz der Grundeigentümer*innen ergibt, dass im Mittel 65,7 % der Landwirtschaftsfläche auf Eigentümer*innen mit Sitz innerhalb der ausgewerteten Gemeinde entfallen und weitere 11,5 % auf solche in angrenzenden Nachbargemeinden. Eigentümer*innen aus weiter entfernten deutschen Orten sind im Durchschnitt 20,0 % der Landwirtschaftsfläche zugeordnet (Tab. 2). In den ostdeutschen Gemeinden liegt der Flächenanteil auswärtiger Eigentümer*innen deutlich über dem Mittelwert. Dies ist vor allem auf den Umstand zurückzuführen, dass das Grundbuch im DDR-System nicht weitergeführt wurde und nach der Wiedervereinigung auf dem vorsozialistischen Stand wiederauflebte. Dadurch wurden vielfach Eigentumsrechte von Personen wiederhergestellt, die den Ort längst verlassen hatten. Auch die Rückgabe ehemals enteigneter Flächen an die Alteigentümer*innen durch die BVVG spielt in diesem Kontext eine Rolle. Zudem haben zahlreiche Landwirte und Investoren aus dem früheren Bundesgebiet Landwirtschaftsfläche in Ostdeutschland erworben (Forstner et al. 2012).

Tab. 2: Anteil Landwirtschaftsfläche nach Wohn- bzw. Firmensitz der Eigentümer*innen in 50 Stichprobengemeinden (Quelle: Tietz et al. 2021)

(Wohn-)Sitz in:	Mittelwert in %	Median in %	Kleinster Wert in %	Größter Wert in %
Stichprobengemeinde	65,7	67,2	27,5	84,3
Nachbargemeinde	11,5	10,7	2,5	28,4
D – andere Gemeinde	20,0	18,0	5,3	50,2
Ausland	0,1	0,0	0,0	0,6
Unbekannt	2,8	0,7	0,0	33,0

3.3 Aggregationsstufe 2

In der Aggregationsstufe 2 verteilt sich das Landeigentum auf die Gebiets- und sonstigen Körperschaften (unverändert), die neue Kategorie „Landwirtschaftlicher Haushalt/Betrieb“ sowie nichtlandwirtschaftliche natürliche Personen und Unternehmen. Die Identifikation landwirtschaftlicher Betriebe setzt zusätzlichen Rechercheaufwand voraus, da das Landeigentum in Familienbetrieben zumeist auf mehrere Generationen verteilt ist. Häufig ist sogar das gesamte Flächeneigentum noch in Händen der Eltern-generation, wohingegen der Betrieb bereits auf den Namen des Hofnachfolgers angemeldet ist. Sofern beide Generationen unter derselben Anschrift wohnen, können sie als landwirtschaftliche Haushalte identifiziert und zusammengeführt werden.

Im Ergebnis werden den nichtlandwirtschaftlichen natürlichen Personen durchschnittlich 48,7 % der untersuchten Landwirtschaftsfläche zugeordnet, den landwirtschaftlichen Betrieben 39,7 % und den nichtlandwirtschaftlichen Unternehmen 1,4 %, wiederum mit großer Variationsbreite innerhalb der Stichprobengemeinden (Tab. 3). Besonders hohe Anteile am Flächeneigentum hat die Landwirtschaft in einigen Gemeinden Mecklenburg-Vorpommerns und Brandenburgs. Die LPG-Nachfolgeunternehmen in Ostdeutschland konnten im Zuge der Flächenprivatisierung teils umfangreiche Landflächen kostengünstig erwerben und werden darüber hinaus nach dem GrdstVG als juristische Personen zum Kauf von Landwirtschaftsfläche privilegiert (Laschewski und Tietz 2020).

Den einzelnen Eigentümer*innen in Aggregationsstufe 2 sind im Gesamtdurchschnitt 6,0 ha pro Eigentümer(-haushalt) zugeordnet. Nichtlandwirtschaftlichen natürlichen Personen gehören im Gesamtdurchschnitt 2,9 ha pro Eigentümer*in, Gebiets- und sonstigen Körperschaften 19,8 ha und landwirtschaftlichen Haushalten/Betrieben 37,9 ha pro (wirtschaftlich zusammengehörigem) Eigentümer.

Tab. 3: Anteil der Landwirtschaftsfläche nach Eigentümerkategorien in Aggregationsstufe 2 (Quelle: Tietz et al. 2021)

Eigentümerkategorie	Mittelwert in %	Median in %	Min. in %	Max. in %
Gebiets- u. sonstige Körperschaft	10,2	9,8	1,7	29,4
Nichtlandwirtsch. natürliche Person	48,7	48,3	13,5	70,9
Landwirtschaftl. Haushalt/Betrieb	39,7	39,6	17,0	74,6
Nichtlandwirtschaftl. Unternehmen	1,4	0,6	0,0	8,8
Unbekannt	0,2	0,0	0,0	4,2

Hinter den Mittelwerten verbirgt sich eine hohe Ungleichverteilung auf individuelle Eigentümer*innen. Im Gesamtdurchschnitt gehören 57,7 % der Eigentümer*innen der Größenklasse mit weniger als 1 ha Landwirtschaftsfläche an. Auf der anderen Seite sind nur 1,9 % der Eigentümer*innen mehr als 50 ha Landwirtschaftsfläche zugeordnet.

Für die Flächenanteile der jeweils größten Eigentümer*innen jeder Stichprobengemeinde wurden die Konzentrationsraten CR1 bis CR5 berechnet. Die CR1 zeigt den Marktanteil des größten Unternehmens, die CR2 den kumulierten Marktanteil der zwei größten Unternehmen usw. Gemäß dem Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen liegt eine marktbeherrschende Stellung vor, wenn die CR1 mehr als 40 % des Umsatzes in einem definierten Markt beträgt. Für zwei oder drei Unternehmen liegt die Schwelle der Marktbeherrschung bei 50 %. In Bezug auf das Landeigentum sind die gemessenen Konzentrationsraten weit niedriger (vgl. Tab. 4). Der größten Eigentümer*in jeder Gemeinde sind im Durchschnitt 9,8 % der Landwirtschaftsfläche zugeordnet, im Extremfall einer mecklenburg-vorpommerschen Gemeinde 34,8 %. Die CR3 beträgt im Mittel 19,2 %, die CR5 im Mittel 25 %, bei entsprechend hoher Variationsbreite in den untersuchten Gemeinden.

Tab. 4: Konzentrationsraten des Flächeneigentums in den Stichprobengemeinden (Quelle: Tietz et al. 2021)

Konzentrationsrate	Mittelwert in %	Median in %	Min. in %	Max. in %
CR1	9,6	7,6	2,1	34,8
CR2	15,1	12,9	3,7	46,8
CR3	19,2	16,1	5,3	60,9
CR4	22,4	18,2	6,8	72,9
CR5	25,0	21,2	8,3	78,3

Unter den fünf größten Flächeneigentümer*innen jeder Gemeinde sind die landwirtschaftlichen Haushalte/Betriebe mit 66 % aller Nennungen sehr stark vertreten. Auf Kommunen entfallen rund 11 % aller Nennungen (zumeist als größte bis drittgrößte Eigentümer), auf nichtlandwirtschaftliche natürliche Personen 9 % (vorwiegend als fünft- oder viertgrößte Eigentümer*in).

4 Diskussion

Mit der im Projekt EigLanD entwickelten Methodik können ALKIS-Daten im Hinblick auf die personelle Verteilung von Grundeigentum weitgehend automatisiert und treffsicher aufbereitet und aussagekräftige Kennzahlen ermittelt werden. Die Methode eignet sich prinzipiell in gleicher Weise für Flächen anderer Nutzungsarten. Allerdings ist die für dieses Pilotprojekt gezogene Stichprobe von 59 der bundesweit rund 11 000 Gemeinden nicht repräsentativ für Deutschland.

Geschätzt rund 20 % der Grundbuchblätter verweisen auf mehr als einen Eigentümer (Ehepaare, Erbengemeinschaften oder Personengesellschaften). Die methodische Vorgehensweise bei der Behandlung von Gemeinschaftseigentum und wirtschaftlicher Zusammengehörigkeit innerhalb von Haushalten und Unternehmen folgte pragmatischen Überlegungen im Hinblick auf den unterstellten Umgang der Eigentümer*innen mit ihrem Land. Die methodischen Festlegungen bilden aber nicht die rechtliche Behandlung von Grundeigentum ab und beeinflussen andererseits in vielen Fällen die ermittelte Höhe der Eigentumskonzentration. Zur Validierung könnten alternative Methoden und deren Einfluss auf die Ergebnisse geprüft werden.

Die Eigentümerinformationen im ALKIS erwiesen sich teilweise als unerwartet fragmentiert und veraltet. Ausnahmen stellen vor allem solche Gemeinden dar, wo in einem Verfahren nach dem Flurbereinigungsgesetz Grundbuch und Kataster flächendeckend erneuert wurden. Die Datenqualität hängt somit maßgeblich davon ab, wann und in welchem Umfang Flurbereinigungen in den Stichprobengemeinden stattgefunden haben. Dies ist bei zukünftigen Untersuchungen zu berücksichtigen.

Die Identifizierung landwirtschaftlicher Betriebe unter den Landeigentümer*innen ist nur in Ansätzen automatisierbar und verursacht hohen manuellen Rechercheaufwand. Die Ergebnisse sind nicht vollständig treffsicher und deckungsgleich mit Zahlen landwirtschaftlicher Betriebe in der Agrarstatistik, die auf Erhebungen bei den Betriebsleitern basiert. In der Tendenz werden die Ergebnisse aus EigLanD durch die Zahlen der Agrarstatistik jedoch bestätigt.

Es besteht weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Validierung der Methodik. Darüber hinaus ist die Untersuchung größerer Stichproben erforderlich, um statistisch abgesicherte Aussagen zu Landeigentumsstrukturen und Unterschieden zwischen

Bundesländern und Regionen treffen zu können. Darauf aufbauend könnten Fragen nach Faktoren, die Einfluss auf die heutigen Eigentumsstrukturen haben (wie z. B. historische Rechtsverhältnisse, Unterschiede im Erbrecht, Landschaftstypen, Flurbereinigung usw.), untersucht werden.

5 Literatur

- Deutscher Bundestag (2018): Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Ernährung und Landwirtschaft zu den Anträgen der Fraktionen DIE LINKE – Drucksache 19/1853 – und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/5887. Drucksache 19/6516 vom 14.12.2018.
- Duwendag, D.; Epping, G. (1974): Wem gehört der Boden in der Bundesrepublik Deutschland? Bonn.
- Forstner, B.; Tietz, A.; Weingarten, P. (2012): Aktivitäten nichtlandwirtschaftlicher und überregional ausgerichteter Investoren auf dem landwirtschaftlichen Bodenmarkt in Deutschland. *Berichte über Landwirtschaft* 90, Heft 2, 177-200.
- Landtag von Sachsen-Anhalt (2020): Entwurf eines Agrarstrukturgesetzes Sachsen-Anhalt – ASG LSA. Drucksache 7/6804 vom 4.11.2020.
- Laschewski, L.; Tietz, A. (2020): Auswirkungen überregional aktiver Investoren in der Landwirtschaft auf ländliche Räume: Ergebnisse aus zwei Fallstudien. Braunschweig. Thünen Report 80.
- Netz, J. (2015): Grundstückverkehrsgesetz: Praxiskommentar (7. Auflage). Butjadingen-Stollhamm.
- Tietz, A. (2017): Überregional aktive Kapitaleigentümer in ostdeutschen Agrarunternehmen: Entwicklungen bis 2017. Braunschweig. Thünen Report 52.
- Tietz, A.; Neumann, R.; Volkenand, S. (2021): Untersuchung der Eigentumsstrukturen von Landwirtschaftsfläche in Deutschland. Braunschweig. Thünen Report 85.

Bestandsdynamik von Nichtwohngebäuden in Deutschland: Möglichkeiten und Grenzen der Bautätigkeitsstatistik

Daniel Kretzschmar, Georg Schiller, Alexandra Weitkamp

Zusammenfassung

In Deutschland fehlt es an Informationen über Struktur und Bestand der Nichtwohngebäude. Mit Veröffentlichung der Bautätigkeitsstatistik im Scientific-Use-File durch die Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder sind erstmals Tiefenanalysen zur Bestandsdynamik im Nichtwohnbau möglich. Dieser Beitrag beleuchtet Möglichkeiten und Grenzen des neuen Sachdatenzugangs entlang beispielhafter räumlicher und sachlicher Auswertungen und eruiert Möglichkeiten eines nationalen Gebäuderegisters. Im Ergebnis dieser Analyse werden Vorschläge zur Ertüchtigung der Statistik diskutiert. Es zeigt sich, dass eine umfassende Bautätigkeitsstatistik zur Validierung und Fortschreibung eines zukünftigen Gebäuderegisters unerlässlich ist.

Schlagwörter: Bautätigkeit, Nichtwohngebäude, Gebäuderegister, Dynamik

1 Bekannte Hürden – neue Daten

In Deutschland existiert bisher kein flächendeckendes Gebäuderegister (Körner, Krause, Ramsauer 2019: 82). Informationen zum Bestand – insbesondere von Nichtwohngebäuden ohne Wohnraum – liegen nicht vor (BBSR 2016: 3). Aktuelle Forschungsvorhaben zeigen, dass die stichprobengestützte Erhebung des Nichtwohngebäudebestandes grundsätzlich möglich ist (IWU 2021: 1). Abschätzungen zu Größe und Struktur des Nichtwohngebäudebestandes können auf diesem Wege getroffen werden. Mit Blick auf die großen Stichprobenfehler kleinräumiger Auswertungen sowie die fehlende Verfügbarkeit von Längsschnittdaten sind die Grenzen solcher Stichprobenerhebungen schnell erreicht. Hinzu kommen die mangelnde Vergleichbarkeit infolge wechselnder Typologien und weiterführender Erhebungsmerkmale, der hohe finanzielle und methodische Aufwand sowie die fehlende Verknüpfung mit anderen amtlichen bzw. nichtamtlichen Daten. Dadurch fehlen insbesondere Informationen über Nutzflächen nach Nutzungsklassen, Daten zur räumlichen Verteilung von Nichtwohngebäuden sowie Kenntnisse über deren Bauherrenstruktur.

All diese Informationen werden seit 1995 durch die Bautätigkeitsstatistik der Länder erhoben. So erfasst die Baufertigstellungsstatistik in einem inzwischen vollständig digitalen Erhebungsbogen für alle räumlichen Ebenen bis zu Gemeinden, Gemeindeteilen und Straßenschlüssel u. a. Merkmale wie das Datum der Bezugsfertigstellung des Nichtwohngebäudes, den überwiegend verwendeten Baustoff, Informationen zum

Bauherren, die veranschlagten Kosten der Baufertigstellung sowie Informationen zur Zahl der Vollgeschosse, zum Rauminhalt, zur Wohn- und Nutzflächen vor und nach Abschluss der Baumaßnahme sowie eine maßnahmenbezogene Identnummer (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2013a).

Noch bis vor wenigen Jahren waren diese Informationen nur in räumlich und sachlich stark vereinfachter Form zugänglich (Behnisch 2008: 123). So differenziert das Statistische Bundesamt (2020) in Zeitreihen zu Baugenehmigungen und Baufertigstellungen von Nichtwohngebäuden lediglich acht Nutzungsklassen (Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, Landwirtschaftliche Betriebsgebäude, Fabrik- und Werkstattgebäude, Warenlagergebäude, Handelsgebäude, Hotels und Gaststätten sowie Sonstige Nichtwohngebäude) und drei räumliche Bezugsebenen (Deutschland, Früheres Bundesgebiet, Neue Länder und Berlin). Diese Klassifikation vernachlässigt wesentliche Nutzungsklassen, weshalb vielfach alternative Typologien entwickelt werden (Kretzschmar et al. 2019). Eine räumliche Differenzierung auf Kreis- oder Gemeindeebene ist für die Umsetzung gezielter umweltpolitischer Steuerungsmaßnahmen – z. B. in Bezug auf die Flächeninanspruchnahme durch bestimmte Nichtwohngebäudetypen – unerlässlich (Kretzschmar et al. 2021: 151).

Mit Veröffentlichung der Bautätigkeitsstatistik durch die Forschungsdatenzentren (FDZ) des Bundes und der Länder als standardisierte *Scientific-Use-Files (SUF)* steht der Forschung inzwischen ein nahezu vollständiger Längsschnittdatensatz aller Baufertigstellungen im Nichtwohnbau der Jahre 1995 bis 2019 zur Verfügung. Mit Ausnahme des Gemeindeteils, des Straßenschlüssels, der Identnummer sowie der veranschlagten Kosten können in diesem Datensatz erstmals alle im Erhebungsbogen erfassten Merkmale ausgewertet werden. Die anonymisierten Mikrodaten stehen allen Forschungseinrichtungen auch außerhalb der geschützten Räume der amtlichen Statistik zur Verfügung (*Off-Site-Zugangsweg*).

Ziel des Beitrags ist es, diesen Datensatz entlang unterschiedlicher Nutzungsklassen, Teilräume und Bauherren exemplarisch zu analysieren und Möglichkeiten und Grenzen der Auswertung aufzuzeigen. Hierbei stellen sich insbesondere Fragen nach dem Aufbereitungsbedarf des Datensatzes, der Möglichkeiten der Differenzierung und Merkmalsverschneidung in Zeitreihen sowie Fragen der Vergleichbarkeit zwischen Wohn- und Nichtwohnbauerhebungen. Zunächst werden notwendige zeitliche, räumliche und sachliche Datenaufbereitungsschritte skizziert und Spielräume alternativer typologischer Sortierungen ausgelotet. Anschließend werden Möglichkeiten und Grenzen dieses angepassten Datensatzes für die Beantwortung dynamikbezogener Forschungsfragen besprochen und Handlungsempfehlungen diskutiert.

2 Aufbereitungsbedarf des SUF-Datensatzes

Für die Anforderungen einer kleinräumigen sowie typologisch und zeitlich präzisen Zeitreihenanalyse der deutschlandweiten Dynamik im Nichtwohnbau sind Aufbereitungsschritte erforderlich, die im Folgenden kurz skizziert werden.

Räumliche Aufbereitung

Die Daten zu Baufertigstellungen im Wohn- und Nichtwohnbau liegen im SUF-Datensatz nicht für einen einheitlichen Gebietsstand vor. Zur Darstellung kongruenter räumlicher Informationen in Zeitreihen ist eine entsprechende Aktualisierung älterer Zeitscheiben nötig. Konkret müssen die Amtlichen Gemeindegrenzen (AGS) an den aktuellsten Gebietsstand angepasst werden. Für die in diesem Beitrag behandelten Daten wurden alle betrachteten Fälle auf den Gebietsstand des 31.12.2015 aggregiert. Insgesamt betrifft eine Aufbereitung dieser Art je nach Erhebungszeitraum jährlich rund 200 000 bis 300 000 Baumaßnahmen. Zur Minimierung des Aufwandes wurden bei einigen Auswertungen nur Gebäude mit einer neu errichteten Nutzfläche von mehr als 2 500 m² berücksichtigt. Dies verringert die Zahl der räumlich aufzubereitenden Fälle zuverlässig um rund 90 Prozent (Kretzschmar et al. 2021: 140).

Typologische Aufbereitung

Typologisch werden alle Nichtwohngebäude nach dem für diese Zeitscheibe gültigen Signierschlüsselverzeichnis (SSV) erfasst. Dessen jüngste Aktualisierung erfolgte 2014 (Statistisches Bundesamt 2014). Hierbei wurde das Verzeichnis von 52 auf 73 Nutzungstypen erweitert. Einige Nutzungstypen wurden weiter untergliedert: z. B. werden *Kindertagesstätten* (910) in die Untertypen *Kinderkrippengebäude* (911) sowie *Kindergarten- und Kinderhortgebäude* (915) unterteilt. Andere Nutzungstypen, wie beispielsweise *Garagengebäude der Deutschen Bahn AG und der Postfolgeunternehmen* führt das aktuelle Verzeichnis nicht mehr als eigenständige Typen. Eine detaillierte Übersicht über die Änderungen des SSV sowie die Zuordnung zur typologischen Systematik von Kretzschmar et al. (2019) (Spalte „Nutzungsgruppe“) gibt Tabelle 1.

Zeitliche Aufbereitung

Die zeitliche Zuordnung der Fälle erfolgt nach dem Datum des Eingangs in die Statistik (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2013b: 6). Dies kann mehrere Jahre nach tatsächlicher Fertigstellung erfolgen. Der Datensatz weist beide Zeitpunkte – Eingang in die Statistik und tatsächliche Fertigstellung – aus. Für Aussagen zur tatsächlichen Fertigstellung müssen die Zeitscheiben um Nachmeldungen ergänzt werden. Für Warenlagergebäude belaufen sich diese auf durchschnittlich 5 Prozent der jährlich fertiggestellten Nutzfläche (Kretzschmar et al. 2021: 140). Zu beachten ist, dass eine Verschiebung von Fällen zwischen zwei Zeitscheiben mit einem Wechsel des AGS und ggf. der Signierschlüsselsystematik einhergehen kann.

Tab. 1: Zuordnung der Signierschlüssel für Nichtwohngebäude auf die Nutzungsklassen (Quelle: Statistisches Bundesamt 2014, eigene Zuordnung und Darstellung)

Nutzungs- klasse	Altes Signierschlüsselverzeichnis bis 2014		Neues Signierschlüsselverzeichnis ab 2015	
	Key	Bezeichnung	Key	Bezeichnung
Büro- und Verwaltungs- gebäude	308	Büro- und Verwaltungsgebäude (außer 395)	310	Büro- und Verwaltungsgebäude der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
			320	Büro- und Verwaltungsgebäude des produzierenden Gewerbes
			340	Büro- und Verwaltungsgebäude des Handels, des Verkehrs, der Post- und Telekommunikationsunternehmen
			370	Büro- und Verwaltungsgebäude der Kreditinstitute, des Versicherungsgewerbes und der Dienstleistungsunternehmen
			391	Parlamentsgebäude
			393	Gerichtsgebäude
			399	Andere Büro- und Verwaltungsgebäude der Gebietskörperschaften, der Sozialversicherung und der Organisationen ohne Erwerbszweck
Industrie- und Warenlager	717	Schlachthöfe- und häuser	717	Schlachthöfe- und häuser
	719	Sonstige Fabrik- und Werkstattgebäude	719	Sonstige Fabrik- und Werkstattgebäude
	737	Andere Warenlagergebäude	737	Andere Warenlagergebäude
Handels- gebäude	721	Markt- und Messehallen	721	Markt- und Messehallen
	728	Einzelhandelsgebäude	723	Einzelhandelsgebäude (ohne Tankstellengebäude)
			725	Tankstellengebäude
	729	Andere Handelsgebäude	729	Andere Handelsgebäude
Bildungs- und Erziehungs- gebäude	150	Erziehungsheime	150	Erziehungsheime
	170	Heime von Unterrichtsanstalten (ohne solche für Behinderte)	170	Heime von Unterrichtsanstalten (ohne solche für Behinderte)
	910	Kindertagesstätten	911	Kinderkrippengebäude
			915	Kindergarten- und Kinderhortgebäude
	921	Schulgebäude von allgemeinbildenden Schulen	921	Schulgebäude von allgemeinbildenden Schulen
	924	Schulgebäude von berufsbildenden Schulen	924	Schulgebäude von berufsbildenden Schulen
	927	Schulgebäude von kombinierten allgemein- und berufsbildenden Schulen	927	Schulgebäude von kombinierten allgemein- und berufsbildenden Schulen
	929	Schulgebäude von nicht allgemein- und berufsbildenden Schulen, Volkshochschulgebäude	929	Schulgebäude von nicht allgemein- und berufsbildenden Schulen, Volkshochschulgebäude
	930	Hochschulgebäude	931	Hochschulgebäude für Lehrzwecke
			934	Hochschulgebäude für Forschungszwecke
		937	Hochschulgebäude für Lehr- und Forschungszwecke	
	940	Gebäude für Forschungszwecke (ohne Hochschulgebäude)	940	Gebäude für Forschungszwecke (ohne Hochschulgebäude)
Gesundheits- und Pflege- gebäude	110	Krankenhäuser	111	Krankenhäuser (ohne Hochschulkliniken)
			115	Hochschulkliniken
			119	Krankenhäuser von Justizvollzugsanstalten
	120	Anstaltsgebäude für die Eingliederung und Pflege Behinderter	121	Gebäude für die Eingliederung Behinderter
	130	Altenpflege- und Krankenheime	125	Gebäude für die Pflege Behinderter
970	Medizinische Behandlungsinstitute, Gebäude für Heilbäder oder Gesundheitspflege	130	Altenpflege- und Krankenheime	
		970	Medizinische Behandlungsinstitute, Gebäude für Heilbäder oder Gesundheitspflege	
Gastronomie- und Beher- bergung	750	Hotels, Gasthöfe, Fremdenheime, Pensionen	750	Hotels, Gasthöfe, Fremdenheime, Pensionen
	770	Gaststättengebäude ohne Beherbergung, Kantinengebäude	771	Gaststättengebäude ohne Beherbergung
			775	Kantinengebäude

	Altes Signierschlüsselverzeichnis bis 2014		Neues Signierschlüsselverzeichnis ab 2015	
Nutzungs- klasse	Key	Bezeichnung	Key	Bezeichnung
Kultur-, Sozial- und Freizeit- gebäude	140	Heime für Säuglinge, Kinder und Jugendliche, a.n.g. (ohne Wohn-, Ferien- und Erholungsheime)	140	Heime für Säuglinge, Kinder und Jugendliche, a.n.g. (ohne Wohn-, Erziehungs-, Ferien- und Erholungsheime)
	160	Müttergenesungsheime, Ferien- und Erholungsheime	161	Müttergenesungsheime
	191	Klöster	165	Ferien- und Erholungsheime
	791	Filmtheater, Spielbanken und sonstige Gebäude für Unterhaltungszwecke a.n.g.	191	Klöster
	950	Museen, Theater, Opernhäuser, Bibliotheken, Kongresshallen u.ä.	791	Filmtheater, Spielbanken und sonstige Gebäude für Unterhaltungszwecke a.n.g.
			951	Museen, Galerien
			953	Theater, Opernhäuser
			955	Bibliotheken, Büchereien u.Ä.
			957	Gebäude für Tier- und Pflanzenhaltung in zoologischen und botanischen Gärten
			959	Kongreß- und Mehrzweckhallen
	960	Kirchen und sonstige an anderer Stelle nicht genannte Kultgebäude	960	Kirchen und sonstige an anderer Stelle nicht genannte Kultgebäude
	991	Freizeit- und Gemeinschaftshäuser für Jugendliche	991	Freizeit- und Gemeinschaftshäuser für Jugendliche
	993	Freizeit- und Gemeinschaftshäuser für ältere Menschen	993	Freizeit- und Gemeinschaftshäuser für ältere Menschen
	998	Sonstige Freizeit-, Gemeinschafts- und Bürgerhäuser	995	Bürger- und Dorfgemeinschaftshäuser
			997	Sonstige Freizeit- und Gemeinschaftshäuser
Verkehrs- und Garagen- gebäude	742	Garagengebäude der Deutschen Bahn AG und der Postfolgeunternehmen		
	743	Andere Garagengebäude	744	Andere Garagengebäude
			745	Verkehrsempfangsgebäude
			747	Sonstige Verkehrsgebäude der Bahn, Post und Telekommunikation
	748	Sonstige Verkehrsgebäude und Gebäude der Nachrichtenübermittlung	749	Sonstige Verkehrsgebäude
Sport- gebäude	981	Sporthallen (ohne Schwimmhallen)	981	Sporthallen (ohne Schwimmhallen)
	985	Schwinnhallen	985	Schwinnhallen
	989	Sonstige Sportgebäude	989	Sonstige Sportgebäude
LW-Gebäude	500	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	500	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude
Ver- und Entsorgungs- gebäude	712	Gebäude der Energiegewinnung und -verteilung	712	Gebäude der Energiegewinnung und -verteilung
	713	Gebäude der Wassergewinnung und -verteilung	713	Gebäude der Wassergewinnung und -verteilung
	714	Gebäude der Abwasserbeseitigung	714	Gebäude der Abwasserbeseitigung
	715	Gebäude der Abfallbeseitigung	715	Gebäude der Abfallbeseitigung
Bevölke- rungsschutz- gebäude	181	Kasernen und Bereitschaftsgebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)	181	Kasernen und Bereitschaftsgebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)
	185	Sonstige Kasernen und Bereitschaftsgebäude	185	Sonstige Kasernen und Bereitschaftsgebäude
	195	Justizvollzugsanstalten	195	Justizvollzugsanstalten
	395	Büro- und Verwaltungsgebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)	395	Büro- und Verwaltungsgebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)
	711	Werkstattgebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)	711	Werkstattgebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)
	731	Warenlagergebäude für die öffentliche Nahrungsmittelvorsorge	731	Warenlagergebäude für die öffentliche Nahrungsmittelvorsorge
	734	Warenlagergebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)	734	Warenlagergebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)
	741	Garagengebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)	741	Garagengebäude der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes (auch Bundespolizei)
Sonstige NWG	795	Sonstige Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude a.n.g.	795	Sonstige Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude a.n.g.
	999	Sonstige Nichtwohngebäude a.n.g.	999	Sonstige Nichtwohngebäude

3 Neue Analysemöglichkeiten im Nichtwohnbau

Nachfolgend werden exemplarisch die Auswertungsmöglichkeiten des SUF-Datensatzes zur Baufertigstellungsstatistik für Nichtwohngebäude vorgestellt. Es werden einerseits die Möglichkeiten kleinräumiger Analysen diskutiert, andererseits beispielhaft Zeitreihenanalysen und nutzungsartübergreifende Auswertungen zur Mischnutzung sowie zur Umnutzung präsentiert.

Da der Bedarf an Kindertagesstätten regelmäßig in der Politik diskutiert wird, werden die Möglichkeiten der Auswertung beispielhaft an diesem Nutzungstyp dargestellt. Abbildung 1 zeigt die deutschlandweiten Baufertigstellungen im Zeitverlauf nach Bauherren. Die Bautätigkeitsstatistik unterscheidet acht Bauherrenklassen. Deutlich sind die Auswirkungen politischer Steuerungsmaßnahmen erkennbar. Der Anstieg bis zum Jahr 2013 lässt sich u. a. durch den seit August desselben Jahres gesetzlich festgeschriebenen Anspruch auf einen Betreuungsplatz erklären.

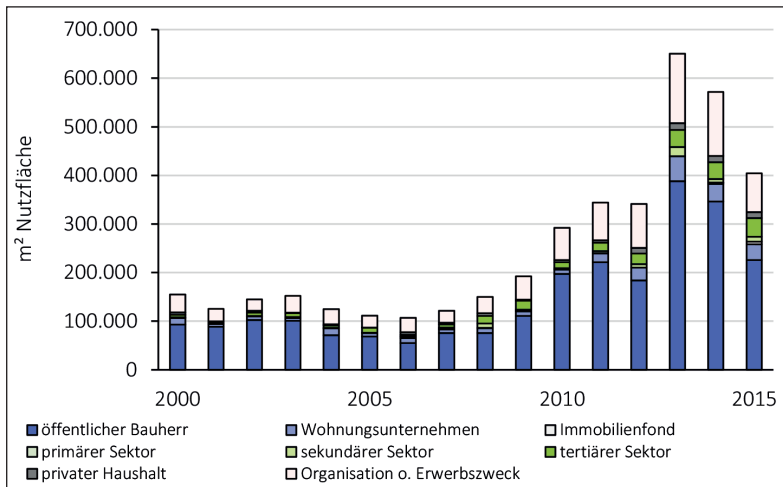


Abb. 1: Nutzfläche neu errichteter Kindertagesstätten in Deutschland zwischen 2000 und 2015 (Quelle: FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, DOI: 10.21242/31121.2000.00.00.1.1.0; eigene Berechnungen)

Auch lassen sich am Beispiel der Kindertagesstätten die Möglichkeiten kleinräumiger Auswertungen mit den Daten der Forschungsdatenzentren aufzeigen (Abb. 2). Es wird deutlich, dass das Gros der Baufertigstellungen auf Stadt-Umland-Regionen großer Ballungsräume entfällt, wobei historisch gut versorgte Länder wie Thüringen oder Sachsen-Anhalt weniger Neubau verzeichnen.

Grundsätzlich ist für jeden Nutzungstyp mit eigener Signierschlüsselnummer eine entsprechende Auswertung der Bautätigkeit bis auf Gemeindeebene möglich. Zu beachten ist die gültige Bagatellgrenze der Erfassung. Hinzu kommen Anonymisierungseffekte, wodurch es in Einzelfällen zu Abweichungen von der tatsächlichen Bautätigkeit kommen kann.

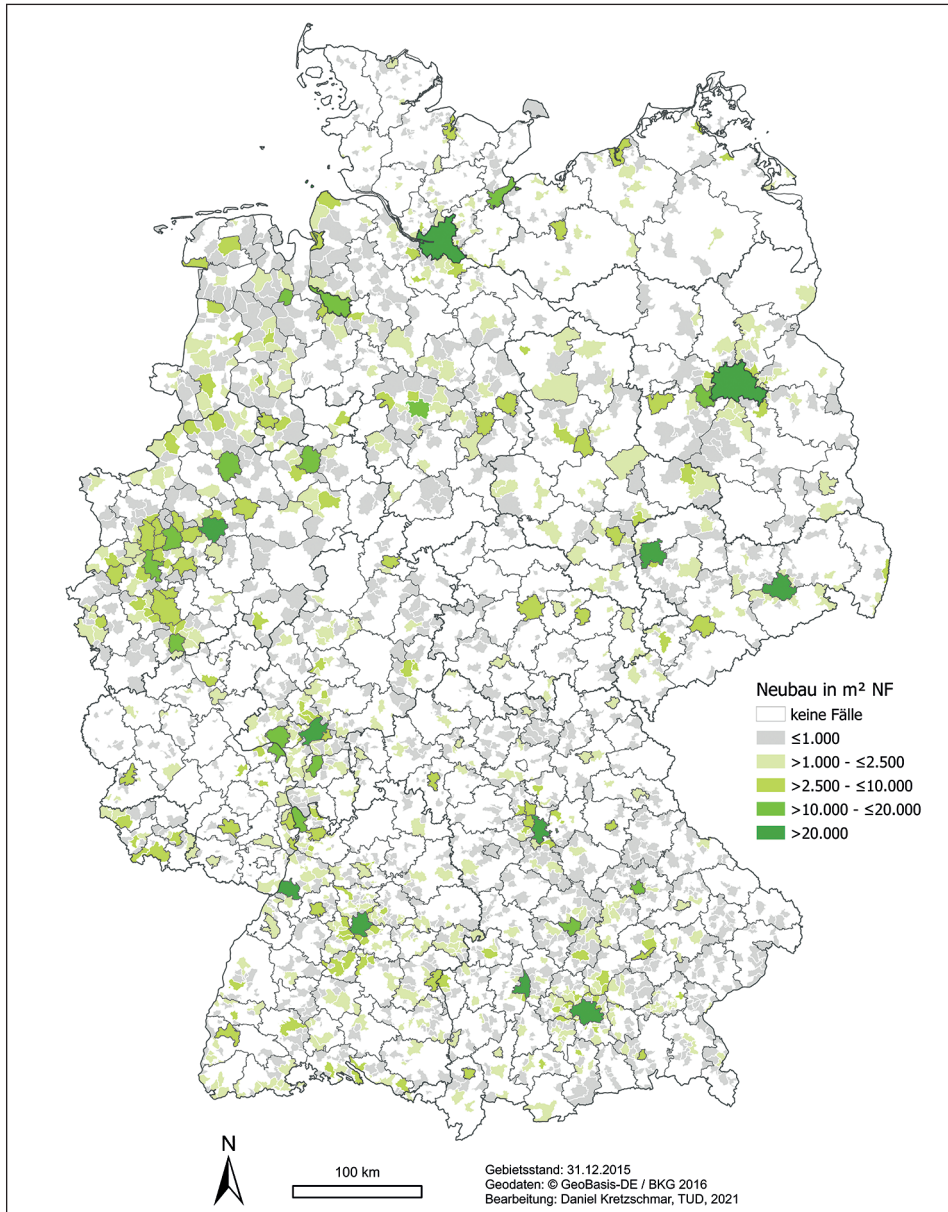


Abb. 2: Kumulierte Nutzfläche neu errichteter Kindertagesstätten der Jahre 2008 bis 2015
Quelle: FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, DOI: 10.21242/31121.2000.00.00.1.1.0; eigene Berechnungen

Neben räumlichen und sachlichen Detailuntersuchungen zu bestimmten Nutzungsklassen und Nutzungstypen können auch Vergleichsanalysen zwischen Entwicklungen von Wohn- und Nichtwohngebäudebeständen innerhalb bestimmter Zeiträume durchgeführt werden. Im FDZ-Datensatz werden für jede Baumaßnahme vor und nach

Abschluss einer Maßnahme sowohl die Wohn- als auch die Nutzfläche erfasst. Hierdurch sind erstmals Aussagen zum Anteil neu errichteter Gebäude mit Mischnutzung möglich – jener Gebäude, die gleichzeitig Wohn- und Nutzflächen beinhalten.

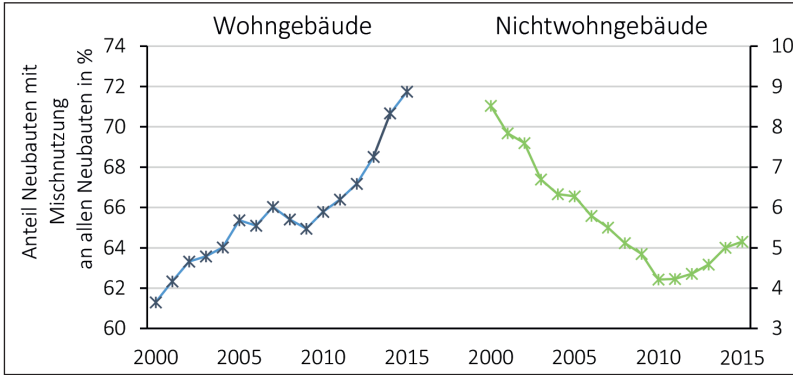


Abb. 3: Vergleich des Anteils der Neubauten mit Mischnutzung an allen Neubauten für Wohngebäude (links) bzw. Nichtwohngebäude (rechts), ohne Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden (Quelle: FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, DOI: 10.21242/31121.2000.0 0.00.1.1.0; eigene Berechnungen)

Eine Zeitreihe der Anteile neu errichteter Gebäude mit Mischnutzung an allen neu errichteten Gebäuden – jeweils für Wohngebäude und Nichtwohngebäude – zeigt den unterschiedlichen Stellenwert der Mischnutzung in beiden Segmenten (Abb. 3). So wurde im Jahr 2015 in 72 Prozent aller neu errichteten Wohngebäude auch Nichtwohnnutzfläche fertiggestellt. Umgekehrt wiesen im gleichen Jahr nur 5 Prozent aller neu errichteten Nichtwohngebäude Wohnflächen auf. Gemischt genutzte Nichtwohngebäude scheinen

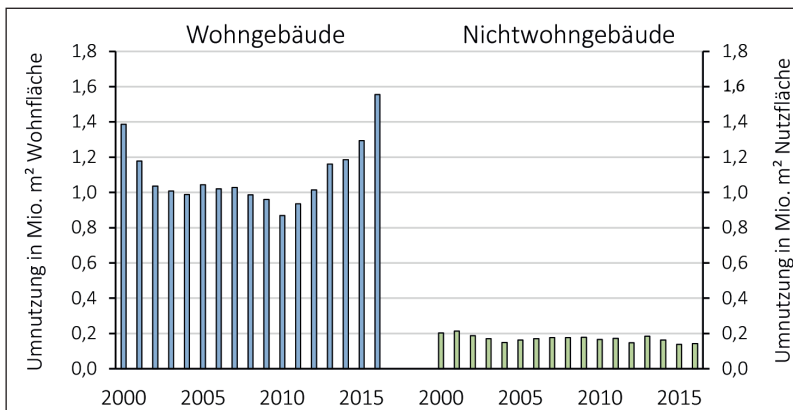


Abb. 4: Jährlich fertiggestellte Wohnfläche (rechts) bzw. Nutzfläche (links) mit Änderung des Nutzungsschwerpunktes, Flächendifferenz vor und nach Abschluss einer Baumaßnahme (Quelle: FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, DOI: 10.21242/31121.2000.0 0.00.1.1.0; eigene Berechnungen)

im Neubau demnach keine wesentliche Rolle zu spielen. Während in Wohngebäuden der Mischnutzungsanteil in neu errichteten Gebäuden im Zeitverlauf zunimmt, sinkt der Mischnutzungsanteil im Nichtwohnbereich, wobei seit 2010 ein leicht ansteigender Trend auf niedrigem Niveau feststellbar ist.

Weiter sind erstmals auch deutschlandweite Auswertungen zur Umnutzung darstellbar – also einem Wechsel der Hauptnutzungsart von Wohn- auf Nichtwohnnutzung und umgekehrt. Eine Nutzungsartänderung kann durch einen An- oder Umbau sowie durch Umwidmungen hervorgerufen werden. Dies ist im Datensatz durch die Variable „Änderung des Nutzungsschwerpunktes“ hinterlegt. Abbildung 4 zeigt die veränderte Wohn- bzw. Nutzfläche in Gebäuden mit Nutzungsänderung. Deutlich sichtbar ist der weitaus größere Stellenwert der Umnutzung von Nichtwohngebäuden in Wohngebäude, wodurch im Schnitt etwa eine Million Quadratmeter Wohnfläche pro Jahr entstehen, während durch die Umnutzung von Wohngebäuden in Nichtwohngebäude jährlich nur etwa 150 000 m² Nutzfläche fertiggestellt werden. Zusätzlich lässt sich eine beschleunigte Dynamik der Umnutzung von Nichtwohn- in Wohngebäude seit 2010 beobachten.

Entsprechende Analysen können für beliebige sachliche und räumliche Teilmärkte erfolgen, zum Beispiel die Umnutzungsdynamik im Frankfurter Bürobestand oder der Anteil neu errichteter Handelsgebäude mit Mischnutzung in Berlin.

4 Grenzen der Bautätigkeitsstatistik

Insgesamt unterliegt die Bautätigkeitsstatistik hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit für bundesweit vergleichende Analysen einigen Einschränkungen. So bedarf der Datensatz der FDZ einer **Aufbereitung**, da er räumlich, zeitlich und typologisch uneinheitlich vorliegt. Gemeindegchlüssel und Signierschlüssel sind stets nur für das jeweilige Erhebungsjahr gültig. Die Einordnung der Daten in die Zeitscheiben erfolgt nach Eingang in die Statistik. Berechnungen zur tatsächlichen Fertigstellung sind aufwendig. Hier könnten einheitliche Sachstände bezogen auf das jeweils letzte Erhebungsjahr einer Zeitreihe abhelfen – analog zu anderen Sachdaten wie der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Länder (VGRdL 2021).

Die räumliche Tiefe ist begrenzt, da datenschutzrechtlich begründet derzeit keine räumlichen Informationen unterhalb der Gemeindeebene übermittelt werden. Für Großstädte stellt dies eine analytische Hürde dar. Stehen genügend Daten für eine Anonymisierung zur Verfügung, ist zukünftig eine Übermittlung der Informationen auf Stadtbezirksebene oder kleinteiliger zu empfehlen, die mit dem Datenschutz vereinbar wäre. Mit Blick auf räumlich tiefergehende Auswertungen auf Ebene von Gemeindeteilen, Straßen oder gar Koordinaten stellt der Datenschutz eine bisher unüberwindbare Hürde dar.

In Ermangelung einer **Objektidentifikation** ist eine Verknüpfung der in der Statistik erfassten Umbaumaßnahmen zwischen verschiedenen Zeitständen aktuell unmöglich. Alle Gebäude im Datensatz werden stets im Zustand nach Abschluss der Baumaßnahme erfasst. Im Falle einer Änderung des Nutzungsschwerpunktes kann somit die Vornutzung nicht mehr nachvollzogen werden. Dies gilt nicht nur für einen Wechsel von Nichtwohngebäuden zu Wohngebäuden, sondern auch für Wechsel des Hauptnutzungstyps innerhalb von Nichtwohngebäuden (beispielsweise von der Einzelhandelsnutzung hin zur Büronutzung).

Durch eine Erfassung der Gebäudeart vor der Baumaßnahme – analog zur Erfassung von Wohn- und Nutzflächen vor Abschluss der Baumaßnahme – könnte die analytische Aussagekraft der Daten deutlich erhöht werden. Zusätzlich dazu wären durch eine Erweiterung der Nutzungserfassung über den Hauptnutzungstyp hinaus detailliertere Aussagen zur Prävalenz von gemischt genutzten Nichtwohngebäuden möglich. Bisher erfasst die Statistik gemischt genutzte Nichtwohngebäude allein nach dem Hauptnutzungstyp. So würde ein Gebäude mit 40-prozentiger Büronutzung und jeweils 30-prozentiger Einzelhandels- und Wohnnutzung aktuell als reines Bürogebäude erfasst.

Typologisch wurde die Bautätigkeitsstatistik in bestimmten Nutzungsklassen stark aggregiert. Die **Ausweitung des Signierschlüsselverzeichnis (SSV)** im Jahr 2014 eröffnete neue Analysemöglichkeiten. So kann z. B. die Bautätigkeit im Bürobau jetzt deutlich differenzierter untersucht werden. Eine ähnliche Differenzierung wäre auch für Industrie- und Warenlagergebäude wünschenswert. Gleichzeitig agiert das SSV mit einer Vielzahl von Kleinsttypen, die baudynamisch nur eine geringe Rolle spielen und typologische Neusortierungen erforderlich machen. So führt die getrennte Erfassung von Büro-, Werkstatt-, Warenlager-, oder Garagengebäuden der Polizei, des Bundesgrenz-, Feuer- und zivilen Bevölkerungsschutzes dazu, dass diese Nutzungstypen stets händisch aus den jeweiligen Nutzungsklassen der Büro-, Industrie-, Warenlager-, oder Verkehrsgebäude heraus- und sachlogisch der Klasse der Bevölkerungsschutzgebäude zugerechnet werden müssen. Eine **Überarbeitung der Typologie der Nichtwohngebäude** durch das Statistische Bundesamt würde hier zu einer erleichterten Auswertung der Bautätigkeitsstatistik führen.

5 Fazit

Der große Bestand der Nichtwohngebäude ist in Deutschland bis heute unzureichend erfasst und erforscht. Der SUF-Datensatz bietet erstmals die Möglichkeit, umfangreiche Tiefenanalysen für alle Nutzungstypen bis auf Gemeindeebene durchzuführen. Infolge der einheitlichen Erfassung von Wohn- und Nutzflächen vor und nach Abschluss einer Baumaßnahmen sind auch vergleichende Analyse zwischen Wohn- und Nichtwohnbau möglich.

Aktuell plant die Bundesstatistik eine Umstellung von einem befragungsgestützten Zensus auf einen vollständig automatisierten Registerzensus mit kürzeren Intervallen und höherer räumlicher Genauigkeit. Für einen solchen Registerzensus ist es „erforderlich, ein separates Gebäude- und Wohnungsregister als Verwaltungsregister aufzubauen“ (Körner et al. 2019: 82). Diese sich hier abzeichnende Zensus-Modernisierung bietet eine einmalige Gelegenheit für den Aufbau eines deutschlandweiten Gebäuderegisters.

Aktuell ist der IT-Planungsrat damit befasst, die „notwendigen fachlichen, rechtlichen und technischen Voraussetzungen für die Ermittlung, Qualitätssicherung und Zuordnung der Registerdaten (perspektivisch mittels Personenidentifizierer sowie Gebäude- und Wohnungsnummern) zu schaffen und ggf. neue Register aufzubauen“ (IT-Planungsrat 2020: 11). Mit dem „Gesetz zur Erprobung von Verfahren eines Registerzensus und zur Änderung statistikrechtlicher Vorschriften“ vom 09. Juni 2021 hat die Bundesregierung erste Schritte in Richtung eines nationalen Gebäuderegisters unternommen. Die Bautätigkeitsstatistik kann zur Validierung und Fortschreibung dieses künftigen Gebäuderegisters mit Blick auf Angaben zum Gebäudebestand sowie zur typologischen Sortierung von Nichtwohngebäuden wertvolle Sachdaten bereitstellen.

6 Literatur

- Behnisch, M. (2008): Urban Data Mining. Operationalisierung der Strukturerkennung und Strukturbildung von Ähnlichkeitsmustern über die gebaute Umwelt. Karlsruhe.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2016): Datenbasis zum Gebäudebestand. Zur Notwendigkeit eines besseren Informationsstandes über die Wohn- und Nichtwohngebäude in Deutschland. In: BBSR-Analysen Kompakt. 09/2016.
- IT-Planungsrat (2020): Eckpunkte für die Registermodernisierung. Bestehende Anforderungen, vorläufige Architekturskizze sowie sich daraus ergebende Maßnahmen im Rahmen des IT-Planungsratsprojekts Registermodernisierung. April 2020.
- IWU – Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) (2021): Der Bestand der Nichtwohngebäude in Deutschland ist vermessen. 3. und finale Hochrechnung.
- Körner, T.; Krause, A.; Ramsauer, K. (2019): Anforderungen und Perspektiven auf dem Weg zu einem künftigen Registerzensus. In: Sonderheft Zensus 2021: 74-87.
- Kretzschmar, D.; Schiller, G.; Weitkamp, A. (2019): Nichtwohngebäude in Deutschland – Typisierung eines dynamischen Marktes. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 144, 3, 157-166.
<https://doi.org/10.12902/zfv-0250-2019> (Zugriff: 02.08.2021).
- Kretzschmar, D.; Schiller, G.; Weitkamp, A. (2021): Warenlagergebäude in Deutschland: Eine neue Methodik zur regionalen Quantifizierung der Flächeninanspruchnahme. In: Raumforschung und Raumordnung, 79 (2): 136-153.
<https://doi.org/10.14512/rur.55> (Zugriff: 02.08.2021).

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2013a): Konzept zur faktischen Anonymisierung statistischer Einzelangaben (§ 16 Abs. 6 BstatG) – Scientific-Use-File 8SUF) der Statistik der Baufertigstellungen.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2013b): Statistik der Baufertigstellungen. Merkmalsdefinitionen.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2021): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder.
<https://www.statistikportal.de/de/vgrdl> (Zugriff: 02.08.2021).

Statistisches Bundesamt (2014): Auszug aus dem Signierschlüsselverzeichnis für Nichtwohngebäude.
https://www.forschungsdatenzentrum.de/sites/default/files/baugenehmigungen_suf_nichtwohnggeb%C3%A4ude_signierschluessel_ab_2015.pdf
(Zugriff: 02.08.2021).

Statistisches Bundesamt (2020): Bauen und Wohnen. Baugenehmigungen/Baufertigstellungen von Nichtwohngebäuden (Neubau). Lange Reihen z. T. ab 1980. 2019.

Tools und XPlanung

Mit Mengengrenzungen die Flächenneuanspruchnahme planen: Flächenrechner 2.0

Jens-Martin Gutsche, Detlef Grimski

Zusammenfassung

Der Flächenrechner 2.0 ist eine Webanwendung, mit der die Träger der kommunalen und regionalen Planung abschätzen können, was das regionale Herunterbrechen eines bundesweiten Flächensparzieles für sie bedeuten würde. Per Mausklick können u. a. Informationen über die Flächenneuanspruchnahme in der Vergangenheit sowie über regionale bzw. kommunale Kontingente, die in Zukunft bei bundesweit geltenden Flächensparzielen (auf dem Weg zu deutschlandweit weniger als 30 Hektar pro Tag bis 2030) auf Basis der Einwohnerzahl eingehalten werden müssten, abgerufen werden.

Der Flächenrechner 2.0 zeigt zudem einen bilanziellen Vergleich zwischen den Kontingenten und der bisherigen Flächenneuanspruchnahme. Zusammenfassende bzw. exemplarisch ausgewählte Daten werden in einer Deutschlandkarte dargestellt. Zusätzliche Detaildaten können für jede Gebietskörperschaft aus interaktiven Diagrammen und Tabellen entnommen werden.

Schlagwörter: Flächenneuanspruchnahme, 30-Hektar-Ziel, Kontingentierung, Nachhaltigkeitsstrategie, Flächenrechner

1 Einführung

Nach den Zielen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie soll der Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Flächenneuanspruchnahme) bis zum Jahr 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag („30 ha minus X bis 2030“) und bis zum Jahr 2050 durch den Übergang zu einer Flächenkreislaufwirtschaft sogar auf Netto-Null gesenkt werden.

Um diese Ziele zu erreichen, wird zunehmend darüber diskutiert, die Flächenneuanspruchnahme zu kontingentieren. Dazu müsste das bundesweit geltende Flächensparziel auf eine regionale Ebene heruntergebrochen werden und Eingang in regionale und kommunale Planungsprozesse finden.

Da die Träger der Planung kaum abschätzen können, was dies konkret für sie bedeutet, wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes ein sogenannter Flächenrechner entwickelt. Er gibt den Planungsträgern Gelegenheit, per Mausklick Informationen sowohl über ihre Flächenneuanspruchnahme in der Vergangenheit als auch über die Kontingente, die ihnen bei einem bundesweit geltenden Flächensparziel auf Basis ihrer Einwohnerzahl zustehen würden, zu erhalten.

Der Flächenrechner 2.0 ist eine Weiterentwicklung des bisherigen Flächenrechners 1.0, der im Rahmen des vom Umweltbundesamt beauftragten Modellversuches zum Flächenzertifikatehandel vom Institut der Deutschen Wirtschaft als Webanwendung entwickelt wurde.

2 Inhalte und Grundstruktur des Flächenrechners 2.0

Der weiterentwickelte „Flächenrechner 2.0“ ist ebenfalls eine Webanwendung, in deren Mittelpunkt eine WebGIS-Kartendarstellung steht. Diese wird ergänzt durch interaktiv aufrufbare Informationen in Form von Tabellen und Diagrammen.

Der Flächenrechner gliedert sich in drei inhaltliche Abschnitte:

1. Bisherige Flächenneuanspruchnahme
2. Vorgeschlagene Kontingente zur Umsetzung des Reduktionsziels „30 ha minus X bis 2030“
3. Vergleich der Kontingente mit der bisherigen Flächenneuanspruchnahme

Bei jedem der drei Abschnitte kann eine der folgenden räumlichen Gliederungsebenen gewählt werden:

- Gemeinden
- Kreise und kreisfreie Städte
- Planungsregionen
- Bundesländer

Die jeweils im Zentrum der Bildschirmansicht angeordnete Deutschlandkarte (Abb. 1) reagiert sowohl auf die Auswahl des inhaltlichen Abschnitts wie auch der räumlichen Gliederungsebene.

In die Deutschlandkarte kann hinein- und herausgezoomt werden. Zudem können konkrete Gebietskörperschaften nach Namen gesucht werden.

3 Bisherige Flächenneuanspruchnahme

Ist der erste Abschnitt „Bisherige Flächenneuanspruchnahme“ ausgewählt, so zeigt die Deutschlandkarte den mittleren Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche in der Vergangenheit, ausgedrückt in der Einheit „qm pro Einwohner*in und Jahr“. Dargestellt wird der Zeitraum der letzten 10 Jahre (Abb. 1). Grundlage ist die Flächenstatistik aus der Regionaldatenbank der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, bereinigt um erkennbare Effekte methodischer Umstellungen.

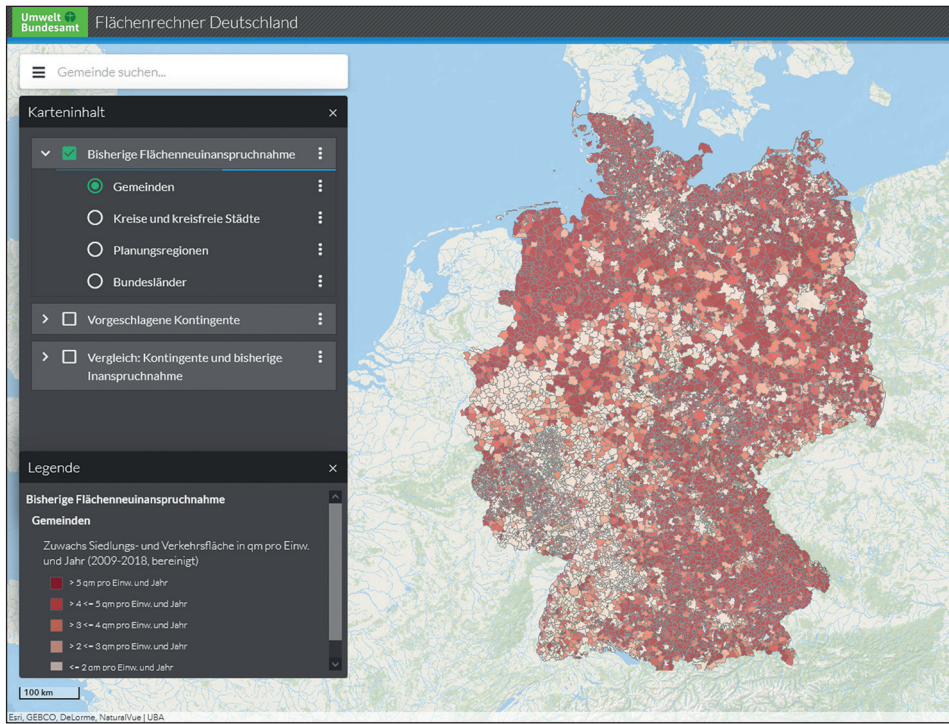


Abb. 1: Bisherige Flächenneuanspruchnahme pro Jahr und Einwohner*in in der Webanwendung Flächenrechner Deutschland (Quelle: Flächenrechner UBA 2021)

Wählt man eine Gebietskörperschaft in der Deutschlandkarte aus, so werden rechts zusätzliche Informationen in tabellarischer Form angezeigt (Abb. 2):

- die Einwohnerzahl
- die mittlere Flächenneuanspruchnahme pro Jahr bzw. Tag in der Vergangenheit
- die mittlere Flächenneuanspruchnahme pro Jahr und Einwohner*in in der Vergangenheit
- Angaben zu statistischen Bereinigungen aufgrund methodischer Umstellungen der amtlichen Flächenstatistik

Zusätzlich zeigen zwei Diagramme:

- eine grafische Darstellung der Flächenneuanspruchnahme in den zurückliegenden Einzeljahren
- die mittlere Flächenneuanspruchnahme pro Einwohner*in in der ausgewählten Gebietskörperschaft im Vergleich mit allen übergeordneten Gebietseinheiten (Kreis, Planungsregion, Bundesland, Deutschland).

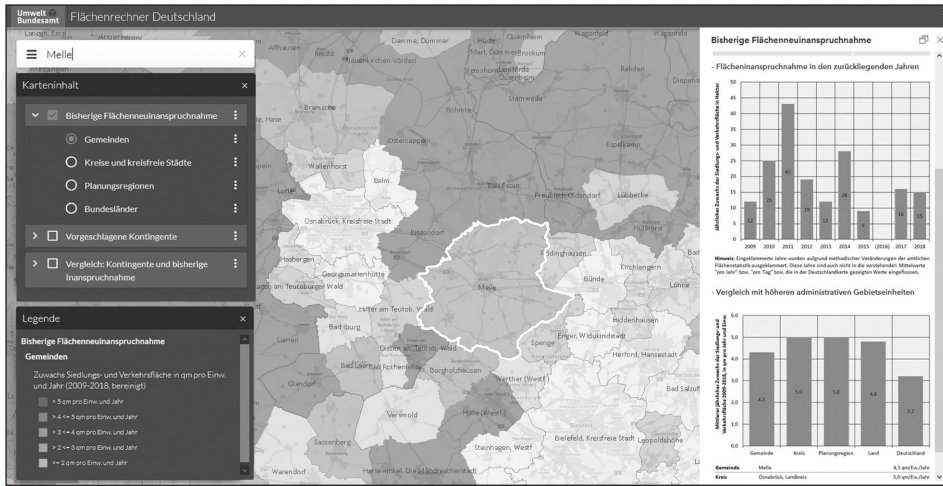


Abb. 2: Detailinformationen zur bisherigen Flächenneuansprache in einer ausgewählten Gebietskörperschaft am rechten Bildschirmrand (Quelle: Flächenrechner UBA 2021)

4 Vorgeschlagene Kontingente zur Umsetzung des Reduktionsziels „30 ha minus X“

Im zweiten inhaltlichen Abschnitt wird ein Vorschlag zur deutschlandweiten Aufteilung von Kontingenten für die Umsetzung des Reduktionsziels „30 ha minus X“ abgebildet. Die Darstellungen veranschaulichen, wie sich eine solche Zuteilung auf Ebene der Länder, der Regionen, der Kreise und der Einzelgemeinden darstellen würde.

Alle dargestellten Kontingente sind das Ergebnis einer Kombination aus einem Reduktionspfad und einem bevölkerungsbasierten Verteilschlüssel.

Der Reduktionspfad orientiert sich an einem deutschlandweiten Zielwert für den Flächenverbrauch im Jahr 2030. Im Flächenrechner werden drei Reduktionspfade dargestellt:

- Pfad mit Zielwert „30 ha pro Tag im Jahr 2030“
- Pfad mit Zielwert „25 ha pro Tag im Jahr 2030“
- Pfad mit Zielwert „20 ha pro Tag im Jahr 2030“

Aus jedem Reduktionspfad ergibt sich für jedes Jahr ein deutschlandweites Gesamtkontingent. Dieses errechnet sich aus einer linearen Reduktion der bisherigen Flächenneuansprache (für 2017 angesetzt mit 58 ha pro Tag) auf den jeweiligen Zielwert für das Jahr 2030 (je nach Pfad 20, 25 oder 30 ha pro Tag).

Die Deutschlandkarte zeigt beispielhaft das Jahr 2025 des Pfades „25 ha pro Tag im Jahr 2030“ (Abb. 3). Das hierbei im Jahr 2025 aufzuteilende Gesamtkontingent beträgt

37,1 ha pro Tag. Von diesem werden 80 % auf die kommunalen Gebietskörperschaften aufgeteilt. Die restlichen 20 % sind für übergeordnete Planungen des Bundes und der Länder vorbehalten und werden im Flächenrechner nicht dargestellt.

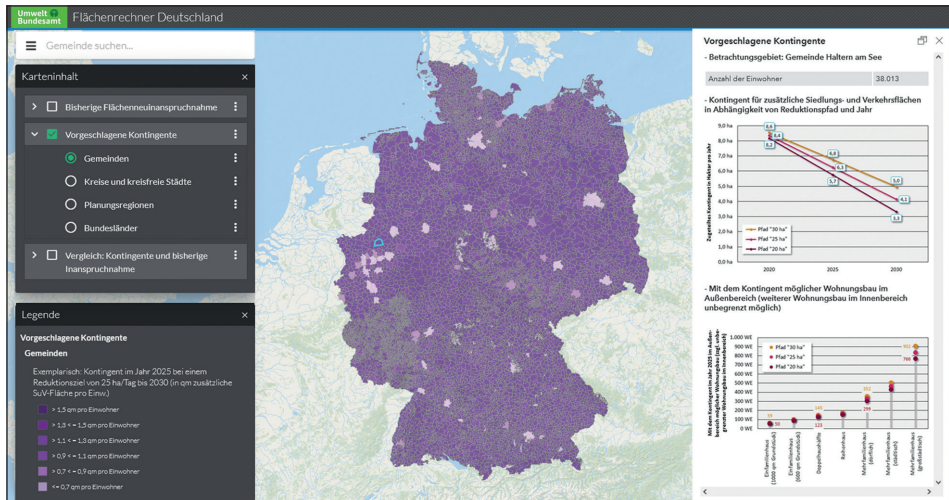


Abb. 3: Deutschlandkarte im Abschnitt „Vorgeschlagene Kontingente“ (Quelle: Flächenrechner UBA 2021)

Der Kommunalanteil des deutschlandweiten Gesamtkontingents wird jedes Jahr nach einem einwohnerbezogenen Schlüssel ermittelt, der im Rahmen des Modellversuchs Flächenzertifikatehandel entwickelt wurde. Danach erhält eine Gemeinde für die ersten 50 000 Einwohner*innen mehr Kontingente als für jede weitere Einwohner*in. Ab 100 000 Einwohner*innen werden noch einmal etwas weniger Kontingente zugeteilt. Auf diese Weise erhalten größere Gemeinden pro Einwohner*in weniger Kontingente als kleinere Gemeinden, was erfahrungsgemäß auch den jeweiligen Bedarfen in der Praxis entspricht.

Die rechnerische Zuteilung erfolgt für die Einzelgemeinden. Die im Flächenrechner ausgewiesenen Zuteilungen für höhere Gebietseinheiten (Landkreise, Regionen, Länder) entsprechen der Summe der Zuteilungen der enthaltenen Einzelgemeinden.

Die Deutschlandkarte des Abschnitts „Vorgeschlagene Kontingente“ (Abb. 3) zeigt die Zuteilung in der Einheit „qm Kontingent pro Einwohner*in und Jahr“. Da die meisten Gemeinden in Deutschland weniger als 50 000 Einwohner*innen haben, zeigt die Karte auf der Gemeindeebene für die meisten Gemeinden die gleiche Farbe. Diese entspricht zugleich dem Maximalwert der Zuteilung pro Einwohner*in.

Zu jeder einzelnen Gebietskörperschaft können weitere Informationen eingeblendet werden, indem diese in der Karte ausgewählt wird. Nach der Auswahl erscheinen für die betreffende Gebietskörperschaft zwei Diagramme:

- Das erste Diagramm zeigt die zeitliche Veränderung der zugeteilten Kontingente entlang der drei o. g. Reduktionspfade (Abb. 4, links).
- Das zweite Diagramm veranschaulicht, wie viele Wohnungen mit diesen Kontingenten – in Abhängigkeit der gewählten Bauform – im Außenbereich realisiert werden könnten (Abb. 4, rechts). Die Angaben beziehen sich ausschließlich auf den Außenbereich. Der Wohnungsbau im Innenbereich ist nicht eingeschränkt. Zu beachten ist, dass neben dem Wohnungsbau ggf. auch die gewerbliche Entwicklung sowie andere Nutzungen Flächenbedarf haben.

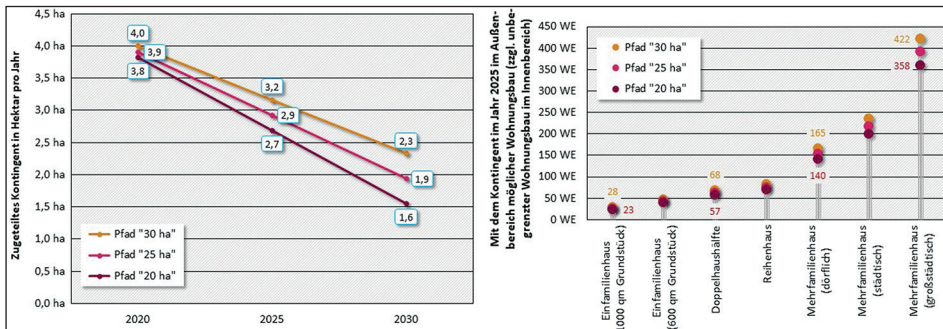


Abb. 4: Darstellung der zugeteilten Kontingente in den drei Reduktionspfaden für eine gewählte Gebietskörperschaft (links) sowie der Anzahl der mit diesen Kontingenten im (exemplarisch dargestellten) Jahr 2025 im Außenbereich realisierbaren Neubauwohnungen (rechts) (Quelle: Flächenrechner UBA 2021)

5 Vergleich der Kontingente mit der bisherigen Inanspruchnahme

Der dritte Abschnitt vergleicht die bisherige Flächenneuanspruchnahme (aus dem ersten Abschnitt) mit den Kontingenten des zweiten Abschnitts und leitet daraus einen Reduktionsbedarf für die jährliche Flächenneuanspruchnahme ab.

Dieser Vergleich wird in der Deutschlandkarte wieder exemplarisch für den Reduktionspfad „25 ha pro Tag im Jahr 2030“ und das Jahr 2025 dargestellt (Abb. 5). Gebietskörperschaften mit einem hohen Reduktionsbedarf sind dunkel, Gebietskörperschaften mit einem geringeren Reduktionsbedarf hell eingefärbt.

Liegt z. B. bei einer Gemeinde der mittlere jährliche Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsfläche bei 10 ha, werden ihr aber 2025 nur 6 ha Kontingent zugeteilt, so liegt das Kontingent 2025 bei 60 % der bisherigen realen Flächenneuanspruchnahme. Daraus ergibt sich ein Reduktionsbedarf von 40 % im Jahr 2025.

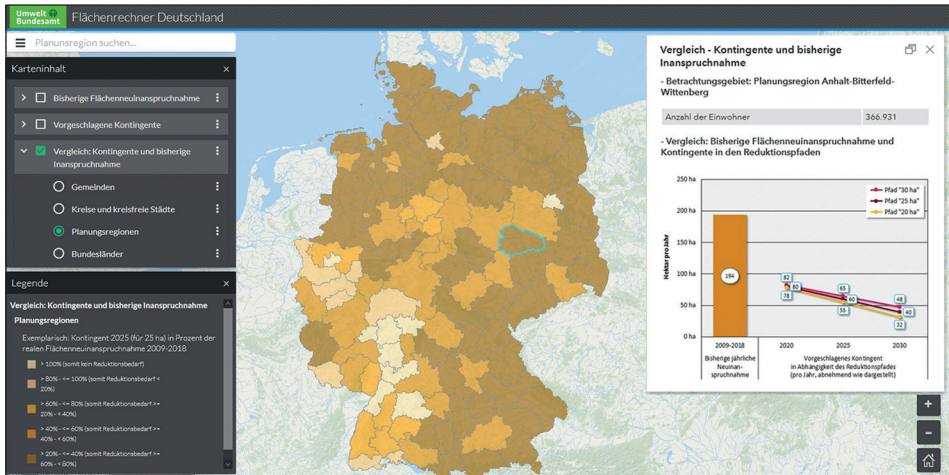


Abb. 5: Vergleich der bisherigen jährlichen Neuinanspruchnahme mit den Kontingenten (hier auf Ebene der regionalen Planungsregionen) (Quelle: Flächenrechner UBA 2021)

Wird eine Gebietskörperschaft in der Karte angewählt, erscheinen rechts die Angaben für die anderen beiden Reduktionspfade sowie für alle anderen Zuteilungsjahre in Form eines Diagramms (Abb. 6).

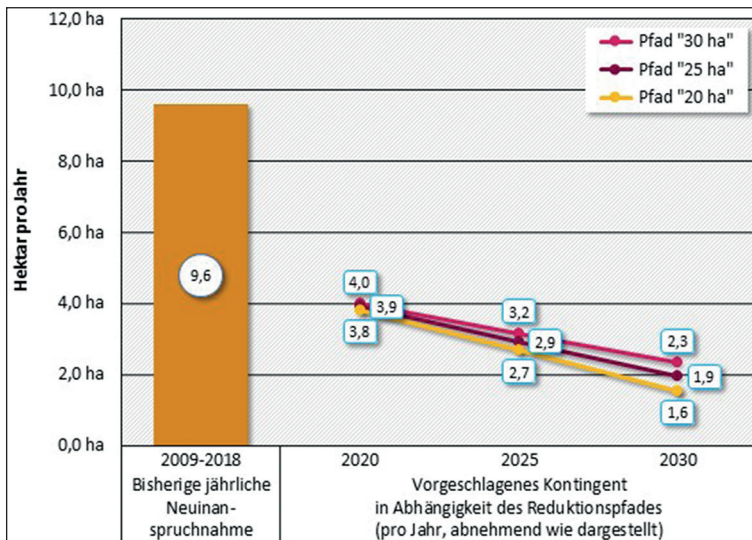


Abb. 6: Vergleich der bisherigen jährlichen Neuinanspruchnahme (Säule) mit den Kontingenten in den einzelnen Reduktionspfaden (Linien) für eine ausgewählte Gebietskörperschaft (Quelle: Flächenrechner UBA 2021)

Durch die direkte Gegenüberstellung der bisherigen jährlichen Flächenneuanspruchnahme (Säule) und den – je nach Reduktionspfad und Jahr – zugeteilten Kontingenten (Linien), wird für die einzelnen Teilräume Deutschlands sichtbar, welche Anstrengungen nötig sind, um die bundesweiten Flächensparziele zu erreichen.

6 Fazit

Mittlerweile mehren sich die Stimmen, dass flächenpolitische Mengenziele in Bund und Ländern nur dann erreicht werden können, wenn Flächenneuanspruchnahme kontingentiert wird. Für eine strukturierte und sachliche Diskussion mit den Akteuren ist es wichtig, auch ein konkretes Bild über die Größenordnung der erforderlichen Kontingente in den Ländern, Regionen und Gemeinden zu haben.

Der Flächenrechner bietet die Möglichkeit, diese Kontingente auf der Basis unterschiedlicher Reduktionspfade zu ermitteln und in die Diskussion einzuspeisen. Er ist deshalb geeignet, zur Versachlichung der nicht selten sehr emotional geführten Diskussionen über die Begrenzung von Flächenneuanspruchnahme beizutragen.

Der in seiner Funktionalität weiterentwickelte Flächenrechner 2.0 ist im Internet entweder über die Kartenclients des Umweltbundesamtes im Geografischen Informationssystem Umwelt (GISU) zugänglich (<https://gis.uba.de/maps/?lang=de>) oder über die Startseite des Portals für kommunales Flächensparen Aktion Fläche (www.aktion-flaeche.de).

GOAT: Ein interaktives Erreichbarkeitsinstrument zur Planung der 15-Minuten-Stadt

Elias Pajares, Ulrike Jehle

Zusammenfassung

Die Sicherstellung einer hohen nähräumlichen Erreichbarkeit für den Fuß- und Radverkehr erfährt mit dem Ansatz der 15-Minuten-Stadt einen enormen Bedeutungsgewinn. Erreichbarkeitsinstrumente als digitale Planungswerkzeuge können in der Praxis dabei unterstützen, Defizite sowie Potenziale im Raum aufzuzeigen. Der Beitrag untersucht, inwiefern das sich in Entwicklung befindliche, webbasierte Erreichbarkeitsinstrument GOAT unterstützen kann, evidenzbasiert im Sinne einer 15-Minuten-Stadt zu planen. Zum Einsatz kommen hierbei verschiedene Indikatoren wie Reisezeitisochronen, Heatmaps und räumliche Daten, welche zur Abbildung des Ist-Zustandes, aber auch für die interaktive Modellierung von Erreichbarkeitsszenarien eingesetzt werden. Trotz der bereits sehr guten Einsatzfähigkeit des Instrumentes besteht weiterhin die Herausforderung, einen ganzheitlichen Indikator für die 15-Minuten-Stadt zu entwickeln. Hiermit zusammenhängend gilt es zu klären, ob eine vielschichtige Vision wie die 15-Minuten-Stadt überhaupt ganzheitlich in digitalen Planungswerkzeugen bewertet werden kann oder ob gerade in der Nutzung mehrerer Indikatoren die Stärke liegt. Ebenso besteht der Bedarf, Lösungen und Zielvorgaben auch für suburbane und ländliche Räume zu entwickeln.

Schlachworte: Erreichbarkeit, 15-Minuten-Stadt, Planungswerkzeug, Fußverkehr, Radverkehr

1 Einführung

Die Gestaltung nachhaltiger Mobilität ist eine der größten Herausforderungen weltweit (European Environment Agency 2020). Der ungebrochene Trend zur Urbanisierung (United Nations 2019) in vielen Teilen der Welt wird zudem aller Wahrscheinlichkeit nach die Problematik weiter verschärfen. Gleichzeitig bietet eine zunehmende Urbanisierung das Potenzial einer flächensparenden Siedlungsentwicklung. So können hohe städtebauliche Dichten nachhaltige Mobilitätsformen begünstigen sowie ganz allgemein eine hinsichtlich des Verbrauchs von Ressourcen, Schadstoff- und Treibhausgasemissionen effizientere Entwicklung ermöglichen (Beatley 2000: 15; Burton et al. 2003; LeGates, Stout 2016). Insbesondere in kompakten Städten bestehen ideale Grundlagen für die wohl nachhaltigsten Verkehrsmittel, das Zufußgehen und Radfahren. So können durch verhältnismäßig kurze Reisedistanzen viele Wege in der Alltagsmobilität zu Fuß

oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Dadurch fallen in deutschen Metropolen durchschnittlich 42 % der Wege auf den Fuß- und Radverkehr; im Vergleich hierzu sind dies lediglich 24 % im kleinstädtischen, dörflichen Raum in ländlichen Regionen (Nobis, Kuhnimhof 2018). Gleichzeitig muss festgestellt werden, dass der städtische Raum divers ist. So besitzen Quartiere sehr unterschiedliche Voraussetzungen hinsichtlich der Qualität der Fußwege- und Radwegeinfrastruktur, aber insbesondere auch in der Verfügbarkeit und Verteilung von Zielen (z. B. Supermärkten, Kindergärten).

Eine hohe nahräumliche Erreichbarkeit von Zielen des täglichen Bedarfs ist eine wesentliche Aufgabe der Daseinsvorsorge und bildet die Grundlage für den Fuß- und Radverkehr. Die „Stadt der kurzen Wege“ ist bereits seit Jahren ein gut verständlicher Planungsansatz, der insbesondere durch städtebauliche Dichte und intelligente Verteilung von Zielen im Raum eine hohe nahräumliche Erreichbarkeit gewährleisten soll (Brusing, Frehn 1999; Umweltbundesamt 2011). Mit dem Ansatz der „15-Minuten-Stadt“ (engl. 15-minute-city) wird zunehmend ein neuer Begriff geprägt (C40 Cities 2020; Pozoukidou, Chatziyiannaki 2021), der sehr starke Parallelen zur „Stadt der kurzen Wege“ aufweist. Auch wenn der Bedarf besteht, weitergehend zu definieren, wie die Vision einer 15-Minuten-Stadt tatsächlich aussieht, zeugen die starke mediale Aufmerksamkeit (Maier 2020; Whittle 2020; Willsher 2020) und die Bekenntnisse zahlreicher Städte (u. a. Paris, Bogotá) für die schnelle internationale Etablierung des Begriffes.

Ein wesentlicher Stellenwert in der Planung im Sinne einer 15-Minuten-Stadt nimmt die nahräumliche Erreichbarkeit ein. Unter anderem als „*potential of opportunities for interaction*“ definiert (Hansen 1959), stellt es eine wesentliche Schlüsselgröße in der integriert gedachten Planung von Siedlungsstruktur und Verkehr dar. Mit der Entwicklung des Geo Open Accessibility Tools (GOAT) arbeiten die Autor*innen an einem Erreichbarkeitsinstrument, welches als digitales Planungswerkzeug verstanden werden kann, um interaktiv nahräumliche Erreichbarkeiten für den Fuß- und Radverkehr aufzuzeigen (Pajares et al. 2021). In dieser Studie soll daher insbesondere untersucht werden, inwiefern das Instrument für Planungen im Sinne einer 15-Minuten-Stadt eingesetzt werden kann.

2 Entwicklung GOAT

Bei GOAT handelt es sich um eine WebGIS-Anwendung. Nutzer können unter der intelligenten Nutzung von Daten und über eine verhältnismäßig intuitive Weboberfläche Erreichbarkeiten berechnen. Zudem können Szenarien (z. B. Bau einer neuen Fußgängerbrücke, Bau/Schließung eines Supermarkts) hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Erreichbarkeit bewertet werden. Zum Einsatz kommen Indikatoren wie Reisezeitisochronen und Heatmaps, ferner können vielseitige räumliche Daten visualisiert werden (Pajares et al. 2021).

2.1 GOAT-Entwicklungsprozess

Die Entwicklung des Instruments wurde zunächst in einer Masterarbeit (Pajares 2019; Pajares 2017) initiiert und später in einem Promotionsvorhaben (noch nicht abgeschlossen) an der Technischen Universität München fortgeführt. Die Entwicklungsarbeit wurde von Ende 2019 bis Anfang 2021 durch die Initiative mFUND des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert und wesentlich weiterentwickelt. Hierbei wurde das Instrument in einem ko-kreativen und iterativen Softwareentwicklungsprozess in Zusammenarbeit mit der Planungspraxis weiterentwickelt. So wurde die Anwendung auf die Städte München, Freising und Fürstenfeldbruck übertragen und in insgesamt zehn Workshops intensiv getestet. Die Erfahrungen wurden kontinuierlich in den Entwicklungsprozess eingebracht. Das Instrument stand während des gesamten Prozesses in verschiedenen Versionen online zur Verfügung (GOAT-Community 2021b). Der entwickelte Quellcode wurde laufend Open Source auf der Plattform GitHub veröffentlicht (GOAT-Community 2021a).

Das Tool zeichnet sich ferner durch eine gute Übertragbarkeit auf vielfältige Standorte aus. So wurde es in den vergangenen Jahren, neben den erwähnten Pilotstandorten, in Studienarbeiten auf Städte wie Bogotá (Kolumbien), Atlanta (USA), San Pedro Garza García (Mexiko) und Matosinhos (Portugal) übertragen.

2.2 Technischer Hintergrund

Die Software GOAT baut auf einer Vielzahl von Open-Source-Software auf. Die technische Komposition kann Abbildung 1 entnommen werden. Den Kern der Anwendung nimmt eine räumliche Datenbank unter Nutzung von PostgreSQL/PostGIS ein. Um Netzwerkänderungen im Fußweg- und Radwegenetz in wenigen Sekunden zu modellieren, werden Änderungen am Routingnetzwerk ebenfalls in der Datenbank verwaltet.

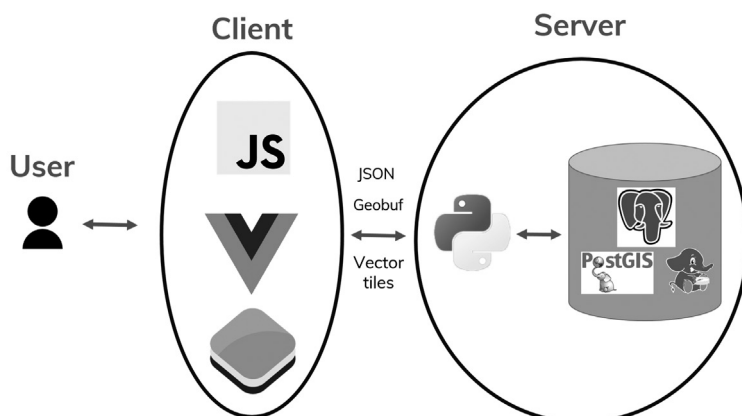


Abb. 1: Technische Systemarchitektur (Quelle: Plan4Better GmbH 2021a)

Das Routing selbst erfolgt durch eine auf pgRouting (pgRouting Community 2021) basierenden Eigenentwicklung (GOAT-Community 2020). Als Schnittstelle fungiert ein Python-Server, der über die Formate GeoJSON, Geobuf und PBF die (räumlichen) Daten in die Nutzeroberfläche kommuniziert. Für die Entwicklung der Nutzeroberfläche kommen die Javascript-Bibliotheken Openlayers und Vue.js zum Einsatz. In einem hochautomatisierten Setup kann die Anwendung unter Nutzung verschiedener räumlicher Daten aufgesetzt werden. Je nach Untersuchungsstandort können unterschiedliche Daten eingespielt werden. Für die realisierte Anwendung in München, Freising und Fürstenfeldbruck kommen insbesondere die Datensätze aus Tabelle 1 zum Einsatz.

Tab. 1: Datengrundlage von GOAT in München, Freising und Fürstenfeldbruck (Quelle: eigene Darstellung)

Datensatz	Quellen
Points-of-Interest	OSM, Eigene Erhebungen in OSM, kommunale Daten
Flächennutzung	ATKIS Basis-DLM, Urban Atlas, OSM
Gebäude	ALKIS Hausumringe, OSM
Zensus Raster	Zensus 2011
Administrative Grenzen	Kommunale Daten
Bilder Straßenraum	Mapillary
Straßennetzwerk	OSM
Unfalldaten	Statistische Ämter des Bundes und der Länder
Digitales Geländemodell	EU Digital Elevation Model (EU-DEM)
Diverse Umweltdaten	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Modal Split	Mobilität in Deutschland (MiD)
Basemaps	OpenStreetMap, Mapbox, Bing

3 Anwendung 15-Minuten-Stadt

In GOAT werden Reisezeitisochronen als wichtiger Indikator zur Bewertung der Erreichbarkeit verwendet. So können Isochronen für den Fuß- und Radverkehr sowie für Personen mit Mobilitätseinschränkung berechnet werden. Für die verschiedenen Modi werden unterschiedliche Wegkategorien aus OSM sowie für den Radverkehr die Oberflächenbeschaffenheit und Höhenunterschiede berücksichtigt. Die Isochronen werden im Folgenden mit weiteren räumlichen Daten wie Points-of-Interest und feinteiligen Bevölkerungsdaten verschnitten. Diese können kumuliert in einer Tabelle sowie auf der Webkarte dargestellt werden.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, kann der Indikator insbesondere verwendet werden, um Erreichbarkeiten an einem spezifischen Punkt und somit die Potenziale im Sinne einer

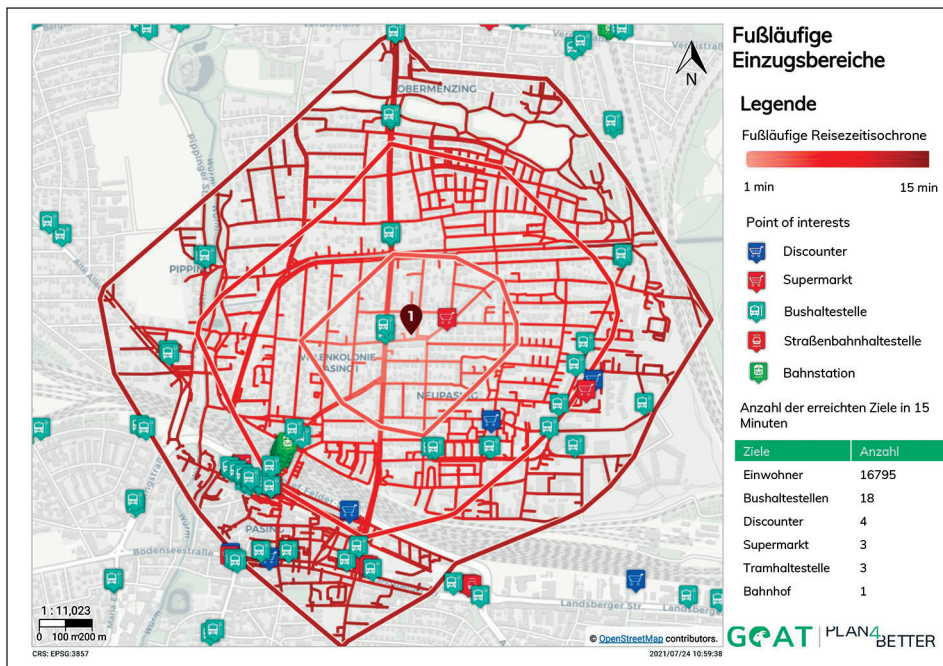


Abb. 2: Fußläufige Einzugsbereiche (1-15 Minuten) (Quelle: Plan4Better GmbH 2021b)

15-Minuten-Stadt darzustellen. Mithilfe eines weiteren Indikators, der Multi-Isochrone, können Einzugsbereiche von mehreren Startpunkten aus berechnet werden. Ausgangspunkte können hier die verschiedenen Kategorien der Points-of-Interest sein. Über die Nutzeroberfläche kann ein Stadtviertel ausgewählt werden und alle relevanten Points-of-Interest als Startpunkte für die Berechnung berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die berechneten Einzugsbereiche mit den Bevölkerungsdaten verschnitten und es kann dargestellt werden, welcher Anteil der Bevölkerung im Stadtviertel Zugang zu einer gewissen Einrichtung in den gewählten Reisezeiten hat (vgl. Abb. 3).

Neben der Berechnung von Reisezeitisochronen ermöglicht GOAT die Berechnung von Heatmaps (vgl. Abb. 4). Diese erlauben eine flächenhafte Darstellung der Erreichbarkeit über die Gesamtfläche eines Untersuchungsgebietes. Indikator ist hierbei ein „gravity-based“ Erreichbarkeitsindex (Geurs and van Wee 2004), welcher Erreichbarkeit als Funktion der Reisezeit versteht und dadurch mit zunehmender Reisezeit einen abnehmenden Erreichbarkeitswert errechnet. Die Indizes werden auf einem hexagonalen Gitter dargestellt, wobei eine Kantenlänge von 300 Metern hinterlegt ist. Dabei werden Reisezeiten zu allen in GOAT implementierten Zielen zu Fuß, ausgehend von dem Mittelpunkt einer jeden Rasterzelle, berechnet. Der Indikator ist in GOAT als *Lokale Erreichbarkeit* gekennzeichnet und Erreichbarkeitsniveaus werden in einer sechsstufigen Klassifizierung visualisiert.



Abb. 3: Aufzeigen der erschlossenen Bevölkerung zu verschiedenen Zielen (Quelle: Plan4Better GmbH 2021b)

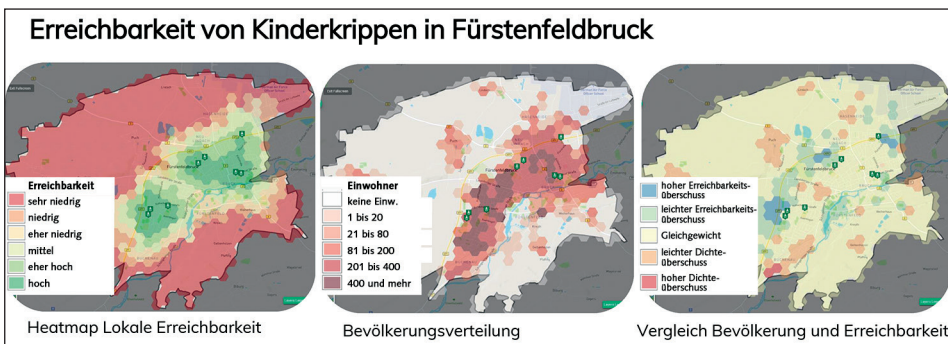


Abb. 4: Erreichbarkeitsheatmaps (Quelle: Plan4Better GmbH 2021b)

Für die Darstellung der lokalen Erreichbarkeit werden ebenfalls Bevölkerungszahlen auf den Gitterzellen visualisiert. Durch eine weitere Heatmap kann die *Lokale Erreichbarkeit* den Bevölkerungszahlen gegenübergestellt werden. So können im Vergleich Räume identifiziert werden, in denen die Bevölkerung unterversorgt ist. Gleichzeitig können Gegenden dargestellt werden, in denen eine verhältnismäßig geringe Bevölkerungsdichte vorliegt und zugleich hohe Erreichbarkeitspotenziale vorhanden sind. Ein Beispiel für die Visualisierung der Erreichbarkeit zu Kinderkrippen ist in Abbildung 4 dargestellt. Neben der Visualisierung des Ist-Zustandes können durch die interaktive Berechnung von Szenarien resultierende Änderungen in der Erreichbarkeit modelliert werden. Zudem können weitere räumliche Daten (z. B. Unfalldaten, Flächennutzung) als zusätzliche Layer visualisiert werden.

4 Fazit

Das digitale Planungswerkzeug GOAT ist gut geeignet, um in der Planung einer 15-Minuten-Stadt zu unterstützen. So können verhältnismäßig einfach über die interaktive Weboberfläche Erschließungsqualitäten und Defizite in der Konnektivität des Fuß- und Radwegenetzes dargestellt werden. Hinsichtlich der verschiedenen Indikatoren stellen Isochronen zwar einen einfachen Indikator dar, welcher allerdings ein allgemeinverständliches Bild von Erreichbarkeit kommuniziert. Zudem ermöglichen die Erreichbarkeitsheatmaps eine schnelle flächenhafte Darstellung und den einfachen Vergleich verschiedener Quartiere. Gleichzeitig handelt es sich allerdings um einen schwieriger verständlichen Indikator.

Auch wenn die Analysen durchaus für den Praxisbetrieb geeignet sind, bleiben weiterhin offene Fragen. So ermöglicht GOAT zwar mithilfe der Kombination verschiedener Indikatoren eine gute Einschätzung, wie gut die nahräumliche Erreichbarkeit ist, gleichzeitig existiert kein aggregierter Index, welcher als allumfassender 15-Minuten-Score bezeichnet werden könnte. Neben technischem Entwicklungsaufwand bleibt weiterhin die Frage, was konkret unter der 15-Minuten-Stadt verstanden werden kann, und inwiefern Erreichbarkeitsradien erweitert bzw. verkleinert werden müssten. Auch gilt es zu untersuchen, welche Ziele wesentlich sind, und ob hinsichtlich der Wichtigkeit eine verallgemeinerbare Abstufung zwischen den verschiedenen Zielen möglich ist. Dies ist insbesondere eine Herausforderung hinsichtlich der Bedürfnisse verschiedener Bevölkerungsgruppen. Nicht zuletzt gilt es zu untersuchen, ob Aspekte der 15-Minuten-Stadt auch auf suburbane und ländliche Räume angewandt werden könnten oder ob es bei einer rein auf urbane Zentren festgelegten Vision bleibt.

5 Literatur

- Beatley, T. (2000): *Green Urbanism: Learning from European Cities*. Washington, DC: Island Press.
- Brunsing, J.; Frehn, M. (Hrsg.) (1999): *Stadt der kurzen Wege: zukunftsfähiges Leitbild oder planerische Utopie? Dortmunder Beiträge zur Raumplanung 95*. Dortmund: IRPUD.
- Burton, E.; Jenks, M.; Williams, K. (2003): *The Compact City: A Sustainable Urban Form?* Routledge.
- C40 Cities (2020): *C40 Mayors – Agenda For a Green and Just Recovery*.
- European Environment Agency (2020): *The First and Last Mile – the Key to Sustainable Urban Transport*. Publication.
<https://www.eea.europa.eu/publications/the-first-and-last-mile> (Zugriff: 15.07.2021).
- Geurs, K. T.; van Wee, B. (2004): *Accessibility Evaluation of Land-Use and Transport Strategies: Review and Research Directions*. *Journal of Transport Geography* 12 (2): 127-140. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>

- GOAT-Community (2020): Goat-Community/Pgrouting. 12 September 2020.
<https://github.com/goat-community/pgrouting>
- GOAT-Community (2021a): Github-Account GOAT-Community. GitHub.
<https://github.com/goat-community> (Zugriff: 15.07.2021).
- GOAT-Community (2021b): Homepage Open Accessibility. Open Accessibility.
<https://open-accessibility.org/> (Zugriff: 15.07.2021).
- Hansen, W. G. (1959): How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners* 25 (2): 73-76.
<https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- LeGates, R. T.; Stout, F. (eds.) (2016): *The City Reader*. Sixth edition. The Routledge Urban Reader Series. London; New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Maier, J. (2020): *Wie die 15-Minuten-Stadt zum Trend wird*. Tagesspiegel Background Verkehr & Smart Mobility. Verlag Der Tagesspiegel GmbH. 12 October 2020.
<https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/wie-die-15-minuten-stadt-zum-trend-wird> (Zugriff: 15.07.2021).
- Nobis, C.; Kuhnimhof, T. (2018): *Mobilität in Deutschland 2017 – Ergebnisbericht*. Ergebnisbericht Mobilität in Deutschland-MiD Ergebnisbericht. MiD. Bonn, Berlin: Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15).
www.mobilitaet-in-deutschland.de (Zugriff: 15.07.2021).
- Pajares, E. (2017): Master Thesis: Development of an Interactive Accessibility Web-Tool on the Neighborhood Level for the City of Munich. TU München.
- Pajares, E. (2019): Development of an Interactive Web Application for Accessibility Modelling on the Neighborhood Level. *Transportation Research Procedia* 41: 621-624.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.111>
- Pajares, E.; Büttner, B.; Jehle, U.; Nichols, A.; Gebhard Wulfhorst, G. (2021): Accessibility by Proximity: Addressing the Lack of Interactive Accessibility Instruments for Active Mobility. *Journal of Transport Geography* 93 (May): 103080.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103080>
- pgRouting Community (2021): PgRouting Project – Open Source Routing Library.
<https://pgrouting.org/> (Zugriff: 15.07.2021).
- Plan4Better GmbH (2021a): Technical Architecture GOAT. Technical Architecture | Plan4Better.
<https://plan4better.de/docs/technicalarchitecture/> (Zugriff: 15.07.2021).
- Plan4Better GmbH (2021b): Webseite Plan4Better. Home | Plan4Better.
<https://plan4better.de/> (Zugriff: 15.07.2021).
- Pozoukidou, G.; Chatziyiannaki, Z. (2021): 15-Minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia. *Sustainability* 13 (2): 928.
<https://doi.org/10.3390/su13020928>
- Umweltbundesamt (2011): Leitkonzept – Stadt Und Region Der Kurzen Wege. Berlin.
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4151.pdf> (Zugriff: 15.07.2021).

- United Nations (2019): World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. New York: UNITED NATIONS.
- Whittle, N. (2020): Welcome to the 15-Minute City. Financial Times. 17 July 2020.
<https://www.ft.com/content/c1a53744-90d5-4560-9e3f-17ce06aba69a> (Zugriff: 15.07.2021).
- Willsher, K. (2020): Paris Mayor Unveils “15-Minute City” Plan in Re-Election Campaign. The Guardian. 7 February 2020.
<https://www.theguardian.com/world/2020/feb/07/paris-mayor-unveils-15-minute-city-plan-in-re-election-campaign> (Zugriff: 15.07.2021).

LaVerDi – Webanwendung zur automatischen Ableitung von Landschaftsveränderungen

Patrick Knöfel, David Herrmann, Marcus Sindram, Michael Hovenbitzer

Zusammenfassung

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit dem Namen Landschaftsveränderungsdienst (LaVerDi) wurde vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) im Jahr 2017 initiiert. Im Rahmen des Projekts wurde eine Webanwendung zum Monitoring von Landschaftsveränderungen entwickelt und implementiert, die freie Copernicus-Satellitendaten für eine automatisierte Ableitung von potenziellen Landbedeckungsänderungen nutzt. Diese Veränderungshinweise sollen u. a. dazu dienen, BKG-eigene Produkte, wie das Digitale Landbedeckungsmodell Deutschland (LBM-DE), umfassend und in einer einheitlichen Qualität fortzuführen. Als Eingangsdaten verwendet LaVerDi vorprozessierte Sentinel-2-Daten des europäischen Copernicus-Satellitenprogramms sowie einen Bildsegmentierungsansatz zur Extraktion von Veränderungsobjekten. Unter Verwendung modifizierter Wolkenmasken werden Sentinel-2-Szenen mit einer maximalen Wolkenbedeckung von 60 % für die Analyse verwendet. LaVerDi wurde (inkl. Datenverarbeitung, Veränderungserkennung, Visualisierung) auf der deutschen Copernicus Data and Exploitation Platform (CODE-DE) implementiert. Die thematische Genauigkeit der generierten Veränderungslayer liegt über den gestellten Anforderungen von mindestens 80 %. Der bundesweit verfügbare Ergebnisdatensatz erfasst zuverlässig sowohl langfristige als auch saisonale Veränderungen.

Schlagwörter: Copernicus, Sentinel-2, Change Detection, raum-zeitliche Merkmale, Webanwendung

1 Einführung

Die Bestimmung von Veränderungen der Erdoberfläche ist eine häufige Anwendung der satellitengestützten Erdbeobachtung (Townshend et al. 1991). Erste Methoden zur Veränderungsanalyse wurden bereits in den 1980er Jahren vorgestellt (Singh 1989). Seitdem wurde eine Vielzahl von zunehmend verbesserten Methoden und Algorithmen entwickelt. Entsprechend hat sich die Verfügbarkeit von potenziell geeigneten Satellitenbilddaten stark erhöht. Neben der Anzahl der verfügbaren Sensoren mit hoher räumlicher Auflösung (z. B. Landsat, SPOT, Sentinel) ist ein großer Teil dieser Daten inzwischen kostenlos verfügbar und ermöglicht so multitemporale großflächige Auswertungen und Anwendungen in verschiedenen Disziplinen. Um diese großen Datenmengen (kosten-)effizient verarbeiten zu können, ist ein hoher Automatisierungsgrad notwendig.

Mit der Entwicklung und Durchführung des vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) 2017 initiierten Landschaftsveränderungsdienstes (LaVerDi) wurde ein Konsortium beauftragt, bestehend aus der GAF AG (Projektkoordination) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), welches in der Anfangsphase des Projekts als wissenschaftlicher Projektpartner fungierte. Ziel des Projektes war es, ein regelmäßiges Monitoring von Landschaftsveränderungen in Deutschland zu entwickeln und zu implementieren, das mit freien Copernicus-Daten die Aktualisierung und Validierung von BKG-internen Produkten mit dem Schwerpunkt LBM-DE (Landbedeckungsmodell für Deutschland) unterstützt. Die detektierten Veränderungen sollten mit einer Genauigkeit von mindestens 80 Prozent abgeleitet werden und primär als Aktualisierungshinweise für das LBM-DE (siehe Abschnitt 2.1) dienen. Neben der Entwicklung geeigneter Methodiken zur Landbedeckungsänderungsanalyse sollten die entwickelten Verfahren auf der CODE-DE-Plattform (Copernicus Data and Exploitation Platform – Deutschland) eingebettet und über eine Webanwendung zur Verfügung gestellt werden.

Das Hauptziel des Projekts war die Entwicklung einer performanten Webanwendung für eine regelmäßige und automatische, cloudbasierte Bereitstellung von Veränderungsindikationen für Deutschland. Konkret gliederte sich das Projekt in zwei Phasen, die Pilotphase und die Rollout-Phase. In der ersten Projektphase wurde ein Algorithmus zur Veränderungsanalyse auf Basis von Zeitreihen optischer Sentinel-2-Daten mit einer räumlichen Auflösung von 10 Metern entwickelt und in definierten Testgebieten mit dem LBM-DE demonstriert. Die zweite Phase konzentrierte sich auf die Integration der entwickelten Algorithmen auf der CODE-DE-Plattform mit dem Ziel der vollständigen Automatisierung. Dazu wurden bereits in der Pilotphase relevante Verarbeitungsketten und Schnittstellen standardisiert entwickelt. LaVerDi wurde Ende November 2020 vollständig auf CODE-DE implementiert und im Dezember 2020 an das BKG übergeben. Dort wird LaVerDi seit Mai 2021 operationell betrieben.

2 Daten und Verarbeitung

2.1 Landbedeckungs-Referenzmodell

Das Digitale Landbedeckungsmodell für Deutschland (LBM-DE) wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt und vom BKG erstmals für das Stichjahr 2009 (damals in Anlehnung an das als Ausgangspunkt der Entwicklung dienende Digitale Basislandschaftsmodell der Bundesländer als DLM-DE bezeichnet) zur Verfügung gestellt (Hovenbitzer et al. 2014). Es beschreibt topographische Objekte der Landschaft im Vektorformat unter dem Aspekt der Landbedeckung (LB) und Landnutzung (LN). Es liefert Informationen zu 31 LB-Klassen mit einer Mindestkartierfläche (engl. Minimum

Mapping Unit; MMU) von 1 ha. Auf diese Weise wird der Zustand der Umwelt zu einem bestimmten Zeitpunkt erfasst, was Analysen nach verschiedenen Gesichtspunkten ermöglicht. Das LBM-DE wurde bisher für die Berichtsjahre 2012, 2015 und 2018 flächendeckend für Deutschland aktualisiert. Ausgehend von den Gebietsgrenzen, den Objekten des Basis-Landschaftsmodells (Basis-DLM), werden Informationen zur Landbedeckung und Landnutzung im Sinne der europäischen CORINE Land Cover (CLC)-Nomenklatur abgeleitet. Dies geschieht durch die Auswertung von multispektralen Satellitenbildzeitreihen aus dem jeweiligen Referenzjahr.

2.2 Copernicus-Daten

Seit 2014 stellt das europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus eine moderne und leistungsfähige Infrastruktur für Erdbeobachtung und Geoinformation bereit. Die Erdbeobachtung umfasst Messungen von Satelliten, Flugzeugen, aber auch boden- und seegestützten Beobachtungsinfrastrukturen. Die Copernicus-Infrastruktur gliedert sich in eine Weltraumkomponente und eine In-situ-Komponente. Die Weltraumkomponente deckt die Kerndienste in den übergreifenden Themen Land, Klima und Atmosphäre, Ozeane, Krisen- und Katastrophenmanagement sowie Sicherheit mit den sogenannten Sentinel-Missionen ab, die sich gegenseitig ergänzen. Insbesondere die Sentinel-2-Satelliten wurde für die Erfassung von Informationen zur Landbedeckung und Vegetation entwickelt. Sentinel-2A wurde im Juni 2015 gestartet, gefolgt von Sentinel-2B im März 2017. Beide Sentinel-2-Satelliten verfügten mit dem MSI (engl. Multispectral Imager) über einen baugleichen multispektralen Sensor mit 13 Spektralkanälen. Die räumliche Auflösung liegt je nach Kanal zwischen 10 und 60 m (Clerk et al. 2021). Als Tandemmission hat Sentinel-2 ein zeitliches Wiederkehrintervall von 5 Tagen am Äquator. Die Anwendungsbereiche der optischen Daten sind äußerst vielfältig und reichen von land- und forstwirtschaftlichen Anwendungen bis hin zur Ableitung von Wasserqualitätsparametern. LaVerDi verwendet Sentinel-2-Daten in Level-2A-Qualität (L2A). Dabei handelt es sich um kartographisch entzerrte und atmosphärisch korrigierte Bilddaten, die als Bottom-of-Atmosphere (BOA)-Reflexionsprodukte aus Level-1C (L1C) Produkten unter Verwendung von atmosphärischen und topographischen Korrekturalgorithmen erzeugt werden (Copernicus 2021).

2.3 Cloud-Verarbeitung

Die entwickelte Webanwendung zur Veränderungsanalyse sowie weitere relevante Daten werden entweder in einer Cloud-Infrastruktur bereitgestellt, gespeichert oder implementiert. Für diesen Zweck wurde die nationale Copernicus-Plattform CODE-DE gewählt. CODE-DE wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) ins Leben gerufen, um eine schnellere und bessere Bereitstellung von Daten, Produkten und Anwendungen für nationale Nutzer zu gewährleisten.

Infrastruktur und Nutzerdaten von CODE-DE unterliegen dem nationalen Datenschutz und den Standards des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) zur Nutzung externer Cloud-Systeme.

Die Verarbeitungs- und Speicherkapazitäten von CODE-DE werden von LaVerDi genutzt, um die hohe Anzahl von Copernicus Daten zu verarbeiten und die resultierenden Ergebnisse in Form einer Webanwendung (siehe Abschnitt 4) zu visualisieren. Die Umsetzung der thematischen Prozesskette (siehe Abschnitt 3) auf CODE-DE erfolgte in der Programmiersprache Python.

3 Methode

3.1 Datenvorverarbeitung

Der erste Schritt der LaVerDi-Verarbeitungskette ist die Integration aller auf CODE-DE verfügbaren Sentinel-2-Daten (L2A) mit einer Wolkenbedeckung von unter 60 % im jeweils gewählten Referenzzeitraum. Die Metadaten werden extrahiert und in eine relationale Datenbank übertragen. Anschließend werden die voreingestellten Bänder auf eine Referenzauflösung von 10 Metern Neuberechnet und einer Wolken- und Wolken-schattendetektion unterzogen. Für die Wolkenmaskierung wurde ein modifizierter Scene Classification Layer (SCL) berechnet, der bei der Wolken- und Schattenmaskierung bessere Ergebnisse erzielt als der native SCL des L2A-Produkts (Copernicus 2021). Diese modifizierten Wolkenmasken bilden in Kombination mit den L2A-Daten den Input für die Indexberechnung und die band-spezifische multitemporale, pixelbasierte Statistik. Als der am besten geeignete Index wurde der NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) identifiziert. Weitere Indizes wie NDWI (Normalized Difference Water Index) und Brightness Index wurden ebenfalls getestet, aber im operationellen Dienst nicht berücksichtigt. Basierend auf dem szenenspezifischen, maskierten NDVI wird dann eine Reihe von raum-zeitlichen Merkmalen (sogenannte „Time Features“) berechnet, die bei Bedarf auch aus einzelnen Spektralbändern abgeleitet werden können. Die Merkmale werden entsprechend ihrer Ausprägung (Minimum, Maximum, Mittelwert, etc.) für den gewählten Bezugszeitraum als vertikaler Layerstack angelegt. Für die Anwendung wurden schließlich Time Features für Mittelwert, 10 %-Perzentil, 90 %-Perzentil und die Differenz von 90 % und 10 % Perzentil der Sentinel-2-Bänder für den vom Benutzer angegebenen Beobachtungszeitraum verwendet. In einem letzten Schritt werden diese Merkmale kalibriert und fließen dann direkt in die klassenspezifische Veränderungsanalyse ein.

3.2 Workflow zur automatischen Veränderungsdetektion

Die Erkennung von Veränderungen in LaVerDi basiert auf dem Konzept der räumlich-zeitlichen Merkmale (Probeck et al. 2019). Die Grundidee ist der Vergleich zweier Sentinel-2-Zeitreihen aus einem vordefinierten Referenzzeitraum (T_0/T_1) (siehe Abschnitt 3.3). Es werden Time Features für die historische Zeitreihe T_0 und die Referenzzeitreihe T_1 berechnet, die beide in den Workflow der Veränderungsdetektion einfließen (Abb. 1). Weiterhin ermöglicht die Berücksichtigung geeigneter statistischer Kennzahlen (z. B. Maximum, Minimum, Mittelwert, Perzentile etc.) die Vergleichbarkeit der Daten. Durch den zeitlichen Vergleich wird zudem sichergestellt, dass Einflüsse dynamischer saisonaler Effekte (wie z. B. Phänologie) weitgehend vermieden werden. Problematisch sind jedoch Veränderungen der Landbedeckung, die erst gegen Ende des Bezugszeitraums auftreten. Diese haben möglicherweise keine ausreichende Relevanz in der Zeitreihe, um durch das gewählte Merkmal adäquat dargestellt zu werden. Die Verwendung von Time Features minimiert damit weitgehend bekannte Probleme der optischen Fernerkundung, wie z. B. Datenlücken in den Zeitreihen in Folge von Wolkenbedeckung.

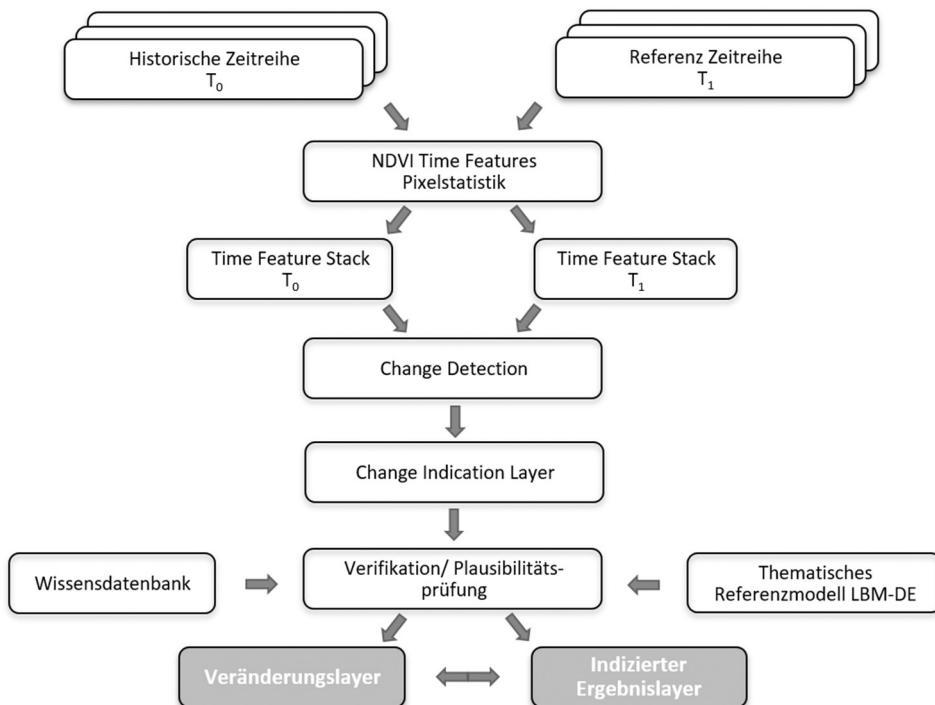


Abb. 1: LaVerDi Workflow zur automatischen Veränderungsdetektion
(Quelle: eigene Bearbeitung)

Veränderungsindikationen werden für jede relevante Landbedeckungskategorie separat in Form eines pixelbasierten Change Indication Layers (CIL) abgebildet. Die vom CIL gelieferten Änderungen werden einer landbedeckungsspezifischen MMU-Filterung und Plausibilitäts- bzw. Verifikationsprüfung unterzogen, wobei das LBM-DE als thematische Referenz in Kombination mit einer Wissensdatenbank verwendet wird. Letztere enthält empirische Informationen zu den a-priori-LB-Klassenübergängen und wird verwendet, um die Änderungsrichtung und Änderungswahrscheinlichkeit zu bestimmen. Der resultierende Veränderungslayer wird für die endgültige Attribution mit dem LBM-DE verschritten.

3.3 Change Indication Layer

Der Change Indication Layer (CIL) ist das Herzstück von LaVerDi. Er wird für fünf Landbedeckungskategorien (Bebauung, Ackerland, Grünland, Wald und Wasser) des LBM-DE abgeleitet und stellt Landbedeckungsveränderungen auf Pixelebene dar. Abbildung 2 veranschaulicht das Prinzip zur Ableitung der CIL aus den beiden Referenzzeiträumen. Die eigentliche Veränderungsdetektion erfolgt über die Differenzbildung aus den relevanten Time-Feature-Datensätzen. Mittels Grenzwertbildung (x-fache Standardabweichung) werden aus dem Differenzbild Veränderungshinweise in Form von Pixelgeometrien extrahiert. Die aus dem CIL abgeleiteten Änderungspolygone werden in einem weiteren Schritt mit Hilfe des LBM-DE und einer empirischen Wissensdatenbank auf Plausibilität geprüft und einem Postprocessing (MMU-Filterung) unterzogen, um den finalen Veränderungslayer zu erzeugen.

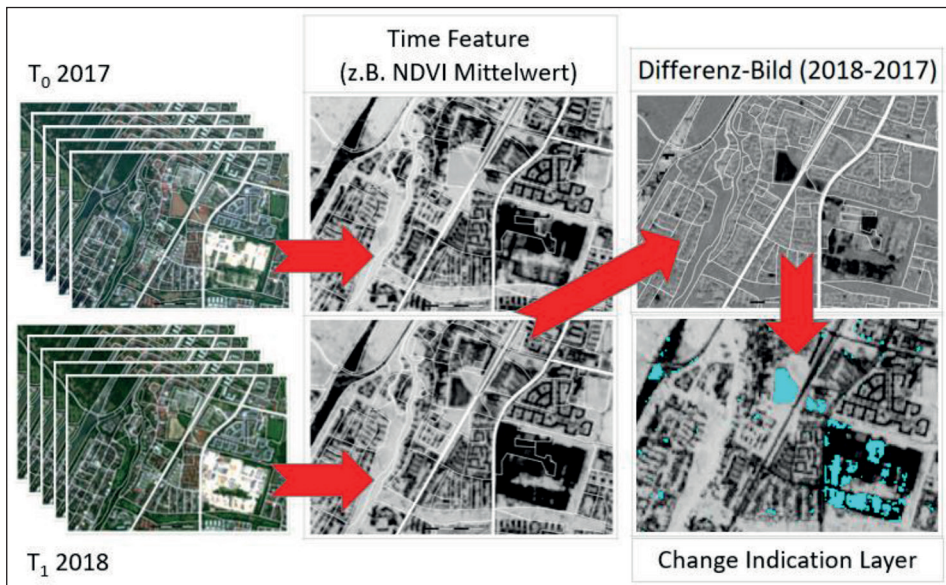


Abb. 2: Herstellung des Change Indication Layer (Quelle: eigene Bearbeitung)

3.4 Wissensdatenbank

Die Bewertung der detektierten Veränderungsindikationen erfolgt über eine Plausibilitätsprüfung. Dazu werden die Änderungsflächen mit zusätzlichen Informationen aus dem LBM-DE (Attribute und topologische Eigenschaften) und den Merkmalsstatistiken aus den Referenzzeiträumen (T_0/T_1) verknüpft. In Kombination mit den a-priori-Klassenübergängen bestimmter Landbedeckungsklassen kann so ein Regelwerk zur Bestimmung der Änderungsrichtung für detektierte Änderungspolygone aufgebaut werden. Dieses wissensbasierte Regelwerk wird im Projektkontext als Wissensdatenbank bezeichnet. In Bezug auf den LBM-DE-Referenzklassenschlüssel wurde dieser durch die Analyse der LBM-DE-Produkte 2015 und 2018 über die Häufigkeit bestimmter Arten von Landbedeckungsänderungen (Klassenübergänge) mit empirischen Richtungen der Landbedeckungsänderung gefüllt.

3.5 Resultierende Änderungsdatensätze

Veränderungslayer und indizierter Ergebnislayer bzw. Referenzdatensatz stellen die endgültigen Vektorprodukte dar, die dem Nutzer über die Webanwendung zur Verfügung gestellt werden. Dazu werden die in der 10-Meter-Rastergeometrie vorliegenden Änderungsinformationen aus dem CIL extrahiert und in eine binäre Maske umgewandelt, um performante Rasteroperationen durchführen zu können. Zunächst werden alle Lücken innerhalb der Änderungsmaske bis zur geltenden klassenspezifischen MMU mit einem 4×4 -Konnektivitätsfilter aufgefüllt. Anschließend werden alle Pixelgruppen, die kleiner als die angegebene MMU sind, entfernt. Der endgültige Veränderungslayer wird durch die Verschneidung des MMU-gefilterten CIL mit der aktuellsten Version der LBM-Referenzdaten unter Berücksichtigung des vorherigen Plausibilitätsschritts erzeugt. Der Veränderungslayer wird unter Verwendung der Wissensdatenbank, des aktuellsten LBM-DE und einer Hintergrundklassifizierung des LBM-DE für beide Referenzzeiträume (T_0/T_1) mit Hilfe eines Algorithmus des maschinellen Lernens (LightGBM, vgl. Ke et al. 2017) attribuiert, um die wahrscheinlichste Änderungsrichtung in Kombination mit einer Änderungswahrscheinlichkeit in 25 %-Schritten für jedes Polygon zu bestimmen. Mit dem Veränderungslayer und dem indizierten Referenzdatensatz kann das Landbedeckungsmodell ziel- und objektgenau aktualisiert werden.

4 Webanwendung

Ziel des Projekts war die regelmäßige Bereitstellung von automatisch abgeleiteten Veränderungsflächen in Form einer leistungsfähigen Webanwendung, die detektierte Landbedeckungsveränderungen in Polygonform zu vorgegebenen Zeitpunkten erstellt. Die operationelle Webanwendung LaVerDi ist seit Mai 2021 für alle Nutzerinnen und Nutzer

kostenfrei unter der URL <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/landschaftsveraenderungsdienst.html> verfügbar. Die wesentliche Funktionalität der Anwendung wird in diesem Abschnitt vorgestellt. Die notwendige Rechenkapazität auf der CODE-DE-Cloud wurde in Form eines Standard-Rechenkontingents angefordert. Das Kontingent besteht aus 8 CPUs und 64 GB RAM, 2 TB Blockspeicher und einem 1 TB großen Dateispeicher, sowie einem öffentlichen IP-Zugang. Die Ressourcen wurden auf 5 Virtuelle PCs mit CentOS Linux als Betriebssystem verteilt. Das Verarbeitungskontingent ist für die Dauer von LaVerDi flexibel ausgelegt und beinhaltet Unterstützungsdienstleistungen seitens des Betreibers.

Das Frontend der Webanwendung wurde im Open-Source-Framework Angular Material entwickelt, während die Backend Programmierung derselben in ASP.NET Core umgesetzt wurde. Die Kommunikation zwischen dem Frontend und Backend der Webanwendung wird mittels WebSocket-Protokoll realisiert, während die Kommunikation zwischen dem Backend der Anwendung und dem Python-Backend auf CODE-DE mit der Open Source Message Broker Software RabbitMQ gesichert wird. Registrierung und Prozessstatus werden über das Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) gesteuert.

Wie in Abbildung 3 dargestellt, gelangt man nach erfolgreicher Anmeldung zum LaVerDi-Viewer. Der bereits bundesweit vorberechnete Veränderungslayer 2018-2019 ist gemäß der Voreinstellung im Layerbaum aktiviert, aber aus Performancegründen ausgegraut, da die Darstellung der Änderungspolygone (ca. 57 000) in voller Auflösung andernfalls zu signifikanten Performanceeinbußen führen würde. Diese werden erst ab einem Maßstab von 1:200 000 im Fenster angezeigt. Der Viewer enthält eine Suchfunktion, die auf der linken Seite positioniert ist und einen Web Map Service (WMS) für die Grenzen der Bundesländer nutzt. Auf der rechten Seite des Viewers sind der Layerbaum, die Symbolleisten und die LBM-Legende positioniert. Bei der Entwicklung des Viewers und seiner Komponenten wurde Wert auf intuitive Gestaltung und Bedienung gelegt. Einzelne Bedienelemente werden durch Tooltips erläutert.

Der Benutzer kann die Reihenfolge oder Anordnung der Layer nach Wunsch steuern, um Überschneidungen mit anderen Informationen und Diensten zu ermöglichen. Für das 60 m Sentinel-2-WASP-Mosaik, ein monatliches, wolkenloses, kostenfreies Sentinel-2-Mosaik Deutschlands des DLR (DLR 2019), wurde zusätzlich am unteren Rand eine Zeitleiste implementiert, um den zeitlichen Ablauf möglicher Änderungen auf Monatsbasis zu visualisieren und ggf. direkt zu verifizieren. Ab einem Maßstab von 1:200 000 öffnet sich auf der linken Seite automatisch ein Menü mit einer Ergebnisliste aller innerhalb des angezeigten Fensters berechneten Änderungspolygone und der Veränderungslayer wird im Layerbaum aktiviert (Abb. 4). Innerhalb der Ergebnisliste kann der Nutzer mit der Lupe auf das gewünschte Änderungspolygon zoomen und sich über die Liste die Details der Änderungsdetektion ansehen.

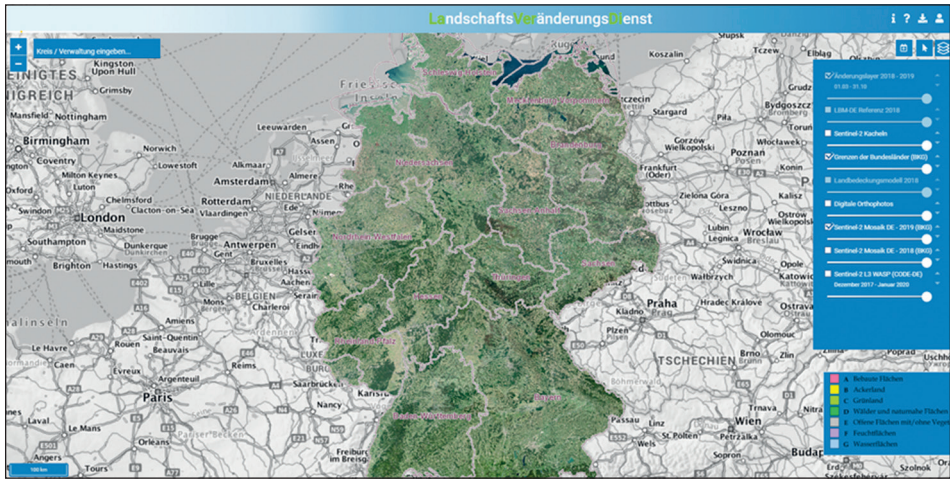


Abb. 3: Screenshot der Anwendung „LandschaftsVeränderungsDienst“ (Quelle: eigene Bearbeitung)

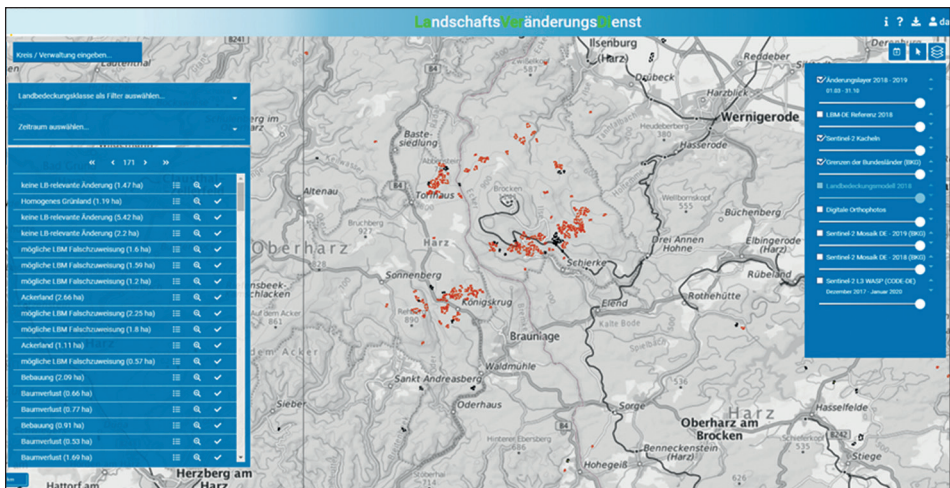


Abb. 4: Beispiel für den LaVerDi Änderungslayer mit Veränderungsindikationen (rot) (Quelle: eigene Bearbeitung)

Für jedes Änderungspolygon wird im oberen Teil des Fensters neben der Flächenstatistik die Änderungswahrscheinlichkeit in den Kategorien *nicht relevant*, *sehr gering*, *gering*, *mittel* und *hoch* angegeben. Danach folgt die Angabe der Änderungsrichtung (z. B. von Ackerland in T_0 zu bebautem Gebiet in T_1) mit den dazugehörigen Time-Feature-Metriken. Letztere werden immer angegeben, sind aber aufgrund der klassenspezifischen Auswertung immer nur für ein Merkmal relevant. Wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, sind die angegebenen NDVI-Metriken: NDVI-Mittelwert, NDVI-90 %-Perzentil, NDVI-10 %-Perzentil und NDVI-Perzentil-Differenz zu den 90 %-/10 %-Perzentilen.

Die Metriken sind untereinander normalisiert und daher nur zwischen den Jahren, aber nicht innerhalb eines Jahres vergleichbar. Zur Visualisierung und Analyse der Änderungspolygone stehen verschiedene Ebenen inklusive Transparenzschieber zur Verfügung.

5 Fazit

Die Genauigkeitsanalysen, die im Rahmen des Projektes mittels stratifizierter Zufallsstichproben durchgeführt wurden zeigen, dass die Methodik überwiegend gute Ergebnisse liefert. Die geforderte minimale Gesamtgenauigkeit von 80 Prozent wurde für jede LB-Klasse unter Berücksichtigung des 95 Prozent Konfidenzintervalls erreicht oder sogar überschritten, wobei zeitliche oder saisonale Effekte berücksichtigt wurden. Unter optimalen Wetter- und Klimabedingungen liefert die Methodik sehr gute Ergebnisse. Die für LaVerDi entwickelte Vorverarbeitungskette liefert standardisierte Bilddatenprodukte und wurde durch eine verbesserte Wolken- und Wolkenschattenerkennung zur Wolkenmaskierung (bis zu einer maximalen Wolkenbedeckung von 60 Prozent) im operationellen, cloud-basierten Dienst optimiert. Der entwickelte Change-Detection-Algorithmus stützt sich weitgehend auf die Eigenschaften und Fähigkeiten von räumlich-zeitlichen Merkmalen und ist vollständig automatisiert. Er berücksichtigt vorhandene Objektgeometrien aus dem Referenz-LBM zur Ableitung von Veränderungsindikationen und beinhaltet Elemente der objektbasierten Nachbearbeitung (MMU-Filter) und der thematischen Plausibilität (Wissensdatenbank). Die Wissensdatenbank ermöglicht als empirisches Regelwerk die Zuordnung einer Änderungsrichtung für erkannte Veränderungsindikationen (z. B. von Wald zu bebauter Fläche). Durch die Einführung von landnutzungsspezifischen MMU-Filtern wird das Rauschen in den initialen, pixelbasierten Veränderungsanzeigen minimiert und die Aussagekraft in Richtung einer tatsächlichen (realen) Veränderung deutlich erhöht.

Seit März 2021 finden sowohl die aktuelle Version des Global Reference Image (GRI, Clerk et al. 2021) als auch das neue Copernicus DEM mit 90 Metern Auflösung in der Sentinel-2-Prozessierung (für L1C- und L2A-Produkte) Anwendung. Dadurch werden zum einen eine verbesserte geometrische Lagegenauigkeit und zum anderen eine multitemporale Ko-Registrierung der Sentinel-2A- und -2B-Daten gewährleistet. Eine Reprozessierung des Sentinel-2-Archivs wurde von der ESA angekündigt (Clerk et al. 2021) und wird voraussichtlich im Laufe des Jahres 2021 beginnen. Ziel ist es, eine konsistente, multitemporale Registrierung der Sentinel-2-Daten zu erreichen und damit eine verbesserte Ausgangsbasis für Veränderungsanalysen in einer Vielzahl von Anwendungen und Themenbereichen zu ermöglichen. Je nach Zeitpunkt und Umfang der Reprozessierung wird LaVerDi frühestens ab 2022 in vollem Umfang von der verbesserten geometrischen Genauigkeit der multitemporalen Satellitenbilddaten profitieren können.

Weitere technologische Entwicklungen und Verbesserungen des derzeit verwendeten Prozessors (Sen2Cor) zur Produktion der L2A-Eingangsdaten sind in Zukunft zu erwarten. Hier sind insbesondere die Wolken- und Wolkenschattenerkennung sowie die topographische Normalisierung zu nennen.

Darüber hinaus wurde ein europaweiter Phänologie-Layer auf Basis von Sentinel-2-Daten von der Europäischen Umweltagentur (EEA) ausgeschrieben und erste Ergebnisse sind hier für den Spätsommer 2021 zu erwarten. Diese Phänologieprodukte können in Zukunft verwendet werden, um Extremereignisse (wie die europäische Dürre von 2018) zu adressieren und die Daten zeitlich zu kalibrieren oder zusätzliche Informationen für den Dienst bereitzustellen.

6 Literatur

- DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (2019): Monatlich wolkenlose, kostenfreie Sentinel-2-Mosaik Deutschlands.
https://www.dlr.de/eoc/desktopdefault.aspx/tabid-13247/23165_read-59599
(Zugriff: 31.08.2021).
- Copernicus (2021): Sentinel-2 MSI User Guide.
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>
(Zugriff: 31.08.2021).
- Clerc, S; MPC Team (2021): Sentinel-2 L2A Data Quality Report; August 2021, Issue 40.
<https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2-L2A-Data-Quality-Report.pdf/8fbbe100-19ce-4d87-acac-a68fff5f57d0?t=1623227995628>
(Zugriff: 07.09.2021).
- Ke, G.; Meng, Q.; Finley, T.; Wang, T.; Chen, W.; Ma, W.; Ye, Q.; Liu, T. (2017): LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree. 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA.
- Knöfel, P.; Herrmann, D.; Sindram, M.; Hovenbitzer, M. (2021): Germany's first cloud-based web service for land monitoring using Copernicus Sentinel-2 data. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. V-3-2021: 133-140.
- Hovenbitzer, M.; Emig, F.; Wende, C.; Arnold, S.; Bock, M.; Feigenspan, S. (2014): Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland - DLM-DE. In: Manakos, I.; Braun, M. (Eds): Land use and land cover mapping in Europe: practices & trends. Remote Sensing and Digital Image Processing, 18. Springer, Dordrecht, 255-272.
- Probeck, M.; Schwab, K.; Sevillano Marco, E.; Herrmann, D.; Sandow, C.; Richter, R.; Moser, L. (2019): Prototypes of future Copernicus Land Monitoring Products: The ECoLaSS Project. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W16, 2019 PIA19+MRSS19, München, Deutschland.
DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W16-201-2019 (Zugriff: 31.08.2021).

- Singh, A. (1989): Review article – Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol.10: 989-1003.
- Snedecor, G. W.; Cochran, W. F. (1967): *Statistical methods*. 6th Edition. State University Press, Ames, Iowa, 517.
- Townshend, J.; Justice, C.; Li, W.; Gurney, C.; McManus, J. (1991): Global land cover classification by remote sensing: present capabilities and future possibilities. *Remote Sensing of Environment* 35: 243-255.

Neues Wissen zum Stadtgrün als Planungsgrundlage bereitstellen mit Diensten und Anwendungen des meinGrün-Projekts

Patrycia Brzoska, Robert Hecht, Alexander Dunkel, Christina Ludwig

Zusammenfassung

Im Rahmen des meinGrün-Projekts¹ wurde eine Infrastruktur von Diensten sowie eine mobile Anwendung als Informations- und Entscheidungstool für das Aufsuchen und die Nutzung urbaner Grünflächen entwickelt und in den Pilotstädten Dresden und Heidelberg erprobt. Mit der Entwicklung und Bereitstellung weiterer Projektkomponenten, wie beispielsweise dem meinGrün-Webportal, dem Social-Media-Dienst und dem Routingdienst, können zusätzliche Informations- und Datengrundlagen für die Planungspraxis zur Verfügung gestellt werden. Die Potenziale, die sich aus der meinGrün-App und den Diensten ergeben, wurden im Rahmen des 13. Dresdner Flächennutzungssymposiums (DFNS) in einem Workshop aufgezeigt und mit einem breiten Publikum an der Schnittstelle von Wissenschaft und Praxis diskutiert. Dieser Beitrag fasst die Workshop-Inhalte sowie die Diskussionspunkte zusammen.

Schlagwörter: Stadtgrün, Webanwendung, Smart Cities, Routing, Social-Media-Daten

1 Stadtgrün-Wissen durch meinGrün

Urbane Grünflächen erfüllen eine Vielzahl unterschiedlicher Ökosystemleistungen, welche für die Erhaltung und Förderung einer wachsenden Stadtbevölkerung eine essenzielle Rolle spielen (Bolund, Hunhammer 1999). So tragen Grünflächen zur Regulation des Stadtklimas und der Luftqualität bei und sind wichtige Aufenthaltsorte für soziale Interaktion, Naturerfahrung oder auch Freizeitaktivitäten im Grünen. Durch die zunehmende Bauaktivität und damit Versiegelung städtischer Räume geht eine Vielzahl wichtiger Leistungen von Grünflächen verloren (BBSR 2018). Es ist daher umso wichtiger, Grünflächen und ihre Leistungen für die Lebensqualität der wachsenden Bevölkerung in Städten zu erhalten und zu fördern.

Leicht zugängliche Informationen können die Bevölkerung zum Aufsuchen von Grünflächen motivieren und dadurch deren Wert und Attraktivität nachhaltig steigern. Vor diesem Hintergrund wurde im meinGrün-Projekt die Aufbereitung und Vermittlung von Informationen zu Stadtgrün durch eine mobile Anwendung, die meinGrün-WebApp,

¹ Das meinGrün-Projekt ist ein vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (mFund) im Zeitraum von 2018-2021 gefördertes Verbundvorhaben, welches am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden koordiniert wird (<http://meingruen.ioer.info/>).

erprobt (Brzoska et al. 2020). Mithilfe der meinGrün-App als Informations- und Entscheidungstool können Bürgerinnen und Bürger der Pilotstädte Dresden und Heidelberg geeignete Grünflächen finden, erfahren, wie diese ausgestattet (z. B. Anzahl von Parkbänken, Mülleimern etc.) sind und wie sie diese auf nachhaltige und gesunde Weise zu Fuß oder per Rad erreichen können.

Im Rahmen der Entwicklung dieser WebApp wurden die Bevölkerung sowie Akteure der Stadtverwaltungen in beiden Pilotstädten aktiv eingebunden. So wurden zum Beispiel Bürgerinnen und Bürger der Pilotstädte (sowie deutschlandweit) befragt, welche Aktivitäten sie am liebsten auf Grünflächen durchführen und welche Kriterien und Ausstattungen der Grünflächen für die Durchführung dieser Aktivitäten wichtig sind. Auf dieser Grundlage wurden Kriterien zur Bewertung der Eignung von Grünflächen für bestimmte Nutzungen ermittelt und in quantifizierbare Indikatoren überführt. Für alle relevanten Grünflächen der Pilotstädte konnten somit Punktwerte für deren Eignung für bestimmte Aktivitäten errechnet werden (Krellenberg et al. 2021; Cakir et al. 2021). Zwischenstände der App sowie ihrer Funktionalitäten wurden ebenfalls partizipativ entwickelt und im Nachgang durch das Projektteam optimiert, indem Bürgerinnen und Bürger sowie Vertreterinnen und Vertreter der Stadtverwaltungen bei öffentlichen Betatests App-Versionen testen und bewerten konnten. Auch im Rahmen eines DFNS-Workshops im Jahr 2019 wurden Bedarfe in Bezug auf Daten und Funktionalitäten sowie der allgemeine Mehrwert für die Bevölkerung und der Stadtverwaltungen breit diskutiert (Krellenberg et al. 2019).

Im Rahmen des 13. DFNS 2021 wurden in einem Workshop unter dem Titel „Neues Wissen zum Stadtgrün generieren – Dienste und Anwendungen von meinGrün“ mit etwa 50 Teilnehmerinnen und Teilnehmern in hybrider Form (ca. 15 real, ca. 35 online



Abb. 1: Impressionen aus dem Workshop und den einzelnen Präsentationen (Quelle Fotos: R. Hecht, IÖR-Media)

anwesend) die Projektergebnisse vorgestellt und einzelne Projektkomponenten näher diskutiert (Abb. 1). Der Workshop diente insbesondere dem Vorstellen der diversen Stadtgrüninformationen, Dienste und Komponenten des meinGrün-Projekts sowie dem Aufzeigen und Diskutieren der Potenziale, die diese Ergebnisse als Planungsgrundlagen für nachhaltige grüne Stadtentwicklungen haben können. Neben Vertreterinnen und Vertretern unterschiedlicher Kommunen (Dresden, Wuppertal, Freiburg) nahmen auch z. B. Mitarbeitende von Planungsbüros an dem Workshop und der Diskussion teil.

2 Neue Planungsgrundlagen mit meinGrün

Die einzelnen Impulsvorträge gaben Einblicke in die Infrastruktur und die verschiedenen Komponenten, wie die WebApp, das Webportal sowie neuartige Webdienste (Routing Service, Social Media Service), mit denen planungsunterstützende Daten abgeleitet werden (Hecht et al. 2021).

Auflistung der Impulsvorträge:

- meinGrün – Projekteinführung und Output (Robert Hecht, IÖR/Dresden)
- Mit App und Webportal besser über Grünflächen informieren und neue Planungsgrundlagen generieren (Patrycia Brzoska, Celina Stanley, Sercan Cakir, Robert Hecht, IÖR/Dresden)
- Planungsergänzende Daten mit der Social Media API (Alexander Dunkel, Dominik Weckmüller, Madalina Gugulica, Dirk Burghardt, Institut für Kartographie der TU Dresden)
- Mit den neuartigen Routingalgorithmen die nachhaltige Nahmobilität stärken (Christina Ludwig, Sven Lautenbach, Alexander Zipf, Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT))

Zunächst wurde die meinGrün-WebApp als zentrales Ergebnis des Projektes vorgestellt. Nutzerinnen und Nutzer können mit dieser mobilen Anwendung in den beiden Pilotstädten bekannte sowie unbekannte Grünflächen entdecken. Die App bietet Unterstützung beim schnellen und einfachen Auffinden derjenigen Grünflächen, die am besten zu den eigenen Wünschen und Freizeitaktivitäten (z. B. Joggen, Natur beobachten, Frisbee spielen) passen (Krellenberg, Hecht 2021). Zusätzlich beinhaltet die App eine Routingfunktion, die zur gewünschten Grünfläche mit dem Rad oder zu Fuß leitet.

Daneben wurde im Rahmen des Projekts das meinGrün-Webportal als Schaukasten für Beschäftigte der Stadtverwaltungen in Dresden und Heidelberg sowie andere Interessierte entwickelt. Das Webportal visualisiert die mit meinGrün generierten Daten, präsentiert ihren praktischen Einsatz am Beispiel von Anwendungsszenarien und stellt die Informationen zum Herunterladen bereit. Diese unterstützen die gesamtstädtische

Grünflächenentwicklung, da dank OpenStreetMap und Sentinel-2 neben kommunalen auch (halb-)öffentliche Grünflächeninformationen bereitgestellt werden können (Ludwig et al. 2021a). Durch die Darstellung von Grünflächenqualitäten und Ausstattungen können räumliche Defizite erkannt und die Versorgung optimiert werden.

Mithilfe der gewonnenen Nutzerdaten der meinGrün-App können des Weiteren Nutzungsmuster der Stadtbevölkerung verortet werden. Hiermit ist es beispielsweise möglich, stadtteilbezogene Bedarfe in der Grünflächenversorgung zu erkennen, auf Defizite zu schließen oder gar unter Hinzunahme sozio-ökonomischer Angaben weitere Auswertungen durchzuführen.

In einem weiteren Vortrag wurde die Social-Media-API, welche vom Institut für Kartographie der TU Dresden (IfK) im Rahmen des meinGrün-Projektes entwickelt wurde, demonstriert. Mithilfe dieser Schnittstelle und einem prototypisch entwickelten Frontend können aktuelle Informationen und Daten aus Social-Media-Kanälen leicht verständlich visualisiert werden. Beispielsweise kann eine Häufung von Beiträgen in Flickr, Instagram oder Twitter als Indikator für die Frequentierung, allgemeine Wahrnehmung oder Beliebtheit gesehen werden. Die aufbereiteten Informationen können als zusätzliche Datenbasis genutzt werden, um eine repräsentativere Planung von Stadtgrünflächen zu ermöglichen. Hierdurch ist außerdem ein stetiges und automatisiertes Monitoring zur Wahrnehmung und Bewertung des Stadtgrüns denkbar.

Anschließend wurde der für die meinGrün-App entwickelte Routingdienst des Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT) vorgestellt. Der Routingdienst dient dazu, den Nutzerinnen und Nutzern verschiedene Routen von ihrem Standort zu der gewünschten Grünfläche vorzuschlagen. Da bei der Nutzung der App der Erholungsfaktor im Vordergrund steht, wird hier nicht nur die schnellste Route vorgeschlagen, sondern auch eine grüne, leise und schattige Route. Aus diesem Dienst ergibt sich für die Praxis das Potenzial zur Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten im Verkehrsnetz sowie zur Planung von neuen Radwegen (Ludwig et al. 2021b).

Bei der anschließenden Diskussion wurden insbesondere weitere Potenziale der App abgefragt sowie die im Projekt angewendeten neuartigen Ansätze der Datenverarbeitung genauer erläutert. Auch der Aspekt der Übertragbarkeit der meinGrün-Infrastruktur wurde besprochen. So kann aufgrund der Nutzung von Open Data die meinGrün-Webapp sowie die weiteren Komponenten und Dienste auf weitere Städte, national sowie international, übertragen werden. Von besonderem Interesse waren dabei auch die einfach generierbaren Ergebnisse der Social-Media-API, welche einerseits wertvolle Zusatzinformationen zur öffentlichen Raumwahrnehmung, beispielsweise für öffentliche Beteiligung an Planungsprozessen, bereitstellen können. Andererseits wurde diskutiert, dass hierdurch informelle Nutzungen beliebter Stadträume, welche bislang nicht reguliert wurden, unterbunden und dadurch Gruppen verdrängt werden könnten.

Die Diskussionen zeigten, dass zusätzliche Informationen durchaus Mehrwerte und weitere Potenziale für nachhaltige Stadtentwicklungen innehaben, aber deren Nutzung stets unter Entwicklung weiterer gesetzlicher Regularien ablaufen sollte.

3 Fazit

Wenn Kenntnisse über das gesamtstädtische Grünflächenangebot sowie dessen Erreichbarkeit zu Fuß oder per Rad und auch über qualitative Merkmale der Grünflächen in Bezug zu verschiedenen Ansprüchen vorliegen, kann die gesamte Bevölkerung gleichermaßen mit Informationen versorgt werden. Auch für eine nachhaltige Stadtplanung mit dem Anspruch einer gerechten Grünraumversorgung, wie es im "Weißbuch Stadtgrün" gefordert wird (BMUB 2017), ist es essenziell, alle Grünflächen anhand der Bedarfe der Nutzerinnen und Nutzer bewertet zu wissen. So können die speziellen Anforderungen der unterschiedlichen Nutzergruppen in der Stadtplanung Berücksichtigung finden. Dabei ist neben der Qualität und Ausstattung von Grünflächen besonders von Interesse, auf welche Art einzelne Grünflächen von Bürgerinnen und Bürgern wahrgenommen und genutzt werden.

Mit Bezug auf das pandemiebedingte hybride Veranstaltungsformat des Workshops ist anzumerken, dass die Inhalte sowie auch Diskussionen an ein größeres und diverseres Publikum übermittelt werden konnten. Rückfragen bzw. Kommentare der Online-Teilnehmenden haben das reale Geschehen bereichert, wobei eine lebendige Diskussion zwischen dem Präsenz- und Online-Publikum eine technische Herausforderung bleibt.

4 Literatur

- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017): Weißbuch Stadtgrün: Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2018): Handlungsziele für Stadtgrün und deren empirische Evidenz: Indikatoren, Kenn- und Orientierungswerte. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn.
- Brzoska, P.; Hecht, R.; Stanley, C. (2020): Stadtgrün mit einer App (neu) entdecken. In: *Transforming Cities 2020* (4): 86-90.
- Cakir, S.; Hecht, R.; Krellenberg, K. (2021): Sensitivity analysis in multi-criteria evaluation of the suitability of urban green spaces for recreational activities. *AGILE GIScience Series*.
<https://doi.org/10.5194/agile-giss-2-22-2021>

- Hecht, R.; Artmann, M.; Brzoska, P.; Burghardt, D.; Cakir, S.; Dunkel, A.; Gröbe, M.; Gugulica, M.; Krellenberg, K.; Kreuzzarek, N.; Lautenbach, S.; Ludwig, C.; Lümckemann, D.; Meinel, G.; Schorcht, M.; Sonnenbichler, A.; Stanley, C.; Tenikl, J.; Wurm, M.; Zipf, A. (2021): A web app to generate and disseminate new knowledge on urban green space qualities and their accessibility. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. (2021) VIII-4/W1-20: 65-72. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W1-2021-65-2021>
- Krellenberg, K.; Artmann, M.; Stanley, C. H.; Hecht, R. (2021): What to do in, and what to expect from, urban green spaces – Indicator-based approach to assess cultural ecosystem services. In: Urban Forestry & Urban Greening, 2021 (59): 126986. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126986>
- Krellenberg, K.; Artmann, M.; Hecht, R.; Stanley, C. H. (2019): Wissen zum Stadtgrün durch neue Datenzugänge verbessern. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI: Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos-Verlag, IÖR Schriften 77: 237-241.
- Krellenberg, K.; Hecht, R. (2021): Mit einer mobilen App neues Wissen zum Stadtgrün generieren. GIS.business – das Magazin für Geoinformation, 2021 (3): 41-43. <https://doi.org/10.21241/ssoar.73701>
- Ludwig, C.; Hecht, R.; Lautenbach, S.; Schorcht, M.; Zipf, A. (2021a): Mapping Public Urban Green Spaces Based on OpenStreetMap and Sentinel-2 Imagery Using Belief Functions. ISPRS International Journal of Geo-Information 10 (2021) 4: 251. <https://doi.org/10.3390/ijgi10040251>
- Ludwig, C.; Lautenbach S.; Schömann, E.-M.; Zipf, A. (2021b): Comparison of simulated fast and green routes for cyclists and pedestrians. In: Janowicz, K.; Versteegen, J. (Hrsg.): 11th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2021): 3:1-3:15. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.GIScience.2021.II.3>

myField – Ein webbasiertes Partizipations-Tool zur Simulation und Eigenabschätzung nachbarschaftlicher Energie- und Umweltschutzvorhaben

Benjamin Dally, Kai-Fabian Henning, Carsten Oldenburg, Axel Häusler, Klaus Greve, Sebastian Kühle

Zusammenfassung

Die Energiewende und die Erreichung der politisch formulierten und gesellschaftlich gewollten Umweltschutzziele bedarf zukunftstauglicher Planungswerkzeuge, die sowohl die übergeordnete Verwaltungsperspektive als auch die Perspektive der individuellen Nachbarschaften vor Ort berücksichtigen. Im Idealfall sollten diese beiden Perspektiven zu einem gemeinsamen Interessenmanagement zusammengeführt werden. Folglich stellen der Informationserwerb und das Erlernen der relevanten Zusammenhänge und Wechselwirkungen entscheidende Faktoren zum Gelingen dieses Transformationsprozesses dar. Das webbasierte Tool myField soll es den Bürger*innen ermöglichen, im persönlichen Wohnumfeld projektorientierte Maßnahmen zur Erzeugung umweltschutzorientierter Energievorhaben zu projektieren und durch Simulations- und Eigenabschätzungsverfahren eine Optimierung solcher Projektideen vorzunehmen. myField bietet neben der computerspiel-ähnlichen 3D-Welt zusätzlich eine Cloud-Plattform zur Kommunikation kollaborativer Ideen und zur Vernetzung zwischen den Akteur*innen. myField wurde vom Forschungsschwerpunkt nextPlace der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe in Kooperation mit der Arbeitsgruppe GIS des Geografischen Instituts der Universität Bonn als interaktive Softwareapplikation auf Basis der Gaming-Engine Unity3D entwickelt. Die ersten Arbeitsschritte beinhalteten Literatur- und Software-Recherchen zur inhaltlichen Positionierung. Die Kernarbeit bestand aus der Programmierung des Software-Prototypen und der Implementierung amtlicher Geodateninfrastrukturen. Die Entwicklungsarbeit wurde gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), begleitet durch Expertengespräche, Rückkopplungen mit Fachvertretern der Beispielumgebung LEADER-Region Nordlippe und einzelnen Anwendertests.

Schlagerwörter: 3D-GIS, Gamification, Partizipation, Simulation, Flächennutzung

1 Einführung

Die voranschreitende Digitalisierung setzt sich heute in allen Bereichen durch und ergänzt durch verschiedene Anwendungen auch das planerische Instrumentarium. In erster Linie dienen neue digitale Werkzeuge dazu, bereits existierende Prozesse zu optimieren, sodass Planung, Durchführung und Nachbereitung vereinfacht werden können.

Zwar werden durch den voranschreitenden Wandel immer mehr digitale Werkzeuge hervorgebracht, jedoch zeigt sich gleichzeitig, dass Wissenschaft und Praxis hier erst am Anfang einer Entwicklung stehen und gerade technologisch noch viel Potenzial besteht. Insbesondere stößt dieses Potenzial im Bereich des Umweltschutzes und der transformativen Weiterentwicklung des Energiesystems zu einem CO₂-neutralen System auf konkreten Bedarf: Die starke Projektorientierung in diesem Bereich und die zentrale Position der Bürgerschaft bei der Bereitstellung der Umsetzungskapazitäten eröffnen Potenziale und verlangen nach Instrumenten zur Information, Aktivierung und Prozessgestaltung. Ein wichtiger Aspekt, der durch digitale Werkzeuge in der Planung unterstützt wird, ist der theoretische Ansatz einer gemeinschaftlich-kooperativen Planung, an der sowohl Kommune wie auch Bürger*innen beteiligt sind. Zwar nutzen kommunale Verwaltungen zunehmend digitale Medien um Bürger*innen-Beteiligung zu gewährleisten (vgl. Klemme et al. 2017: 6 f.), allerdings stößt die kooperative Planung in der Realität oft an ihre Grenzen. Die Gründe dafür sind vielfältig, oftmals liegen sie in der Komplexität und Langwierigkeit von Planungsprozessen sowie an einem unterschiedlich ausgeprägten Engagement aller Gruppen (vgl. Küpper et al. 2014: 26 f.).

In der Raumplanung besteht bereits eine Bandbreite verschiedener digitaler Werkzeuge, jedoch beziehen diese sich meist auf selektive Teilbereiche des gesamten Planungsprozesses. Neben diesen Tools, die Kommunen als Top-Down-Ansätze nutzen, sind es oftmals aber Personen oder Initiativen der Zivilgesellschaft, die durch Bottom-Up-Prozesse das Repertoire an Möglichkeiten zur aktiven Teilnahme an Stadtentwicklungsprozessen ergänzen. Die weltweiten OK-Labs der Open Knowledge Foundation sind hier insbesondere zu nennen. Das BBSR unterscheidet die vielfältigen Partizipationstools neben der digitalen Teilhabe (Bottom-Up vs. Top-Down) in Abstraktionsgrade (konkret/punktuell zu umfassend/übergreifend) (vgl. BBSR 2017a). Unabhängig von der digitalen Teilhabe handelt es sich bei den vorhandenen Tools zumeist, um einen Abstraktionsgrad, der nicht über die Informationsebene (u. a. Veröffentlichung von Planungsunterlagen, Daten, Anliegen) hinausgeht. In der wissenschaftlichen, politischen und fachlichen Diskussion wird empfohlen, digitale Tools dahingehend zu entwickeln, dass diese einen erhöhten Abstraktionsgrad aufweisen um neben der Informationsebene weitere Ebenen zu bedienen. Inhaltlich sollten die Tools den gesamten planerischen Prozess so unterstützen, dass damit ein Beitrag zu einer Kollaboration aller planungsrelevanten Akteur*innen am Planungsprozess geleistet wird (vgl. BBSR 2017b). Die Vorteile einer kooperativen Planung im Gegensatz zu einer Umsetzung von Energieprojekten durch Einzelpersonen, so wie es bisher oft der Fall ist (z. B. bei einer Förderung durch das EEG), sind deutlich. Bestehende Hürden, an denen viele dieser Projekte scheitern, können durch einen gemeinschaftlichen Ansatz überwunden werden und bieten darüber hinaus weitere Kooperationsvorteile, wie beispielsweise ein größerer Handlungsspielraum und ein größeres Flächenpotenzial durch die Gründung von Energiegenossenschaften sowie Synergien in der Arbeitsteilung und dem Wissensaustausch.

Als Testregion für die prototypische Umsetzung von myField konnte die Region Nordlippe gewonnen werden, bestehend aus den vier Kommunen Barntrop, Dörentrup, Extetal und Kalletal im nordrhein-westfälischen Regierungsbezirk Ostwestfalen-Lippe. Die Projektumsetzung wurde aus Mitteln des EU-Maßnahmenpakets LEADER ermöglicht, das insbesondere innovative Modellvorhaben in ländlichen Räumen fördert. Grundsätzlich kann die Software aber für jede deutsche Region oder Kommune aufgesetzt und angepasst werden. Neben den Erfahrungen und den ambitionierten Energieentwicklungszielen der Region haben die zentralen Personen in der Anlaufstelle der LEADER-Region, das Innovationszentrum Dörentrup, ein Zukunftsbüro des Kreises Lippe zur Begleitung und Unterstützung strategischer, zukunftsorientierter Entwicklungsmaßnahmen, und auch das Geodatenamt des Kreises Lippe bei der Umsetzung des Projekts in besonderer Weise unterstützt.

2 Konzeption

Der wesentliche Nutzen von myField besteht in der integralen Vernetzung von bislang getrennt agierenden Akteursgruppen, wie Kommunen, Gebietskörperschaften, Planungsbüros und Bürger*innen (vgl. Abb. 1). Aus Perspektive des Nutzenden ist myField ein Instrument, um passgenau Informationen zu eigenen Planungen zu erlangen oder das eigene Engagement für den Umwelt- und Klimaschutz zu stärken und mögliche Kollaborationen hierzu zu unterstützen.

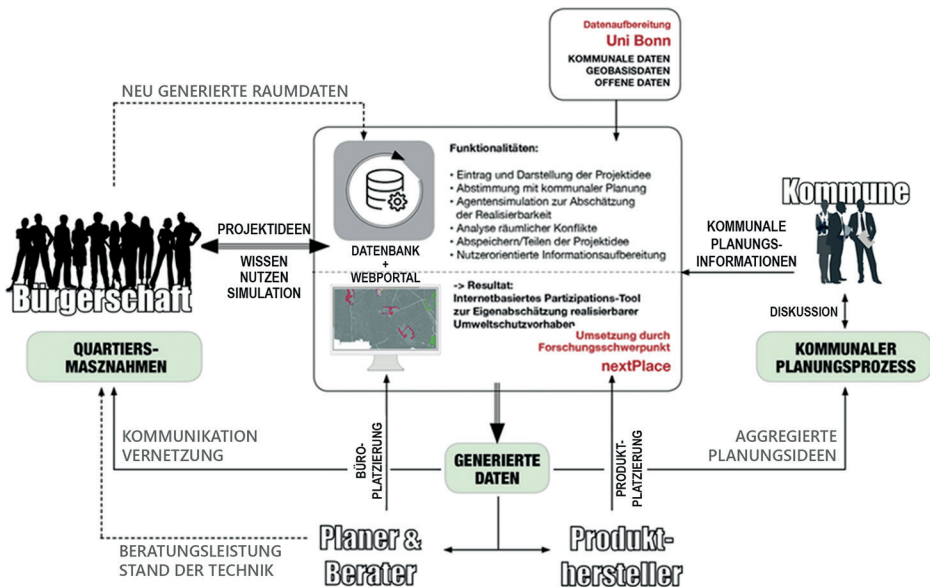


Abb. 1: Grundprinzip der myField-Beteiligungsstruktur (Quelle: eigene Darstellung 2019; Icons: Noun Project)

Dies betrifft zum Beispiel:

- Einzelne Bürger*innen oder Gruppen von Bürger*innen (Vereine, Nachbarschaften etc.)
- Interkommunale Fachgruppen
- Planungsbeteiligte, wie Stadt- und Regionalplaner*innen, Ingenieurbüros, etc.
- Unternehmen, Selbstständige

Die Zusammenführung der Stakeholder*innen auf dem gemeinsamen Portal und deren fallbezogene Verknüpfung lässt unterschiedliche Kommunikationsanlässe zu. Nachfolgend werden einige Informationswege benannt und deren Nutzen in Spiegelstrichen erläutert:

*Bürger*innen -> Bürger*innen/Planer*innen/Institutionen:*

- Grundsätzliche Informationsvermittlung
- Testen von Einzelmaßnahmen zur individuellen Eigenabschätzung
- Skizzierung, Testen und Diskussion verschiedener Maßnahmenkonstellationen als individuelle Szenarien
- Erstellung kollaborativer Gruppenszenarien

*Kommune -> Bürger*innen/Planer*innen/Institutionen:*

- Veröffentlichung von Informationen zu Planungen, Genehmigungen, Zuständigkeiten und Unterstützungsmöglichkeiten
- Geodaten, die im Portal maschinell bereitgestellt und aufbereitet werden (z. B. ein bedienungsfreundlicheres und anwendungsbezogeneres Datenangebot, als über die Inspire-Richtlinie bisher verwirklicht wird)
- Umfragen zur Einholung von Meinungen, Stimmungsbildern etc.

Kommune -> Kommune:

- Informationsvermittlung in übergeordneten Planungsverbänden
- Kommunenübergreifende Planungsszenarien

Die Nutzer*innen können sowohl Einzelmaßnahmen, wie die z. B. die Entsiegelung von Einzelflächen, die lokale Integration von Solarpaneelen oder die Verortung von Windkraftanlagen, als auch eine individuelle Verknüpfung mehrerer Optimierungsmöglichkeiten interaktiv überprüfen. Das georeferenzierte 3D-Modell errechnet auf Basis der zugrunde liegenden Basisdaten eine erste Abschätzung der räumlichen Umsetzungspotentiale. Die weiterführende Simulationsfunktion kalkuliert und lokalisiert die für einen signifikanten Effekt benötigte „kritische Menge“ zusätzlicher Flächen und/oder Personen. Für die Akteur*innen entsteht somit einerseits eine prinzipielle Erkenntnis der möglichen Umsetzungspotentiale und Zusammenhänge, zum anderen können sie an dieser

Stelle, ohne das Portal verlassen zu müssen, zur Verwaltung oder anderen Akteur*innen Kontakt aufnehmen. Jeder Simulationsdurchlauf lässt sich einzeln abspeichern und als Diskussionsgrundlage der Kommunikation beifügen.

In Hinblick auf eine spätere, finanzielle Verwertung der Plattform wurden darüber hinaus auch Anbieter*innen innovativer Umwelttechnologien mitgedacht, die Informationen zu ihren Produkten in myField hinterlegen können, um Eigenvorschläge von Planer*innen- oder Bürger*innen-Seite auf dem aktuellsten Stand der Technik zu halten. Den hier umsetzenden Hochschulen, TH Ostwestfalen-Lippe und Universität Bonn, kommt diesbezüglich das Hosting der Plattform, wie auch die fachkundige und redaktionelle Betreuung der Inhalte zu. Aber insbesondere bei innovativen Speicher- oder Energiegewinnungstechnologien und auch intelligenten Mobilitätssystemen bietet sich durchaus ein Informations- und Erfahrungsaustausch mit Herstellern, Unternehmen und Ingenieurbüros über das Portal an.

3 Programmiertechnische Umsetzung

3.1 myField-Client

Der myField-Client ist eine lokale Anwendung zur Darstellung einer georeferenzierten, virtuellen 3D-Umgebung, die zur Laufzeit aus Vektordaten generiert wird. Die Anwendung läuft prinzipiell ohne eine bestehende Internetverbindung, benötigt diese jedoch, um während der Nutzung die entsprechenden Geodaten von verschiedenen Webservern einmalig herunterzuladen. Im Kern hat die Anwendung dabei zwei zentrale Aufgaben:

1. Erzeugung eines georeferenzierten, dreidimensionalen Gitter-Modells aus Vektordaten
2. Visualisierung und Interaktion mit dem Modell (vgl. Abb. 2)

Für die erste Aufgabe wurde die Open Source Library `utyMap` verwendet, welche entsprechend angepasst und erweitert wurde, um die softwaretechnischen, georeferenziellen Grundlagen für das Projekt zu legen. Die zweite Aufgabe wurde basierend auf der Unity3D-Spiele-Engine umgesetzt, welche vom gleichnamigen Unternehmen für Forschungszwecke kostenlos zur Verfügung gestellt wird. Die Spiele-Engine bietet dabei eine leistungsstarke Entwicklungsumgebung zur Visualisierung und Interaktion mit einem dreidimensionalen Gittermodell. Sämtlicher Programmcode wurde in C# geschrieben und steht Open Source zur Verfügung.

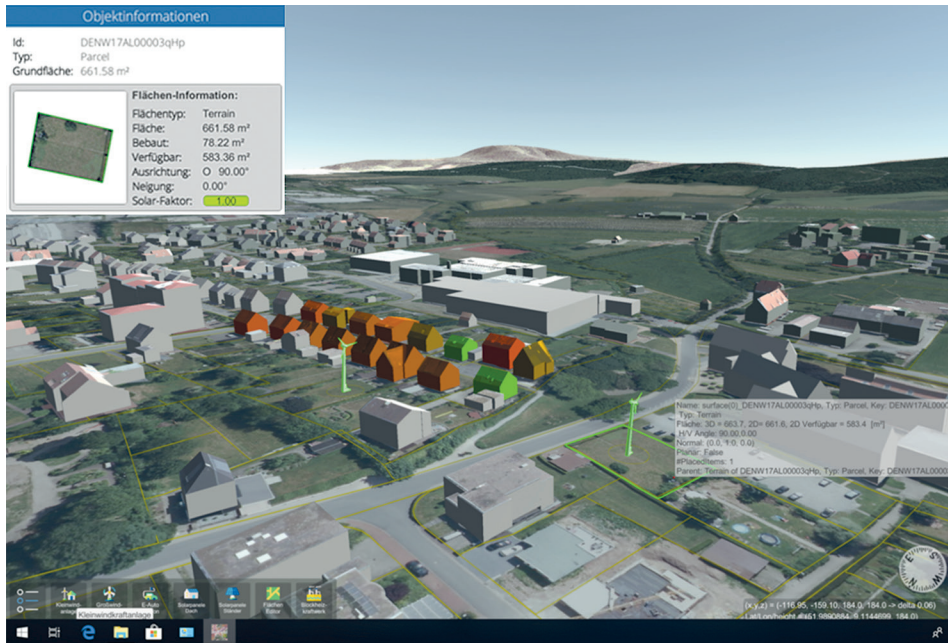


Abb. 2: Screenshot der 3D-Softwareapplikation, Darstellung einer gewählten Nachbarschaft mit farblicher Visualisierung des bilanzierten Selbstversorgungsgrades jedes Einzelgebäudes durch die beiden eingesetzten Windräder (Grün: komplett autark – Dunkelrot: unterversorgt) (Quelle: eigene Darstellung 2019)

3.1.1 Verwendete Daten

Bei den innerhalb des Projekts myField verwendeten Geodaten handelt es sich mit Ausnahme der Hauskoordinaten, die vom Kreis Lippe zur Verfügung gestellt wurden, um freie Daten. Aktuell werden in der Anwendung für die Erzeugung der 3D-Umgebung vier verschiedene Datenstämme verwendet: Topografie, Flurstücke, Gebäude (auf LOD2-Level) und verschiedene landeseigene, zweidimensionale Kartendienste als Texturen. Derzeit sind dies: Luftbilddaufnahmen (Orthofotos), Lärm, Hochwasser, Zensus, Flächennutzung. Die Auswahl der Datenlayer innerhalb der Softwareanwendung wird über eine CSS-Konfigurationsdatei definiert. Für die Flächennutzung wurden die einzelnen Datenebenen der amtlichen Liegenschaftskarte zu einem Gruppenlayer zusammengefasst und entsprechende Darstellungsstile erzeugt. Dadurch, dass innerhalb der Geodateninfrastruktur jedoch intern Farbwerte zwischen verschiedenen Layern interpoliert, das heißt, Kanten zwischen Features geglättet werden (Anti-Aliasing), sind die resultierenden Rasterdaten für ein Routing nicht geeignet. Dieses Verhalten lässt sich technisch nicht abschalten oder durch eine Nächste-Nachbarschaft-Interpolation ersetzen. Um dieses Problem zu umgehen, wurden die einzelnen Layer der Flächennutzung

in Punktvektordaten umgewandelt. Die Punktvektoren liegen hierbei auf den Mittelpunkten sogenannter QuadKeys (vgl. Abb. 3) und beinhalten die Flächenbedeckung der einzelnen Flächennutzungslayer. Die 3D-Gebäudefeatures konnten nicht unmittelbar per GML bzw. GeoJson an Unity übergeben werden. Dies macht eine Konvertierung der 3D-Objekte in 2D-Objekte notwendig. Die 3D-Modelle werden dazu in den 2D-Objekten als im Collada-Dateiformat hinterlegt. Für eine Weiterverarbeitung, z. B. zur Berechnung der Verschattung, Ausrichtung, Neigung etc., ist es jedoch vorteilhafter, diese als Rasterdaten zu speichern. Da das Oberflächenmodell aus unregelmäßigen Punkten besteht, mussten die 3D-Daten zusätzlich interpoliert werden, um ein regelmäßiges Raster zu erhalten.

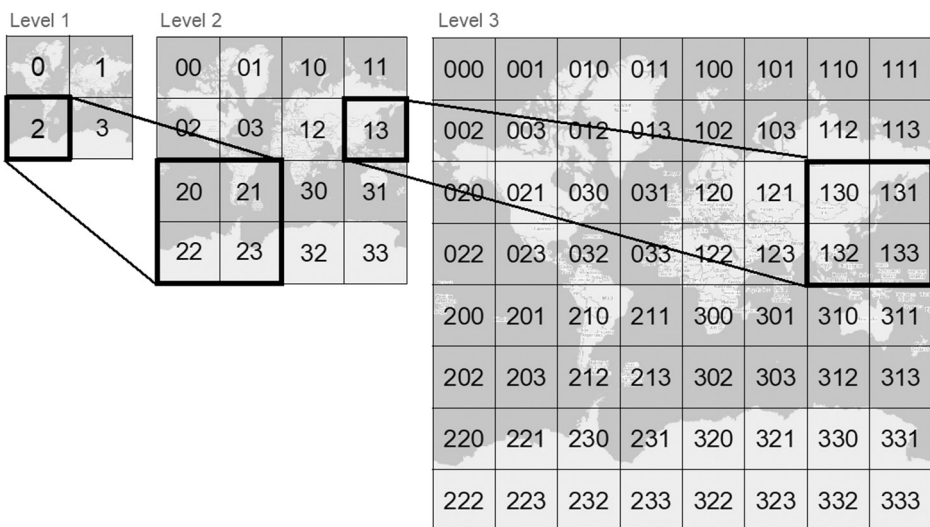


Abb. 3: Grundprinzip der QuadKey-Aufteilung (WebTiles) in unterschiedlichen Zoom-Stufen (Quelle: eigene Darstellung nach BingMaps/Microsoft)

3.1.2 Modellbasis

Die für myField konzipierte Geodateninfrastruktur besteht aus einer PostGIS-Datenbank, dem Java-basierten Webserver Geoserver und der Containerverwaltungssoftware Docker. Docker ist eine Virtualisierungssoftware mit einzelnen Containern für abgeschottete Anwendungen inklusive ihrer Konfiguration, die durch Namensräume voneinander getrennt sind. Ähnlich zu virtuellen Maschinen laufen Anwendungen in Containern ohne direkten Zugriff auf das Betriebssystem.

3.1.3 3D-Gittermodell und Simulations-Element

Das Gittermodell der 3D-Welt besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten: Terrain- und Gebäudenetzen. Hinzu kommen noch vorgegebene 3D-Modelle, die die Nutzen- den zur Laufzeit platzieren können (bspw. eine Windkraftanlage). Ein Terrain-Netz besteht dabei aus einem oder mehreren nicht planaren Polygonnetzen, die aus amtlichen Flurstücksdaten (2D-Polygonen) und den Höhendaten des Oberflächen-Modells generiert werden. Auf das Terrain werden anschließend die Gebäudemodelle im LOD2 platziert. Ein Gebäudenetz besteht dabei aus mehreren planaren Flächen, die Dachflächen, Wände und Böden repräsentieren. Entsprechend basiert die gesamte 3D-Umgebung auf 2D-Flächen, die die dreidimensionale Welt bilden. Ferner werden für alle Flächen mit einem senkrechten Anteil georeferenzierte Textur-Koordinaten berechnet, sodass die Oberfläche des Modells mit entsprechenden Texturen überzogen werden kann.

3.1.4 Energiemodell

Jedes Objekt in der 3D-Welt verfügt über ein Energie-Verhalten. Dieses beschreibt die jährliche Produktion und Speicherung sowie den Verbrauch und das Potential des Objektes für eine Energieform (Strom, Wärme). Standardmäßig haben nur Gebäude ein Energie-Verhalten mit Werten ungleich 0, dies kann aber bei der Nutzung von myField beliebig angepasst werden. Datengrundlage für den Energieverbrauch eines Gebäudes ist die Wohnfläche und die daraus abgeleitete Bewohner*innen-Anzahl. Anhand der Bewohner*innen-Anzahl wird der durchschnittliche, jährliche Stromverbrauch pro Gebäude abgeschätzt, indem dieser mit dem durchschnittlichen, statistischen Stromverbrauch pro Person in der Region multipliziert wird. Analog wird der durchschnittliche jährliche statistische Wärmebedarf eines Gebäudes abgeschätzt, indem die Wohnfläche mit dem durchschnittlichen Wärmebedarf pro Quadratmeter in der Region multipliziert wird. Für Dachflächen von Gebäuden wird zusätzlich das statistische Solarpotential abgeschätzt, indem die Fläche mit einem Proportionalitätsfaktor zur Berücksichtigung der Ausrichtung und Neigung sowie dem regionalen Solarertrag pro Quadratmeter multipliziert wird. Das Solarpotential eines Gebäudes ist dann die Summe aller Dachflächen-Potentiale. Die Basisdaten wurden dem Energieatlas des Landesamts für Umwelt und Naturschutz NRW entnommen.

3.1.5 Verteilung der Energie

Unabhängig von der Energieform (Wärme, Strom) kann die angebotene bzw. erzeugte Energiemenge auf die Verbraucher*innen verteilt werden. Ist dabei das Angebot größer als die Nachfrage, erhält jede(r) Verbraucher*in 100 % des eigenen Bedarfs und das verbleibende Angebot bleibt zur freien Verfügung (bspw. zur Speicherung). Ist das Angebot A jedoch kleiner als die Nachfrage N , kann die Verteilung auf zweierlei Weisen erfolgen:

Relative Gleichverteilung oder bedarfsgerechte Aufteilung. Bei der relativen Gleichverteilung erhält jede(r) Verbraucher*in den gleichen relativen Anteil A/N am Angebot, so dass entsprechend auch alle Bedarfe zu gleichen Teilen erfüllt sind. Bei der bedarfsgerechten Aufteilung erfolgt eine iterative Aufteilung des Angebots. Dazu wird in jedem Schritt der geringste, noch nicht gedeckte Bedarf unter allen Verbraucher*innen bestimmt und anschließend an alle Nachfragenden verteilt. Reicht das Angebot nicht aus, um diese Menge an jede(r) Verbraucher*in zu verteilen, wird der Wert entsprechend gesenkt. Diese Schritte wiederholen sich so lange, bis das gesamte Angebot aufgeteilt wurde. Dieses Verfahren führt dazu, dass bei gegebener Angebots- und Nachfragesituation nicht alle Personen die gleiche relative Versorgung haben, sondern stattdessen einen individuellen Versorgungsgrad. Insbesondere werden kleinere, sparsamere Verbraucher*innen belohnt, indem sie ihren Bedarf eher zu 100 % erfüllen können als Großverbraucher*innen.

3.1.6 Nahwärme-Netz und Routing

Neben der Energiebetrachtung kann für das Wärmenetzzenario ein mögliches Nahwärmenetz approximiert werden. Ferner werden den Nutzenden Informationen über die Länge und den Durchsatz des Netzwerkes angezeigt. Da es vielfältige planerische Anforderungen an ein Wärmenetz gibt und eine entsprechende Umsetzung als Simulationsmodell im Rahmen des Projektes nicht möglich war, wurde das Modell auf ein Kürzeste-Wege-Modell vereinfacht. Dazu werden mit einem Path-Finding-Algorithmus iterativ die kürzesten Pfade zwischen der Anbieter*in und den einzelnen Nachfragenden bestimmt. Um eine Bündelung der jeweiligen Pfade zu erzielen, werden einmal benutzte Pfade mit 0 gewichtet, sodass der Algorithmus bis zu einem gewissen Umweg den bereits genutzten Pfad bevorzugt. Das so erzeugte Netzwerk variiert dabei mit der Reihenfolge der Nachfrager*innen.

3.1.7 Kooperationsplattform

Als Kooperationsumgebung wird die Kollaborationsplattform Nextcloud eingesetzt. Bei Nextcloud handelt es sich um eine Open-Source-Cloudlösung, die unter anderem Web-Speicherplatz, eine Echtzeit-Messenger-Kommunikationsfunktion sowie Kalender- und Mailfunktionen zur Verfügung stellt. Zur Verwaltung der einzelnen Anwender*innen, die den myField-Client nutzen, bietet die Nextcloud darüber hinaus eine eigene Nutzer*innen-Verwaltung. Hier können die einzelnen Nutzer*innen zu Gruppen eingeladen und zusammengestellt werden. Standardmäßig haben Anwender*innen nur auf ihre eigenen Daten Zugriff. Innerhalb der Nextcloud-Plattform können diese jedoch ihre Daten für weitere Nutzer*innen-Gruppen oder andere Nutzer*innen freigeben, so dass ein kollaboratives Arbeiten ermöglicht wird.

4 Fazit

Das hierin beschriebene, gleichnamige, DBU-geförderte Forschungs- und Entwicklungsprojekt verortet sich an der Schnittstelle zwischen den Bereichen webbasierte Partizipation in der Raumplanung und Bürger*innen-Beteiligung an Energie- und Umweltschutzmaßnahmen. Im Ergebnis ist myField ein web- und geodatenbasiertes Partizipationstool, welches Bürger*innen ermöglicht, räumliche Entwicklungen im Bereich des Umweltschutzes und in der transformativen Weiterentwicklung des Energiesystems zu einem CO₂-neutralen System zu kommunizieren, zu evaluieren und umzusetzen. Die Anwendung erfolgt in einer dreidimensionalen virtuellen Umgebung, die den Nutzer*innen sowohl Planung wie auch Austausch und Information ermöglicht. Dabei bilden Projekte im konkreten Lebensumfeld der Bürger*innen, wie z. B. die Umsetzung versiegelter Flächen, der Zusammenschluss zu Energiegemeinschaften, die gemeinsame Initiierung und Nutzung nachbarschaftlicher Elektromobilitätskonzepte etc., den inhaltlichen Schwerpunkt. myField zielt damit sowohl in der räumlichen Maßstabsebene wie auch in einer sozialen Dimension auf Nachbarschaften ab.

5 Literatur

- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017a): Webbasierte Medien in der Stadtentwicklung: Bürgerbeteiligung und Bürgerengagement in der digitalen Gesellschaft, BBSR-Online-Publikation Nr. 28. Bonn.
URN: urn:nbn:de:101:1-201805176209
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017b): Die Weisheit der Vielen – Bürgerbeteiligung im digitalen Zeitalter. Bonn.
URN: urn:nbn:de:101:1-2017051510547
- Klemme, M.; Wiegand, C.-C.; Wiesemann, L. (2017): Partizipation online - gemeinsam Stadt entwickeln. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR): Informationen zur Raumentwicklung, Heft 6/2017: 4-11. Bonn.
URN: urn:nbn:de:101:1-2019102510264194551510
- Küpper, P.; Levin-Keitel, M.; Maus, F.; Müller, P.; Reimann, S.; Sondermann, M.; Stock, K.; Wiegand, T. (2014): Raumentwicklung 3.0 – Gemeinsam die Zukunft der räumlichen Planung gestalten. 15. Junges Forum der ARL 6. bis 8. Juni 2012 in Hannover. Hannover.

Smarte Sirenen – Eine Möglichkeit zur Optimierung des Bevölkerungsschutzes

Sascha Henninger, Martin Schneider

Zusammenfassung

Innerstädtische, heterogene Bebauungsstrukturen können die Schallausbreitung behindern, sodass z. B. Sirenen nur bedingt akustisch wahrnehmbar sind. Ebenso bleibt der Warngrund unbekannt. Doch gerade im Sinne des Bevölkerungsschutzes wäre eine Warnung mit Verhaltenshinweisen über allgemein zugängliche Medien wünschenswert, auch Warn-Apps können hier unterstützend wirken, aber keine ganzheitliche Abdeckung gewährleisten.

Smarte Sirenen könnten lokal zugänglich z. B. an Straßenlaternen installiert werden. Somit wäre eine Warnung der Bevölkerung frühzeitig zu gewährleisten und eine kleinteiligere Berücksichtigung der Bebauungsstruktur ist möglich, um die Schallausbreitung optimiert gestalten zu können.

Im Projekt „Smarte Sirenen“ wird analysiert, inwieweit diese Sirenen optimiert und damit effizient zum Bevölkerungsschutz beitragen können. Die Optimierung berücksichtigt, wie sich diese im städtebaulichen Kontext einsetzen lassen. Eine detaillierte Untersuchung wird am Beispiel unterschiedlich strukturierter Stadtquartiere vorgenommen. Die Untersuchungsräume werden sowohl auf gesamtstädtischer Ebene als auch in betroffenen Quartieren beleuchtet. Hierbei wird die Einflussnahme der lokalen Gegebenheiten auf die Schallausbreitung eruiert. Smarte Sirenenmodelle und deren Einsatzspektrum werden verglichen, die Wirkung auf die Bevölkerung abgewogen.

Das Ziel muss es sein, die exakte Anzahl an zwingend notwendigen smarten Sirenen an den hierfür optimalen Standorten zu installieren, um eine vollständige Abdeckung der zu warnenden Flächen zu sichern.

Schlagwörter: Sirenen, Bevölkerungsschutz, Extremereignisse, Optimierung

1 Einführung

„Bei manchen Dingen merkt man erst, dass es sie gibt, wenn sie nicht funktionieren, oder extrem gebraucht werden. Letzteres gilt für den Katastrophenschutz.“
(Luttenberger 2021).

Das Zitat verdeutlicht ein grundlegendes Problem des Bevölkerungsschutzes – Einsätze treten unregelmäßig bzw. selten auf, wenn sie aber auftreten, muss das System funktionieren.

Das Thema „Bevölkerungsschutz“ erlangte durch den bundesweiten Warntag im September 2020 öffentliche Aufmerksamkeit. Gleichzeitig zeigte sich schonungslos, dass Probleme auftraten und Fragen aufgeworfen wurden, wie z. B. die Bevölkerung im Schadensfall adäquat informiert bzw. vor dem Schadensereignis gewarnt werden soll. Der Warntag offenbarte, dass bereits vorhandene Warn-Apps im Belastungsfall versagen können. Zudem sind nicht alle allgemein zugänglich. Auch Pressluftsirenen sind zwar vereinzelt noch immer in Gemeinden zu finden, allerdings ist deren flächenmäßige Abdeckung bei Weitem nicht ausreichend, und dass, obwohl die allgemeine Zugänglichkeit des Warnmediums gegeben wäre. Zudem haben sie einen entscheidenden Schwachpunkt – innerstädtische, heterogene Bebauungsstrukturen können die Schallausbreitung dahingehend behindern, dass die Sirene in Abhängigkeit des Standortes nur bedingt akustisch wahrnehmbar ist. Ebenso bleibt den Bürger*innen der Warntag unbekannt. Doch gerade dieser kann in vielerlei Hinsicht relevant sein (z. B. bei Großbränden mit Gefahrenstoffaustritten oder auch eine potenzielle durch Starkregenergie ausgelöste innerurbane Hochwassergefahr). In solchen Situationen wäre eine Warnung mit Verhaltenshinweisen im Sinne des Bevölkerungsschutzes mit allgemein zugänglichen Mitteln wünschenswert. Warn-Apps können hier unterstützend wirkend, eine ganzheitliche Abdeckung kann von ihnen jedoch nicht gewährleistet werden.

Smarte Sirenen könnten für solche Warnsituationen eine Hilfestellung leisten. Sie können lokal zugänglich (z. B. an Straßenlaternen oder Bushaltestellen) installiert werden. Eine Warnung der Bevölkerung wäre frühzeitig sowie unter Einbezug von Handlungsempfehlungen für situationsangepasste Verhaltensweisen möglich. Eine kleinteiligere Berücksichtigung der Bebauungsstruktur bzw. des städtebaulichen Kontextes ist möglich, um die Schallausbreitung optimiert gestalten zu können.

2 Sirenen als Warnmittel

Grundsätzlich zählen Sirenen zu den Warnmitteln mit Weckeffekt. Hierbei ist der Weckeffekt extrem hoch, der Informationsgehalt jedoch eher niedrig, da keine qualitativen Informationen übermittelt werden können. Ebenso existieren keine einheitlichen Sirensignale.

Unter der Dachhaube der sog. Pressluftsirene (z. B. das Modell „E57“) befindet sich ein Elektromotor, der mithilfe eines Rotors einen Luftstrom generiert. Dieser richtet sich gegen einen verbauten Ständer, der wiederum mit Schlitzen versehen ist. Diese beginnen zu vibrieren und es entsteht der Warnton.

Einen optischen Unterschied zu der obenstehenden elektromechanischen Sirene stellt die elektronische Sirene auch aufgrund ihrer markanten Hörner dar. Aber auch klanglich ist der Ton wegen der Hörner nicht mit dem der elektromechanischen vergleichbar. Ein

Tongenerator lässt ihn elektronisch entstehen. Anschließend wird er verstärkt und über die Druckkammerlautsprecher (Hörner) ausgegeben.

Das Wort „smart“ wird oftmals mit „clever“ oder auch „intelligent“ übersetzt. Smarte Sirenen sind kleine, kompakte, „clevere“ Sirenenmodelle bzw. Hybridvarianten aus klassischer Sirene und Lautsprecher. Diese unterscheiden sich im Weckeffekt nur bedingt von traditionellen Sirenen, jedoch besteht ein signifikanter Unterschied bzgl. der Informationsqualität. Smarte Sirenen können außer dem Warnton auch Sprachmitteilungen wiedergeben. Somit erfolgt nicht nur eine Alarmierung über das bloße Auftreten einer Gefahr, es können zugleich auch Informationen zur Gefahr ergänzt und ggf. Handlungsempfehlungen wiedergegeben werden (Rieger 2020). Während konventionelle Sirenen meist auf Dächern oder hohen Masten verortet sind, können smarte Sirenen auch im Straßenraum montiert werden, z. B. an Straßenlaternen (Winter 2020).

3 Probleme bei der Nutzung von Sirenen im städtischen Kontext

Die Sirenentechnik hat in den letzten Jahren eine deutliche Entwicklung erfahren. Manche Geräte sind in der Lage, neben akustischen Warnsignalen auch Sprachmeldungen oder Live-Durchsagen wiederzugeben. Der Weckeffekt der Sirene ist hierbei um einen Informationsbaustein ergänzt worden. So kann dort, wo sonst lediglich ein lautes Signal ertönte, nun kurzfristig und gezielt gewarnt werden. Ebenso ist es möglich, präventive Vorsichtsmaßnahmen zu übermitteln. Sirenen sind intelligent („smart“) geworden. In Anbetracht immer häufiger auftretender Extremereignissen (z. B. Hitzewellen, Starkregen) bietet dies v. a. im urbanen Raum neue Möglichkeiten, den Schutz der Bevölkerung zu verbessern.

Im Rahmen des Projektes „Smarte Sirenen“ wird analysiert und optimiert, inwieweit diese Sirenen effizient zum Bevölkerungsschutz beitragen können. Die Optimierung der Installation geschieht unter Berücksichtigung, wie sich smarte Sirenen im städtebaulichen Kontext unter Einbezug der Bebauung, der Schallausbreitung bzw. -emission, der Qualität der Warnung, dem Auftreten von Extremereignissen sowie der Vernetzung mit anderen Warnmitteln einsetzen lassen (Henninger et al. 2020).

Städte zeichnen sich durch eine dichte Bebauung aus. Die bauliche Dichte ist wiederum eine Kenngröße für das Maß der baulichen Nutzung sowie dessen Intensität (Sperle, Teodorovici 2014: 138). Für die Nutzung von Sirenen jedoch stellt die bauliche Dichte eine enorme Herausforderung dar. Gebäude erweisen sich für die Schallausbreitung als Hindernisse. Treffen die Schallwellen auf die Gebäudefassaden (oder andere Gebäudeteile), so wird deren Ausbreitung gestört. Es kommt u. a. zu Absorptionseffekten und Reflexionen der Schallwellen. Zwar werden die Schallschatten der Gebäude durch die

Beugung der Schallwellen erreicht, allerdings mit verminderter Schallenergie (Sinambari, Sempali 2014: 260). Das Sirensignal wird demnach innerhalb einer städtischen Bebauung durch vielfache Absorption, Reflexion und Beugungseffekte bis zum Erreichen des Immissionspunktes abgeschwächt – ob es dort in einer angemessenen Lautstärke wahrnehmbar bleibt, ist fraglich. Bei einem zentralen Emissionspunkt (einer zentralen Sirene) stellt sich die Schallausbreitung somit im Kontext der dichten Bebauung als schwierig dar.

Ein weiteres Problem ergibt sich bei der Betrachtung des Lautstärkelevels. Sirenen zählen zu den akustischen Gefahrensignalen. Dementsprechend müssen sie einen Mindestpegel von 65 dB(A) vorweisen, zudem darf der Maximalpegel von 118 dB(A) nicht überschritten werden. Ebenfalls muss sich das Signal eindeutig von anderen akustischen Medien abheben (Lein 2019: 148; DIN EN ISO 7731). Zusätzlich muss gewährleistet sein, dass die Differenz zwischen dem A-bewerteten Pegel der Sirene und dem A-bewerteten Pegel eines Störgeräusches (Summenpegelbetrachtung) mindestens A-bewertet 15 dB beträgt (Dantscher 2012; DIN EN ISO 7731). Der A-bewertete Schalldruckpegel berücksichtigt hierbei das natürliche frequenzabhängige Hörempfinden des Menschen. Sirenen müssen laut genug sein, um trotz der Hintergrundgeräusche wahrgenommen werden zu können. Es kann vorkommen, dass Sirenen als zu laut oder als Lärm (nicht erwünschter Schall) angesehen werden und trotz der Schutzwirkung von Sirenen für die Bevölkerung können Fälle auftreten, in denen Bürger*innen keine Sirene in ihrem unmittelbaren Umfeld akzeptieren.

Eine Analyse zur Eignung einer bestimmten Sirene A an einem vorher definierten Standort B ist in der Praxis nur unter immensem Aufwand möglich, da mit realen Modellen gearbeitet werden müsste. Dies wäre für nicht-kommunale Beteiligte schwierig umzusetzen. Daher kann in solchen Fällen auf andere Methoden zurückgegriffen werden. Hier kommt eine entsprechende Computersoftware zur Beurteilung von schalltechnischen Zusammenhängen zum Einsatz. Damit kann das Grundlagenwissen zur Schallausbreitung in einem komplexen und rechenbasierten Maße angewandt werden, um die entsprechende Prognose – z. B. wie sich die besagte Sirene A am Ort B verhält – aufstellen zu können.

4 Messmethodik

Unter Berücksichtigung der Sirenentechnik und im Hinblick auf die Schallausbreitung sowie städtebauliche Spezifika und akustische Anforderungen wird zur Berechnung das Programm „CadnaA“ eingesetzt, das dazu dient, eine Aussage über den Nutzen verschiedener Sirenentypen in unterschiedlichen Stadtquartieren treffen zu können. Herausgearbeitet werden soll hier im Besonderen, wie sich smarte Sirenen in das örtliche System des Bevölkerungsschutzes einfügen könnten.

Die Berechnungsmöglichkeiten durch CadnaA sind umfangreich und münden u. a. in Geräuschprognosen oder Lärmanalysen. Hierfür können z. B. Gebäude, Lärmquellen sowie Schutzmaßnahmen in die Maske des Programms eingepflegt werden. Hinzu kommt die Berücksichtigung von Einflussgrößen (Reflexionsverlust oder Absorptionsgrad) auf die Schallausbreitung. Die technische Durchführung basiert schließlich auf einem Rasterberechnungsverfahren. In der Datenbank des Programms sind bereits Gebäude, deren Höhendaten und ein digitales Geländemodell integriert. Die Schlüsselfrage der Berechnung ist, ob eine Sirene an einem bestimmten Ort noch ausreichend wahrnehmbar oder gar zu laut ist. Als Richtwerte liegen die Angaben der DIN EN ISO 7731 zugrunde. Die Herausforderung dieser Untersuchung liegt darin, in der realitätsangeneherten Berechnung den Bereich zwischen „zu laut“ und „zu leise“ an allen Standorten des entsprechenden Untersuchungsgebietes zu treffen und auch einzuhalten. Die Festlegung der Sirenen im Programm erfolgt als Punktquelle. Frequenzen werden nach CadnaA auf Grundlage der DIN ISO 96132 pauschal mit 500 Hertz veranschlagt. Ist die Sirene auf einem Hausdach verortet, befindet sie sich einen Meter über dem Dach. Für smarte Sirenen an Straßenlaternen (Laternenhöhen von 3 m bis 5,5 m) wird eine pauschale Höhe von vier Metern über Grund angenommen. Für den Untersuchungsraum wird in CadnaA ein Rechenfeld erstellt – die Wohngebäude erhalten einen Höhenwert von 12 m, öffentliche Gebäude einen Wert von 20 m, Nebengebäude (> 40 m²) werden mit 3,5 m veranschlagt. Bei der Betrachtung der Sirenen muss nach erfolgter Berechnung ein Abgleich mit den Messwerten der Störgeräusche erfolgen. Dadurch soll geprüft werden, ob die Sirene ggf. zu laut oder zu leise ist. Bei den herkömmlichen Sirenen ist diese Untersuchung als abschließend anzusehen. Dies bedeutet, es wird lediglich aufgezeigt, wie sie sich in Bezug auf Schallausbreitung im Raum verhalten. Bei den smarten Sirenen soll zusätzlich ein umfängliches Warnnetz entworfen werden. Dabei werden die Anzahl und Positionen der smarten Sirenen durch immer wieder erfolgende Berechnungen so lange optimiert, bis das Netz den Anforderungen entsprechend funktioniert.

Nicht alle Sirenenmodelle eignen sich für den Einsatz als smarte Sirenen. Dies liegt daran, dass einige Fabrikate zu hohe Schallpegelwerte aufweisen. Eine Gefährdung der körperlichen Unversehrtheit eines Passanten, der im Moment des Auslösens direkt unter der Sirene steht, kann dabei die Folge sein. Durch eine höhere Anbringung des Gerätes kann dies mitunter angepasst werden, sodass die vorgeschriebene Pegelzahl (118 dB(A)) wieder eingehalten wird. Zudem liegt das Hauptaugenmerk auf netzunabhängigen Exemplaren. Diese stünden auch im Falle eines Stromausfalls als Warnmittel zur Verfügung. Daher wurde bei der Analyse auf das Modell „Telegrafia Bono“ (Schalleistungspegel 138,5 dB(A)) zurückgegriffen. Zur Vergleichsanalyse wurden zwei herkömmliche Sirenen herangezogen. Aufgrund der noch immer großen Verbreitung dienten die elektromechanische Sirene „E57“ (Schalleistungspegel 141,5 dB(A)) sowie das elektronische Hochleistungsmodell „Hörmann ECN 3000D“ (Schalleistungspegel 163,5 dB(A)) als Referenz.

5 Erkenntnisse

Um die Modellangaben der Sirenenhersteller überprüfen zu können, ist eine Messung mit einem Sound Level Meter an verschiedenen Örtlichkeiten im exemplarischen Plangebiet „Kotten“ durchgeführt worden. Das Stadtquartier „Kotten“ liegt westlich des Innenstadtbereiches der Stadt Kaiserslautern. Die Größe des Gebietes beträgt 37 ha. Das gesamte Untersuchungsgebiet ist charakterisiert durch eine äußerst dichte urbane Bebauung mit schmalen Straßenquerschnitten von rund vier Metern. Die Gebäudehöhen erreichen ca. 12 m. Entlang der Straßen sind bis zu 80 m lange Häuserzeilen vorzufinden, die das Erscheinungsbild des Quartiers maßgeblich prägen.

Bei den Messangaben wurden sowohl der reine Messwert, als auch der nötige Mindestwert des Schallpegels der Sirene angegeben. Letzterer liegt 15 dB(A) über dem Messwert, jedoch mindestens bei 65 dB(A). Der höchste geforderte Pegelwert ergibt sich im westlichen Bereich des Stadtquartiers (86,1 dB(A)), der geringste liegt bei 44,2 dB(A), gemessen innerhalb des engmaschigen Rasternetzes des Untersuchungsraumes.

Die Grundschule „Kottenschule“ wurde für die Berechnung als Sirenenstandort festgesetzt, was auch der realen Situation vor Ort entspricht. Der Schalleistungspegel der Sirene liegt bei 141,5 dB(A), die Schule ist mit 20 m Höhe berechnet, die Sirene mit 21 m. Es ist deutlich zu erkennen, dass eine Sirene des Typs „E57“ hier keine adäquate bzw. den Richtwerten gerecht werdende Wirkung entfaltet. Grafisch sind sowohl im Westen des Plangebiets als auch im Norden „graue Flächen“ ersichtlich. Gleiches gilt für den östlichen Bereich und ein Areal zentral entlang einer Hauptverkehrsstraße. Das Modell „E57“ kann somit für eine flächendeckende Warnung des Quartieres nicht in Betracht gezogen werden (Abb. 1).

Das Ergebnis der Berechnung der Hochleistungssirene „ECN 3000D“ unterscheidet sich deutlich von der Pressluftsirene (Abb. 2). Im gesamten Untersuchungsgebiet sind keine „grauen“ oder „blassen“ Stellen zu erkennen. Die sich aus der Messung ergebenden Mindestpegel werden bis auf den östlichen Randbereich eingehalten. Dort liegt der Anforderungswert bei 85,7 dB(A), der Pegel bei 80-85 dB(A). Diese leichten Pegelunterschreitungen könnten durchaus auf ungenaue Messungen des Störpegels zurückgeführt werden. Trotz dieser „kleinen Schwäche“ kann festgehalten werden, dass die Hochleistungssirene ihre Schutz- und Warnwirkung im „Kotten“ prinzipiell erfüllen könnte. Eine Umrüstung von „E57“ zu „ECN 3000D“ (163,5 dB(A)) auf dem Dach der Kottenschule in Bezug auf die Anforderungen an den Sirenentyp wäre sinnvoll. Allerdings ergibt sich hiermit lediglich die Versorgung durch das Weckmittel, nicht aber eine qualitative Warnung (wie z. B. Handlungsempfehlungen).

CadnaA-Analyse Kotten -
Sirene E57

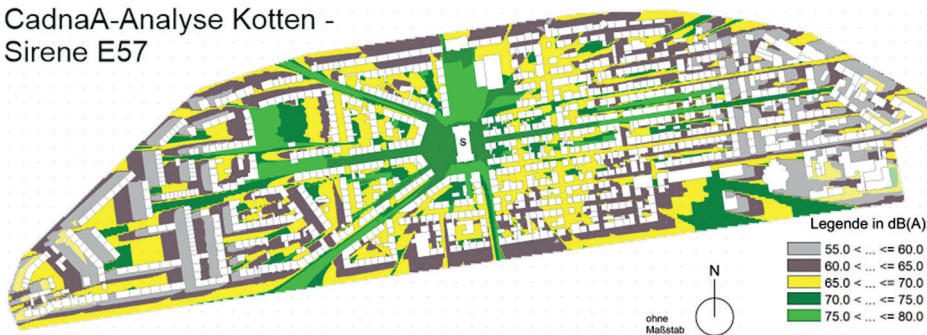


Abb. 1: Darstellung der CadnaA-Analyse zur flächenhaften Warnung des „Kotten“ durch das Sirenenmodell „E57“ (Quelle: eigene Darstellung)

CadnaA-Analyse -
Sirene ECN 3000D

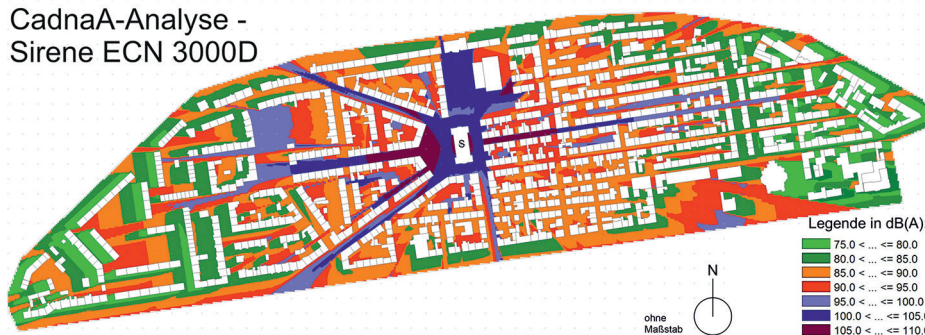


Abb. 2: Darstellung der CadnaA-Analyse zur flächenhaften Warnung des „Kotten“ durch das Sirenenmodell „ECN 3000D“ (Quelle: eigene Darstellung)

CadnaA-Analyse Kotten -
smarte Sirene Bono

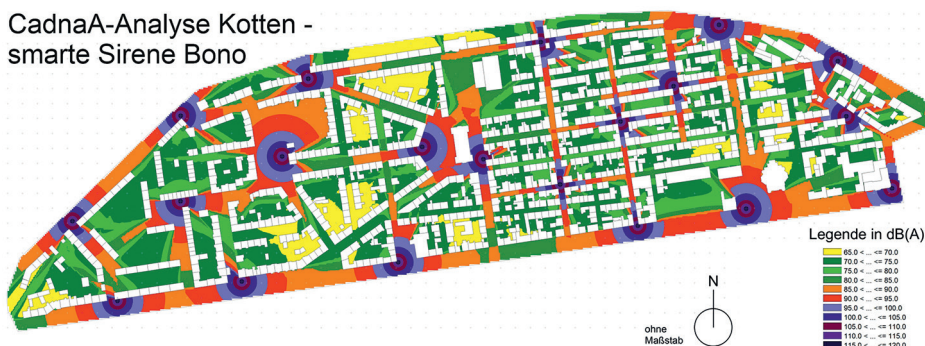


Abb. 3: Darstellung der CadnaA-Analyse zur flächenhaften Warnung des „Kotten“ durch das Sirenenmodell „Bono“ (Quelle: eigene Darstellung)

Das methodische Vorgehen bei der Dateneingabe der Analyse der smarten Sirene unterscheidet sich von den ersten beiden Varianten. Bisher wurde die Sirene auf dem Dach platziert, deren Wirkung durch CadnaA berechnet und umgesetzt. Nun hingegen ist das

Ziel, im Raum ein Warnnetz aufzubauen, da die smarte Sirene auf dem Dach ihre Aufgabe der Warnung und Information der Bevölkerung nicht zielführend erfüllen könnte. Es wurden während des Bearbeitungsprozesses in CadnaA kontinuierlich neue Sirenen hinzugefügt und daran anschließend neue Berechnungen angestellt. Dies wurde so lange fortgeführt, bis das smarte Sirenennetz flächendeckend funktionsfähig aufgestellt war. Dabei sollten so wenige Ressourcen wie möglich eingesetzt werden, um ein gutes und zufriedenstellendes System zu installieren. Konkret bedeutete dies, dass unter ständiger Umpositionierung und Optimierung letztlich 20 smarte Sirenen des Typs „Bono“ für die Quartiersgröße von 37 ha nötig waren (blaue Kreise, Abb. 3), um den „Kotten“ adäquat zu bestücken. Mit CadnaA wurde in diesem Fall das Aufstellen eines flächendeckenden, allgemein zugänglichen Warnmittelnetzes auf Quartiersebene erreicht (Abb. 3).

6 Erkenntnisse

Die Analyse des Projektes „Smarte Sirenen“ offenbarte eindrucksvoll, welche unterschiedlichen Wirkungen von differierenden Sirenentypen ausgehen. Die Pressluftsirene Modell „E57“, jahrzehntelang das Rückgrat des Katastrophen- und Zivilschutzes, ist für eine flächendeckende Warnung in einem urbanen Bezugsraum, wie z. B. des exemplarisch berechneten Stadtquartiers „Kotten“ im Zentrum von Kaiserslautern, nicht geeignet. Eine Umorientierung zu einer Hochleistungssirene wie der beschriebenen „ECN 3000D“ erscheint sinnvoll, da mit dieser das Untersuchungsgebiet flächendeckend gewarnt werden kann.

Mithilfe des entworfenen Warnnetzes aus smarten Sirenen können zusätzlich zur Aussendung des reinen Warnsignals an jedem Ort des Quartiers per Sprachdurchsage weiterführende Informationen für die Bevölkerung bereitgestellt werden.

Die Konzeption eines smarten Sirenennetzes sollte, wie jede Planung, unter dem Nachhaltigkeitsgedanken stehen. Folglich ist es erstrebenswert, so wenige Sirenen wie möglich, aber so viele wie nötig für ein gut funktionierendes Warnnetz zu installieren. Die Planung eines solchen Sirenenverbundes kann sich mitunter schwierig gestalten, da z. B. die Bebauung oder das Relief die Schallausbreitung maßgeblich beeinträchtigen können. In der Umsetzung zeigt sich jedoch auch, dass ein dichter, urban geprägter Raum geeignet für eine solche Umsetzung ist, da sehr viele Menschen direkt von dem Warnsignal profitieren würden. Zugleich können smarte Sirenen ihren Schall in engen Straßen ggf. besser ausbreiten als Standardsirenen, da sie direkt im Straßenraum angebracht werden können – auch Straßenzüge mit erhöhtem Hintergrundpegel (z. B. Geschäftsstraßen, stark verkehrsbelastete Trassen, etc.) erhalten eine umfassende Schutz- und Warninfrastruktur.

Generell gilt, dass die Sirene als Warnmittel nicht zu ersetzen ist. Sie ist allgemein für alle zugänglich. Auch tritt bei Sirenen kein Überlastungsproblem auf, und sie können

nicht ignoriert werden, wissentlich oder unwissentlich. Dies trifft auf Smartphone-Apps nicht zu. Diese sind zwar kostenlos, es bedarf aber eines mobilen Endgerätes. Somit stehen Warn-Apps für einige Bürger*innen als Warnmittel nicht zur Verfügung. Bei einer nächtlichen Meldung der Warn-App kann es passieren, dass viele Mobiltelefone stumm geschaltet sind. Die smarte Sirene hat das Potential, als Hybrid-Variante zwischen klassischem Warnmittel und digitaler Informationsbereitstellung eine Sonderrolle im System der Warnung der Bevölkerung einzunehmen.

7 Literatur

- Dantscher, S. (2012): Erfahrungen und Richtlinien für Warnsignale am Arbeitsplatz. In: *Lärmbekämpfung*, Bd. 7, Nr. 2, S. 40-43.
https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/grl/pdf/2012_023.pdf
(Zugriff: am: 24.08.2021).
- Groneberg, C. et al. (2018): Die Warn-App NINA. In: *Bevölkerungsschutz-Magazin*, 2018 (1): 6-9.
https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Publ_magazin/bsmag_1_18.pdf (Zugriff: 24.08.2021).
- Henninger, S.; Rumberg, M.; Albert, L.; Jung, A.; Müller, H.; Pfundstein, N. (2020): Smarte Sirenen im Rahmen kommunaler Klimaanpassungskonzepte im Spannungsfeld von Stadtklimatologie und Stadtplanung. In: Schrenk, M.; Popovich, V.; Zeile, P.; Elisei, P.; Beyer, C.; Ryser, J.; Reicher, C. (Hrsg.): *REAL CORP 2020: Shaping Urban Change – Liveable City Regions for the 21st century, Second Edition*, 1291-1296. DOI: 10.48494/REALCORP2020.8245
- Lein, P. (2019): Brandschutztechnische Anlagen betreiben und instandhalten. Wiesbaden.
- Luttenberger, J. (2021): Erfolgreiche Jugendliche, innovative Unternehmen und überlastete Feuerwehr. In: *Die Rheinpfalz – Stadtgespräch*, 30.01.2021.
- Rahn, M. et al. (2020): Bekanntheit und Nutzen von Warnmitteln in Deutschland. In: *Bevölkerungsschutz-Magazin*, 2020 (3): 21-23.
https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Publ_magazin/bsmag_3_20.pdf (Zugriff: 24.08.2021).
- Rieger, A. (2020): Die Sirene soll wieder heulen. In: *Stuttgarter Zeitung*, 22.10.2020.
- Sinambari, G.; Sentpali, S. (2014): *Ingenieurakustik. Physikalische Grundlagen und Anwendungsbeispiele*. Wiesbaden.
- Sperle, T.; Teodorovici, D. (2014): Nutzung und Dichte. In: Bott, H. et al. (Hrsg.): *Lehrbausteine Städtebau*. Stuttgart, 61-74.
- Winter, B. (2020): Bundesweiter Warntag: Heute heulen sämtliche Sirenen im Land. In: *Rhein-Zeitung*, 10.09.2020.

XPlanung – Bedeutung, Organisation, Mehrwerte, Hemmnisse und Herausforderungen

Jörg Horenczuk

Zusammenfassung

Mit dem Standard XPlanung steht ein hochwertiges, praxisnahes, semantisches Wissensrepräsentationsdatenmodell und Datenaustauschformat im Bereich der räumlichen Planwerke der Bauleitplanung, Landschaftsplanung und Regionalplanung zur Verfügung, um digitale Informationsdurchgängigkeit und eine umfassende digitale Prozessintegration zu verwirklichen. XPlanung ist fest in der deutschen IT-Standardisierungsagenda der öffentlichen Verwaltung verankert und erfüllt alle Anforderungen auf technischer, semantischer, organisatorischer und rechtlicher Ebene. Der Standard ist seit dem IT-Planungsratsbeschluss vom Oktober 2017 verbindlich anzuwenden. Städte und Gemeinden bzw. die jeweiligen Planungsträger sind nun trotz aller Herausforderungen angehalten, ihre räumlichen Planwerke in den XPlanung-Standard zu überführen, um zur Etablierung des Standards beizutragen, von den Mehrwerten zu profitieren und einen wichtigen Beitrag zur Digitalisierung von Verwaltungsleistungen und E-Government-Services zu leisten.

Schlagwörter: Digitalisierung, Standardisierung, XPlanung, räumliche Planwerke, öffentliche Verwaltung

1 Einführung

In internationalen Rankings der Digitalisierung von Verwaltungsleistungen schneidet Deutschland eher unterdurchschnittlich ab (BMI 2020). Will Deutschland in absehbarer Zeit spürbar aufholen, indem es vergleichbar gute digitale Verwaltungsangebote für Bürger und Wirtschaft entwickelt wie die führenden Länder in Europa und der Welt, muss es an Tempo zulegen. Die Digitalisierung der Verwaltung ist eine große Kraftanstrengung für Bund, Länder und Kommunen. Entsprechend groß müssen der politische Wille und entsprechend hartnäckig seine Umsetzung sein.

2 Die Bedeutung von Standards für die digitale Transformation

Für den Begriff Digitalisierung existiert keine eindeutige Definition. Im ursprünglichen Sinn meint Digitalisierung das Umwandeln von analogen Informationen in digitale Formate. Die digitalen Formate können dabei sehr unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Abbildung 1 veranschaulicht, welche Möglichkeiten sich für die Digitalisierung von räumlichen Planwerken bieten.

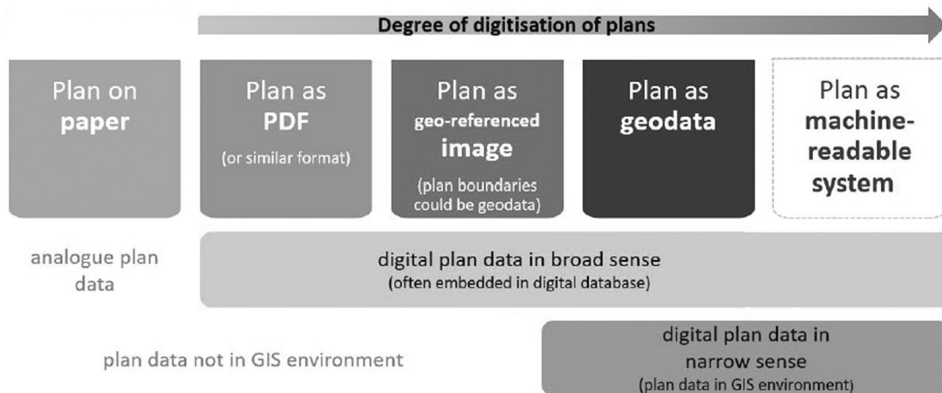


Abb. 1: Grad der Digitalisierung von Planwerken (Quelle: nach ESPON DIGIPLAN 2021, verändert)

Generell liegt der große Vorteil von digitalen Daten in ihren Weiterverarbeitungsmöglichkeiten, wodurch Prozesse automatisiert werden können. Denn digitale Daten sind maschinell lesbar und können dadurch schnell verarbeitet, durchsucht, kombiniert und ausgewertet werden. Mehrfachbearbeitung, Aktualisierung und Verteilung führen dabei in der Regel nicht zu Qualitätsverlusten. Jedoch treffen nicht alle der genannten Eigenschaften auf alle digitalen Formate zu. PDF-Dokumente oder Bildformate z. B. lassen sich zwar unbegrenzt reproduzieren, aber deren Inhalte eben nicht (oder nur in sehr geringem Maße) maschinell weiter bearbeiten. Sie sind daher eher nur für rein visuelle Auskunftszwecke nützlich. Es wird auch von einem „digilogen“ Format gesprochen: digital vorliegend, aber eher analog, was die Weiterverarbeitung betrifft. Erst beim Vorliegen von vollvektoriellen Formaten, d. h. wenn raumbezogene Planinhalte als geografische Vektordaten erfasst, ihnen optional attributiv auch nicht-raumbezogene oder unstrukturierte Daten (z. B. textliche Festsetzungen, Dokumente oder Rasterbilder) zugeordnet werden, können alle Vorteile der digitalen Analyse- und Weiterverarbeitungsmöglichkeiten genutzt werden. Diese Art der Digitalisierung von räumlichen Planwerken ist im Grunde nichts Neues. Mit dem Aufkommen von GIS und CAD-Software mit grafischen Benutzeroberflächen seit den frühen 1990-er Jahren ist es mittlerweile etablierte Praxis, räumliche Planwerke digital zu erstellen. Hier darf aber die Digitalisierung nicht stehenbleiben.

In einem nächsten Schritt sollten diese statischen digitalen Anwendungen in intelligente digitale Prozesse und vernetzte Systeme integriert werden, um medienbruchfreie Verfahren und innovative E-Government-Dienstleistungen zu etablieren (Krause et al. 2020). Die durchgängige Digitalisierung von Verwaltungsprozessen ist das zentrale strategische Ziel. Durch technische und semantische Inkompatibilitäten der bisher eingesetzten IT-Verfahren werden solche Umsetzungen allerdings enorm erschwert bzw. unmöglich

gemacht. Standards und standardisierte Daten sind für weiterreichendere Anwendung digitaler Technologien daher unentbehrlich.

Digitalisierung und Standardisierung gehen hier Hand in Hand, denn Standards definieren die Mechanismen der Vernetzung: sie sind deren Sprache. Die fortgeschrittene Anwendung digitaler Technologien ist nur möglich, wenn Semantik und Syntax von Daten einen klaren und verlässlichen Ausdruck in Standards finden. Zu diesem Zweck müssen die Informationen mit vereinheitlichten Datenmodellen und Begrifflichkeiten beschrieben werden. Erst dann kann eine wirkliche Kommunikation direkt von Maschine zu Maschine (M2M) stattfinden, die eine Automatisierung, eine Vernetzung und somit die Anwendung von durchgängigen medienbruchfreien innovativen Diensten und Verwaltungsprozessen ermöglicht.

3 Entwicklung und Organisation von XPlanung

Die Entwicklung, Organisation und Einführung eines Standards ist keine einfache Aufgabe, sondern mit viel Aufwand und langfristigen, komplexen Abstimmungsprozessen verbunden. Es muss geklärt werden, wer die Standards bestimmt und wer über ihre Verbindlichkeit entscheidet. Auch hinsichtlich ihrer Systematisierung und Einbindung in europäische Aktivitäten muss viel Arbeit geleistet werden, genauso bei der Beachtung von Normungsinitiativen wie DIN und ISO. Zudem sind alle politischen Ebenen sinnvoll und gleichberechtigt zu beteiligen.

All diese Herausforderungen wurden bei der Entwicklung und Umsetzung des Standards XPlanung angegangen (Krause, Munske 2016). Am 5. Oktober 2017 beschloss der IT-Planungsrat, welcher die Grundlagen der Zusammenarbeit beim Einsatz der Informationstechnologie in den Verwaltungen von Bund und Ländern regelt, die verbindliche Anwendung des Standards XPlanung. Aufgrund der Bindungswirkung von IT-Planungsratsbeschlüssen sind in erster Linie die Länder für die jeweilige weitere Umsetzung von XPlanung zuständig.

Mit dem Beschluss zur verbindlichen Anwendung von XPlanung wurde zum 1. Januar 2018 auch eine Geschäftsstelle – die Leitstelle XPlanung/XBau (im Folgenden: Leitstelle) – zum Betrieb des Standards XPlanung eingerichtet und organisatorisch im Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg eingebettet. Die Leitstelle ist durch die Fachministerkonferenzen Bauministerkonferenz (BMK) und Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) sowie das Lenkungsgremium der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) beauftragt, den dauerhaften Betrieb der Standards XPlanung (und XBau) zu übernehmen. Die strategische Steuerung wird durch einen Lenkungskreis wahrgenommen, der durch Vertreter aus Bund und Ländern besetzt ist. Die fachlichen Aufgaben der Leitstelle ergeben sich aus der nachhaltigen Sicherung des Standards. Dies beinhaltet u. a.

- die Bereitstellung, Pflege, Dokumentation und Veröffentlichung des Standards;
- den Betrieb einer Informationsplattform und eines Kommunikationsforums;
- die Bereitstellung von Werkzeugen zur Konformitätsprüfung/Testwerkzeuge;
- die Beobachtung der Nutzungsanforderungen von Standards in digitalen Prozessketten des Planens und Bauens in Abstimmung mit dem Fachgremium;
- die Weiterentwicklung der Standards zur Abdeckung zukünftiger Anforderungen sowie frühzeitiges Erkennen gesetzlicher Änderungsbedarfe;
- die Moderation und Organisation des Fachgremiums.

XPlanung wird von einem Fachgremium begleitet. Hier werden Lösungen für genehmigte Änderungsanträge erarbeitet. Das Änderungsmanagement ist das zentrale Instrument für den Betrieb von XPlanung und umfasst die strukturierte Erfassung, Bewertung und Entscheidung von Änderungsanträgen zur Weiterentwicklung von XPlanung. Änderungsanträge können dabei prinzipiell durch alle Personen gestellt werden, die direkt oder indirekt mit der Anwendung des Standards zu tun haben. Das Fachgremium ist besetzt mit Vertretern von Herstellern und Betreibern von Fachverfahren (Softwareherstellern), sowie mit Vertretern aus betroffenen Fachbehörden. Im Fachgremium wird auch das Release-Management (Pflege des Release-Plans sowie die Freigabe der Releases) abgestimmt, d. h., wann beschlossene Änderungen in die Aktualisierung des Standards einfließen und wann eine neue Version des Standards (Release) veröffentlicht wird. Ein weiterer Aufgabenbereich der Leitstelle ist der Support und die Öffentlichkeitsarbeit, was Informations- und Beratungsleistungen beinhaltet, als auch im begrenztem Maße Schulungsangebote und sonstige Anwenderunterstützung.

4 Die Mehrwerte des Standards XPlanung

Die Nutzung von XPlanung bringt eine Vielzahl von Mehrwerten mit sich. Dabei wird die Vielfalt planerischer Lösungsalternativen, von Konzepten oder Festsetzungsmöglichkeiten durch die Anwendung von XPlanung nicht eingeeengt, sondern es wird vielmehr die Kommunikation über und die Weiternutzung von Ergebnissen und Produkten aus Planungsprozessen verbessert. Bei digitalen Prozessen, d. h. auch bei der Anwendung von XPlanung, geht es letztendlich darum, die Kooperation von Menschen bestmöglich zu gestalten.

4.1 Qualitätssicherung mittels Testwerkzeugen

Ist ein Standard einmal definiert, kann auch eine Überwachung von Anforderungen, wie sie durch den Standard und dessen Spezifikationen festgelegt wurden, erfolgen. So prüft der XPlanValidator (<https://www.xplanungsplattform.de/xplan-validator/>), ob Daten der XPlanung technisch fehlerfrei sind. Bei der geometrischen Validierung wird

die Korrektheit der Geometrien überprüft. Als Fehler werden z. B. sich überschneidende Polygone identifiziert. Bei der syntaktischen Validierung wird die Struktur der XPlanGML-Datei geprüft. Eine syntaktisch valide XPlanGML-Datei muss sowohl den Anforderungen der Wohlgeformtheit von XML entsprechen als auch die vom XPlanGML-Schema definierten Regeln erfüllen. Die semantische Validierung überprüft die fachlich-inhaltliche Kohärenz der XPlanGML-Datei. Genauer gesagt wird geprüft, ob die Validierungsregeln der Konformitätsbedingungen in der jeweiligen Version eingehalten wurden. Alles in allem entfällt also eine aufwendige Überprüfung der Tauglichkeit von Daten zur Weinternutzung, da die Validität gewährleistet werden kann. Man weiß, was man bekommt (und was nicht).

4.2 Verlustfreier Datenaustausch zur Verfahrensbeschleunigung

Ausgangspunkt der Entwicklung von XPlanung war, dass durch die Etablierung von IT-Standards die Erarbeitung der kommunalen Bauleitpläne wesentlich effektiver gestaltet werden könnte. XPlanung unterstützt als Datenaustauschformat den verlustfreien Transfer von Planungsdaten zwischen unterschiedlichen IT-Systemen sowie die internetgestützte Bereitstellung von Planwerken und ermöglicht somit die Zusammenarbeit über die Grenzen einzelner Behörden hinweg. Alle am Planungsprozess beteiligten öffentlichen und privaten Akteure können auf einer gemeinsamen Datengrundlage arbeiten (Abb. 2). Der Aufbau von sekundären Datenbeständen oder teure Konvertierungen entfallen. Der fehleranfällige (z. B. durch Abtippen) und langsame Datenaustausch (Eigenerfassung) durch Papierdokumente oder digiloge Formate entfällt.

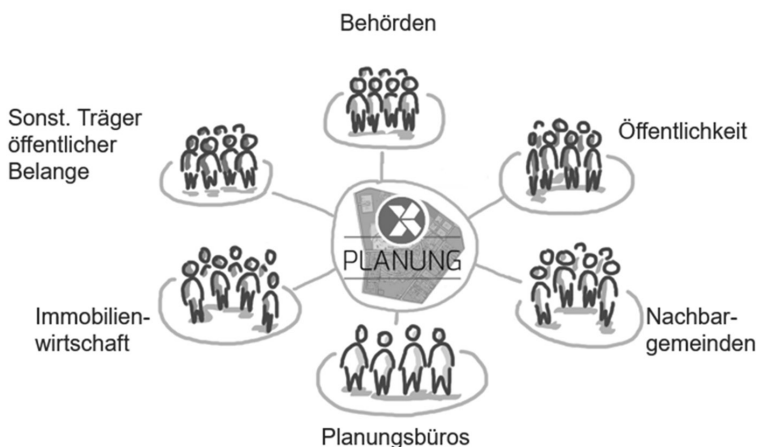


Abb. 2: Datenaustausch über das standardisierte Format XPlanung
(Quelle: Leitstelle XPlanung/XBau)

Der Standard ermöglicht auch den Austausch und das Zusammenführen von mehreren Datensätzen bzw. die gemeinsame Auswertung von Datensätzen. So sind auch planübergreifende und gebietskörperschaftvergleichende Darstellungen und Auswertungen möglich.

4.3 Integration in andere Fachsysteme

XPlanungs-Daten können auf einfache Weise in andere Fachkontexte eingebunden werden (Baugenehmigung, Schulentwicklung, Sozialeinrichtungen, Kreisentwicklung, Ver- und Entsorgung, Tourismus, Gewerbeflächenregister, erneuerbare Energien, Rohstoffgewinnung etc.). Schröder (2018) beschreibt, wie die Effizienz der verschiedenen Prozesse des kommunalen Flächenmanagement u. a. durch XPlanungs-Daten erheblich gesteigert wird. Auch Wempe (2020) berichtet über erhebliche Erleichterungen, die sich aus XPlanung für die Bearbeitung nachgeordnete Fragestellungen ergeben, sei es beim Aufbau eines kommunalen Flächenmanagements (Ermittlung von Baulücken und Nachverdichtungspotenzialen) oder bei der Grundlagenerhebung für kommunale Gebühren und Beiträge, deren Berechnungsgrundlagen sich häufig auf Festsetzungen in Bebauungsplänen beziehen und die bei Vorliegen von XPlanungsdaten dann automatisiert durchführbar sind. Wempe (2020) ist überzeugt, dass die Mehrwerte bei weitem den Mehraufwand überwiegen, so dass es im Eigeninteresse der Kommunen ist, XPlan-konforme Bauleitpläne zu erstellen. Krinke (2020) berichtet über die verbesserte Führung des niedersächsischen Raumordnungskatasters durch die geplante automatisierte Integration von XPlanungsdaten oder aber mögliche weitere Anwendungen bei der Lärmaktionsplanung, dem Ausbau der Windenergie an Land sowie der Bewertung des Flächenpotenzials für großflächige Photovoltaikanlagen.

4.4 Verbesserter Informationsfluss durch gemeinsame Sprache

Eine semantische Standardisierung geht wie geschildert mit der Spezifizierung einer einheitlichen Terminologie und Klassifikation einher. Objekte sind eindeutig definiert und dokumentiert. Dies führt zum einen zur Vermeidung von Missverständnissen und zu weniger Abstimmungsaufwand unter allen beteiligten Akteuren. Die Freie und Hansestadt Hamburg, BWVI – Metropolregion Hamburg (2020) berichtet über die enormen Herausforderungen, die bei der Erstellung einer gemeinsamen Karte des Biotopverbundes in der Metropolregion Hamburg auftraten und die auf die nur bedingte Vergleichbarkeit der Biotopverbundplanungen in den vier beteiligten Ländern zurückzuführen waren. Unter gleichen Begriffen wurden oft verschiedene Kategorien des Biotopverbundes beschrieben oder verschiedene Begrifflichkeiten für die gleichen Sachverhalte verwendet. Ein Ergebnis konnte nur durch den bewussten Verzicht auf fachliche Tiefe und Genauigkeit erzielt werden, obwohl ein intensiver Dialogprozesses mit den Planungsträgern der Biotopverbundplanungen, Vertreterinnen und Vertretern der vier Teilprojekte

des Leitprojektes, Mitgliedern der MRH-Facharbeitsgruppe Naturhaushalt und Vertreterinnen und Vertretern von Naturschutzverbänden erfolgte. Dieses Beispiel zeigt, dass es ohne Standards häufig zu einem Informationsverlust zwischen Akteuren kommt und dass mangelnde Interoperabilität aufgrund von fehlenden Standards die Kollaboration und Kooperation beträchtlich erschwert.

4.5 Bessere Verfügbarkeit durch standardisierte technische Bereitstellung

Standardisierte Daten erleichtern die Entwicklung von Anwendungen und tragen damit erheblich zur Vereinheitlichung und zur Reduktion von Komplexität von IT-Systemen und IT-Infrastrukturen bei (Pietsch et al. 2016). Es werden teure Einzellösungen vermieden. So kann mittels XPlanung die internetgestützte Bereitstellung von Plänen und die Auswertung und Visualisierung von Planinhalten gebietskörperschaftsübergreifend ermöglicht werden. Im standardisierten Datenformat XPlanGML erzeugte Planwerke können über Geoportale oder als GDI-konforme Webdienste im Internet zeitnah und vollständig bereitgestellt werden, verfügbar zu jeder Zeit von jedem Ort, was eine Erweiterung des Dienstleistungsangebot von Kommunen bedeutet. Verschiedene Akteure können sich bspw. so einfach und unverbindlich über geltendes Planungsrecht informieren, ggf. sogar in Verbindung mit anderen Daten. Die daraus resultierende öffentliche Verfügbarkeit ändert die Vorgehensweise vom antragsbezogenen Auskunftsverfahren zur proaktiven Bereitstellung. Aber auch die interne Nutzung wird durch den schnellen Zugriff auf relevante Daten erleichtert und der verlustfreie Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen Akteuren hinweg erhöht die Verfahrenstransparenz für Verwaltung, Bürger und Wirtschaft. Allein dadurch ergeben sich schon verwaltungsinternen Effizienzsteigerungen (Leitstelle XPlanung/XBau 2020).

4.6 Zukunfts- und Investitionssicherheit

Ein nicht zu unterschätzendes, da auch kostenrelevantes Thema ist die langfristige Einsetzbarkeit von technischen Systemen und die Weiternutzung von Daten. XPlanung garantiert Zukunftsfähigkeit und auch Investitionssicherheit durch die Verwendung von bzw. Anlehnung an internationale und nationale Standards.

Zudem wird die Nachhaltigkeit des Standards hinsichtlich Pflege und Weiterentwicklung mit der Einrichtung der Leitstelle sichergestellt. Dabei ist XPlanung keine Einbahnstraße. Jeder Nutzer ist aufgerufen als Teil einer großen Anwender-Community XPlanung weiter zu entwickeln. So können z. B. Änderungsanträge von allen Nutzern eingereicht werden und somit Einfluss auf die Weiterentwicklung des Standards genommen werden. Die Leitstelle ist Ansprechpartner für alle Anwender.

Letztendlich garantiert die rechtliche Verbindlichkeit des Standards und dessen Anwendung in IT-Verfahren eine Planungssicherheit für Kommunen und private Serviceanbieter und damit auch Investitionssicherheit.

4.7 Innovationsgrundlage

Mit dem Einsatz von XPlanung und der Bereitstellung von digitalen Planwerken werden Grundlagen für eine Vielzahl an möglichen, darauf aufbauenden Anwendungen geschaffen. Von interaktiven Auskunftsportalen zur einfachen Bereitstellung der Plan-darstellungen profitieren Bürger in Beteiligungsprozessen, z. B. mit der Möglichkeit, textliche Festsetzungen einzusehen und ggf. auch zu kommentieren. Bauantragssteller können perspektivisch vom komplett digitalen Bauantragsverfahren profitieren, welches gerade in der Entwicklung ist und im Zusammenwirken von XPlanung, XBau und BIM (teil-)automatisierte Vorprüfungen und Feedback möglich macht (König 2020). Hierbei zeigt sich, dass standardisierte Daten vielfach eine wichtige Voraussetzung sind, um solche Verfahrensoptimierungen und innovativen Partizipationsprojekte zu realisieren.

Auch bei der Umsetzung des Online-Zugangs-Gesetzes (OZG), in dem sich Bund und Länder verpflichtet haben, Verwaltungsleistungen elektronisch über Verwaltungsportale anzubieten, sind IT-Standards essenziell. Bei den identifizierten OZG-Leistungen „Beteiligungsverfahren nach dem Baugesetzbuch, den Raumordnungsgesetz und in der Planfeststellung“ und „Einstellung von raumbezogenen Planwerken in das Internet“ ist es das Ziel, über ein zentrales Verwaltungs- bzw. das Bundesportal sowie den Portalverbund von Ländern und Kommunen einen komfortablen sowie Planungsträger und -ebenen übergreifenden Zugang zu formellen Plänen und Beteiligungsverfahren zu gewährleisten (Abb. 3).

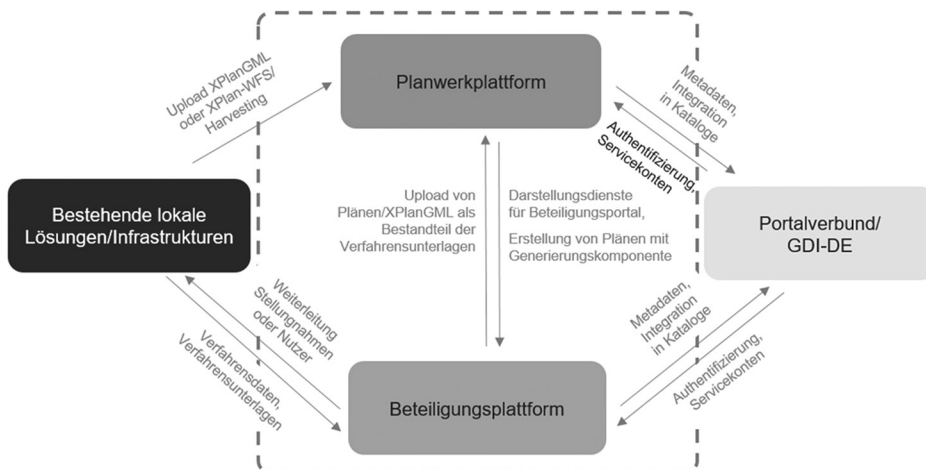


Abb. 3: Schematische Darstellung des Zusammenspiels der OZG-Plattformen mit bestehenden Infrastrukturen (Quelle: Leitstelle XPlanung/XBau 2021)

Es wird bis Ende 2022 also eine zentrale IT-Infrastruktur zur Speicherung, Verwaltung und Bereitstellung von raumbezogenen Planwerken auf Basis des XPlanung-Standards bereitgestellt. Dies wird als eine sog. EfA-Lösung (Einer für Alle) realisiert, d. h. die Leistung wird zentral entwickelt und anschließend Ländern und Kommunen zur Verfügung gestellt, die dann über standardisierte Schnittstellen den Dienst nutzen können. Eine Nachnutzung über die Infrastruktur bereitgestellter Planwerke in anderen OZG-Anwendungen (digitale Beteiligungsplattform, digitaler Bauantrag, Breitbandausbau etc.) wird ermöglicht. Für Detailinformationen zum Einsatz von XPlanung und XBau im Rahmen der OZG-Umsetzung siehe Geißler et al. 2021.

5 Hemmnisse und Herausforderungen

Trotz der aufgezeigten Mehrwerte, der etablierten organisatorischen, technischen und rechtlichen Voraussetzungen sowie der sich schon abzeichnenden weiteren Entwicklungen bestehen hinsichtlich der Einführung des XPlanung-Standards bei den Planungsträgern nach wie vor Bedenken bzw. ruft die Einführung Gegenwehr hervor.

Bei der Online-Anwenderpräsentation der Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Erweiterung des Standards XPlanung im Fachbereich Landschaftsplanung“ wurden zwei Workshop-Gruppen, die aus Landschaftsplanern, aus Ingenieurbüros und Verwaltungen bestanden, eine Abfrage u. a. mit Bildung einer Schlagwortwolke durchgeführt, ob noch Hemmnisse oder Herausforderungen beim praktischen Einsatz des Standards XPlanung vorhanden sind (Abbildungen 4-6).

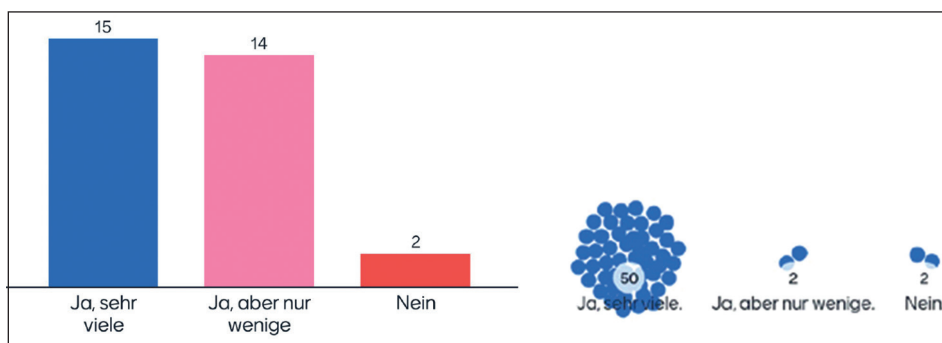


Abb. 4: Hemmnisse und Herausforderungen für die Nutzung von XPlanung in der Landschaftsplanung (Quelle: Hochschule Anhalt Arbeitsgruppe – Angewandte Geoinformatik und Fernerkundung 2021)

Die Schlagwortwolke auf die Frage, welche Hemmnisse oder Herausforderungen noch gesehen werden, lieferte folgende Ergebnisse:

Dies ist sicher keine repräsentative Umfrage, spiegelt aber dennoch die Erfahrungen und Bedenken wieder, die auch im Zuge der Einführung von XPlanung in der Bauleitplanung gemacht wurden, wo die Anwendung von XPlanung schon weiter fortgeschritten ist als in der Landschaftsplanung. Grob lassen sich die Herausforderungen und Hemmnisse in folgenden Kategorien abbilden, die generell mehr oder weniger bei der Einführung jeglicher Neuerung zunächst Relevanz haben:

- Mangelnde Ressourcen (zeitliche, personelle, organisatorische und technische)
- Mangelndes Know-how
- Unklare Kosten (Kosten der Einführung und Kosten der Nutzung von Standards)
- Unklares Kosten-Nutzen-Verhältnis
- Mangelnder Standardeinsatz bei Dienstleistern/Kunden/Lieferanten
- Unklare Nachhaltigkeit

Die Einführung einer Neuerung ist immer mit Aufwänden verbunden, die im Umkehrschluss natürlich erst einmal einen Ressourcenmangel auf unterschiedlichsten Ebenen verursachen. Da der Charakter der Neuerungen, deren Umsetzungen und die Mehrwerte auch erst durchdrungen werden müssen, ist mangelndes Know-how zunächst ebenfalls ganz normal. Engels (2017) kommt zu dem Schluss, dass häufig der Nutzen der Standardisierung erst gesehen wird, wenn das Stadium der Digitalisierung bereits fortgeschritten ist. Dies wird gepaart mit der Schwierigkeit, Kosten zu kalkulieren, die die Neuerungen bei der Einführung und im dauerhaften Betrieb verursachen, so dass auch ein Gefühl der Ungewissheit über die Kosten-Nutzen-Relation hinzukommt. Der aktive Vorteil der Kosteneinsparungen wird noch nicht als vorrangig wahrgenommen, weil Prozesskosteneinsparungen zumindest in kurzer Frist noch nicht realisiert werden können. Um die Potenziale der Standardisierung ausschöpfen zu können, müssen Akteure Standards daher zunächst als strategischen Faktor wahrnehmen. Liegt bereits eine digitale Strategie vor, also eine umfassend geplante und strukturierte Anwendung von digitalen Technologien in Arbeitsabläufen und Prozessen, wird auch die Wichtigkeit der Standards erkannt. Liegt keine digitale Strategie vor, werden Standards tendenziell als nicht wichtig für die Digitalisierung erachtet (Engels 2017).

Da Aufgaben häufig arbeitsteilig erledigt werden, ist es notwendig, dass im gesamten Kollaborationsnetzwerk die Bereitschaft vorhanden ist, ggf. in Know-how und Technik zu investieren, um eine Neuerung umzusetzen. In der Regel ist mit der Einführung von Neuerungen die Aufgabe bewährter Routinen und gewohnter Prozesse verbunden. Oft müssen eigene Systeme, die über die Jahre additiv gewachsen sind, reorganisiert werden. Mit dem Standardeinsatz stehen im Prinzip alle internen Prozesse und Arbeitsweisen auf dem Prüfstand und müssen ggf. umstrukturiert werden. In puncto Digitalisierung setzt dies auch mitunter geänderte Denkweisen voraus.

In diesem Sinne wird den Akteuren und Planungsträgern einiges abverlangt. Dennoch muss allen Beteiligten klar sein, dass man ernsthaft in die Digitalisierung und der damit einhergehenden Standardisierung der eigenen Dienstleistungen einsteigen muss und sich nicht vom sogenannten Status-Quo-Bias, also einer Skepsis gegenüber Veränderungen, leiten lassen darf. Zur digitalen Transformation gibt es keine Alternative, um die Produktivität und die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands aufrecht zu erhalten.

6 Literatur

- BMI – Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2020): OZG-Leitfaden. <https://leitfaden.ozg-umsetzung.de/display/OZG/1.2+Hintergrund+und+Zielsetzung> (Zugriff: 18.08.2021).
- Engels, B. (2017): Bedeutung von Standards für die digitale Transformation. Befunde auf Basis des IW-Zukunftspanels. IW-Trends 02/2017; Institut der deutschen Wirtschaft Köln.
- ESPON DIGIPLAN (2021): Evaluating spatial planning practices with digital plan data. Synthesis report. https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/ESPON%20DIGIPLAN_Synthesis%20report.pdf (Zugriff: 18.08.2021).
- Freie und Hansestadt Hamburg, BWVI – Metropolregion Hamburg (2020): MRH Ergebniskarte Leitprojekt Biotopverbund (2019). <https://metropolregion.hamburg.de/biotopverbund/> (Zugriff: 18.08.2021).
- Geißler, J.; Kraft, T.; Krause, K.-U.; Leuner, H. (2021): XPlanung/XBau – Standardisierung im Kontext der OZG-Umsetzung. FUB – Flächenmanagement und Bodenordnung. Zeitschrift für Liegenschaftswesen, Planung und Vermessung, Heft 3, Wiesbaden.
- Hochschule Anhalt Arbeitsgruppe – Angewandte Geoinformatik und Fernerkundung (2021): XPlanung in der Landschaftsplanung. Online Anwenderpräsentation der Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Erweiterung des Standards XPlanung im Fachbereich Landschaftsplanung – Grundlagen und Modellierung am 30. Juni 2021. <https://ag-lainfo.de/index.php/news> (Zugriff: 18.08.2021).
- König, M. (2020): Integration von Building Information Modeling (BIM) in das behördliche Bauantragsverfahren. <https://www.youtube.com/watch?v=rfQOjQLQA3s> (Zugriff: 18.08.2021).
- Krause, K.-U.; Duan, X.; Horenczuk, J.; Leuner, H. (2020): XPlanung und XBau. Auf dem Weg zu einem verlustfreien Austausch von Bauleit-, Raumordnungs- und Landschaftsplänen. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 3; Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR); Franz Steiner Verlag, Bonn.
- Krause, K.-U.; Munske; M. (2016): Geostandards XPlanung und XBau; Zeitschrift für Vermessungswesen 2016 (5): 336-342.

- Krinke, C. (2020): INSPIRE und XPlanung in der Landes- und Regionalplanung. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 3; Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR); Franz Steiner Verlag, Bonn.
- Leitstelle XPlanung/XBau (2020): XPlanung – Ein Interview.
<https://www.youtube.com/watch?v=eDAqdiXUyaw> (Zugriff: 18.08.2021).
- Pietsch, M.; Richter, A.; Henning, M. (2016): Aufbau von Geoportalen sowie Entwicklung spezifischer Geo-Webapplikationen unter Verwendung des Standards XPlanung. Shortpaper, AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik; 2/2016.
- Schräder, M. (2018): XPlanung und XBau als Grundlage kommunalen Flächenmanagements. FUB – Flächenmanagement und Bodenordnung, Zeitschrift für Liegenschaftsmanagement, Planung und Vermessung; 4/2018.
- Wempe, J. (2020): XPlanung im Geoinformationssystem. Unveröffentlichte Präsentation im Rahmen der Online-Veranstaltung der GDI-Südhessen „XPlanung/XBau – Bedeutung und Auswirkungen auf die Bauleitplanung“ am 29. Oktober 2020.

Autorenverzeichnis

Autorenverzeichnis

Dr. Juliane Albrecht

Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung
E-Mail: j.albrecht@ioer.de

Constantin Alexander

Leuphana Universität Lüneburg, Institut
für Soziologie und Kulturorganisation
E-Mail: constantin.alexander@leuphana.de

Ronja Becker

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Geographie und Geoökologie
E-Mail: ronjabecker1@gmail.com

Dr. Martin Behnisch

Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung
E-Mail: m.behnisch@ioer.de

Marius Bellinghen

Statistisches Bundesamt
E-Mail: marius.bellinghen@destatis.de

Mirko Blinn

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn,
Institut für Geodäsie und Geoinformation,
Arbeitsgruppe Städtebau und
Bodenordnung
E-Mail: blinn@igg.uni-bonn.de

Dr. Denise Böhnke

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT),
Institut für Angewandte Geowissenschaften
E-Mail: denise.boehnke@kit.edu

Patrycia Brzoska

Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung
E-Mail: p.brzoska@ioer.de

Sebastian Clausen

HafenCity Universität Hamburg
E-Mail: sebastian.clausen@urbanexplorer.info

Benjamin Dally

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Fachbereich 1 – Architektur,
Innenarchitektur und Stadtplanung
E-Mail: benjamin.dally@th-owl.de

Yingwen Deng

RSA FG Research Studio iSPACE
E-Mail: yingwen.deng@researchstudio.at

Dr. Alexander Dunkel

Technische Universität Dresden,
Institut für Kartographie
Email: alexander.dunkel@tu-dresden.de

Karl Eckert

STADTLAND GmbH
E-Mail: karl.eckert@stadtland.eu

Silas Eichfuss

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raum-
forschung (BBSR)
E-Mail: silas.eichfuss@bbr.bund.de

Franziska Eichstädt-Bohlig

Stadtplanerin/Politikerin Berlin
E-Mail: franziska.eichstaedt-bohlig@web.de

Dr. Simon Felgendreher

Statistisches Bundesamt, Destatis
E-Mail: simon.felgendreher@destatis.de

Dr. Uwe Ferber

STADTLAND GmbH
E-Mail: uwe.ferber@stadtland.eu

Prof. Dr. Stefan Fina

Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS), Bereich Geoinformation und Monitoring
E-Mail: stefan.fina@ils-forschung.de

Anne Fischer

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Institut für Geodäsie und Geoinformation
E-Mail: fischer@igg.uni-bonn.de

Regierungsdirektor Peter Fritsch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Referat G II 3
Umweltangelegenheiten der Raumordnung und des Baurechts, Flächenverbrauch
E-Mail: peter.fritsch@bmu.bund.de

Sabine Gadocha

Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH
Research Studio iSPACE
E-Mail: sabine.gadocha@researchstudio.at

Vera Götze

Universität Bern, Geographisches Institut
E-Mail: vera.goetze@giub.unibe.ch

Prof. Dr. Klaus Greve

Universität Bonn, Geographisches Institut
E-Mail: klaus.greve@uni-bonn.de

Detlef Grimski

Umweltbundesamt Dessau
E-Mail: detlef.grimski@uba.de

Dr. Jens-Martin Gutsche

Gertz Gutsche Rümenapp – Stadtentwicklung und Mobilität, Hamburg
E-Mail: gutsche@ggr-planung.de

Prof. Dr. Axel Häusler

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Fachbereich 1 – Architektur, Innenarchitektur und Stadtplanung
E-Mail: axel.haesler@th-owl.de

Dr. Robert Hecht

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
E-Mail: r.hecht@ioer.de

Kai-Fabian Henning

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Fachbereich 1 – Architektur, Innenarchitektur und Stadtplanung
E-Mail: kai.henning@th-owl.de

Univ.-Prof. Dr. Sascha Henninger

Technische Universität Kaiserslautern,
Fachbereich Raum- und Umweltplanung
Lehrinheit Physische Geographie
E-Mail: sascha.henninger@ru.uni-kl.de

David Herrmann

GAF AG München
E-Mail: david.herrmann@gaf.de

Anna Heßler

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation
E-Mail: s6anuess@uni-bonn.de

Martina Hollen

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Stadt-, Umwelt-, Raumbeobachtung
E-Mail: martina.hollen@gmx.net

Jörg Horenczuk

Leitstelle Xplanung/Xbau
Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, Freie und Hansestadt Hamburg
E-Mail: joerg.horenczuk@gv.hamburg.de

Dr. Michael Hovenbitzer

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)
E-Mail: michael.hovenbitzer@bkg.bund.de

Prof. Dr. Jochen Jaeger

Concordia University Montréal, Department of Geography, Planning and Environment
E-Mail: jochen.jaeger@concordia.ca

Ulrike Jehle

Plan4better
Technische Universität München, Lehrstuhl für Siedlungsstruktur und Verkehrsplanung
E-Mail: ulrike.jehle@plan4better.de, ulrike.jehle@tum.de

Dr. Mathias Jehling

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
E-Mail: m.jehling@ioer.de

Dr. Patrick Knöfel

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)
E-Mail: patrick.knoefel@bkg.bund.de

Prof. Dr. Theo Kötter

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation, Arbeitsgruppe Städtebau und Bodenordnung
E-Mail: koetter@uni-bonn.de

Alice Krehl

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Geographie und Geoökologie
E-Mail: alice.krehl@lherk.de

Christopher Krohn

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
E-Mail: christopher.krohn@ufz.de

Daniel Kretzschmar

TU Dresden, Professur für Landmanagement
E-Mail: daniel.kretzschmar@tu-dresden.de

Dr. Tobias Krüger

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
E-Mail: t.krueger@ioer.de

Sebastian Kühle

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
E-Mail: sebastian.kuehle@th-owl.de

Christina Ludwig

Uni Heidelberg, HeiGIT
E-Mail: christina.ludwig@uni-heidelberg.de

Prof. Dr. Thomas Lützkendorf

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fachgebiet Immobilienwirtschaft (FIWI), Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus (ÖÖW)
E-Mail: thomas.luetzkendorf@kit.edu

Dr. Gotthard Meinel

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
E-Mail: g.meinel@ioer.de

Swantje Michaelsen

Mitglied der Regionsversammlung Hannover
E-Mail: swantjemichaelsen@gmail.com

Kai Mörmann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fachgebiet Immobilienwirtschaft (FIWI)
E-Mail: kai.moermann@kit.edu

Elias Naber

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT),
Projekt- und Ressourcenmanagement
in der bebauten Umwelt
E-Mail: elias.naber@kit.edu

Prof. Dr. Stefan Norra

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT),
Institut für Angewandte Geowissenschaften
E-Mail: stefan.norra@kit.edu

Dr. Johannes Oehrlein

Statistisches Bundesamt, Destatis
E-Mail: johannes.oehrlein@destatis.de

Carsten Oldenburg

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn,
Geographisches Institut
E-Mail: carsten.oldenburg@th-owl.de

Elias Pajares

Technische Universität München, Lehrstuhl
für Siedlungsstruktur und Verkehrsplanung
E-Mail: elias.pajares@tum.de

Nadine Pannicke-Prochnow

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
GmbH (UFZ)
E-Mail: nadine.pannicke-prochnow@ufz.de

Dr. Thomas Prinz

Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH
Research Studio iSPACE
E-Mail: thomas.prinz@researchstudio.at

Guido Riembauer

mundialis GmbH & Co. KG, Bonn
E-Mail: riembauer@mundialis.de

Dr. Georg Schiller

Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung
E-Mail: g.schiller@ioer.de

Julian Schmitz

Institut für Landes- und Stadtentwicklungs-
forschung gGmbH
E-Mail: julian.schmitz@ils-forschung.de

Anika Schmidt

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung –
UFZ, Stadt- und Umweltoziologie
E-Mail: anika.schmidt@ufz.de

Martin Schneider

TU Kaiserslautern, Fachbereich Raum- und
Umweltplanung, Physische Geographie
E-Mail: geographie@ru.uni-kl.de

Martin Schorcht

Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung
E-Mail: m.schorcht@ioer.de

Dr. Simon Schürz

Statistisches Bundesamt, Destatis
E-Mail: simon.schuerz@destatis.de

Prof. Dr. Frank Schultmann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Industriebetriebslehre und
Industrielle Produktion (IIP)
E-Mail: frank.schultmann@kit.edu

Ulrich Schumacher

Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung
E-Mail: u.schumacher@ioer.de

Christian Schwick

Eidgenössische Forschungsanstalt WSL
E-Mail: schwick@bluewin.ch

Gwendolin Seidner-Schötz

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
(BKG)
E-Mail: gwendolin.seidner-schoetz@bkg.
bund.de

Marcus Sindram

GAF AG München
E-Mail: marcus.sindram@gaf.de

Wolfgang Spitzer

Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH
Research Studio iSPACE
E-Mail: wolfgang.spitzer@researchstudio.at

Andreas Tietz

Johann Heinrich von Thünen-Institut,
Institut für Ländliche Räume
E-Mail: andreas.tietz@thuenen.de

Karin Thinius

Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung

Kathrin Viergutz

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik
E-Mail: kathrin.viergutz@dlr.de

Dr. Rebekka Volk

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT),
Projekt- und Ressourcenmanagement
in der bebauten Umwelt
E-Mail: rebekka.volk@kit.edu

Dr. Steffen Volkenand

Johann Heinrich von Thünen-Institut,
Institut für Ländliche Räume
E-Mail: steffen.volkenand@thuenen.de

Dr. Shaojuan Xu

Institut für Landes- und Stadtentwicklungs-
forschung (ILS)
E-Mail: shaojuan.xu@ils-forschung.de

Prof. Dr. Ulrich Walz

Hochschule für Technik und Wirtschaft
Dresden,
Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie (LUC)
Professur Landschaftsökologie
E-Mail: ulrich.walz@htw-dresden.de

Prof. Dr. Alexandra Weitkamp

TU Dresden, Professur für Landmanagement
E-Mail: alexandra.weitkamp@tu-dresden.de

Dr. Dominik Weiß

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn,
Institut für Geodäsie und Geoinformation,
Arbeitsgruppe Städtebau und Bodenord-
nung
E-Mail: dominik.weiss@uni-bonn.de

IÖR Schriften

Herausgegeben vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.

- 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
- 70 Isolde Roch, Juliane Banse, Holger Leimbrock, Juliane Mathey (Hrsg.)
Transformationsprozesse und Entwicklungsperspektiven im Dreiländereck Deutschland – Polen – Tschechien
Dresden 2016, ISBN 978-3-944101-70-5

Bezug über RHOMBOS-VERLAG Berlin, Fachverlag für Forschung, Wissenschaft und Politik
www.rhombos.de bzw. über den Buchhandel

Die weltweite Inanspruchnahme von natürlichen Böden für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist weiterhin hoch. Das gilt auch für Deutschland, wo es noch nicht genügend gelungen ist, die Flächenneuanspruchnahme einzuschränken. Das aber ist Ziel einer Flächenkreislaufwirtschaft mit einem Null-Hektar-Flächenverbrauch, wie sie die Bundesregierung in ihrem Klimaschutzplan 2050 anstrebt.

Die IÖR-Veröffentlichungsreihe *Flächennutzungsmonitoring* informiert über Ursachen, Wirkungen, indikatorbasierte Beschreibung von Stand und Entwicklung, Prognosen sowie Best-Practice-Beispielen einer nachhaltigen Flächenhaushaltspolitik. Damit sollen der Praxis Informationen an die Hand gegeben werden, um dem Flächenverbrauch, der Bodenversiegelung, der Zersiedlung und der Landschaftszerschneidung wirksam zu begegnen. Dazu werden aktuelle Ergebnisse aus Wissenschaft und Praxis vorgestellt, die auf dem Dresdner Flächennutzungssymposium 2021 präsentiert und diskutiert wurden.

Der vorliegende Band fokussiert auf die Themen Flächenpolitik, neue Ansätze der Siedlungs- und Innenentwicklung, Zersiedlung, Ökosystemleistung, Analysen, Tools und XPlanung.

Das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung veröffentlicht innerhalb der Reihe IÖR-Schriften mittlerweile den 13. Band zum Thema „Flächennutzungsmonitoring“ (www.ioer.de/publikationen/ioer-schriften).

