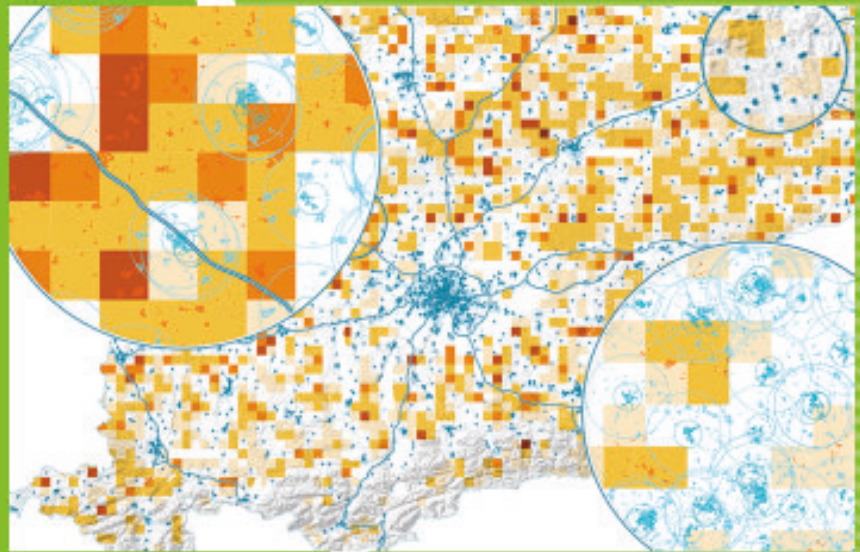




Leibniz-Institut  
für ökologische  
Raumentwicklung



Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher,  
Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.)

## Flächennutzungsmonitoring XII mit Beiträgen zum Monitoring von Ökosystemleistungen und SDGs



**IÖR Schriften**

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

**RHOMBOS-VERLAG BERLIN**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

## **Impressum**

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

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR)

Direktor: Prof. Dr. Marc Wolfram

Weberplatz 1

01217 Dresden

Tel.: (0351) 4679-0

Fax: (0351) 4679-212

E-Mail: [info@ioer.de](mailto:info@ioer.de)

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

### **Verlag**

RHOMBOS-VERLAG

Kurfürstenstraße 15/16

10785 Berlin

E-Mail: [verlag@rhombos.de](mailto:verlag@rhombos.de)

Homepage: <https://rhombos.de>

VK-Nr. 13597

Druck: dbusiness.de GmbH, Berlin

Printed in Germany

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier Bio TOP 3

### **© 2020 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:

Muster potenzieller Unterversorgung im Lebensmitteleinzelhandel (LEH) –

siehe Beitrag Ehrhardt, Boß, Miosga & Michaeli (Abb. 2, S. 219) (Ausschnitt, angepasst)

Satz/DTP: Natalija Leutert

**ISBN: 978-3-944101-78-1**

**<https://doi.org/10.26084/12dfns-buch>**



IÖR Schriften Band 78 · 2020

Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher,  
Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.)

## **Flächennutzungsmonitoring XII**

mit Beiträgen zum Monitoring von  
Ökosystemleistungen und SDGs



## 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 CO<sub>2</sub>-Minderung. Außerdem führt die anhaltende Zersiedelung zu erhöhten Infrastrukturkosten und Verkehrsaufwendungen; neue Verkehrsstrassen zerschneiden die Landschaft mit einhergehendem Verlust an Biodiversität. In Deutschland und Europa ist der ungeminderte Flächenverbrauch auf weiter steigende Wohnflächenansprüche, 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 gleichzeitig Klima- und Landschaftsschutz ist. Darum geht kein Weg daran vorbei, noch haushälterischer als bisher mit der Ressource Fläche umzugehen. Eine verantwortliche Flächensparpolitik bedarf vieler guter, kreativer Ideen, Instrumente, Maßnahmen und Umsetzungsakteure auf allen Entscheidungsebenen. Dabei dürfte die Bedeutung informatorischer Instrumente unbestritten sein. Nur so können Zustand und Veränderung der Flächennutzung schnell, hinreichend genau und verlässlich beschrieben werden. Das ist eine Grundvoraussetzung gezielter Steuerungsinstrumente zur Senkung der Flächeninanspruchnahme.

An diesem Punkt kommen sowohl vorhandene als auch neuartige Geodaten ins Spiel, denn nur auf deren Grundlage sind die notwendigen Informationen berechenbar. Dabei steigen die Anforderungen an Qualität und Verfügbarkeit raumbezogener Daten und Informationen, die immer genauer, stets aktuell und möglichst frei verfügbar sein sollten. Aus Wissenschaft und Praxis wird immer stärker die Kennzeichnung von Unsicherheiten in den Daten, Indikatorwerten und Zeitreihen gefordert, weshalb verlässliche Metadaten dazu an Bedeutung gewinnen. Neben neuen und weiterentwickelten amtlichen Geobasisdaten spielen inzwischen auch nutzergenerierte Daten eine immer wichtigere Rolle.

Ebenso werden die Daten des europäischen Copernicus-Programmes immer stärker genutzt und zunehmend produktiv. So wird intensiv an Verfahren zur weitgehend automatischen Erfassung von Landschaftsveränderungen gearbeitet – als Informationsgrundlage zur Aktualisierung der Geodatenmodelle der amtlichen Vermessung. Außerdem kann urbanes Grün heute mithilfe von Satellitenbilddaten viel genauer als bisher klassifiziert und in Zustand und Veränderung abgebildet werden.

Derartige neue Daten und Entwicklungen vorzustellen und mit der Praxis zu diskutieren, ist das Ziel des alljährlichen Dresdner Flächennutzungssymposiums (DFNS). Der vorliegende Band vereint Beiträge der 12. Auflage dieser Veranstaltungsreihe, die vom 5. bis 6. Oktober 2020 stattfand und folgende Themen behandelte: Flächenpolitik, Flächenmanagement, Flächenmonitoring, SDG-Indikatoren, Ökosystemmonitoring sowie neue Analysemöglichkeiten durch neue Daten.

Die Präsentationen des Symposiums sind unter <http://12dfns.ioer.info/programm/> zu finden. Darunter befinden sich auch neue Entwicklungen und Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung ([www.ioer-monitor.de](http://www.ioer-monitor.de)). Diese Forschungsdateninfrastruktur des Leibniz-Institutes für ökologische Raumentwicklung ermöglicht die kartographische Visualisierung, die statistische Analyse sowie den Vergleich der Flächennutzungsentwicklung und damit zusammenhängender Themenfelder. Die Indikatorwerte sind in der Regel für alle Städte und Gemeinden in Deutschland, teilweise bis zur Stadtteilebene sowie als hochauflösende Rasterkarten ab dem Jahr 2000 verfügbar.

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 bedeutenden und sich dynamisch entwickelnden interdisziplinären Themenfeld.

Die Herausgeber

Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch und Tobias Krüger

Dresden, September 2020

# Inhaltsverzeichnis

## Flächenpolitik

Das Haus der Erde – Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land <i>Uwe Brösdorf</i> .....	3
Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme – ein Blick über den deutschen Tellerrand <i>Jana Bovet, Elisabeth Marquard</i> .....	9
Sündenfall § 13b BauGB? Eine Bestandsaufnahme <i>Stefan Frerichs, Karl Hamacher, André Simon</i> .....	15
Landwirtschaftlicher Flächenverlust – Auswirkungen auf Agrarstruktur und Bodenpreise <i>Jobst Jungehülsing</i> .....	25

## Flächenmanagement

Herausforderungen eines strategischen Flächenmanagements aus Sicht der Kommunen <i>Timo Munzinger</i> .....	33
Mehr Wohnbauland am Rhein: Ein kooperativer Weg für qualitative Entwicklung von neuem Wohnbauland an der Rheinschiene <i>Alexandra Juszczak, Hannah Reith</i> .....	41
Regionales Flächenmanagement im Ballungsraum FrankfurtRheinMain – Mit Plankonzept und WebGIS-Plattform zur Neuaufstellung des Regionalen Flächennutzungsplans <i>Christoph Schützmann, Stefan Köninger</i> .....	53
Perspektiven und Status quo der Eingriffsregelung im Kontext der Landwirtschaft – das Beispiel der Region Stuttgart <i>Christian Sponagel, Marit Firlus, Niklas Effenberger, Elisabeth Angenendt, Claudia Bieling, Enno Bahrs</i> .....	63
Wenn sich das Blatt wendet – Anpassungsstrategien und mikroklimatische Auswirkungen im Siedlungsraum <i>Sascha Henninger</i> .....	73

## **Flächenanalysen und -prognosen**

30-Hektar-Ziel erreicht? Wie flächensparend haben sich deutsche Stadtregionen entwickelt?	
<i>Stefan Siedentop, Gotthard Meinel</i> .....	85
Industrie- und Gewerbeflächen: Dynamik, Erreichbarkeit und wirtschaftliche Bedeutung	
<i>Mathias Jehling, Angelika Krehl, Tobias Krüger</i> .....	95
Eine Methodik zur Abschätzung der zukünftigen Flächenneuanspruchnahme anhand von Bebauungsplänen	
<i>Johannes Blechschmidt, Gotthard Meinel</i> .....	105
Flächenbelegungen und Flächennutzungsänderungen in der Ökobilanzierung: Eine Methode zur Wirkungsabschätzung	
<i>Horst Fehrenbach, Daniel Reißmann</i> .....	117
Automatisierte Identifikation von Baulücken und Nachverdichtungspotenzialen im Wohnungsbau	
<i>Dominik Hinteregger</i> .....	129

## **Agenda 2030 – SDG-Indikatoren in der Praxis**

Wohn(ungs)indikatoren im Kontext der Nachhaltigkeitsziele SDG 1 und SDG 10	
<i>Andreas Koch</i> .....	139
Monitoring der Sustainable Development Goals auf kommunaler Ebene und die Bedeutung von Flächenindikatoren	
<i>Oliver Peters, Philipp Holz, Jasmin Jossin</i> .....	149
Vom Kennwert zum System – Prospektive Nachhaltigkeitsindikatoren der Landnutzung	
<i>Till Jenssen</i> .....	159

## **Ökosystem- und Biodiversitätsindikatoren**

Erfassung des Landnutzungswandels im Rahmen des bundesweiten Ökosystem-Monitorings	
<i>Werner Ackermann, Stefanie Stenzel, Daniel Fuchs</i> .....	169

Herausforderungen einer regelmäßigen Ökosystembilanzierung  
auf Bundesebene auf Basis des LBM-DEs  
*Sophie Meier, Karsten Grunewald, Ralf-Uwe Syrbe*.....179

Datengrundlagen für einen Biodiversitätsflächenindikator auf Bundesebene  
*Burkhard Schweppe-Kraft, Ralf-Uwe Syrbe, Sophie Meier, Karsten Grunewald*.....191

## **Verfahrensentwicklungen und Indikatoren**

Strategische Anwendung von Nachhaltigkeitsindikatoren für die  
Siedlungsentwicklung im Stadt Umland Netzwerk  
*Dominik Weiß, Jan Grade, Gottfried Lennartz, Andreas Toschki, Mirko Blinn*.....205

Raumstrukturbezogene Bewertung der Alltagsversorgung in Bayern:  
Methodische Ansätze und empirische Ergebnisse  
*Denise Ehrhardt, Daniela Boß, Manfred Miosga, Mark Michaeli*.....215

Wo fehlt Grün? – Defizitanalyse von Grünvolumen in Städten  
*Annett Frick, Kathrin Wagner, Thomas Kiefer, Steffen Tervooren*.....223

## **Neue Daten – neue Chancen**

Verbesserung der Informationslage zur Flächennutzung mittels aktueller  
und zukünftiger Fernerkundungsdaten  
*Marion Pause, Anke Hahn, Angela Lausch* .....241

Anwendungsszenarien von Geomassendaten zur Modellierung von  
Grünvolumen und Solarflächenpotenzial  
*Martin Behnisch, Markus Münzinger, Hanna Poglitsch, Bruno Willenborg,  
Thomas H. Kolbe*.....251

Analyse der ÖPNV-Versorgung mittels offener Fahrplandaten –  
Potenziale, Herausforderungen und Lösungsansätze  
*Sujit Kumar Sikder, Nico Ehrig, Hendrik Herold, Gotthard Meinel*.....263

Digitale Bodenrichtwerte – Datenlage, Analysepotenzial und ausgewählte  
Ergebnisse zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung  
*Gotthard Meinel, Denis Reiter, Ulrich Walz, Jörg Hennersdorf*.....271

**Autorenverzeichnis**.....281





## **Flächenpolitik**



## Das Haus der Erde – Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land

*Uwe Brösdorf*

Das Grundsatzpapier des BDA „Das Haus der Erde – Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land“ fordert einen radikalen Richtungswechsel in der Architekturpraxis ein. Für dessen Umsetzung wird von Architektinnen und Architekten, von Stadtplanerinnen und Stadtplanern Verantwortungsgefühl und Haltung abverlangt.

Eng daran geknüpft sind geänderte politische Rahmenbedingungen. Derzeit diskutiert der BDA über politische Aufforderungen für Gesetze und Verordnungen, die den Verbrauch von Energie und Material ganzheitlich bewerten und die Ökobilanz von Gebäuden im gesamten Lebenszyklus betrachten. Nur so kann der ökologische Wert der „grauen Energie“ berücksichtigt werden, die in Bestandsgebäuden gespeichert ist. So eröffnet sich die Chance, Bestehendes zu erhalten und weiterzubauen, die Technik auf ein notwendiges Maß zu reduzieren sowie verstärkt regenerative Ressourcen einzusetzen.

Der Bund Deutscher Architekten BDA, dessen Gründung auf das Jahr 1903 zurückgeht, vereinigt deutschlandweit ca. 5 000 berufene Architekten, die als Freiberufler unabhängig und eigenverantwortlich ihre Planungsleistungen erbringen. Die Berufung erfolgt jeweils durch die 16 Landesverbände, die sich in weitere 48 städtische oder regionale Gruppen gliedern. Unser sächsischer Landesverband hat derzeit ca. 130 Mitglieder und unterteilt sich dabei in die Regionalgruppen Dresden, Leipzig und Chemnitz.

Die Basis des BDA bildet ein öffentliches Eintreten für die ideellen architektur- und berufspolitischen Ziele mit einer gemeinsamen Grundhaltung. Die berufenen Mitglieder zeichnen sich durch ein hohes Maß an Qualität der errichteten Bauten sowie Integrität und Kollegialität aus. Der BDA fördert dabei die Qualität des Planens und Bauens in Verantwortung gegenüber der Gesellschaft und der Umwelt.

Die Haltung des BDA wird regelmäßig durch Positionspapiere untersetzt, die stets auf aktuelle Themen reagieren.

Der BDA steht

- für den Wettbewerb als Qualitätsgarant für die unterschiedlichsten Bauaufgaben,
- als Treuhänder des Bauherrn ebenfalls zur Qualitätssicherung,
- für die Trennung von Planung und Ausführung

und setzt sich für den Mehrwert bei der gesellschaftlichen Funktion von Architektur und Städtebau ein.

Das nachfolgend abgedruckte Grundsatzpapier wurde auf dem BDA-Tag 2019 verabschiedet.

Genehmigter Nachdruck eines Grundsatzpapiers vom BDA-Tag 2019.

## **Das Haus der Erde – Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land**

### **Prolog**

Der Traum vom ewigen Wachstum ist geplatzt.

Reduktion ist keine modische Attitüde, sondern Überlebensnotwendigkeit.

Ökologisches Umsteuern braucht Ideen und Kreativität.

Was wollen wir hinterlassen? Wir haben nur diese eine Welt. Für ihren Erhalt tun auch wir als Architektinnen und Architekten, als Stadtplanerinnen und Stadtplaner zu wenig.

Dabei ist unsere Vorstellungskraft, unsere Phantasie zur Beantwortung der Frage, wie wir zukünftig leben wollen, von großer Bedeutung. Diese Zukunft gestalten wir jetzt. Eine Konzeption von Städten, Infrastrukturen, Wohnhäusern, Fabrikations- und Bürogebäuden entscheidet, ob Menschen ihr Leben besser in Einklang mit der Umwelt bringen können. Architekten und Stadtplaner sind Impulsgeber, und ihre gebauten Werke können Katalysatoren für ein Umdenken sein.

Vor zehn Jahren haben Architekten, Stadtplaner und Ingenieure mit dem Klimamanifest „Vernunft für die Welt“ eine Selbstverpflichtung formuliert, um gemeinsam mit Bauindustrie und Bauherren einen ökologischen Wandel im Planen und Bauen zu erreichen ([www.klima-manifest.de](http://www.klima-manifest.de)).

In den vergangenen zehn Jahren wurden zwar Veränderungen erreicht, doch die Erfordernisse des Umweltschutzes wurden allenfalls an der Oberfläche berührt. Dies ist auch Ergebnis einer stillschweigenden Rollenverteilung, wonach von der Politik Rahmenbedingungen erwartet werden, eigenverantwortliches Handeln darüber hinaus aber ausbleibt. Eine Kombination aus milder Zerknirschung, Besorgnis um den eigenen Status und mangelndem Mut für eine radikale Änderung unserer Lebenswirklichkeit, die immer noch vom Wachstumsgedanken getrieben wird, stößt – seit langem – an Grenzen.

Wir müssen mehr tun, um der Verantwortung unserer Profession und der Relevanz von Architektur angesichts der Klimakrise gerecht zu werden. Natürlich werden wir alleine die Welt nicht retten. Unsere Mitverantwortung für die globalen Auswirkungen des stetig steigenden Ressourcenverbrauchs fordert uns jetzt als Vorreiter einer klimagerechten Architektur. So können wir ein Umdenken im größeren Kontext initiieren.

Neben den ökologischen werden auch die sozialen Folgen des Klimawandels immer deutlicher. Klimagerechtigkeit betrifft die gesamte Menschheit. Ein friedliches Zusammenleben und das Vertrauen in gesellschaftliche und politische Systeme werden auf

internationaler, ja sogar auf europäischer Ebene immer stärker von den weitreichenden Klimafolgen bedroht.

Der Qualität der Architektur und des Bauens kommt eine grundsätzliche Bedeutung zu. Erst ein Gebäude, das sich aufgrund seiner architektonischen Qualität über Jahrzehnte in der Nutzung bewährt und damit die derzeit wirtschaftlich kalkulierte Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren bei weitem übersteigt, wird dem Nachhaltigkeitsgedanken gerecht und ist im Sinne der Gesellschaft werthaltig.

Für die Umsetzung unserer Selbstverpflichtung brauchen wir ein gemeinsam von öffentlichen und privaten Bauherren, von Bauindustrie und Handwerk sowie von Bauindustrie und Wohnungswirtschaft getragenes Bekenntnis zu einem Umsteuern. Die Wahrung unserer Lebensgrundlagen darf nicht dem freien Spiel der Märkte anheimgestellt werden.

## **Postulate**

### **I. Politisch denken und sich einmischen**

Es ist genug. Täglich verstoßen wir, verstoßen Gesellschaft und Politik gegen den Erhalt unserer Lebensgrundlagen. Mit der westlichen Lebenseinstellung, alles jederzeit machen und haben zu können, ist es vorbei. Unser Leben muss sich an einem neuen, ökologisch vertretbaren Maß ausrichten.

Wir dürfen nicht länger warten, bis sich das von Lobbyisten beeinflusste Zögern und Abwarten ändert. Wir müssen politisch denken und handeln, müssen uns einmischen, Eigeninitiative entwickeln und zivilen Ungehorsam proben. Wir müssen zeigen, dass der tägliche Umweltwahnsinn, wie beispielsweise der ungebremste Flächenfraß, der Vorrang von Neubauten oder der Fetisch Mobilität, nicht alternativlos ist. Ansonsten brauchen wir über eine Zukunft nicht mehr nachzudenken. Wir sind dran.

### **II. Erzählungen für ein neues Zukunftsbild**

Wir sind aufgefordert, ein ökologisch verantwortliches Leben zu imaginieren, zu ermöglichen und mitzugestalten. Mit Phantasie, mit kreativem und konzeptionellem Denken können Architekten und Stadtplaner ein motivierendes und begeisterndes Zukunftsbild entwerfen.

Damit ökologische Verhaltensweisen akzeptiert und praktiziert werden, müssen sie vorstellbar und erlebbar werden – sinnlich und wirklichkeitsnah. Architektur kann in Städten und Regionen ein starker Motivator für ein ökologisches Umdenken sein, das nicht als Verzicht, sondern als Gewinn sowohl für den Einzelnen als auch für die Gesellschaft erfahrbar wird.

### **III. Achtung des Bestands**

Bauen muss vermehrt ohne Neubau auskommen. Priorität kommt dem Erhalt und dem materiellen wie konstruktiven Weiterbauen des Bestehenden zu und nicht dessen leichtfertigem Abriss. Die „graue Energie“, die vom Material über den Transport bis zur Konstruktion in Bestandsgebäuden steckt, wird ein wichtiger Maßstab zur energetischen Bewertung sowohl im Planungsprozess als auch in den gesetzlichen Regularien. Wir brauchen eine neue Kultur des Pflegens und Reparierens.

### **IV. Einfach intelligent**

Die technische Aufrüstung zu „intelligenten Gebäuden“ und das Übermaß oftmals ökologisch fragwürdiger Dämmmaterialien führen nicht zu langlebigen und energetisch nachhaltigen Bauten.

Eine dem Klimawandel gerecht werdende Architektur nutzt und reguliert mit typologischen, konstruktiven und thermischen Strukturen die jeweiligen klimatischen Bedingungen für ein Wohlbefinden der Nutzer. Referenz können dabei tradierte regionale Bauweisen sein. Das Einfache ist letztlich übertechnisierten Konzepten überlegen.

### **V. Bauen als materielle Ressource**

Alle zum Bauen benötigten Materialien müssen vollständig wiederverwendbar oder kompostierbar sein. Nur so kann die gigantische Menge an Verpackungen, Umverpackungen und Materialien im Bauprozess und für das Gebäude selbst reduziert werden.

Es gehört zum architektonischen Entwurf, Rezyklate im Neu- und Umbau mit einem gestalterischen Anspruch einzusetzen und zu erreichen, dass ganze Bauteile später selbst wieder zur Ressource werden. Verbunden ist damit ein ökologischer Anspruch an die Materialien und deren Verwendung.

### **VI. Vollständige Entkarbonisierung**

Eine Entkarbonisierung erfordert einen Paradigmenwechsel im Material- und Energieeinsatz. Der Verzicht auf Materialien, die in ihrer Herstellung viel CO<sub>2</sub> emittieren, tritt als wichtiges ökologisches Kriterium an die Stelle der Energieeffizienz.

Statt energieintensiv erzeugter Materialien wie Beton und Stahl liegt der Schwerpunkt auf natürlichen Materialien wie Stein, Holz und Lehm. Ebenso verlangt eine Entkarbonisierung den Einsatz emissionsfreier Baumaschinen im Bauprozess und eine CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung der Gebäude.

### **VII. Neue Mobilitätsformen**

Mobilität ist nicht allein eine infrastrukturelle Aufgabe. Hier entscheidet sich, wie umweltverträglich wir uns bewegen und über welche Lebensqualität Städte verfügen.

Mobilität muss als konzeptionelle und gestalterische Aufgabe von Architekten und Stadtplanern verstanden werden, um grundsätzlich ein ökologisch und klimatisch verträgliches Mobilitätsverhalten zu erreichen.

Die „Stadt der kurzen Wege“ weist als gültiges Leitmotiv einer gesamtheitlichen Entwicklung Fußgängern, Radfahrern und dem öffentlichen Nahverkehr eine Priorität gegenüber dem motorisierten Individualverkehr zu. In Verbindung mit attraktiven öffentlichen Räumen entstehen so wieder lebendige Städte. Ebenso ist der Zusammenhang zwischen Stadt und Region zu denken, der statt einer Zunahme des Verkehrs eine neue Infrastruktur schafft, die die Voraussetzung für neue Mobilitätsformen bildet.

### **VIII. Polyzentralität stärken**

Die gewachsene Polyzentralität Deutschlands muss gestärkt werden, um das konjunkturinduzierte Wachstum der Städte einerseits und den rasant zunehmenden Pendlerverkehr andererseits zu begrenzen. Klein- und Mittelstädte sind dafür als Wohn- und Arbeitsorte mit hoher Lebensqualität in ihrem kulturellen und sozialen Angebot und ihrer wirtschaftlichen Basis zu festigen.

Städtebau und Architektur sind Bausteine für ein neues ökologisch orientiertes Verständnis von Gemeinschaft und Region und stützen so die Vielfalt von klimatisch verträglichen Lebensmöglichkeiten in Deutschland.

### **IX. Kultur des Experimentierens**

Ideen und Vorschläge für klimagerechte Lebens- und Verhaltensweisen, mit denen wir nachfolgenden Generationen eine Zukunft auf der Erde bewahren können, waren noch nie so vielfältig wie heute.

Durch Experimentieren und Lernen, durch Navigieren und Korrigieren dieser Ideen entstehen Innovationen, die Angebote für einen ökologischen Verhaltenswandel auf unterschiedlichen Ebenen eröffnen. Dafür können dezentrale und miteinander vernetzte Reallabore als Katalysator wirken, in denen Architekten und Stadtplaner gemeinsam mit verschiedenen Akteuren experimentell an intelligenten und kollektiven Lösungen arbeiten.

### **X. Politische Versuchsräume**

Neue Ideen brauchen angemessene politische Räume für ihre Erprobung. Experimentierklauseln im rechtlichen Rahmen schaffen den nötigen Freiraum für Innovationen und für die Anpassung von politischen Regulierungen an neue Entwicklungen. Insofern sind solche Experimentierräume ein wichtiger Pfeiler für eine zeitgemäße, dem Nachhaltigkeitsgedanken verpflichtete Politik und Verwaltung.

## Perspektiven

Architektinnen und Architekten, Stadtplanerinnen und Stadtplaner arbeiten kreativ und gestalterisch. Gute Gestaltung wird dabei zu einem sinnlich wahrnehmbaren Ausdruck für das neue Verantwortungsgefühl, das die Bauten sichtbar vertreten. Den Zukunftsglauben an eine nachhaltige Entwicklung können wir stärken, indem wir zeigen, dass durch kreatives Unterlassen und Reduzieren neue Lebenswelten entstehen. Ein konzeptionelles Weiterdenken des bereits Vorhandenen in unseren Städten und Regionen wird dann zu einem wichtigen Teil des gesellschaftlichen Narrativs, das nicht moralisiert, sondern den Gewinn der ökologischen Wende betont. Dafür müssen wir die Chancen neuer Tätigkeitsfelder aufnehmen und uns komplexeren Prozessen stellen.



# Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme – ein Blick über den deutschen Tellerrand

*Jana Bovet, Elisabeth Marquard*

## Zusammenfassung

Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr ist ein europaweites Problem. Um erfolgversprechende Ansatzpunkte zu identifizieren, werden im Projekt SURFACE des Umweltbundesamtes Strategien und instrumentelle Lösungsansätze in Europa vergleichend betrachtet. Im vorliegenden Beitrag werden Erfolgsfaktoren für eine gute Flächenhaushaltspolitik und daran anknüpfend ausgewählte national implementierte Instrumente des Flächenmanagements vorgestellt.

**Schlagnworte:** no net land take, Instrumentenvergleich, Flächensparziele, Infrastrukturkostenrechner, Projekt SURFACE

## 1 Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr – ein europäisches Problem

Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr stellt ein europaweites Problem dar. So liegt der „Land Take“ allein der 28 EU-Staaten aufsummiert bei über 500 km<sup>2</sup> pro Jahr (EEA 2019). Auch wenn Ausmaß und Tempo der Flächeninanspruchnahme in den europäischen Regionen unterschiedlich ausfallen, findet sie überall in erster Linie auf Kosten landwirtschaftlicher und naturnaher Flächen, mithin auf Böden von hoher Qualität statt (Henning et al. 2015; Naumann et al. 2019). Auch die Ursachen für Flächeninanspruchnahme sind ähnlich: Steigender Wohlstand und Wirtschaftswachstum führen zu einer Zunahme der Wohnfläche pro Person, zu Zersiedlung und zusätzlichen Gewerbeflächen. Ferner verursachen die Zunahme des motorisierten Individualverkehrs sowie der Infrastrukturbedarf einzelner Wirtschaftszweige, insbesondere Tourismus und Logistik, einen verstärkten Ausbau von Straßen (Naumann et al. 2019; Ronchi et al. 2019).

Flächeninanspruchnahme hat vielfältige negative ökologische Folgen und durch steigende Pro-Kopf-Kosten für technische Infrastrukturen bei abnehmender Siedlungsdichte auch solche wirtschaftlicher Art. Schlechtere Erreichbarkeit von sozialer (z. B. medizinischer) Infrastruktur ist ein Beispiel für die sozialen Folgen von Flächenverbrauch und Zersiedelung.

Mangels genereller europäischer Gesetzgebungskompetenz für die Raumordnung und aufgrund des Scheiterns der europäischen Bodenschutz-Rahmenrichtlinie sind die Handlungsoptionen der EU zur Steuerung des Flächenverbrauchs beschränkt. Dennoch ist das Thema „Fläche“ in den vergangenen Jahren zunehmend in den Blickpunkt europäischer

umweltpolitischer Diskussionen gerückt und teilweise mit Zielen untersetzt worden. So hat sich die EU zur Agenda 2030 bekannt, mithin zu den globalen Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals, SDGs). Insbesondere SDG 15.3, wonach bis zum Jahr 2030 Landdegradationsneutralität erreicht werden soll, und SDG 11 zu nachhaltigen Städten und Siedlungen weisen einen Bezug zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf. Im „Fahrplan für ein ressourceneffizientes Europa“ (KOM (2011) 0571 final) spricht sich die EU-Kommission dafür aus, dass ab dem Jahr 2050 kein weiterer Netto-Flächenverbrauch erfolgen soll („No net land take“). Im Jahr 2014 wurde durch die UVP-Änderungsrichtlinie (Richtlinie 2014/52/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. April 2014) der bisherige Schutzgüterkatalog – „soil, water, air“ in Art. 3 UVP-RL – durch „land“ (dt. Übersetzung „Fläche“) als eigenständiges Schutzgut für die Umweltprüfung erweitert.

## 2 Das Projekt SURFACE

In dem vom Umweltbundesamt geförderten Projekt „Standards und Strategien zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme – SURFACE“ (2017-2021)<sup>1</sup> untersuchen wir, ob und wie das Ziel der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme in verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten und der Schweiz Eingang in die politische und rechtliche Steuerung gefunden hat. Zu diesem Zweck wurde eine Umfrage in mehreren EU-Mitgliedsstaaten durchgeführt. Zur Ergänzung der gewonnenen Daten fand 2019 ein Workshop mit europäischen Experten\*innen aus zwölf Ländern statt, auf dem Gemeinsamkeiten und Unterschiede in Bezug auf länderspezifische Ziele und Instrumente zur Reduzierung des Flächenverbrauchs diskutiert und in einem Workshopreport zusammengefasst wurden (Bovet et al. 2019).

## 3 Erfolgsfaktoren für eine nachhaltige Politik des Flächensparens

Im Rahmen des Workshops konnten vier Erfolgsfaktoren für eine nachhaltige Politik des Flächensparens auf nationaler Ebene ausgemacht werden:

(1) Dazu gehört zunächst die – bestenfalls verbindliche – Setzung eines quantifizierten Ziels zur Reduzierung des Flächenverbrauchs,

(2) verbunden mit einem aussagekräftigen Monitoring. Dabei kommt Zwischenzielen eine wichtige Rolle zu, denn im Rahmen eines Monitorings lässt sich nur anhand gesetzter Zwischenziele überprüfen, ob man „auf Kurs ist“. Auch sollte der Zweck des Monitorings vorab klar definiert sein, um die entsprechenden Daten zielorientiert und interoperabel zu erheben.

<sup>1</sup> FKZ: 3717 18 110 0

(3) Als dritter Erfolgsfaktor wurde ein vorhandenes Problembewusstsein bei den politischen Akteuren genannt. Es sei wichtig, dass Wissen um die Bedeutung des Bodens und der Fläche vorhanden ist, damit bei planerischen Entscheidungen die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Aspekte besser abgeschätzt werden können. Hierzu sei es hilfreich, Entscheidungshilfen auf lokaler Ebene bereitzustellen.

(4) Die Beseitigung von Umsetzungsdefiziten ist ein – wenngleich üblicher –, so dennoch wichtiger, aber gleichzeitig national heterogen ausgeprägter Erfolgsfaktor, weil sich die Defizite unterschiedlich darstellen. Auf dem Workshop nannten die Ländervertreter\*innen z. B. instabile politische Verhältnisse, Korruption, Umsetzungsversäumnisse und fehlende Kontrollmechanismen als Ursachen für solche Defizite.

## **4 Ausgewählte Steuerungsinstrumente des Flächenmanagements auf nationaler Ebene**

Ein Vergleich von verschiedenen Ansätzen europäischer Staaten ist ein vielversprechender Weg, um gute instrumentelle oder strategische Lösungen für das Flächensparen zu identifizieren.

### **4.1 Zielvorgaben zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme**

Die deutsche Bundesregierung hat bereits 2002 ein quantifiziertes Flächensparziel gesetzt. Bei einer Flächeninanspruchnahme von damals ca. 110 ha/d wurde in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) das Ziel festgelegt, diesen Wert bis 2020 auf 30 ha/d zu reduzieren. Dieses 30-ha-Ziel galt bis zur Überarbeitung der DNS im Jahr 2016. Da sich die Nichterfüllung bis 2020 abzeichnete, wurde es in der Neufassung der DNS um zehn Jahre verschoben und auf „unter 30 ha“ angepasst. Als Element eines politischen Strategiedokuments hat das „30-x ha-Ziel“ nur eine Leitfunktion.

Ähnlich ist es mit quantifizierten Flächensparzielen anderer europäischer Länder: Auch in Belgien gelten in den Regionen nicht-rechtsverbindliche Ziele; sie sehen eine schrittweise Reduktion der Flächeninanspruchnahme vor (Flandern: bis 2025 auf 3 ha/d und bis 2040 auf Null; Wallonien: bis 2030 auf 6 km<sup>2</sup>/a und bis 2050 auf Null). In der schweizerischen Strategie Nachhaltige Entwicklung 2012-2015 war noch das Ziel festgelegt, bis 2015 die Siedlungsfläche pro Einwohner auf höchstens 400 m<sup>2</sup> zu begrenzen. Da dieses Ziel erreicht wurde, fand es keinen Eingang mehr in die nachfolgende Strategie (2016-2019). In Österreich (Nachhaltigkeitsstrategie 2002: 2,5 ha/d bis 2010) und Luxemburg (Nachhaltigkeitsplan 2010: 1 ha/d bis 2020) gab es Flächensparziele, die jedoch nicht mehr aktuell sind. Während Luxemburg das Ziel erreichte und es daher nicht erneuern musste, verfehlte Österreich sein Ziel. Dort wurde nun im Regierungsprogramm 2020-2024 das bereits für 2010 formulierte Flächensparziel von 2,5 ha wieder hervorgeholt und auf das Jahr 2030 verschoben.

## 4.2 Infrastrukturkostenrechner

Zunehmender Flächenverbrauch und demographische Veränderungen im suburbanen und ländlichen Raum führen zu einer abnehmenden Siedlungsdichte und höheren spezifischen Infrastrukturkosten, die in der Regel von den Gemeinden getragen werden müssen (Ecoplan, B+S, Betatech 2017; Hesse et al. 2020). Einwände, die diese Kosten thematisieren, werden von den Gemeinden häufig durch den Hinweis beiseitegeschoben, dass sie durch Steuereinnahmen und Schlüsselzuweisungen kompensiert werden oder dass Infrastrukturen wie Straßen, Trinkwasserversorgung oder Kanalisation Teil eines städtebaulichen Vertrages sein werden. Es werden aber nicht alle Projekte durch solche Verträge flankiert. Selbst wenn der Investor einen Teil der Kosten für die Infrastruktur übernimmt, müssen die Kommunen ihre langfristige Unterhaltung und Instandsetzung sowie die nötige soziale und kulturelle Infrastruktur (z. B. Kindergärten, Grundschulen, Bibliotheken) finanzieren.

Um solche Kosten sichtbar zu machen, nutzen Kommunen in Niederösterreich seit Längerem den vom Land angebotenen Infrastrukturkostenkalkulator NIKK<sup>2</sup>. Dabei handelt es sich um ein kostenloses Online-Tool, bei dem Kommunen Informationen zu Siedlungstypen, zur technischen Infrastruktur, den Wohnungsanteilen, zur Grundsteuer und den Erschließungskosten angeben. Für die Berechnung der aus der anvisierten kommunalen Planung resultierenden Kosten können verschiedene Zeithorizonte ausgewählt und ergänzende Hintergrundinformationen – wie z. B. eine lokale Bevölkerungsprognose – integriert werden (Humer et al. 2019). Nachvollziehbarerweise korreliert die Qualität des Ergebnisses mit dem Realitätsgrad der kommunalen Daten und der Sorgfalt ihrer Eingabe. Solche fiskalischen Analysen sollen keinesfalls die ökologischen und sozialen Kriterien oder gar die planerische Abwägungsentscheidung der Gemeinde ersetzen, sondern diese ergänzen, indem sie Kosten transparent machen.

## 4.3 Zielvorgaben zur Erhöhung der Siedlungsdichte

In Frankreich haben überörtliche Plangeber und Kommunen die Möglichkeit, in Plänen Ziele für Siedlungsdichten festzulegen. Während solche Vorgaben der überörtlichen Planung unverbindlich sind, entfalten kommunale Zielvorgaben Bindungswirkung (OECD 2017, 59 ff.). Damit soll das verdichtete, klimagerechte Bauen unterstützt und der Zersiedelung der Landschaft Einhalt geboten werden. In der Umsetzung zeigen sich jedoch Schwierigkeiten, da ein Nachverdichten zu Nachbarschaftskonflikten führen kann und (kurzfristig) in der Regel teurer ist als „Bauen auf der grünen Wiese“.

<sup>2</sup> Niederösterreichischer Infrastrukturkostenkalkulator (NIKK)  
<https://www.raumordnung-noe.at/index.php?id=148>

## 5 Fazit

An die vier auf dem SURFACE-Workshop identifizierten Erfolgsfaktoren anknüpfend, fokussieren wir den Beitrag auf Zielvorgaben zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Der Wert von solchen Flächensparzielen liegt darin, dass sie ökologische Zielgrößen definieren, die Art und Niveau der angestrebten Umweltqualität ausdrücken und damit Basis für eine Operationalisierung sein können. Durchsetzungsstark sind Flächensparziele, wenn sie als verbindliche Vorgaben formuliert werden. Gleichwohl haben auch strategische Ziele einen Wert, weil sie dafür sorgen, dass einer nachhaltigen Landnutzung zumindest mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Insgesamt ist zu erkennen, dass durch quantifizierte Zielsetzungen das Flächensparen verstärkt zum Thema politischer und gesellschaftlicher Diskussionen wird. So haben sich inzwischen z. B. deutsche Bundesländer eigene (unverbindliche) Ziele zur Flächenverbrauchsreduktion gesetzt (Meinel et al. 2020). Im Jahr 2019 wurde in Bayern eine Volksabstimmung mit dem Ziel durchgeführt, ein quantifiziertes Flächensparziel umzusetzen. Ebenso wurde 2019 in der Schweiz ein Referendum mit dem Ziel veranstaltet, die Bundesverfassung zu ändern und eine Entschädigungsregelung für die Ausweisung neuer Bauzonen einzuführen. Von den fünf aufgeführten Ländern mit Flächensparzielen haben nur zwei (Luxemburg und Schweiz) dies innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens erreicht. Diese Ziele wurden daher nicht beibehalten, aber in beiden Ländern wird das Thema Flächenverbrauch und Bodenschutz von der Politik weiterverfolgt. In der Schweiz wird z. B. in der aktuellen Bodenschutzstrategie verlangt, dass ab 2050 netto kein Boden mehr verbraucht wird.

Ein Infrastrukturkostenrechner liefert wichtige Informationen für lokale Behörden bei Planungsentscheidungen. Im Vergleich zu einer traditionellen Berechnung städtebaulicher Kosten ist der vorgestellte Kostenrechner NIKK wesentlich umfassender und berücksichtigt die langfristigen Kosten und die demographische Entwicklung der Gemeinde. Auf der Grundlage einer solchen Kostentransparenz können bessere Entscheidungen getroffen werden, weil langfristig gesehen die Innenentwicklung im Vergleich zur Zersiedelung oft die kostengünstigere Alternative ist. Der österreichische Infrastrukturkostenrechner ist freiwillig. Es wäre sinnvoll, diese Anwendung in das Planungsrecht aufzunehmen und zu einem obligatorischen Bestandteil des kommunalen Planungsverfahrens zu machen.

Siedlungsdichtevorgaben zur Förderung der Innenentwicklung und Nachverdichtung, wie sie in Frankreich praktiziert werden, sind ein konsequentes Mittel, weil Dichte für eine nachhaltige Mobilität und Energieversorgung sowie die Kultur von zentraler Bedeutung sind. In der praktischen Umsetzung zeigen sich aber Hürden, da z. B. eine höhere Lärmbelastung und ein Verlust an innerstädtischen Freiflächen die negative Kehrseite einer Verdichtung sein können. Angesichts der COVID19-Pandemie werden die Bestrebungen nach weiterer Innenentwicklung noch stärker hinterfragt werden.

Eine Verkürzung auf die Formel dicht = ungesund wird der komplexen Problematik jedoch auch nicht gerecht, denn eine gesundheitsfördernde Stadtentwicklung umfasst viele Aspekte, wie z. B. auch die Anbindung an eine leistungsfähige (medizinische) Infrastruktur. Entscheidend ist in jedem Fall, dass eine flächensparende, die Innenentwicklung gegenüber der Außenentwicklung priorisierende Politik mit einer guten Freiraumplanung einhergeht.

## 6 Literatur

- Bovet, J.; Marquard, E.; Schröter-Schlaack, C. (2019): SURFACE Workshopreport. International Expert Workshop on Land Take. 4.-5. April 2019 in Berlin.
- Ecoplan; B+S AG; Hunziker Betatech AG (2017): Infrastrukturkosten unterschiedlicher Siedlungstypen. Oder: Ist verdichtet und zentral bauen billiger? Bundesamt für Raumentwicklung. Bern.
- EEA – European Environment Agency (2019): Land take in Europe. Indicator Assessment. Data and maps.  
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/land-take-3/assessment>  
(Zugriff: 09.06.2020).
- Humer, A.; Sedlitzky, R.; Brunner, D. (2019): When does population growth pay off? A case study of suburban land consumption to assess the Lower Austrian infrastructural cost calculator. In: *Journal of Housing and the Built Environment* 34 (2019) 1, 331-344.
- Meinel, G.; Henger, R.; Krüger, T.; Schorcht, M. (2020): Wer treibt die Flächeninanspruchnahme? Ein Planvergleich und deren Flächenwirkung. In: *Raumforschung und Raumordnung* 78 (2020) 1, 1-16.
- Naumann, S.; Frelth-Larsen, A.; Prokop, G.; Ittner, S.; Reed, M.; Mills, J.; Miturski, T. (2019): Land Take and Soil Sealing – Drivers, Trends and Policy (Legal) Instruments: Insights from European Cities. In: Ginzky, H.; Dooley, E.; Heuser, I. L.; Kasimbazi, E.; Markus, T.; Qin, T. (Hrsg.): *International Yearbook of Soil Law and Policy 2018*. Cham: Springer, 83-113.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2017): *The Governance of Land Use in France. Case studies of Clermont-Ferrand and Nantes Saint-Nazaire*. Paris. 59 ff.
- Ronchi, S.; Salata, S.; Arcidiacono, A.; Piroli, E.; Montanarella, L. (2019): Policy instruments for soil protection among the EU member states: A comparative analysis. In: *Land Use Policy* 82 (2019), 763-780.



# Sündenfall § 13b BauGB? Eine Bestandsaufnahme

Stefan Frerichs, Karl Hamacher, André Simon

## Zusammenfassung

Zwei Jahre nach Einführung des § 13b BauGB sind bundesweit bereits zahlreiche Anwendungsfälle bekannt. Sie zeigen, dass sich die Erwartungen an die Einführung der Regelung, auf Kosten von materiellen und Verfahrensstandards schnell und in substantiellem Umfang Wohnbauland zur Minderung der Wohnungsnot zu schaffen, nicht erfüllt haben. Einwohnerstarke Städte mit hohem Wohnraumbedarf und angespannten Wohnungsmärkten wenden die neuen Regelungen nicht an. Die Nutzung des § 13b BauGB erfolgt in kleineren und kleinsten Gemeinden, häufig ohne besonderen Wohnraumbedarf, zur Ausweisung von Ein- und Zweifamilienhausgebieten. In vielen Fällen lässt sich feststellen, dass die Flächeninanspruchnahme für Siedlungszwecke unnötig verstärkt wird und viele dieser Gemeinden Wohnbaulandflächen auf Vorrat ausweisen, die mit Blick auf die Bevölkerungsentwicklung voraussichtlich nicht notwendig sein werden. Damit einher geht eine unnötige Belastung von Umwelt und Natur einerseits und Entwertung des innerörtlichen Baubestandes andererseits.

**Schlagnworte:** Baugesetzbuch, Umweltprüfung, Eingriffsregelung, Flächeninanspruchnahme

## 1 Einführung

In vielen Kommunen stehen die Wohnungsmärkte durch den Zuzug neuer Bürger sowie geänderte Ansprüche an die Wohnraumversorgung unter Druck. Damit verbunden sind steigende Preise für Wohnbauland und Wohnraum sowie ein Mangel an entsprechenden Angeboten. In der öffentlichen Diskussion zu dieser Thematik wird u. a. gefordert, dass die Kommunen und vor allem die Stadtplanung mehr und schneller Baurecht schaffen und Wohnbauland bereitstellen sollen. Dies war u. a. ein Anlass, mit dem Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 2014/52/EU im Städtebaurecht und zur Stärkung des neuen Zusammenlebens in der Stadt zum 04.05.2017 den § 13b neu in das Baugesetzbuch einzuführen. Begründet wurde die Einführung damit, der Dynamik im Wohnungsmarkt, vor allem in wachsenden Groß- und Universitätsstädten, durch Verfahrenserleichterungen entgegenzuwirken.

Mit der Einführung des § 13b BauGB wurden die Regelungen des § 13a BauGB auf Flächen übertragen, die dem Außenbereich nach § 35 BauGB zuzuordnen sind. Der Anwendungsbereich erstreckt sich auf Bebauungspläne, in denen auf einer Grundfläche von weniger als 10 000 Quadratmetern „...die Zulässigkeit von Wohnnutzungen [...] begründet wird, die sich an im Zusammenhang bebaute Ortsteile anschließen...“.

Ein Bebauungsplan nach § 13b BauGB muss dabei nicht aus dem Flächennutzungsplan entwickelt werden. Eine Umweltprüfung und ein förmlicher Umweltbericht sind in Verfahren nach § 13b BauGB nicht erforderlich. Die Eingriffsregelung nach § 1a Abs. 3 BauGB wird auf die Berücksichtigung von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen beschränkt. Auf die frühzeitige Unterrichtung der Öffentlichkeit nach § 3 Abs. 1 BauGB sowie die frühzeitige Unterrichtung der Behörden und Träger öffentlicher Belange nach § 4 Abs. 1 BauGB kann in Verfahren nach § 13b BauGB verzichtet werden. Zudem kann von der Angabe nach § 3 Abs. 2 Satz 2 BauGB, welche Arten umweltbezogener Informationen verfügbar sind, abgesehen werden. Eine zusammenfassende Erklärung nach § 10a BauGB über die Ergebnisse der Abwägung der Umweltbelange und der Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung muss bei Bebauungsplänen nach § 13b BauGB nicht erstellt werden. Auf das Monitoring nach § 4c BauGB kann verzichtet werden. Gleichwohl bleiben die Anforderungen von § 1 Abs. 6 BauGB an die Aufstellung eines Bauleitplanes wirksam (Abb. 1).

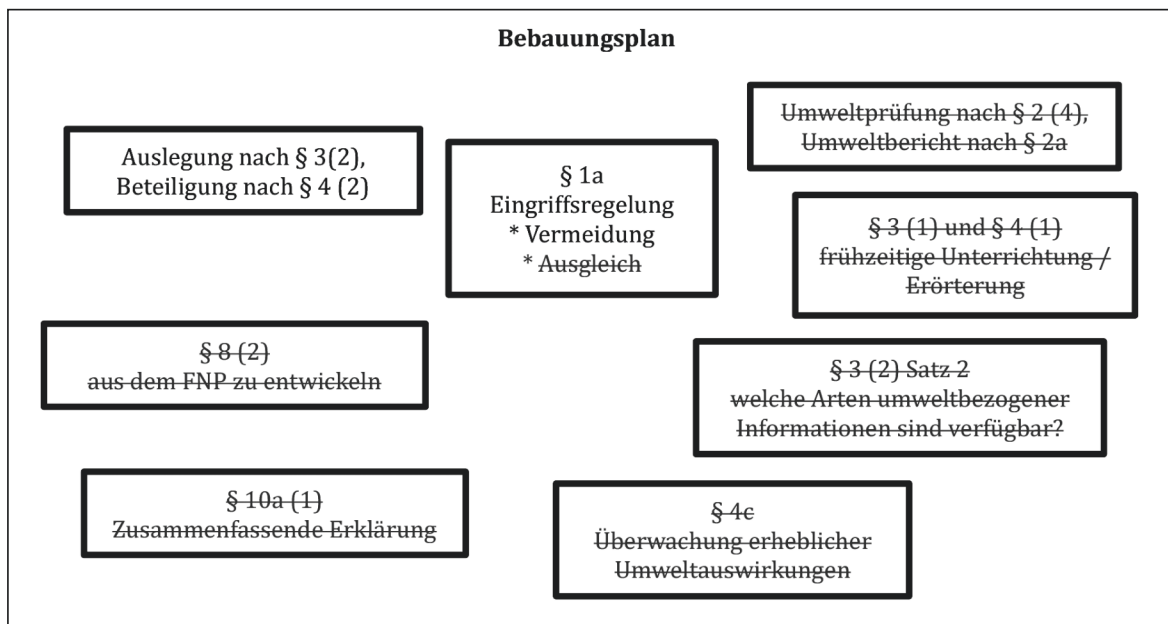


Abb. 1: Wesentliche materielle und verfahrenstechnische Anforderungen an die Aufstellung eines Bebauungsplanes werden durch § 13b BauGB aufgehoben (Quelle: eigene Darstellung)

Mit den Regelungen wurden wichtige materielle und verfahrensrelevante Anforderungen in der verbindlichen Bauleitplanung ausgesetzt, die vor allem auf eine städtebaulich geordnete und umweltverträgliche Entwicklung abzielen. Aufbauend auf einer Erstausswertung des Bundesamtes für Naturschutz (Schmauck, Tautenhahn 2019) sowie von Untersuchungen von Dr. Hartl (Hartl 2020), beauftragte das Umweltbundesamt eine qualitative Stichprobenuntersuchung zum Stand und zu Erkenntnissen der bisherigen kommunalen Anwendung des § 13b BauGB (Frerichs et al. 2020). Neben einer Internetrecherche zu Anwendungsfällen, bei der 250 Bebauungspläne gemäß § 13b BauGB in 242 Gemeinden erfasst wurden, wurde im Rahmen der Untersuchung eine



anonyme Online-Befragung unter den im ersten Schritt erfassten Kommunen durchgeführt. Von den 242 Gemeinden haben 50 die Online-Befragung abgeschlossen. Der folgende Beitrag spiegelt einen Teil der Ergebnisse und Handlungsempfehlungen der Untersuchung wider.

## 2 Die Anwendung des § 13b BauGB

### 2.1 Anwendende Kommunen

Der § 13b BauGB wird in Städten und Gemeinden bundesweit in unterschiedlichem Umfang angewendet. Auffällig ist jedoch, dass es vor allem kleine und kleinste Gemeinden sind, die die Verfahrenserleichterungen in Anspruch nehmen, viele mit stagnierender und schrumpfender Bevölkerung (Abb. 1). Erfahrungsgemäß verfügen diese häufig über begrenzte Verwaltungskapazitäten. Insgesamt zeigt sich bei den untersuchten Anwendungsfällen eine deutliche räumliche Dreiteilung. Im süddeutschen Raum finden sich die meisten Anwendungsfälle, die überwiegend kleine und mittlere Gemeinden mit bis zu 20 000 Einwohnern mit Wachstumstendenzen umfassen. Diese sind zumeist nicht auf die Wachstumskerne der Regionen orientiert, sondern verteilen sich in der Fläche (Abb. 2).

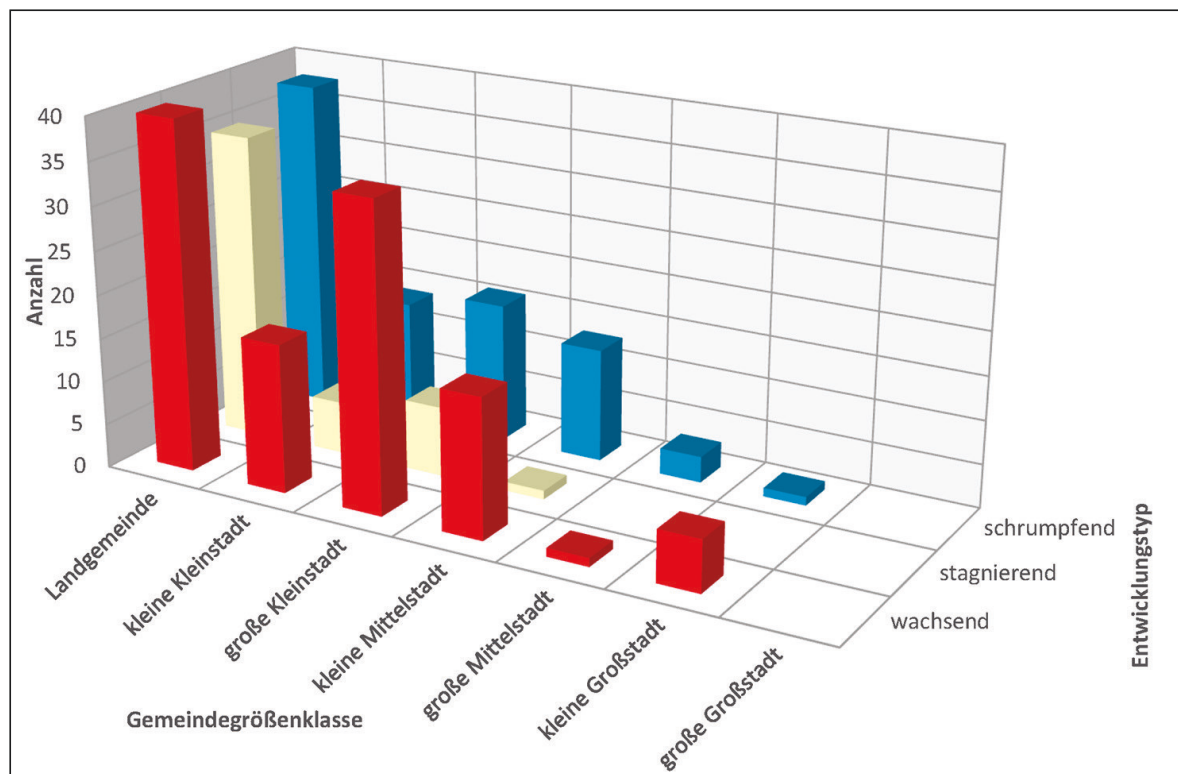


Abb. 2: Gemeindegröße und Entwicklungstypen der untersuchten Kommunen (Quelle: © BBSR 2017 im Hinblick auf die Gemeindeklassifikation; eigene Darstellung auf Basis der Internetrecherche)

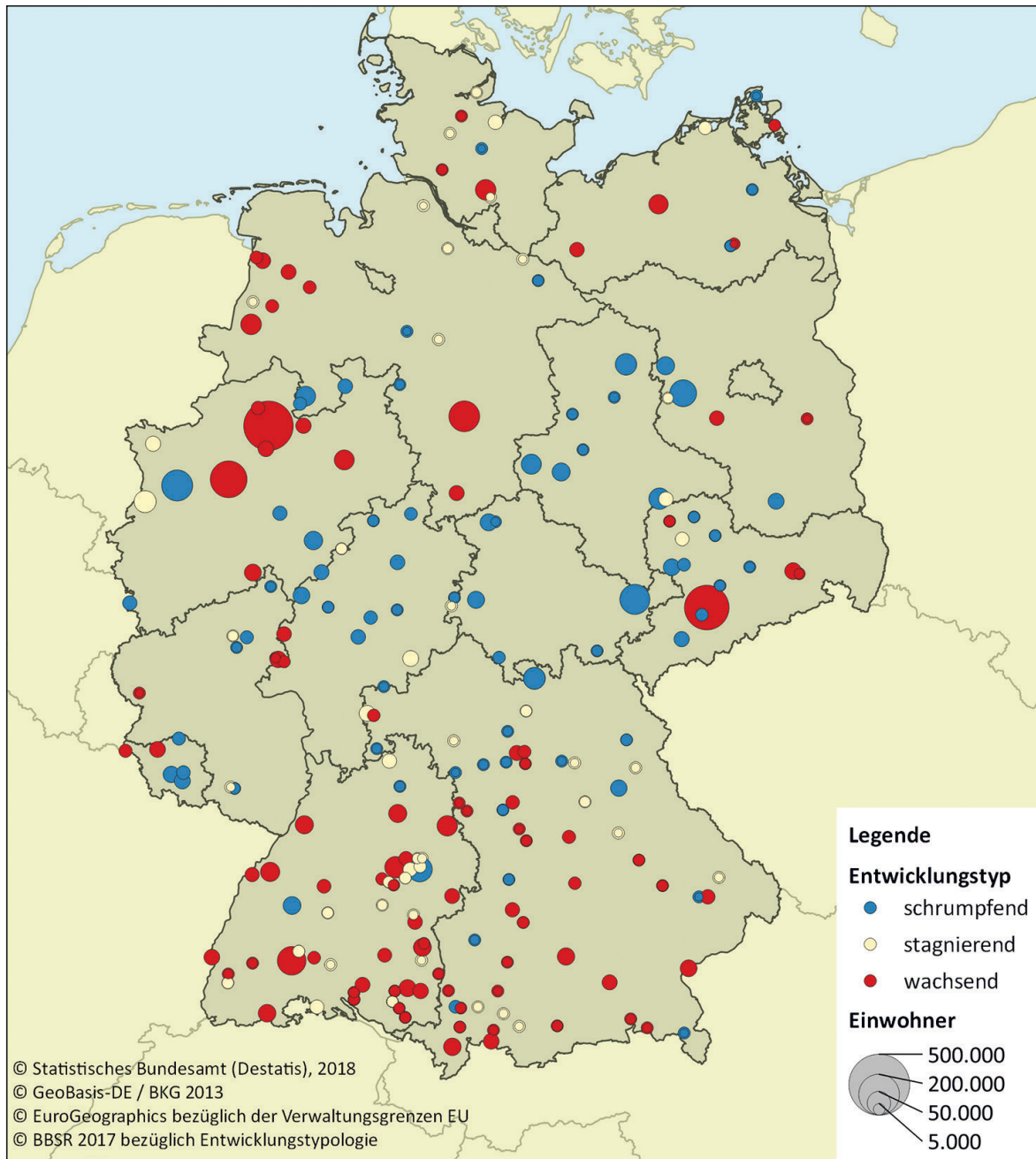


Abb. 3: Zusammenfassende Übersicht über räumliche Lage, Gemeindegröße und Entwicklungstyp der ermittelten 242 Gemeinden mit 250 Anwendungsfällen des § 13b BauGB (Quelle: Daten und Kartenunterlagen: wie in der Karte angegeben; eigene Darstellung)

Die Mitte Deutschlands weist ebenfalls zahlreiche Anwendungsfälle auf. Diese liegen hier eher in tendenziell größeren Kommunen als im Süden vor, wobei die meisten dieser Kommunen mit bis zu 50 000 Einwohnern zudem Schrumpfungstendenzen aufweisen. Im Norden und Nordwesten finden sich gegenüber den beiden erstgenannten Regionen eher weniger Anwendungsfälle in tendenziell größeren Gemeinden mit 50 000 und mehr Einwohnern, die häufig Wachstumstendenzen aufweisen (Abb. 3).

## 2.2 Wohnungstypologie und Baugebietsgröße

In Bebauungsplangebieten gem. § 13b BauGB werden überwiegend Einfamilienhausgebiete entwickelt, die Einzel-, Reihen-, Ketten- oder Gruppenhäuser mit maximal zwei Vollgeschossen ermöglichen (Abb. 4). Mehrfamilienhäuser werden nur sehr untergeordnet festgesetzt. Zugleich weisen rund 45 % der untersuchten Bebauungspläne einen Geltungsbereich von unter einem Hektar, rund 26 % unter zwei Hektar Fläche auf. Dies entspricht durchaus der städtebaulichen Struktur der anwendenden überwiegend kleinen Gemeinden und der Lage der Plangebiete an den Ortsrändern, führt aber nicht zur Entwicklung eines großen Wohnungsangebotes von bezahlbarem Wohnraum.

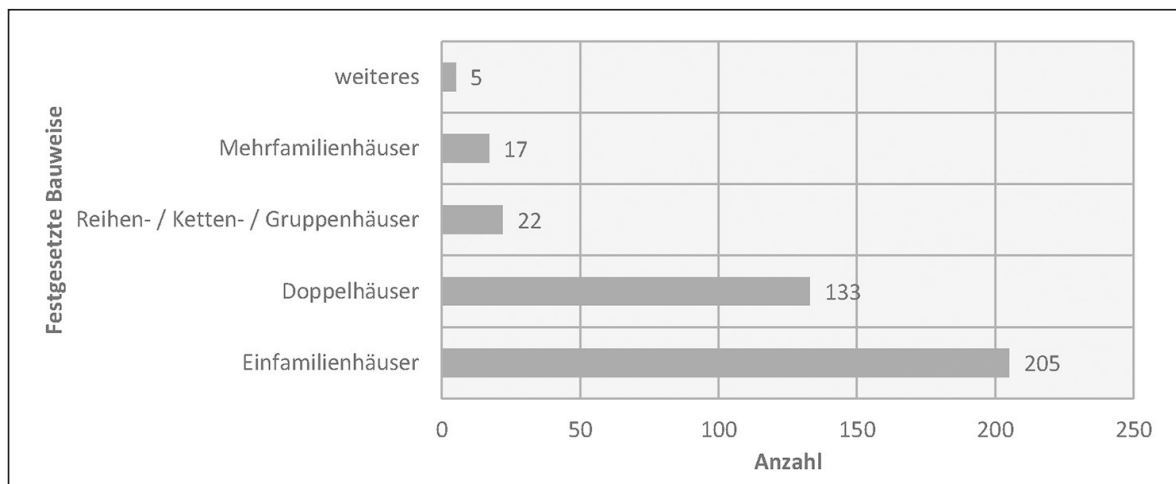


Abb. 4: Festsetzungen zur zulässigen Bebauung/Bauweise in Bebauungsplänen nach § 13b BauGB (Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Internetrecherche)

Die Einbeziehung von Außenbereichsflächen in einen Bebauungsplan setzt nach § 1 Abs. 5 Satz 3 BauGB die Prüfung voraus, ob Innenentwicklungspotenziale für die kommunale Planungsabsicht aktiviert werden können. Diese Auseinandersetzung erfolgt zwar in vielen Verfahren und es sind auch grundsätzlich Potenzialflächen vorhanden. Allerdings werden seitens der Kommunen die Realisierungschancen aus verschiedenen Gründen zumeist gering eingeschätzt.

Bauleitpläne nach § 13b BauGB werden überwiegend nicht für die Entwicklung kompakter Baugebiete genutzt, die eine hohe Wohnungsdichte in Relation zur Flächeninanspruchnahme ermöglichen, sondern für kleinere Siedlungserweiterungen ohne besondere Bedeutung für den örtlichen Wohnungsmarkt.

## 2.3 Aspekte des Umwelt- und des Artenschutzes in Verfahren nach § 13b BauGB

Die bisherigen Nutzungen der 250 untersuchten Bebauungspläne verdeutlichen, dass für die Entwicklung der Wohnbauflächen nach § 13b BauGB insbesondere landwirtschaftliche Flächen in Anspruch genommen werden (Abb. 5).

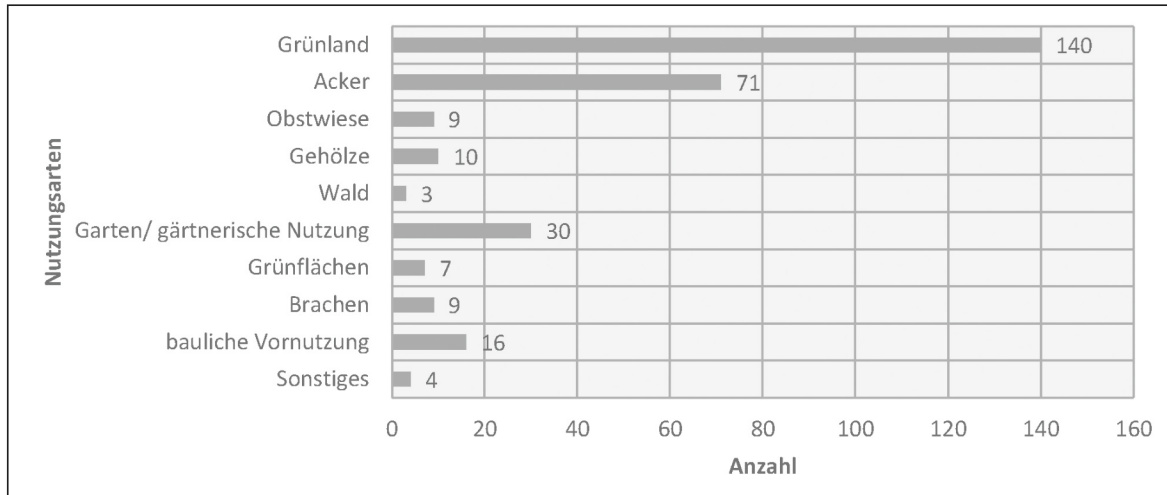


Abb. 5: Bisherige Nutzungen. Mehrfachnennungen (Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Internetrecherche)

Ein Großteil der untersuchten Begründungen zu den Bebauungsplänen enthält keine Angaben zur ökologischen Wertigkeit. Insbesondere bei der Inanspruchnahme von Obstwiesen, aber auch von Gehölzen und Wald, ist allerdings davon auszugehen, dass auch ökologisch höherwertige Strukturen für eine bauliche Nutzung überplant werden.

Bei der Betrachtung der Umweltauswirkungen spielen nur bei einer knappen Hälfte der befragten Kommunen der Tier-, Pflanzen- und Artenschutz sowie auch die Schutzgüter Boden und Wasser eine Rolle (Abb. 6). Hervorzuheben ist, dass demgegenüber in mehr als der Hälfte der untersuchten Bebauungspläne keine Auseinandersetzung mit den Umweltbelangen im Sinne des § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB stattgefunden hat.

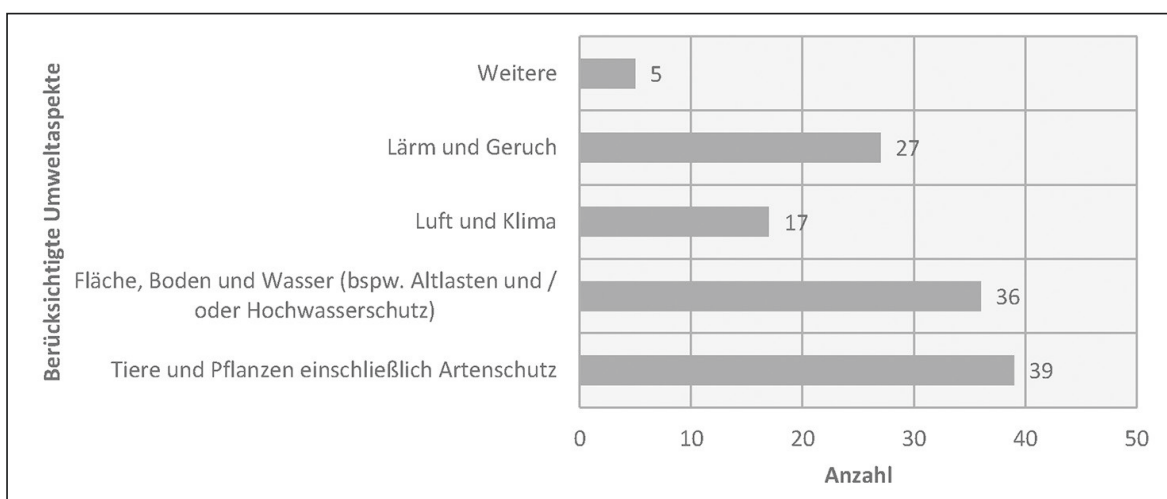


Abb. 6: Umweltaspekte, die in Verfahren nach § 13b BauGB berücksichtigt wurden. Mehrfachnennungen (Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Online-Befragung)

## 2.4 Die Eingriffsregelung in Verfahren nach § 13b BauGB

Gut die Hälfte der Umfrage-Teilnehmer hat angegeben, bei der Planaufstellung nach § 13b BauGB keine Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen zur Reduzierung entsprechender Eingriffe in Naturhaushalt und Landschaftsbild berücksichtigt zu haben. Tatsächlich wird als großer Vorteil des § 13b BauGB angesehen, dass auf eine externe Kompensation mit den dafür erforderlichen kostenintensiven Flächenkäufen verzichtet werden kann. Zwar könnten die dafür entstehenden Kosten auf die künftigen Eigentümer umgelegt werden, dies jedoch stände im Widerspruch zu dem Ziel, kostengünstiges Bauland anzubieten.

## 2.5 Kommunale Gesamteinschätzung des § 13b BauGB

Als Hauptgrund für die Anwendung des § 13b BauGB wurde von kommunaler Seite die Vorteilhaftigkeit des einfacheren und schnelleren Verfahrens insgesamt herausgestellt (Abb. 7). Die Umfrageteilnehmer gaben in ihrer Gesamteinschätzung zur Anwendung des § 13b BauGB in großer Mehrheit an, dass aus ihrer Sicht die Vorteile des Verfahrens überwiegen, weshalb sie die entsprechenden Regelungen auch bei künftigen Bebauungsplanverfahren anwenden wollen. Gleichwohl wäre die Baulandschaffung in den meisten der untersuchten Fälle auch im Regelbebauungsplanverfahren möglich gewesen – unter Einhaltung der umweltfachlichen Standards sowie bei Anwendung der Eingriffsregelung und ohne wesentliche soziale Folgen aufgrund von Wohnungsengpässen.

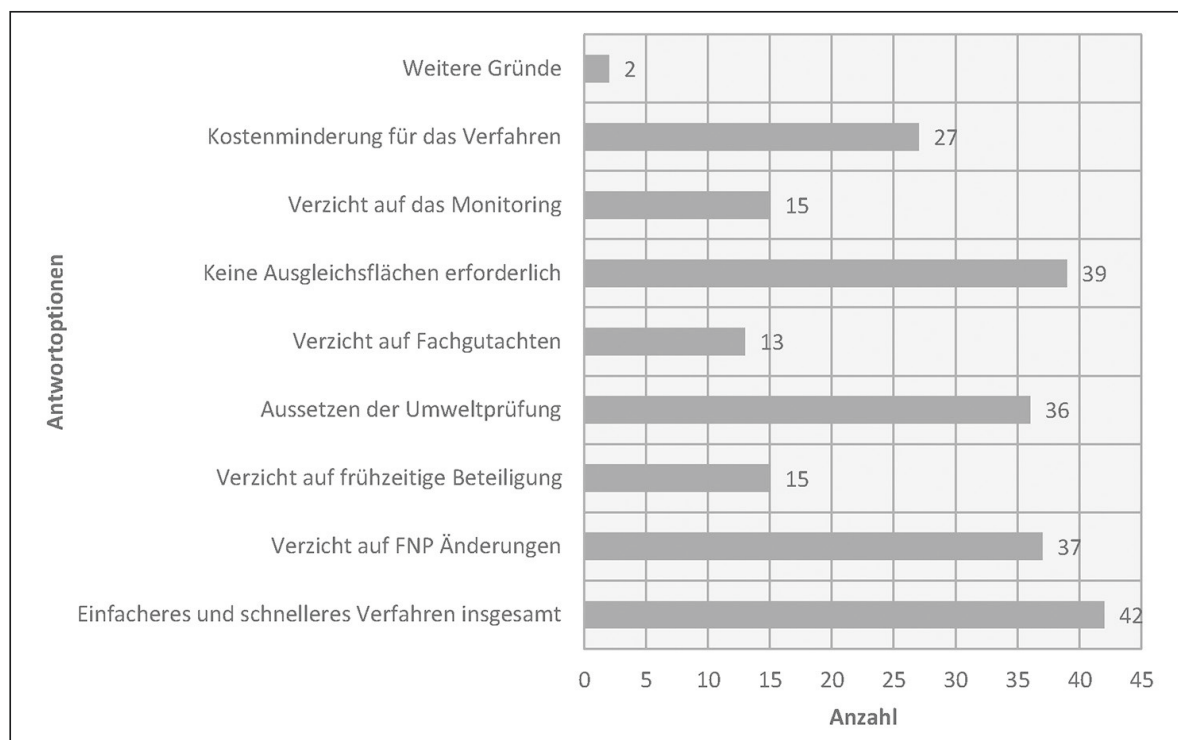


Abb. 7: Verfahrensgründe für die Anwendung des § 13b BauGB (Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Online-Befragung)



### 3 Fazit und Empfehlungen

**Die mit Einführung des § 13b BauGB verbundene Zielsetzung – die vermehrte Ausweisung von Wohnbauland in Kommunen mit besonders großem Wohnungs- und Wohnbauflächenbedarf – wird nicht erreicht.**

Die Regelungen werden überwiegend von kleinen und kleinsten Landgemeinden angewendet. Der Wohnungsbedarf in Wachstumsregionen lässt sich mit den geringen zulässigen Flächengrößen des § 13b BauGB nicht annähernd decken. Eine Linderung der Wohnungsnot in Ballungsgebieten erfolgt daher durch Anwendung des § 13b kaum. Große Kommunen verfolgen andere Strategien des Bauplanungsrechts, um Wohnbauland zu schaffen. Insoweit scheint es eher zielführend, das Instrumentarium des Besonderen Städtebaurechts, insbesondere der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme zur Verbesserung der Wohnungsversorgung in (zurzeit) wachsenden Stadtregionen, hinsichtlich etwaiger Optimierungsmöglichkeiten zu untersuchen.

**Die Planungen nach § 13b BauGB erhöhen den Flächenverbrauch.**

§ 13b BauGB wird vor allem für die Entwicklung von kleineren Einfamilienhausgebieten im ländlichen Raum genutzt. Bei der Entwicklung dieser Flächen werden die Prinzipien einer sparsamen und effektiven Flächennutzung oftmals nicht beachtet und den Festsetzungen eher große Grundstücke zugrunde gelegt. Die Anwendungen des § 13b BauGB stehen in diesen Fällen der Bodenschutzklausel gemäß § 1a Abs. 2 BauGB entgegen, ohne dass dies zu sozialen oder städtebaulichen Vorteilen führen würde.

**Wesentliche Elemente zur Sicherung der materiellen und prozessualen Qualität der Bebauungsplanung werden mit dem Verzicht auf Umweltprüfung und Eingriffsregelung außer Kraft gesetzt.**

Naturschutzfachlich sind viele der untersuchten Planfälle aufgrund der ökologisch bedeutsamen Vornutzung kritisch einzuschätzen. Mit dem Verzicht auf die Eingriffsregelung entfällt die Kompensation dieser Lebensräume. Das Vermeidungs- und Minderungsgebot wird mit dem Verweis auf die Kleinflächigkeit der Vorhaben ausgesetzt. Zur Unterstützung insbesondere kleinerer Gemeinden wäre eine Vereinfachung durch Standardisierung bestimmter umweltbezogener Teile der Planung (ohne Verzicht auf Umweltbericht und Ausgleich) bei Einzelplanflächen < 2 ha daher aus Sicht der Autoren zielführender.

**Keine Verlängerung oder mögliche Verstetigung des § 13b BauGB!**

Mit dem Gesetz zur Mobilisierung von Bauland (Referentenentwurf des BMI vom 09.06.2020) wird eine Verlängerung der Anwendungsfrist des § 13b BauGB bis zum 31.12.2022 diskutiert. Die angedachte Verlängerung ist vor dem Hintergrund der ermittelten Ergebnisse nicht nachvollziehbar: Vorhaben nach § 13b leisten keinen essentiellen

Beitrag zur Minderung der Wohnungsnot und erhöhen den Flächenverbrauch zu Ungunsten von potenziell hochwertigen Freiraumstrukturen.

Im Falle einer verlängerten Anwendungsfrist ist die Anwendbarkeit so einzuschränken, dass grundsätzlich nur Flächen entwickelt werden dürfen, die in einem ab dem 20. Juli 2004 – also nach Umsetzung der Richtlinie 2001/42/EG über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme (SUP-Richtlinie), nach der bei Neuaufstellungen eines FNP eine Umweltprüfung erforderlich ist – unter dem neuen Rechtsregime entwickelten Flächennutzungsplan bereits als (Wohn)Baufläche dargestellt sind, für die eine Auseinandersetzung mit den Umweltbelangen im Sinne des § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB stattgefunden hat und denen andere öffentlich-rechtliche Belange nicht entgegenstehen. Darüber hinaus zeigen die Befunde der Stichprobenuntersuchung auch, dass ein schleicher Prozess der möglichen Verstärkung der Regelungen des § 13b BauGB unbedingt verhindert werden muss, um weitergehende negative Umweltauswirkungen zu vermeiden.

## 4 Literatur

Frerichs, S.; Groth, K.-M.; Hamacher, Prenger-Berninghoff, K.; Simon, A.; Witte, A. (2020): Qualitative Stichprobenuntersuchung zur kommunalen Anwendung des § 13b BauGB. Ergänzungsbericht zur Evaluierung der praktischen Anwendung der neuen Regelungen der BauGB-Novellen 2011/2013 zur Förderung einer klimagerechten und flächensparenden Siedlungsentwicklung durch die kommunale Bauleitplanung anhand von Fallstudien Hrsg. Umweltbundesamt.  
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/qualitative-stichprobenuntersuchung-zur-kommunalen> (Zugriff: 29.05.2020).

Gesetz zur Mobilisierung von Bauland. Referentenentwurf Stand 11.06.2020.  
[https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/DE/baulandmobilisierungsgesetz.html;jsessionid=ABBA2814E233D9F09F3917955A99FF12.2\\_cid373](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/DE/baulandmobilisierungsgesetz.html;jsessionid=ABBA2814E233D9F09F3917955A99FF12.2_cid373) (Zugriff: 15.06.2020).

Hartl, J. (2020): § 13b BauGB – B-Plan der Innenentwicklung im Außenbereich.  
<https://www.stadtgrenze.de/s/bbg/2017/13b.htm> (Zugriff: 29.05.2020).

Schmauck, S.; Tautenhahn, C. (2019): Berücksichtigung von Umweltwirkungen im Rahmen der Aufstellung von Bebauungsplänen nach § 13b BauGB zur Erleichterung des Wohnungsbaus im Außenbereich“. In: Natur und Landschaft, Ausgabe 08/2019.





# Landwirtschaftlicher Flächenverlust – Auswirkungen auf Agrarstruktur und Bodenpreise

*Jobst Jungehülsing*

## Zusammenfassung

Eine nachhaltige Wirtschaftsweise ist eine Verpflichtung für die deutsche Landwirtschaft. Sowohl für die Lebensmittel- als auch für die Energieproduktion benötigt unsere Landwirtschaft Produktionsflächen. Ohne Landwirtschaft kann die Ernährung der Weltbevölkerung nicht sichergestellt werden. Damit die Landwirtschaft diesen Auftrag erfüllen kann, ist sie auf eine ausreichende und verfügbare Ressource „Boden“ angewiesen. Grund und Boden sind jedoch Ressourcen, die nicht beliebig vermehrbar sind. Das Reduzieren von landwirtschaftlichen Flächenverlusten ist daher nicht nur aktiver Natur- und Umweltschutz. Es ist vielmehr Grundvoraussetzung für einen lebenswichtigen Teil der Wirtschaft.

**Schlagnvorte:** Flächenverlust, Umwidmung, Bodenpreis

## 1 Landwirtschaftlicher Flächenverlust in Deutschland

Weltweit nehmen die nutzbaren Agrarflächen um etwa 10 Millionen Hektar pro Jahr ab. Auch in Deutschland nimmt die zur Verfügung stehende Landwirtschaftsfläche Tag für Tag ab. Ein wichtiges Instrument der Bundesregierung wertvolle Agrarflächen zu erhalten, ist die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Hierin ist festgehalten, dass die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke bis zum Jahr 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag gesenkt werden soll. Dies bedeutet, dass die aktuelle Flächennutzung (Abb. 1) zukünftig deutlich weniger zulasten der Agrarfläche verändert wird.

In den letzten 26 Jahren sind in Deutschland 1,35 Mio. ha für die landwirtschaftliche Nutzung verloren gegangen (Abb. 2). Diese Abnahme entspricht ca. 85 % der gesamten Landesfläche Schleswig-Holsteins (1,58 Mio. ha)!

Langfristig wird eine Flächenkreislaufwirtschaft angestrebt. Das bedeutet: Perspektivisch soll in der Summe überhaupt keine zusätzliche Fläche mehr für Siedlungs- und Verkehrszwecke in Anspruch genommen werden. Auch im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung wird betont, wie wichtig die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme ist. Flächenverluste zulasten der Landwirtschaft gehen häufig mit Versiegelung einher. Diese macht Böden undurchlässig für Niederschläge und zerstört die natürlichen Bodenfunktionen, zu denen auch die klimawirksame Speicherung von Kohlenstoff gehört.

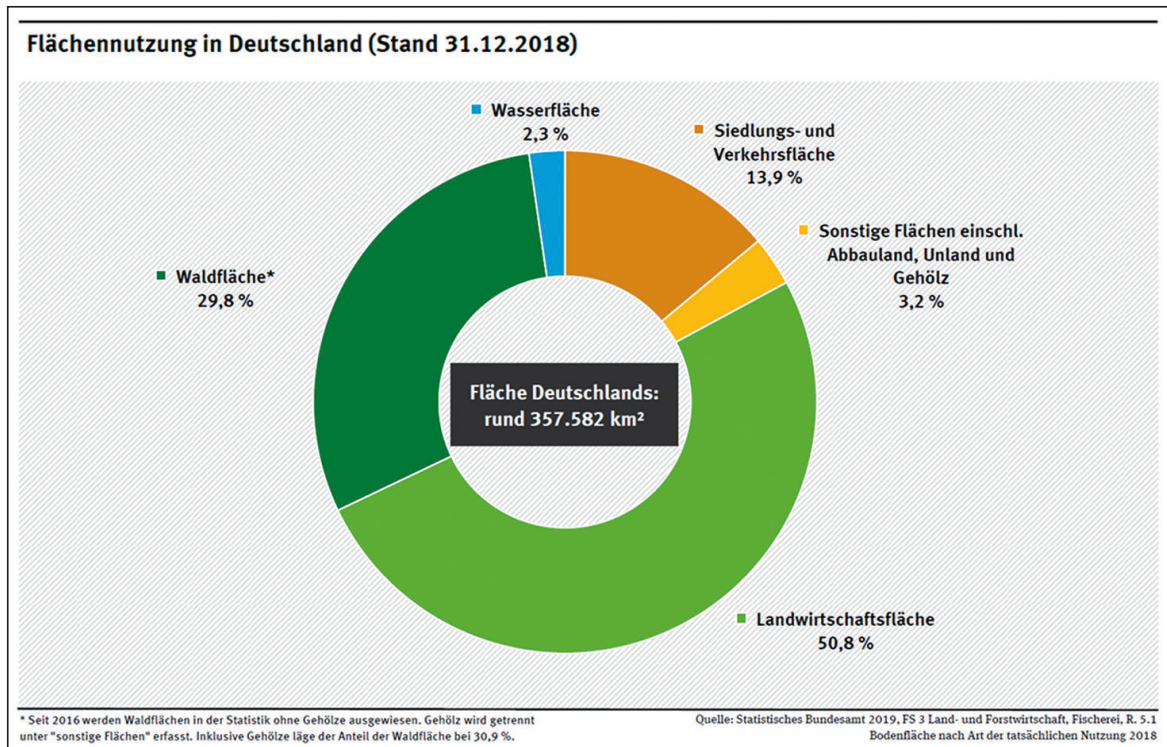


Abb. 1: Flächennutzung in Deutschland nach Hauptkategorien 2018 (Quelle: siehe Abb.)

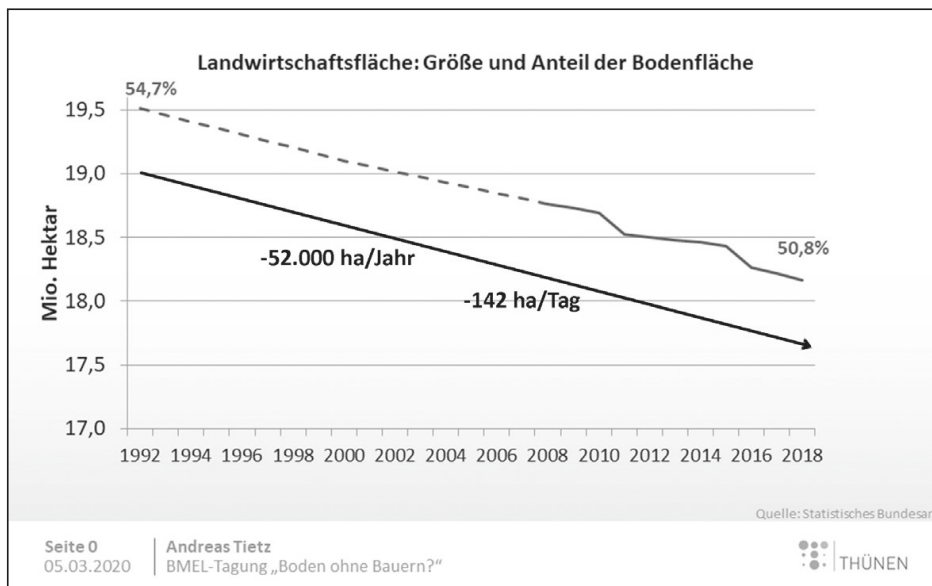


Abb. 2: Entwicklung der Landwirtschaftsfläche in Deutschland von 1992 bis 2018 (Quelle: siehe Abb.)

Die Daten des Statistischen Bundesamtes belegen, dass Deutschland bei der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf dem richtigen Weg ist. Der Flächenverbrauch für Siedlungs- und Verkehrszwecke lag in den ersten Jahren nach der Jahrtausendwende noch deutlich über 100 Hektar pro Tag. Seit 2005 ist ein rückläufiger Trend zu beobachten. Zuletzt lag der Wert bei rund 58 Hektar (Durchschnitt der Jahre 2014 bis 2017). Aus

Sicht der Bundesregierung sind jedoch auch diese 58 Hektar noch zu viel. Ziel muss eine schnellstmögliche weitere Absenkung landwirtschaftlicher Flächenverluste sein. Hier sind also noch weitere Anstrengungen erforderlich.

Dabei ist zu bedenken, dass Siedlungs- und Verkehrsflächen nur einen Teil der Umwandlungen von Agrarflächen darstellen. Hierzulande werden jeden Tag über 140 Hektar Agrarfläche in andere Nutzungen umgewandelt. Typische Beispiele für die Umwandlung in eine andere Nutzung sind:

- Siedlungs- und Verkehrsfläche,
- Infrastrukturvorhaben und erneuerbare Energien,
- Naturschutz einschließlich Flächen für Kompensationsmaßnahmen,
- Aufforstungen und
- Gewässerausdehnung.

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) setzt sich dafür ein, landwirtschaftliche Flächenverluste soweit wie möglich zu reduzieren und langfristig gänzlich zu vermeiden. Idealerweise sollte die vorhandene landwirtschaftliche Fläche vollständig und nutzbar erhalten werden.

Da die Zuständigkeiten für konkrete Entscheidungen meist bei anderen Akteuren liegen, setzt sich das BMEL vor allem bei der EU, innerhalb der Bundesregierung sowie gegenüber den Ländern für eine deutliche Reduzierung landwirtschaftlicher Flächenverluste ein. Dies betrifft insbesondere folgende rechtliche Regelungen:

- das Raumordnungsrecht (z. B. das Bundesraumordnungsgesetz, Landesplanungsgesetze der Länder),
- das Städtebaurecht (vor allem das Baugesetzbuch des Bundes),
- das Naturschutzrecht (z. B. das Bundesnaturschutzgesetz) oder
- das Landwirtschaftliche Grundstücksverkehrsrecht der Länder.

## **2 Umwandlung landwirtschaftlicher Flächen zum Ausgleich von Eingriffen in Natur und Landschaft**

Nicht nur durch den Bau von Siedlungs- und Verkehrsprojekten nimmt die Landwirtschaftsfläche ab. Auch Kompensationsmaßnahmen nach dem Naturschutzrecht tragen dazu bei, dass wertvolle Flächen der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen werden. Um die landwirtschaftlichen Flächen für die Erzeugung von Lebensmitteln und Bioenergie zu erhalten und gleichzeitig den Naturschutzbelangen gerecht zu werden, müssen die sich bietenden Möglichkeiten des Bundesnaturschutzgesetzes konsequent ausgeschöpft werden.

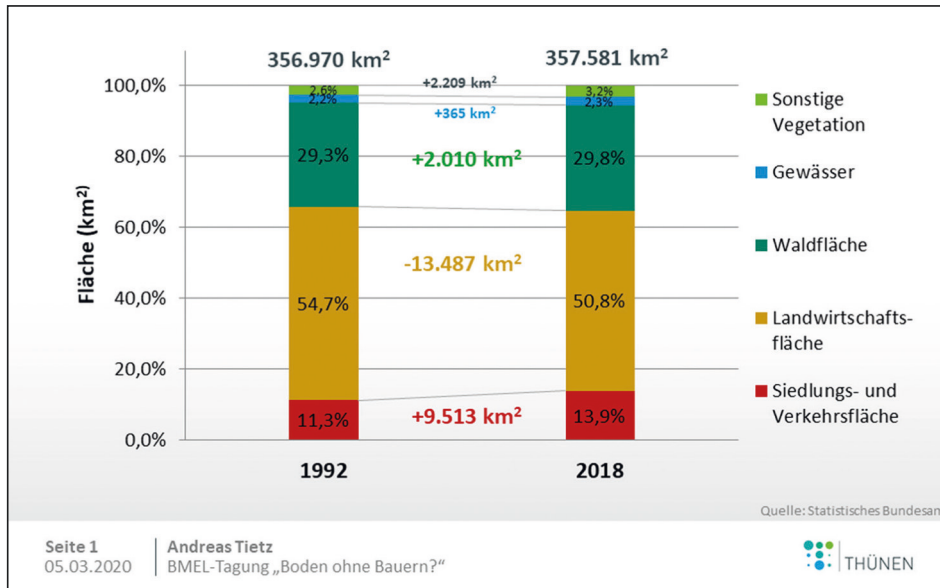


Abb. 3: Flächennutzung in Deutschland nach Hauptkategorien 1992 und 2018  
(Quelle: siehe Abb.)

Dazu zählt unter anderem die Konzentration von Kompensationsmaßnahmen auf bestimmte Flächen – zum Beispiel durch Aufwertung bereits bestehender Flächen für den Naturschutz. Auch soll eine ökologische Aufwertung von Flächen als Kompensationsmaßnahme nicht gleichbedeutend mit Nutzungseinschränkungen sein. Das BMEL setzt sich für intelligente und einzelfallgerechte Kompensationsmaßnahmen ein. Viele Beispiele in der Praxis zeigen, dass die Belange von Naturschutz sowie Land- und Forstwirtschaft dabei gut miteinander verbunden werden können, etwa in Form sogenannter produktionsintegrierter Kompensationsmaßnahmen (PiK).

Ein Beispiel für eine stärkere Verzahnung von Naturschutz und Landwirtschaft ist die Erarbeitung einer Bundeskompensationsverordnung, die im Koalitionsvertrag für die 19. Wahlperiode des Deutschen Bundestages vereinbart wurde. Wesentliche Anliegen des BMEL sind hier:

- die verstärkte Berücksichtigung agrarstruktureller Belange bei der Festsetzung von Kompensationsmaßnahmen,
- die Schonung landwirtschaftlicher Flächen sowie
- der Vorrang von Maßnahmen zur Entsiegelung und Wiedervernetzung von Lebensräumen, von Bewirtschaftungs- und Pflegemaßnahmen sowie produktionsintegrierter Kompensationsmaßnahmen vor der Umwandlung landwirtschaftlicher Fläche.

### 3 Auswirkungen auf die Bodenpreise

Die landwirtschaftlichen Flächenverluste reduzieren das Angebot verfügbarer Agrarflächen stetig. Gleichzeitig nimmt die Nachfrage nach diesen Flächen zu. Nicht nur Landwirte suchen Flächen zur Bewirtschaftung, auch Investoren interessieren sich zunehmend für Agrarimmobilien als alternative Renditeobjekte. Dies führt zu einem starken Anstieg der Kauf- und Pachtpreise landwirtschaftlicher Flächen. So fällt es den landwirtschaftlichen Betrieben immer schwerer, die steigenden Preise zu erwirtschaften.

Ziel des BMEL ist, dass sich landwirtschaftliche Betriebe ihre Flächen leisten können. Hierfür sind die Vermeidung von Bodenspekulation, der Schutz vor Preismissbrauch und der Vorrang für Landwirte zentrale Stellschrauben. Es ist Aufgabe des landwirtschaftlichen Grundstücksverkehrsrechts, diese Anforderungen umzusetzen. Zuständig sind hierfür die Bundesländer. Der Bund unterstützt die Länder, einen zeitgemäßen Rechtsrahmen zu schaffen.

Forschungsprojekte zum Bodenmarkt schaffen die wissenschaftlichen Grundlagen für agrarpolitische Entscheidungen. Das BMEL koordiniert diese Projekte, von denen beispielsweise auch die Länder profitieren. Außerdem ist mit den land- und forstwirtschaftlichen Flächen im Besitz des Bundes ein verantwortungsvoller Umgang erforderlich. Hier sorgt das BMEL dafür, dass bei der Privatisierung der bundeseigenen Flächen die Belange der Landwirtschaft berücksichtigt werden.

### 4 Literatur

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020a): Flächennutzung und Bodenmarkt.

[https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/flaechennutzung-und-bodenmarkt/flaechennutzung-und-bodenmarkt\\_node.html](https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/flaechennutzung-und-bodenmarkt/flaechennutzung-und-bodenmarkt_node.html) (Zugriff: 04.05.2020).

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020b): Landwirtschaftliche Flächenverluste.

<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/flaechennutzung-und-bodenmarkt/flaechenverluste-landwirtschaft.html> (Zugriff: 24.01.2020).

Tietz, A. (2020): Verluste an Agrarfläche: Worum geht es und was kann getan werden? Vortrag auf der BMEL-Tagung „Boden ohne Bauern?“ am 05.03.2020 in Berlin.



# Flächenmanagement





# Herausforderungen eines strategischen Flächenmanagements aus Sicht der Kommunen

*Timo Munzinger*

## Zusammenfassung

Integrierte Stadtentwicklung findet ihren Niederschlag in den unterschiedlichsten Ansprüchen an Fläche. Die Konkurrenz der Nutzungsansprüche hat sich in den letzten Jahren deutlich verschärft. So stehen zum Beispiel Wohnen oder soziale Infrastruktur als Nutzungsarten oft mit gewerblicher Nutzung im Wettbewerb um die Flächen. Wohnen und Gewerbe wiederum rivalisieren mit dem ebenfalls erforderlichen Freiraum. Diese konkurrierenden Nutzungsansprüche setzen zwingend voraus, dass Städte sich über die strategischen Ziele der Stadtentwicklung verständigen und ihr Handeln daran orientieren. Strategisches Flächenmanagement und strategische Stadtentwicklung bedingen sich wechselseitig. Nur in dieser Verbindung können die Städte Zielkonflikte lösen und den vielfältigen und wachsenden Anforderungen gerecht werden, die an sie gestellt werden.

Schlagworte, wie Globalisierung und Internationalisierung, Klimawandel und Umweltkonflikte, Demografischer Wandel sowie Heterogenisierung und soziale Polarisierung der Gesellschaft, enge Vorgaben zur Nachhaltigkeit bei der Flächeninanspruchnahme (30-Hektar-Ziel), skizzieren neben immer weniger werdenden finanziellen Spielräumen die aktuellen Herausforderungen, vor denen die Städte heute stehen.

Der Deutsche Städtetag beschäftigt sich daher kontinuierlich mit dem Thema „Strategisches Flächenmanagement“ und veröffentlicht regelmäßig Handlungsempfehlungen, Positionspapiere und Beschlüsse. Die nachstehenden Textbausteine sind aus den jeweiligen Veröffentlichungen entnommen (DST 2014; DST 2017).

**Schlagworte:** Flächenmanagement, Kommune, Bodenpolitik, Instrumente, Handlungsempfehlungen

## 1 Aktuelle Herausforderungen

Eine Vielzahl von Trends wirken auf die Gesellschaft, die Wirtschaft, die Umwelt und jeden Einzelnen. Aus den Auswirkungen dieser Trends resultieren Herausforderungen für den urbanen Raum als Lebens- und Wirtschaftsraum, mit denen die Stadtplaner adäquat umgehen müssen. Die im Folgenden dargestellten Trends sind notgedrungen allgemein gehalten. Gemeinsam ist ihnen, dass sie ihren Niederschlag im Flächenbedarf haben. Die jeweiligen lokalen Verhältnisse können von Stadt zu Stadt sehr unterschiedlich sein.

- Die Auswirkungen der **Corona-Pandemie** sind noch weitgehend offen. Es zeichnet sich allerdings schon jetzt ab, dass die Veränderungen des Mobilitäts-, Freizeit- und Konsumverhaltens deutliche Auswirkungen auf die Flächennutzung haben werden. Ebenso werden die ökonomischen Folgen – trotz Konjunkturpaket des Bundes – die Handlungsfähigkeit der Städte stark einschränken.
- Die **Haushaltssituation** ist je nach Stadt sehr unterschiedlich. Nicht nur aufgrund der Corona-Pandemie ist insgesamt aber mit keiner Entspannung zu rechnen. Die Handlungsfähigkeit einzelner Kommunen ist bereits jetzt stark eingeschränkt. In Einzelfällen kann dies zur Folge haben, dass anspruchsvolle Flächen mit hohem Entwicklungsaufwand nicht im Sinne einer nachhaltigen und integrierten Stadtentwicklung aufbereitet und einer neuen Nutzung zugeführt werden können.
- Der **Flächenknappheit** in zahlreichen Städten lässt sich nur durch effiziente Nutzung der vorhandenen Flächen und wirksames Flächenmanagement begegnen. Selbst Städte mit rechnerischem Flächenüberschuss aufgrund von (altindustriellen) Brachen können ebenfalls von faktischer Flächenknappheit betroffen sein, da die Finanzen zur Revitalisierung der Brachen nicht vorhanden sind, unbeplante Flächen jedoch nicht zur Verfügung stehen.
- Die **Globalisierung** der Märkte und Internationalisierung der Wirtschaft führen nicht nur unmittelbar zu Mehrbedarf an Gewerbe- oder Industrieflächen, sondern auch zu einem neuen Arbeitertypus mit hohen Ansprüchen an ein urbanes Arbeits- und Wohnumfeld. Wohnbauflächen konkurrieren daher mit Gewerbeflächen, Grünflächen und Sondergebieten für Versorgung und Einrichtungen für Bildung, Soziales und Gesundheit.
- Die **Multilokalität** als Lebensmodell wird durch die Corona-Pandemie in Frage gestellt. Ob die derzeitige räumliche Beschränkung dauerhaft zu einer anderen Flächennutzung führt, ist derzeit noch nicht absehbar. Denkbar wäre sowohl eine Stärkung des lokalen Bezuges (des Quartiers) als auch eine neue Multilokalität, die sich auf weniger Standorte fokussiert. Eine Umkehr der veränderten Raumanprüche sowie der erhöhten Anforderungen an die raum-zeitliche Überbrückung von Distanzen ist derzeit noch nicht zu erwarten.
- Der **Klimawandel** betrifft die Städte in allen Bereichen. Zielkonflikte hinsichtlich der Inanspruchnahme von Flächen werden bei dieser Herausforderung unmittelbar erkennbar. So steht die kompakte Innenentwicklung mit ihrem geringeren Flächenverbrauch im Widerspruch zum ebenfalls erforderlichen Freiraumschutz (Frischluftschneisen). Die räumlichen Beschränkungen durch die Corona-Pandemie haben die Nachfrage nach wohnortnahen Grün- und Erholungsflächen verstärkt. Kompakte Innenentwicklung (gegenüber großflächiger Außenentwicklung), angemessene Begrünung und Vorrang für den Fahrrad-, Fuß- und öffentlichen Verkehr sind daher planerische Ansätze, die schwierig miteinander in Einklang zu bringen sind.

- **Brachfallende Großliegenschaften bzw. Großimmobilien** sind eine weitere Herausforderung unter dem Aspekt des strategischen Flächenmanagements. Aus aktuellem Anlass stehen innerstädtische Liegenschaften besonders im Fokus. Zum Teil handelt es sich bei diesen Immobilien um sehr große und monofunktionale bauliche Strukturen, die nur schwer einer neuen Nutzung zuzuführen sind. Stehen diese Flächen in privatem Eigentum, stellt sich für die Kommune die Frage nach der Einflussmöglichkeit auf die weitere Entwicklung. Ein Ankauf mit den damit verbundenen Kosten scheidet angesichts der Haushaltslage der meisten Kommunen in der Regel aus – sollte aber dennoch Ziel sein.

## 2 Instrumente und Lösungsansätze

Flächenmanagement ist ein integraler strategischer Handlungs- und Steuerungsansatz für sämtliche Flächen und Flächenarten in einer Stadt zur Optimierung der Bereitstellung und Verteilung der verfügbaren Flächen im Sinne der Daseinsvorsorge und der Flächenkreislaufwirtschaft. Es berücksichtigt die Anforderungen, die aus den Zielen der Stadt- und Freiraumentwicklung resultieren, innerhalb der Leitplanken begrenzter Ressourcen.

Der ganzheitliche Ansatz strebt den Ausgleich zwischen konkurrierenden Ansprüchen an die Gesamtheit vorhandener Flächen an, die sich aus der Realisierung sowohl städtebaulicher wie auch naturschutzfachlicher und freiräumlicher Planungsabsichten zur Umsetzung sozialer, ökologischer und wirtschaftlicher Ziele ergeben.

Nachstehend folgen einige ausgewählte Instrumente und Lösungsansätze, um ein strategisches Flächenmanagement umzusetzen.

### 2.1 Flächeninformationssystem und Monitoring

Flächeninformationssysteme geben Antworten auf Fragen wie „Wo gibt es welche Flächenreserven in welchem Umfang?“ und „Wie verändert sich die Raum- und Flächennutzung?“. Solche Systeme stellen damit grundlegende Informationsquellen für die strategische Ausrichtung zukünftiger Flächennutzungen dar. Generell ist unter einem Flächeninformationssystem die systematische Aufbereitung und Bereitstellung von Planungsdaten auf der Basis von Sekundärnutzungen vorhandener Verwaltungsdaten (ergänzt um sozioökonomische Daten) zu verstehen. Ein Informationssystem sollte z. B. Aussagen ermöglichen über die

- tatsächliche Nutzung von Flächen,
- geplante zukünftige Nutzung von Flächen,
- Veränderungen in den Flächennutzungen,
- Belastungen von Flächen (z. B. Altlasten, Lärm),
- Konversionsflächen, Baulandpotenziale, Baulücken,
- Fehlentwicklungen bei der Flächeninanspruchnahme.

Das Flächeninformationssystem sollte Teil eines gesamtstädtischen Informationssystems bzw. eines Monitorings zur Stadtentwicklung sein, auf dessen Basis den Entscheidungsträgern in Rat und Verwaltung die für strategische Entscheidungen notwendigen Informationen bereitgestellt werden.

## 2.2 Flächenentwicklungsmanagement

Eine aktive Flächenentwicklung im Bestand bedeutet, regelmäßig die Verlagerung von Nutzungen an einen neuen Standort, die dafür erforderliche Entwicklung und Aufbereitung von Flächen am Neustandort, die städtebauliche Vorbereitung der gewünschten Nachnutzung, die Freilegung des Grundstücks bzw. Umbau der bestehenden Bausubstanz, veränderte Bodenordnung und Erschließung der Grundstücke am Altstandort zu organisieren.

Insbesondere komplexe Stadtumbauprozesse erfordern dafür eine enge Verzahnung von privaten und öffentlichen Leistungsbestandteilen durch ein geeignetes Prozessmanagement, um einen Projekterfolg für alle Beteiligten sicherzustellen. Öffentliche und private Partner arbeiten dabei die vielfältigen städtebaulichen, rechtlichen, wirtschaftlichen und terminlichen Abhängigkeiten von Stadtumbauprozessen und den damit verbundenen Regelungsbedarf häufig in städtebaulichen Verträgen auf oder gehen öffentlich-private Partnerschaften ein. Können städtebauliche Zielvorstellungen auf diese Weise nicht realisiert werden und sind die rechtlichen Voraussetzungen gegeben, kann auf die Instrumente des Besonderen Städtebaurechts zurückgegriffen werden.

Operatives Flächenmanagement stellt somit einen adäquaten Ansatz für beabsichtigte städtebauliche Neuordnung in komplexen Lagen dar. Allerdings ist hierfür ein Perspektivwechsel zu einer nachhaltigeren, „bewirtschaftenden Sichtweise“ auf die aktuelle Bodennutzung und den Siedlungsbestand angezeigt. Dies kann einerseits zu einer stärkeren Berücksichtigung der immobilienwirtschaftlichen Realisierbarkeit vorgesehener baulicher Nutzungen in städtebaulichen Konzepten beitragen, andererseits strategisch die Nutzung von Markttrends für Ziele der Stadtentwicklung unterstützen. Dafür ist die immobilienwirtschaftliche und stadtwirtschaftliche Expertise auf Seiten der Kommunen zu stärken und diese Kompetenz systemisch bereits in die Stadtentwicklungsplanung einzubringen.

## 2.3 Baulandbeschlüsse

Ein Baulandbeschluss bietet die Möglichkeit, die von zusätzlich geschaffenem Baurecht begünstigten Eigentümer bzw. Investoren im Rahmen von städtebaulichen Verträgen an den Kosten und Aufwendungen zu beteiligen. Auch die Übernahme von bereits entstandenen Kosten der Stadt ist möglich. Zu beachten ist aber stets das Koppelungsverbot sowie das Erfordernis der Kausalität. Außerdem müssen vereinbarte Leistung und

Gegenleistung angemessen sein. Dadurch können finanzielle Lasten zwischen Kommune und Planungsbegünstigten gerecht verteilt, die kommunalen Haushalte vor untragbaren (Vor-)Finanzierungslasten bewahrt und eine zügige Umsetzung von privaten Stadtentwicklungsprojekten gewährleistet werden.

Eine Vielzahl von Städten hat ihre baulandpolitischen Grundsätze in einem Baulandbeschluss verbindlich festgelegt und einheitliche politische Maßgaben insbesondere zur Baulandbereitstellung und -umwidmung, zur Finanzierung der durch die Schaffung von Baurecht ausgelösten Kosten, zur Sicherstellung von Kontingenten für den geförderten Wohnungsbau sowie zur Qualitätssicherung gefasst.

Einzelne Städte haben in ihrem Baulandbeschluss auch städtebauliche, grünordnerische und energetische Mindeststandards im Sinne einer guten planerischen Praxis bestimmt. Sie umfassen beispielsweise die Sicherstellung einer Wohnungsquote insbesondere bei innerstädtischen Bauprojekten, die Entrichtung einer Ersatzzahlung für umgewidmete Gewerbeflächen, die Sicherstellung einer Bauträgervielfalt bei größeren Wohnungsbauprojekten oder die Berücksichtigung von Baugemeinschaften. Darüber hinaus werden verbindliche ökologische Standards zur Grünausstattung und Begrünung, zur Höhe der Erdüberdeckung von Tiefgaragen, zur Breite von Gewässerrandstreifen ab Böschungsoberkante oder zur Unterschreitung der Energieeinsparverordnung festgelegt.

## 2.4 Kommunale Bodenwirtschaft

Die Städte sind in der Regel die größten Grundeigentümer in ihrem Stadtgebiet. Auch wenn Infrastrukturflächen, Verkehrsflächen, Ver- und Entsorgungsanlagen oder öffentliche Gebäude und Anlagen primär nicht disponibel sind, besitzen städtische Akteure doch Einfluss am Grundstücksmarkt. Um diese Rolle wirksam auszufüllen, bedarf es einer vorausschauenden Bodenpolitik. Ein Erwerb bei bereits konkreten Planungsabsichten heizt den Grundstücksmarkt an und wirkt damit preistreibend. Daher ist ein Grunderwerb im Sinne einer vorausschauenden Bodenbevorratung die langfristig erfolgreichere Strategie. Diese Langfristigkeit erfordert eine über Generationen und Politikzyklen hinausreichende Denk- und Handlungsweise.

Da jedoch in immer mehr Kommunen die finanziellen Spielräume für Flächenankäufe kaum noch vorhanden sind, wird die kommunale Steuermöglichkeit zunehmend eingeschränkt. Hier sind neue Wege erforderlich, den Kommunen Spielräume für Flächenankäufe zu schaffen und damit unerwünschte Entwicklungen zu verhindern und eine nachhaltige Stadtentwicklungspolitik zu fördern. Strategische Bodenvorratspolitik kann dabei nicht unter ausschließlich monetären Aspekten betrachtet werden, sie ist Teil der allgemeinen Daseinsvorsorge. Solange das städtische Grundvermögen sowie dessen Erwerb und Verkauf vornehmlich unter Haushaltsgesichtspunkten abgehandelt werden, ist ein Flächenmanagement mit dem Ziel der Stadtentwicklung und Daseinsvorsorge

nur eingeschränkt umsetzbar. Eine Lösungsmöglichkeit wäre ein (kommunaler) Grundstücksfonds, der bei entsprechender Kapitalausstattung in der Lage ist, Flächen aufzukaufen, aufzubereiten und zu Marktpreisen wieder zu veräußern. Dabei können die planerischen Ziele vertraglich festgelegt werden.

Gezielte Steuerung setzt voraus, dass Kommunen über Eingriffsmöglichkeiten verfügen. Nur dann können leerstehende, untergenutzte oder verfallende Immobilien privater Eigentümer zielgerichtet einer neuen Nutzung zugeführt werden. Beispielsweise könnte der Bund bei der Fortentwicklung des Planungsrechts die entschädigungslose Rücknahme von Baurechten erleichtern sowie das Vorkaufsrecht der Städte stärken.

### **3 Handlungsempfehlungen an die Städte**

Die zuvor dargestellten Lösungsansätze deuten an, welche Wege die Städte bereits gehen. Die folgenden Ausführungen skizzieren daher die wesentlichen Elemente von strategischem Flächenmanagement und Bodenwirtschaft, ohne alle Lösungsansätze zu wiederholen.

1. Strategischer Umgang mit Fläche setzt vielfältige Informationen voraus. Ein Flächeninformationssystem bündelt alle relevanten Daten auf einer geeigneten Plattform. Idealerweise ist das Flächeninformationssystem Bestandteil eines gesamtstädtischen Monitorings zur Stadtentwicklung.
2. Konsequente Innenentwicklung verlangt ein strategisches und operatives Flächenentwicklungsmanagement. Innenentwicklung ist vielfach kein Selbstläufer. Systematische Ansätze eines operativen Flächenmanagements im Sinne einer Kreislaufwirtschaft umfassen alle Ebenen des Prozesses bis hin zu Qualitätssicherung und einer stärker bewirtschaftenden Sichtweise auf Bodennutzung und Siedlungsentwicklung.
3. Kosten- und Finanzierungsübersichten sieht der Gesetzgeber zwingend bei städtebaulichen Entwicklungsmaßnahmen und in der Stadterneuerung vor. Auch unabhängig von diesen Vorgaben sollten betriebs- und volkswirtschaftliche Kosten in Form von Wirtschaftlichkeitsanalysen bei der Diskussion von Szenarien der Stadt- und Flächenentwicklung transparent unter Berücksichtigung der gewünschten städtebaulichen Qualität dargestellt und den Entscheidungen zugrunde gelegt werden. Die immobilienwirtschaftliche Expertise der Städte ist dazu auszubauen.
4. Ein Baulandbeschluss bietet die Möglichkeit, die von zusätzlich geschaffenem Baurecht begünstigten Eigentümer an den ursächlich dadurch ausgelösten Kosten und Lasten zu beteiligen und zugleich z. B. wohnungs- und sozialpolitische Ziele der Städte umzusetzen. Über einen Baulandbeschluss lassen sich darüber hinaus weitere baulandpolitische Grundsätze der Städte darstellen. Ein Baulandbeschluss schafft



- innerhalb der Städte und auch für Dritte Transparenz, Gleichbehandlung und Kalkulierbarkeit.
5. Trotz sinkender finanzieller Spielräume müssen die Städte in der kommunalen Bodenvirtschaft handlungsfähig bleiben. Dies betrifft sowohl den Ankauf als auch den Verkauf von Flächen. Strategische Bodenvorratspolitik sollte dabei möglichst nicht nur unter fiskalischen Aspekten gesehen werden. Vielmehr ist sie Bestandteil von Daseinsvorsorge und aktiver Stadtentwicklung.
  6. Freiraumsicherung und -entwicklung durch Flächenpools, Ökokonten und Bodenfonds bietet die Chance, im städtischen und auch im regionalen Kontext Grünzüge oder großräumige Achsen ökologischer Vorrangflächen miteinander zu vernetzen. Abgestimmtes und vertraglich festgelegtes Flächenmanagement mit der Arrondierung von Kompensationsflächen dient nicht nur dem Grün- und Freiraumerhalt, sondern auch der Infrastrukturverbesserung und der Standortsicherung für Unternehmen.
  7. Standortentscheidungen großer Unternehmen bieten aufgrund ihrer Größe und ihrer Lage nachhaltige Chancen für die Stadtentwicklung. Das Management von Flächen in dieser Größenordnung stellt die Städte jedoch auch vor erhebliche Steuerungs- und Managementaufgaben. Neben der Möglichkeit, innerhalb einer Stadtverwaltung befristete Projekteinheiten einzurichten, können auch verschiedene Kooperationsmodelle mit Externen zur Bewältigung dieser komplexen Aufgaben zielführend sein: z. B. Treuhändermodell, PPP-Modell, Developer-Modell.
  8. Angesichts von Flächenknappheit in den Kernstädten, Wohnpräferenzen der Bürger und Standortentscheidungen von Unternehmen wird deutlich, dass Flächenmanagement und Bodenvirtschaft in vielen Fällen nicht auf eine Kommune begrenzt werden können. Vielmehr sind stadtreionale Kooperation und Steuerung notwendig, um das knappe Gut Fläche im regionalen Ausgleich effizient zu nutzen. Regionales Flächenmanagement, das über die Regionalplanung hinausgeht, und (Gewerbe-) Flächenpools werden als wichtig angesehen, ebenso regionale Wohnungsbaukonferenzen.
  9. Bei der Entwicklung von Flächen – und das nicht nur bei Großprojekten – kann die frühzeitige Beteiligung der Bevölkerung zu Akzeptanz und Nachhaltigkeit der getroffenen Entscheidungen führen. Insofern bietet das wachsende Interesse der Bevölkerung als dritte Akteursgruppe neben den öffentlichen und den ökonomischen Interessen auch eine Chance, konkurrierende Interessen (Gemeinwohl versus Partikularinteressen) zu einem Ausgleich zu führen und nachhaltige und integrierte Lösungen zu erzielen.

## 4 Fazit

Eine nachhaltige Bodenpolitik ist nur mit einem strategischen Flächenmanagement denkbar. Um dieses wirksam werden zu lassen, bedarf es der politischen Unterstützung auf lokaler, Landes- und Bundesebene. Zudem müssen flächenpolitische Zielsetzungen kontinuierlich mit den Akteuren aus Bürgerschaft und Wirtschaft diskutiert werden, um so eine breite Basis für zukünftige Entwicklungen zu haben. Die derzeit bestehenden Instrumentarien ermöglichen die Erarbeitung und Umsetzung eines strategischen Flächenmanagements, sofern sie konsequent angewendet werden. Gleichwohl sollte die Wirkung der bestehenden Instrumente durch weitere Anpassungen an die geänderten Rahmenbedingungen nachjustiert werden. Ein eindeutiges politisches Bekenntnis zur gemeinwohlorientierten Bodenentwicklung muss die Grundlage hierfür bilden.

Eine aktive, dem Gemeinwohl verpflichtete Baulandpolitik ist der Schlüssel für eine sozial ausgewogene Stadtentwicklung. Entsprechend sollte das Gemeinwohlprinzip stärker im Bodenrecht verankert werden. Wenn auch in der Praxis unzureichend angewendet, ist die Intention des Art. 161, Abs. 2 der Bayerischen Verfassung vorbildlich. Demnach sollen „Steigerungen des Bodenwertes, die ohne besonderen Arbeits- oder Kapitalaufwand des Eigentümers entstehen, ... für die Allgemeinheit nutzbar ...“ gemacht werden (Munzinger 2018).

## 5 Literatur

DST – Deutscher Städtetag (2014): Strategisches Flächenmanagement und Bodenwirtschaft, Köln.

DST – Deutscher Städtetag (2017): Neuausrichtung der Wohnungs- und Baulandpolitik, Köln.

Munzinger, T. (2018): Herausforderungen eines strategischen Flächenmanagements und Konsequenzen für ein Flächeninformations- und Monitoringsystem. In: Stadtforschung und Statistik, Heft 2/2018, VDSt, Stuttgart.



# Mehr Wohnbauland am Rhein: Ein kooperativer Weg für qualitative Entwicklung von neuem Wohnbauland an der Rheinschiene

Alexandra Juszczak, Hannah Reith

## Zusammenfassung

Die regionalplanerische Initiative „Mehr Wohnbauland am Rhein“ beschäftigt sich mit der Problematik des kontinuierlich steigenden Wachstumsdruckes in der Region um Düsseldorf, insbesondere entlang der Rheinschiene, und sucht nach einer Lösung für neuen und bezahlbaren Wohnraum, der die Bedürfnisse sehr unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen abdecken muss. Hierfür wurde in Zusammenarbeit mit den Kommunen und Kreisen des Planungsbezirkes ein GIS-gesteuertes Suchsystem entwickelt, welches rund 250 Flächen auf der Basis ausgewählter Qualitäten untersucht und in einem Flächenranking mit über 40 Kriterien verglichen hat. Dabei wurde eine besondere Gewichtung auf Flächen gelegt, die nachhaltig flexibel umsetzbar (SPNV-Anbindung, hohe bauliche Dichte, schnelle Verfügbarkeit) und möglichst ökologisch verträglich sind. Der Beitrag beschreibt die planerische Herausforderung und die technische Umsetzung des Flächenrankings.

**Schlagerworte:** Flächenranking, Siedlungsflächenentwicklung, Wohnbauflächenmangel

## 1 Warum brauchen wir so viel neue Wohnbaufläche? Das „Flächenproblem“ der Oberzentren an der Rheinschiene

Aktuell reicht in mehreren Planungsregionen das Potenzial der bestehenden Siedlungsbereiche nicht aus, um den Wohnraumbedarf insbesondere in den Oberzentren zu decken. Bei der Betrachtung der vorhandenen Reserveflächen wie Baulücken, Brachflächen, aber auch Flächen mit Wiedernutzungspotenzial in den Städten wird deutlich, dass nicht genug Reserven vorhanden sind, um den Bedarf vieler Städte auf eigenem Stadtgebiet zu decken. Gleichzeitig zeigt die Statistik der Baufertigstellungen und Bauabgängen von IT.NRW für die Planungsregion Düsseldorf eine viel zu geringe Bautätigkeit auf. Das bedeutet, dass bestehende Reserven zu langsam entwickelt werden oder nicht entwickelbar sind.

In vielen Kernstädten können auch Flächen im Außenbereich aufgrund von vielen Restriktionen wie topographischen Grenzen oder Naturschutz schwer entwickelt werden. Hinzu kommt, dass nicht nur die Kernstädte zurückhaltend in ihrer Außenentwicklung sind, sondern dass schon die direkt umliegenden Gemeinden des „ersten Speck-

gürtels“ eine kritische Haltung mitbringen und sich oft gegen eine Flächenentwicklung und somit Inanspruchnahme des Freiraums entscheiden.

Der anhaltende Zuzug in die Metropolregionen, vor allem von jungen Menschen, begünstigt einen starken Anstieg von Miet- und Immobilienpreisen. Die vorhandenen (Straßen-) Infrastrukturen sind zudem mit der derzeitigen Belastungs- und Stausituation überfordert und kaum noch aufnahmefähig. Dieses Spannungsfeld möchte die Regionalplanungsbehörde lösen und sucht nach einer adäquaten Antwort für die künftige Siedlungsentwicklung für den Planungsraum von Düsseldorf (Abb. 1). Die Entscheidung für „mehr“ Fläche soll den Gemeinden und Kommunen mehr Flexibilität und Handlungsspielraum in ihrer Flächenentwicklung bieten, um zu gewährleisten, dass der Wohnraumbedarf längerfristig befriedigt werden kann.

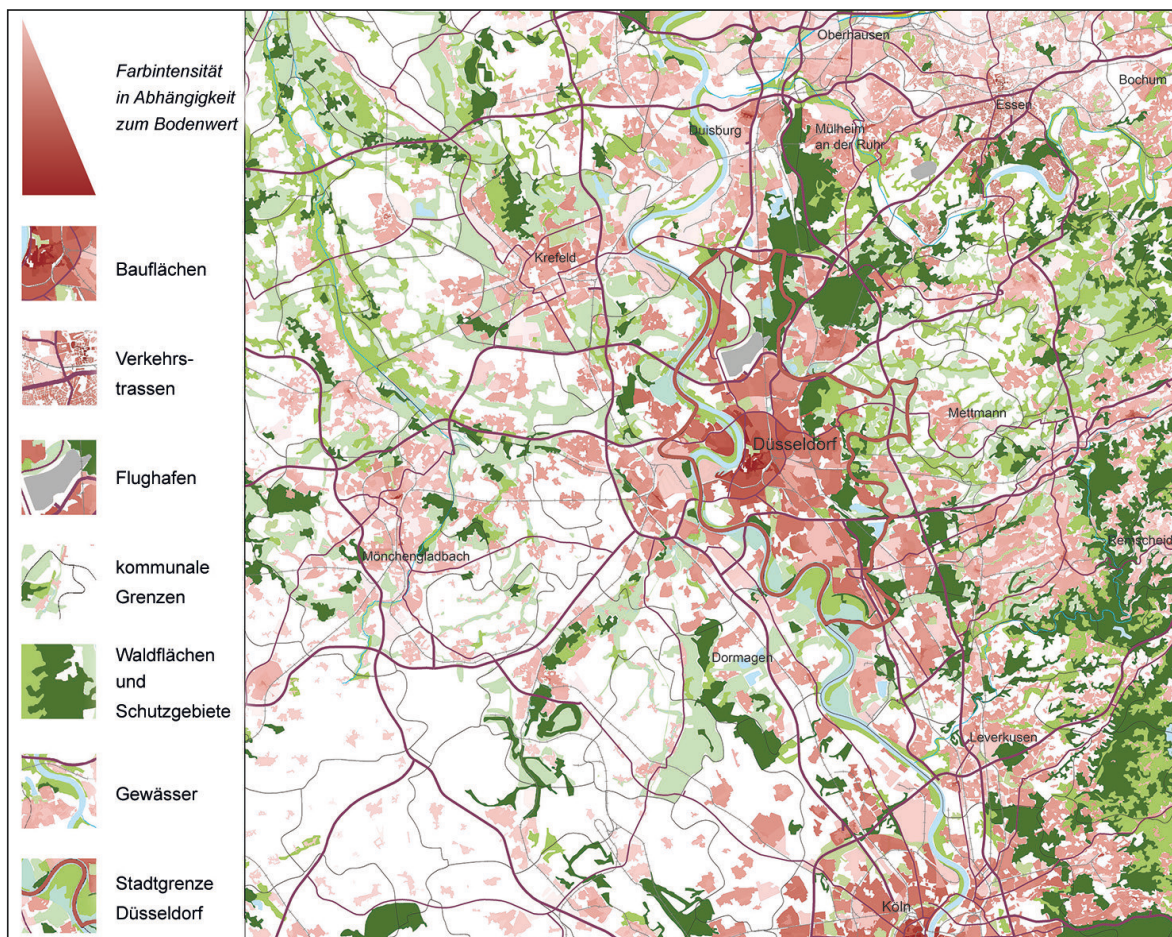


Abb. 1: Übersicht über den Verdichtungsraum Düsseldorf (Quelle: eigene Darstellung)

## **2 Wie können die „richtigen“ Flächen gefunden werden? Festlegung von Leitlinien interkommunaler Kooperation**

Neben der Nachverdichtung sollen neue Siedlungsbereiche identifiziert werden, die sowohl den Wohnbedürfnissen als auch den klimaökologischen Erfordernissen entsprechen. Die Herausforderung besteht darin, nicht nur geeignete Potenziale zur Umstrukturierung zu finden, sondern auch im Freiraum. Für diese Flächen muss zum einen die lokale Bereitschaft zur Entwicklung bestehen und zum anderen muss sich ein zukunftsfähiger, klimaökologischer Städtebau verwirklichen lassen, der an die vielfältigen Wohnbedürfnisse der Bevölkerung angepasst ist.

Die Suche nach aktivierbaren und nachhaltigen Flächen erfolgte nicht allein durch die Regionalplanungsbehörde, sondern wurde als gemeinsames Projekt mit den Stadtverwaltungen, der Politik und der Öffentlichkeit durchgeführt. Welche Flächen in dieses Ranking überhaupt aufgenommen worden sind, wurde ebenfalls gemeinsam mit den Kommunen des Planungsbezirkes in einem kooperativen Austausch ermittelt. So wurde gewährleistet, dass Flächen nicht nur auf Grundlage der abstrakten Betrachtung einer Regionalplanungsbehörde ausgewählt wurden, sondern der lokale Blick der Kommune auch mit eingeflossen ist.

Für die Flächen, die tatsächlich als Potenzialflächen im Ranking geprüft werden sollten, wurden zunächst Ziele für eine möglichst nachhaltige Wohnbaulandentwicklung definiert und hinsichtlich ihrer Relevanz gewichtet. Diese Gewichtung ist primär begründet durch die siedlungsbezogenen Kernprobleme in der Planungsregion. Hier besteht aufgrund der starken Pendlerverflechtungen der Wunsch, die Nutzung des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) zu befördern, um die Überlastung der zentralen Straßen mit den damit verbundenen negativen Effekten abzumildern. Zudem soll der Wohnungsdruck schnellstmöglich verringert werden. Eine entsprechend hohe Gewichtung erfolgte deshalb auch bei der zügigen städtebaulichen Umsetzung sowie der positiven Bewertung der dichteren städtebaulichen Typologien, wie etwa dem Geschosswohnungsbau. Je zielführender ein Kriterium eingeschätzt wurde, desto höher war die erreichbare Punktzahl. Diese Gewichtung bildete schließlich die Vorgabe für eine passgenaue Umsetzung des Flächenrankings im GIS (Abb. 2).



Gemeinsame Ziele:	Kriterien und Punkte (max. 100 Punkte *):
A) Verkehrsaufwand bzw. -belastung minimieren,	Schiene / zentrale Nähe / Mobilität etc. = max. <b>40 Punkte</b>
B) Ökologische Konfliktvermeidung,	LSG, Kulturlandschaft, Boden, ökologische Tabus etc. = <b>15 Punkte</b>
C) infrastrukturelle Einrichtungen finden Berücksichtigung,	Infrastruktureinrichtungen / regional vergleichbare Erreichbarkeiten = <b>15 Punkte</b>
D) eine qualitative und zügige städtebauliche Umsetzung wird ermöglicht	Verfügbarkeit, städtebauliche Typologien und Qualitäten = <b>30 Punkte</b>
E) neue Infrastruktur und neue Haltepunkte sollen Eingang erhalten	Ausbau von Infrastrukturen und Verkehrseinrichtungen = max. <b>30 Punkte</b>
F) Brachflächen nutzen	Überplanung von Brachen = <b>10 Punkte</b>

\* In der Kategorie E können nur Sonderpunkte für eine zukünftige Verbesserung der Infrastrukturausstattung verteilt werden, wenn bei der Analyse der Ist-Situation in den Kategorien A und C zuvor nicht die volle Punktzahl bzw. kaum Punkte erreicht wurden. Daher ist es nicht möglich, in allen sechs Kategorien die maximale Punktzahl zu erreichen, weshalb eine Fläche insgesamt nur maximal 100 Punkte erreichen kann.

Abb. 2: Gemeinsame Ziele der Flächensuche und daraus abgeleitete Kriterien und Punkte (Quelle: eigene Darstellung)

### 3 Umsetzung des Potenzialflächenrankings: Eine GIS-gestützte Flächenanalyse

Die Regionalplanung entschied sich, soweit möglich, für einen GIS-gestützten Vergleich der jeweiligen Flächeneignung. Die Ausweisung von Wohnbauflächen in einem solchen Ausmaß birgt immenses Konfliktpotenzial. So ist es umso wichtiger, den Entscheidungsprozess für oder gegen eine Potenzialfläche möglichst nachvollziehbar und objektiv zu steuern. Die gewählte technische Vorgehensweise erlaubt keine „Pi mal Daumen“-Entscheidungen, sondern überprüft alle Flächen anhand fest definierter Kriterien nach bestimmten Algorithmen. Zwar konnten nicht alle oben genannten Ziele auch tatsächlich auf ein einziges formales Modell heruntergebrochen werden: Die Beurteilung der geplanten städtebaulichen Qualitäten z. B. wurde von den Planern in den einzelnen Kommunen vorgenommen. Doch die Kategorien der verkehrlichen Anbindung, der ökologischen Verträglichkeit sowie der infrastrukturellen Ausstattung (Versorgungseinrichtungen) ließen sich ohne weiteres in ein einheitliches Analyseschema für die gesamte Planungsregion übertragen (Abb. 3).

Im ersten Schritt wurden für die zu bewertenden Kategorien geeignete Geodaten ermittelt. Für die Leitlinie der Verkehrsminimierung sollte eine gute Anbindung an den ÖPNV positiv auf die betreffenden Flächen angerechnet werden, weshalb hier z. B.

Regionalbahnhöfe, Schnellbusstrecken oder U-Bahn-Haltestellen georeferenziert erfasst wurden. Für die infrastrukturelle Ausstattung wurden etwa alle Bildungseinrichtungen, Nahversorger, Sportstätten oder Einrichtungen des Gesundheitswesens verortet; und für die Minimierung ökologischer Konflikte wurden z. B. die Darstellungen der Landschaftspläne oder die Bodenkarte zugrunde gelegt. Insgesamt flossen 41 verschiedene GIS-Layer für Infrastrukturen und ökologische Kartierungen in das Modell ein.

Der nächste Schritt umfasste die Festlegung eines einheitlichen Bewertungssystems: Mit welcher Punktezahl wird eine Fläche bei einem Abstand von  $x$  Metern zum nächstgelegenen U-Bahn-Haltestellen bewertet? Wie wird einer Fläche angerechnet, dass sich in fußläufiger Entfernung ein Kindergarten, zwei Einzelhändler und eine Apotheke befinden? Wie groß darf die Inanspruchnahme eines schutzwürdigen Bodens oder eines regionalbedeutsamen Kulturlandschaftsbereiches sein, damit die Fläche noch als ökologisch verträglich gilt? Auch diese Festlegungen wurden in enger Abstimmung mit den Planern der betreffenden Kommunen vorgenommen (Abb. 4).

Die konkrete Umsetzung im GIS erfolgte dann, je nach Fragestellung, mit zwei verschiedenen Methoden. Für die Bewertung der verkehrlichen sowie infrastrukturellen Ausstattung wurde zunächst die gesamte Planungsregion einheitlich nach den betreffenden Kriterien beurteilt und in einer Karte dargestellt. Dabei wurden geeignete sowie weniger geeignete Bereiche räumlich unterschieden. Flächen in Schienennähe oder mit einer überdurchschnittlichen Ausstattung an Infrastruktur wurden dabei besonders gut beurteilt, infrastrukturell weniger dicht ausgestattete Bereiche z. B. erhielten insgesamt weniger Punkte. Erst im nächsten Schritt erfolgte die Verschneidung der einzelnen Potenzialflächen mit diesem den kompletten Raum umfassenden Ergebnislayer der jeweiligen Kategorie sowie die Anrechnung der zugrundeliegenden Punkte auf die Flächen. Dabei wird die Gesamtpunktezahl für eine Fläche anhand des gewichteten Mittelwertes berechnet – je nachdem, zu welchem Anteil diese in einem geeigneten oder eben weniger geeigneten Bereich liegen (Abb. 5).

Für die Bewertung der ökologischen Verträglichkeit wurde eine andere Vorgehensweise gewählt. Hier wurde nicht der gesamte Planungsraum bewertet, sondern die Potenzialflächen wurden mit jedem einzelnen Layer entsprechend dem zu prüfenden Kriterium separat verschritten (Abb. 6). Je nachdem, wie hoch die ökologischen Belange im Vorfeld gewichtet wurden und wie groß die Überschneidung einer Potenzialfläche ist, wurden diesen Flächen Punkte zugewiesen. Dieses abweichende Vorgehen ist durch die Festlegung von Tabu-Flächen und -Schwellenwerten begründet: Liegt eine Potenzialfläche z. B. anteilig zu mehr als 10 % innerhalb einer im Biotopkataster geführten Fläche, bekommt sie in dieser Teilkategorie aufgrund der Schutzwürdigkeit der Biotopflächen unmittelbar 0 Punkte – unabhängig davon, wie groß ihre Überlagerung ggf. mit den anderen in dieser Teilkategorie geführten Kriterien ist.

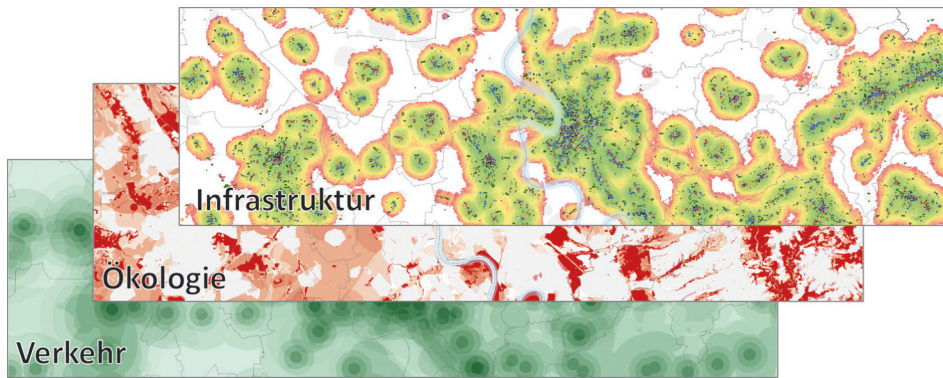


Abb. 3: Kategorien der Flächensuche im GIS-Modell (Quelle: eigene Darstellung)

**Bewertungsbeispiel: Nähe zum öffentlichen Personennahverkehr**

Kurze Entfernung:	< 500 m	= 16 Punkte
Vertretbare Entfernung:	> 500 m – 1 000 m	= 10 Punkte
Große Entfernung:	> 1 000 m – 1 500 m	= 6 Punkte
Fahrradentfernung/Bus-Zubringer:	> 1 500 m – 3 000 m	= 3 Punkte

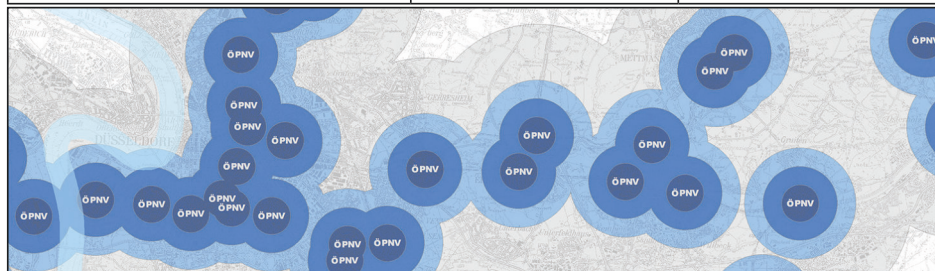


Abb. 4: Beispiel für die Bewertung von Potenzialflächen nach ihrer Nähe zu Haltepunkten des öffentlichen Personennahverkehrs (Quelle: eigene Darstellung)

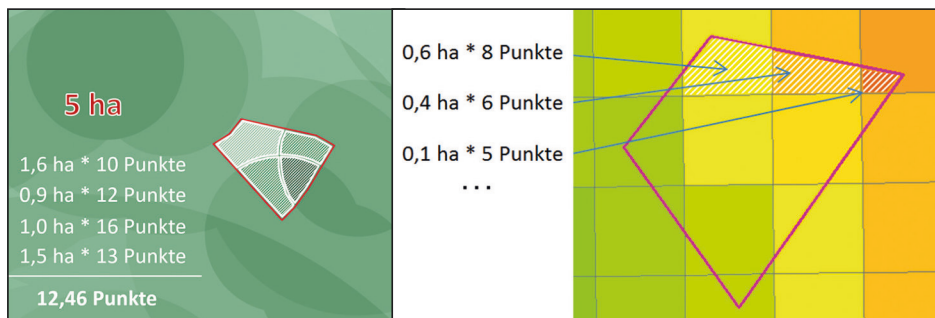


Abb. 5: Verschneidung der Rankingflächen (violett umrandete fiktive Beispielflächen) mit den Ergebnislayern zu Verkehr (Polygone, links) und Infrastruktur Raster, rechts) (Quelle: eigene Darstellung)

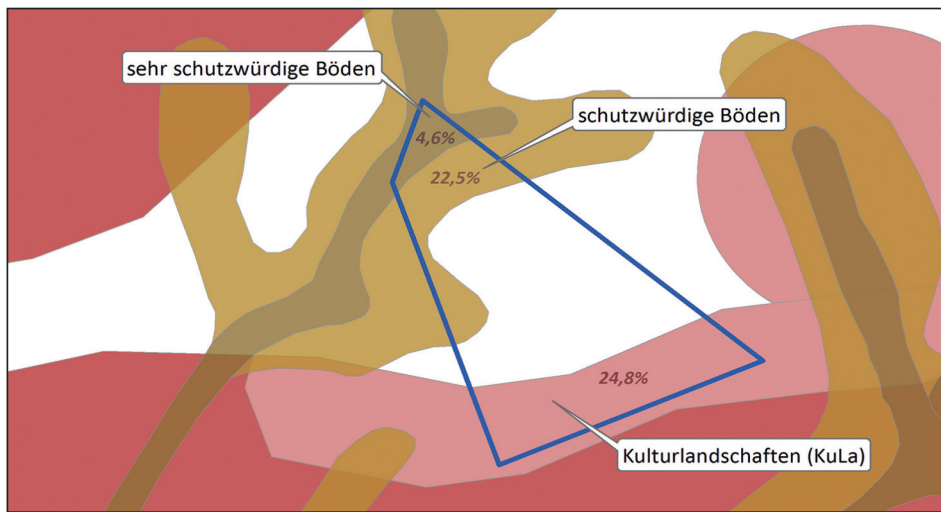


Abb. 6: Verschneidung einer Potenzialfläche (blau umrandet) nach Bewertung ökologischer Kriterien (Quelle: eigene Darstellung)

Abschließend wurden alle in den einzelnen Kategorien erreichten Punkte summiert – sowohl standardisiert über das GIS ermittelt als auch von den kommunalen Planern manuell angegeben. Das Ergebnis war eine Rangliste aller Potenzialflächen nach ihrer Eignung für eine künftige Wohnbaulandentwicklung (Abb. 7). Im Abgleich der kommunalen Wohnbedarfe mit den potenziell realisierbaren Wohneinheiten der einzelnen Flächen konnte dann abgesteckt werden, wie viele der bestgeeigneten Flächen tatsächlich für eine künftige Wohnbaulandentwicklung empfohlen werden sollten.

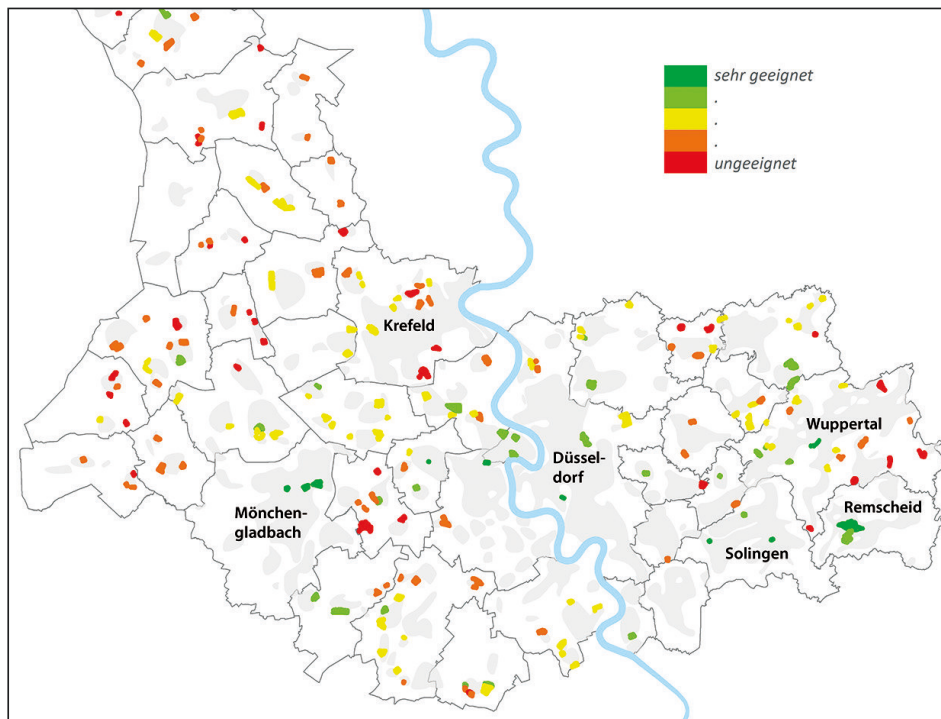


Abb. 7: Potenzialflächen für Wohnungsbau nach dem Ranking in der Planungsregion Düsseldorf (schematisch) (Quelle: eigene Darstellung)



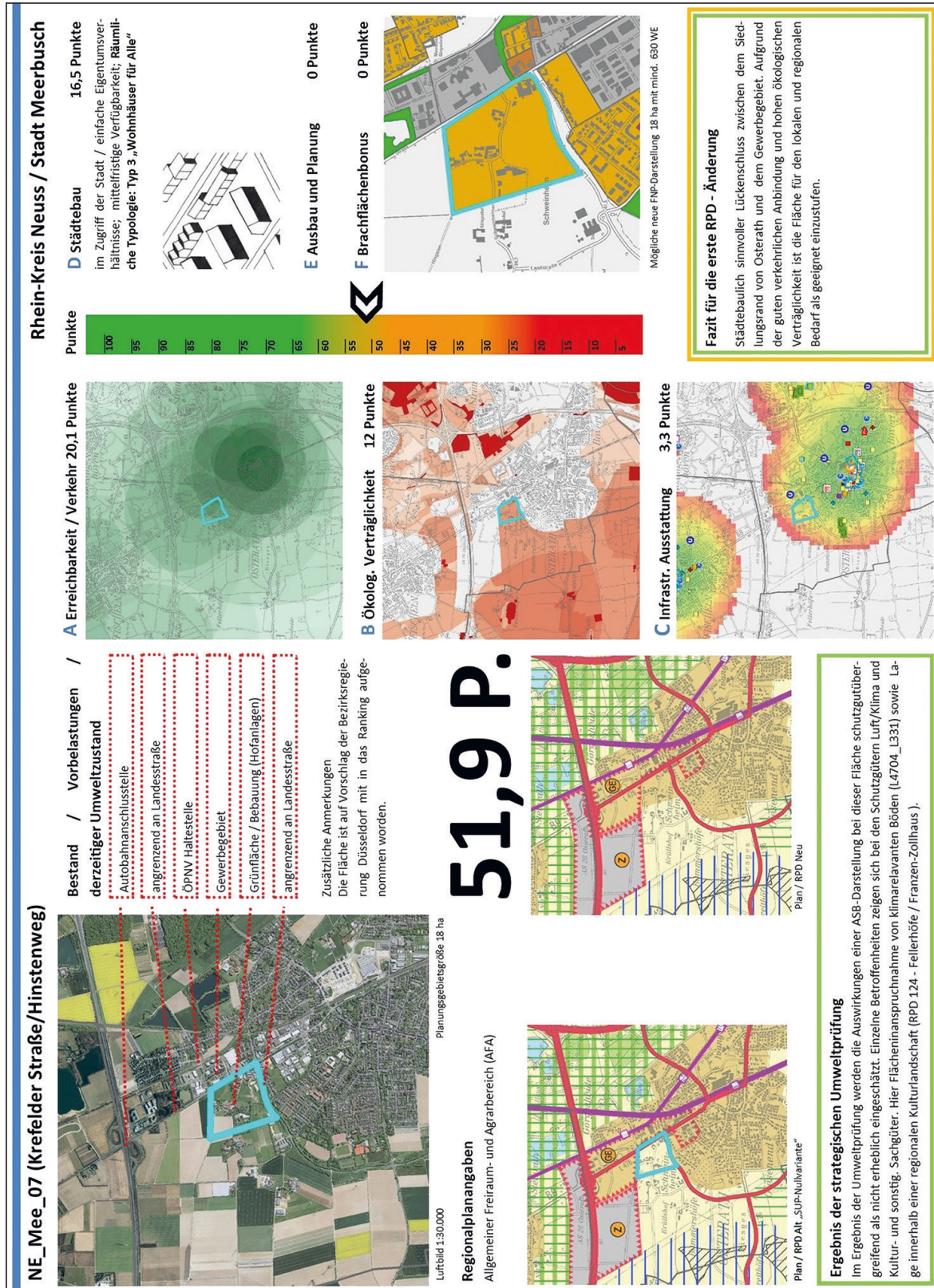


Abb. 8: Steckbrief einer Potenzialfläche (Quelle: eigene Darstellung)



## 4 Flächensteckbriefe: Analyseergebnisse kompakt und transparent vermittelt

Für die Präsentation der Analyseergebnisse wurden sogenannte Flächensteckbriefe entwickelt, die eine sowohl vollständige als auch übersichtliche Zusammenfassung aller für die regionalplanerische Bewertung relevanten Informationen zu jeder einzelnen Potenzialfläche geben (Abb. 8). Die Steckbriefe verbinden Kartenausschnitte mit ergänzenden Textpassagen: Neben der Gegenüberstellung der betreffenden Fläche im aktuellen Regionalplan und einer potenziellen zukünftigen Plandarstellung gibt ein Luftbild einen Überblick über die realen Gegebenheiten im Umfeld der Fläche. Ergänzend zur Darstellung der insgesamt erreichten Punkte wird anhand von Kartenausschnitten zu den im GIS ermittelten Punkten erläutert, wie sich die in den einzelnen Kategorien berechneten Werte zusammensetzen. Zusätzlich werden hier die Ergebnisse der Strategischen Umweltprüfung und ein abschließendes regionalplanerisches Fazit dargelegt. Die Regionalplanung verfolgt mit den Flächensteckbriefen den Ansatz, einerseits die Flächendiskussion zu versachlichen und andererseits einer breiten Interessensgruppe die zu Grunde liegende Abwägung zu veranschaulichen. Es wurden insgesamt 250 Flächensteckbriefe erstellt, wovon 100 Flächen (ca. 1 000 ha) für eine Neudarstellung im Regionalplan als geeignet bewertet worden sind.

## 5 Einbindung der Öffentlichkeit und Politik

Die Bereitschaft der kommunalen Politik wie auch die Akzeptanz der Öffentlichkeit und anderer Akteure erschwert immer stärker die Umsetzung regionaler Planungen. Die relativ abstrakte rahmengebende Wirkung des Regionalplanes in einer Region mit 3,2 Mio. Einwohnern ist im Hinblick auf Information und Kommunikation eine Herausforderung an sich. Zudem ist ein Hinterfragen einer Neudarstellung von ca. 1 000 ha neuer Fläche für die Wohnraumentwicklung (im Ergebnis der 1. Änderung des Regionalplans) in Bezug auf Klimaschutzaspekte all zu offensichtlich. Es bedeutet, den Verlust von 1 000 ha Freiraum. Trotzdem ist es gelungen, die Mehrheit der politischen Gremien zu überzeugen, dass eine bedarfsgerechte Flächenentwicklung den Kommunen in der Planungsregion die nötigen Spielräume für ein nachhaltiges Wachstum anbietet. Es bleibt immer noch die Komplexität dieser abstrakten Planungsebene, die es erschwert, der Öffentlichkeit die Ziele und deren Auswirkungen transparent deutlich zu machen.

Dazu hat die Regionalplanungsbehörde in Düsseldorf erweiterte Beteiligungstools verwendet, um das Konzept von „Mehr Wohnbauland am Rhein“ der Öffentlichkeit besser zu vermitteln und ein besseres Verständnis zu schaffen. Neben den Steckbriefen für die Potenzialflächen, die alle wichtigen Aspekte des Flächenrankings und des Umweltberichtes in einer plakativen und übersichtlichen Form präsentieren, wurde z. B. ein Bürgertelefon eingerichtet, von dem die Bürger und Bürgerinnen bei Fragen und Anregungen

Gebrauch machen können. Zudem wurden online leicht bedienbare Karten und zusätzliche Erklärvideos auf den Seiten der Regionalplanungsbehörde im Internet bereitgestellt ([www.brd.nrw.de](http://www.brd.nrw.de)). Die Maßnahmen zur stärkeren Transparenz und Beteiligung wurden grundsätzlich gut an- und in Anspruch genommen. Gleichzeitig bleibt immer noch die Kritik von Bürgerinitiativen, Naturschutzverbänden und anderen, dass die Planung nicht transparent und nachvollziehbar genug sei. Somit bleibt es immer noch eine Herausforderung der Raumplanung bzw. Regionalplanung, neue Wege zu finden, wie die Öffentlichkeit noch besser in Planungsprozesse eingebunden werden kann.

## 6 Fazit

Auf der Suche nach den „richtigen“ Wohnbauflächen hat sich in unserer so dicht besiedelten Region der Nebeneffekt herausgestellt, dass nicht nur die sehr gut bewerteten Flächen, sondern auch Flächen, die nicht vollständig den Auswahlkriterien entsprechen, als Entwicklungsoptionen ausgewählt werden mussten. Es wurde schnell deutlich, dass das Flächenkontingent mit besonders qualitativen Flächen nicht ausreicht, um den hohen Bedarf zu decken. Das Ranking funktioniert insbesondere zur transparenten Vermittlung von der Alternativenprüfung und der damit verbundenen Abwägungsentscheidung. Aber es ist vor dem Hintergrund der Vorgaben des Landesentwicklungsplanes und der bedarfsgerechten Siedlungsentwicklung nicht möglich, nur die am besten platzierten Flächen auszuwählen, ohne weiterhin ein hohes Wohnbauflächendefizit in den Kommunen in Kauf zu nehmen. Trotzdem konnten durch das Rankingsystem generell „schlechte“ Flächen ausgeklammert und ein Gesamtpaket geschnürt werden, welches in Einbeziehung der äußeren Umstände aktuell adäquat auf den Flächenmangel in der Region reagiert.

Bei der Durchführung des Rankings und der Abfrage aller Kriterien ging es am Ende um die Ausbalancierung aller Anforderungen an eine „gute Fläche“, was bedeutet, dass in unterschiedlichen Bereichen auch Abstriche gemacht werden mussten. Das zeigt sich besonders in der Inanspruchnahme von Freiräumen. Der Freiraumschutz hat aktuell eine hohe Bedeutung, aber um neue Flächen entwickeln zu können, müssen diese in Anspruch genommen werden. Am Ende bleibt es abzuwägen, wann Freiräume erhalten bleiben oder sich dem Siedlungsflächenbedarf unterordnen sollen.

Bei Betrachtung und Abwägung aller kritischen Aspekte, die das Verfahren mit sich bringt, wurde am Ende die Entscheidung für die Fläche und der damit entstehenden Entwicklungsmöglichkeiten getroffen. Für die regionalpolitische Abwägungsentscheidung war es von erheblichem Vorteil, sich von Einzelstimmen zu lösen und auf ein transparentes Bewertungsschema zu setzen. Das gilt vor allem deshalb, weil eigentlich zu jeder Fläche im Planungsverfahren sehr viele kritische Stimmen, insbesondere von benachbarten Bürgerinitiativen mit sehr detailreichen Stellungnahmen, zu vernehmen waren.

Zusammenfassend ist das durch die Bezirksregierung Düsseldorf entwickelte Flächenranking einschließlich seiner Umsetzung ein guter Anfang, wie auf den Flächenbedarf in der Region mit einem dezidierten Suchsystem reagiert und wie die Bevölkerung in so einem Prozess stärker eingebunden werden kann. Die Weichen für mehr Flexibilität und Wachstum in der Siedlungsentwicklung sind gestellt. Die Umsetzung der Potenzialflächen hängt insbesondere davon ab, ob die Kommunen das Signal des größeren Entwicklungsrahmens wahrnehmen und die Flächen bauleitplanerisch entwickeln.

## 7 Literatur

Bezirksregierung Düsseldorf (2020): Regionalplan Düsseldorf.

[http://www.brd.nrw.de/planen\\_bauen/regionalplan/index.jsp](http://www.brd.nrw.de/planen_bauen/regionalplan/index.jsp)  
(Zugriff: 12.08.2020).

Bezirksregierung Düsseldorf (2020): 1. Änderung Regionalplan Düsseldorf.

[http://www.bezreg-duesseldorf.nrw.de/planen\\_bauen/regionalplan/rpdaenderungen/01rpdaen.html](http://www.bezreg-duesseldorf.nrw.de/planen_bauen/regionalplan/rpdaenderungen/01rpdaen.html) (Zugriff: 12.08.2020).

IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (o. J.): Wohnungsanzahl zum Stichtag 31.12.2017.

[https://www.it.nrw/sites/default/files/atoms/files/188\\_18.pdf](https://www.it.nrw/sites/default/files/atoms/files/188_18.pdf)  
(Zugriff: 12.08.2020).

IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2019): Modellrechnung zur Entwicklung der Privathaushalte in Nordrhein-Westfalen 2018 bis 2040.

<https://webshop.it.nrw.de/download.php?id=22553> (Zugriff: 12.08.2020).

IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2020a): Zahlen der Baufertigstellungen 2000-2017.

<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/data;jsessionid=A273064321C0D74445C7047062BC97D7.ldb1?operation=abruftabelleAbrufen&selectionname=31121-05ir&levelindex=1&levelid=1558686621814&index=9>  
(Zugriff: 12.08.2020).

IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2020b): Zahlen der Bevölkerung 31.12.2017.

<https://www.it.nrw/statistik/eckdaten/bevoelkerung-am-31122017-und-30062018-nach-gemeinden-93051> (Zugriff: 12.08.2020).

NRW-Bank (2019): Wohnungsmarktbericht NRW 2018.

[https://www.nrwbank.de/export/sites/nrwbank/de/corporate/downloads/presse/publikationen/publikationen-wohnungsmarktbeobachtung/aktuelle-ergebnisse/Wohnungsmarktbericht.NRW\\_2018\\_Webversion.pdf](https://www.nrwbank.de/export/sites/nrwbank/de/corporate/downloads/presse/publikationen/publikationen-wohnungsmarktbeobachtung/aktuelle-ergebnisse/Wohnungsmarktbericht.NRW_2018_Webversion.pdf) (Zugriff: 24.05.2019).



# Regionales Flächenmanagement im Ballungsraum FrankfurtRheinMain – Mit Plankonzept und WebGIS-Plattform zur Neuaufstellung des Regionalen Flächennutzungsplans

*Christoph Schützmann, Stefan Königer*

## Zusammenfassung

Mit dem Zieljahr 2030 wird ein neuer Regionaler Flächennutzungsplan (RegFNP) für den Ballungsraum FrankfurtRheinMain erstellt. Durch diesen werden für 75 Kommunen im Verbandsgebiet des Regionalverbands FrankfurtRheinMain die Siedlungsentwicklung und Verkehrsinfrastruktur gesteuert sowie der Freiraum gesichert. Für die Neuaufstellung des RegFNP hat der Regionalverband das gesamtäumliche Plankonzept „Vorzugsräume Wohnen“ erarbeitet. Dieses zeigt Suchräume für Wohnbauflächenpotenziale an Schienenhaltepunkten und dient damit sowohl der Bewertung von bestehenden Wohnbauflächenpotenzialen sowie als Entscheidungsgrundlage für das Ausweisen neuer Wohnbauflächen. Für die Erfassung der Entwicklungsvorstellungen der Verbandskommunen wurde eine WebGIS-basierte Plattform zur Onlinebeteiligung entwickelt (RegFNP-Viewer). Hier können die Verbandskommunen neue Entwicklungsvorstellungen eintragen und bisher bestehende RegFNP-Darstellungen prüfen. Der Einsatz des RegFNP-Viewers hat zu einer deutlichen Verfahrensbeschleunigung und effizienteren Kommunikation und Abstimmung mit den Verbandskommunen beigetragen. Durch die digitale Erfassung der Entwicklungsvorstellungen war es möglich, die Entwicklungsvorstellungen im Vorfeld von Gesprächen mit allen 75 Verbandskommunen zu sehen und erste Einschätzungen vorzunehmen. Diese wurden genauso wie die aktuelle Planungssituation diskutiert und bilden im nächsten Schritt die Grundlage für einen ersten Planentwurf.

**Schlagnvorte:** Regionales Flächenmanagement, Flächennutzungsplanung, Plankonzept, Web-GIS, Onlinebeteiligung

## 1 Einführung

Der Regionalverband FrankfurtRheinMain stellt für das Gebiet seiner 75 Mitgliedskommunen den Regionalen Flächennutzungsplan (RegFNP) auf, der die Flächennutzungs- und Regionalplanung zusammenfasst. Durch den RegFNP werden die Siedlungsentwicklung und Verkehrsinfrastruktur gesteuert sowie der Freiraum gesichert.

Die Region FrankfurtRheinMain ist geprägt durch den prosperierenden Ballungsraum rund um die Stadt Frankfurt. Das Gebiet zählt 2,4 Millionen Einwohner auf 2 500 km<sup>2</sup> Fläche. Die Bevölkerungsprognosen für den Ballungsraum rechnen für den Zeitraum vom Jahr 2015 bis 2030 mit einem Zuwachs von rund 7 % bzw. 165 000 Einwohnern (HessenAgentur 2016).

Nicht zuletzt dadurch ist auch im Verbandsgebiet des Regionalverbands FrankfurtRheinMain knapper Wohnraum in aller Munde. So wird davon ausgegangen, dass 230 000 neue Wohnungen bis zum Jahr 2030 gebaut sein müssen, um den Wohnungsbedarf zu decken (IWU 2017). Dieser Bedarf kann von den Großstädten in den Grenzen ihrer Gemarkungen nicht durch eigene Bauflächenausweisungen oder Innenentwicklung gedeckt werden, sondern nur durch eine gesamtäumlich koordinierende Flächensteuerung. Hierzu bietet der RegFNP ein geeignetes Instrument.

## 2 Plankonzept Vorzugsräume Wohnen

Mit dem Zieljahr 2030 wird der RegFNP für den Ballungsraum FrankfurtRheinMain neu aufgestellt. Künftig soll Wohnbaulandentwicklung an sehr gut erschlossenen Standorten des öffentlichen Nahverkehrs konzentriert werden, um das Verkehrswachstum und die Umweltbelastung zu reduzieren. Hierzu hat der Regionalverband das gesamtäumliche Plankonzept „Vorzugsräume Wohnen“ erarbeitet. Dieses zeigt Suchräume für Wohnbauflächenpotenziale an Schienenhaltepunkten und dient damit sowohl der Bewertung von bestehenden Wohnbauflächenpotenzialen sowie als Entscheidungsgrundlage für das Ausweisen neuer Wohnbauflächen. Der Fokus liegt auf der Suche neuer attraktiver Wohnbauflächenpotenziale mit folgenden Qualitätsmerkmalen:

*Gute Anbindung an das Schienennetz:* Neue Wohnbauflächenpotenziale sollen im 1 000 m Radius um Schienenhaltepunkte (fußläufige Erreichbarkeit) oder optional im 2 000 m Radius um Schienenhaltepunkte liegen, wenn im 1 000 m Radius keine Potenziale vorhanden sind (z. B. Erreichbarkeit mit dem Fahrrad).

*Keine Planungsrestriktionen:* Neue Wohnbauflächenpotenziale sollen nur auf Flächen ohne Restriktionen liegen. Dazu wurden die Restriktionen für Wohnbauflächen gebündelt in einer Raumwiderstandskarte dargestellt (Abb. 1). Sie umfasst alle Flächen, auf denen eine Wohnbauentwicklung nicht möglich ist. Dazu zählen u.a. Flächen mit naturschutzrechtlichen Restriktionen, Überschwemmungsgebiete, Abstandsflächen um Windvorrangflächen, das Siedlungsbeschränkungsgebiet des Flughafens Frankfurt etc. (Stock, Gründler 2007).

*Möglichst wenige Konflikte gemäß der Strategischen Umweltprüfung:* Während eine Restriktion allein bereits mit sehr erheblichen Umweltauswirkungen verbunden ist und einen sehr hohen Raumwiderstand erzeugt, hängt der Raumwiderstand bei den



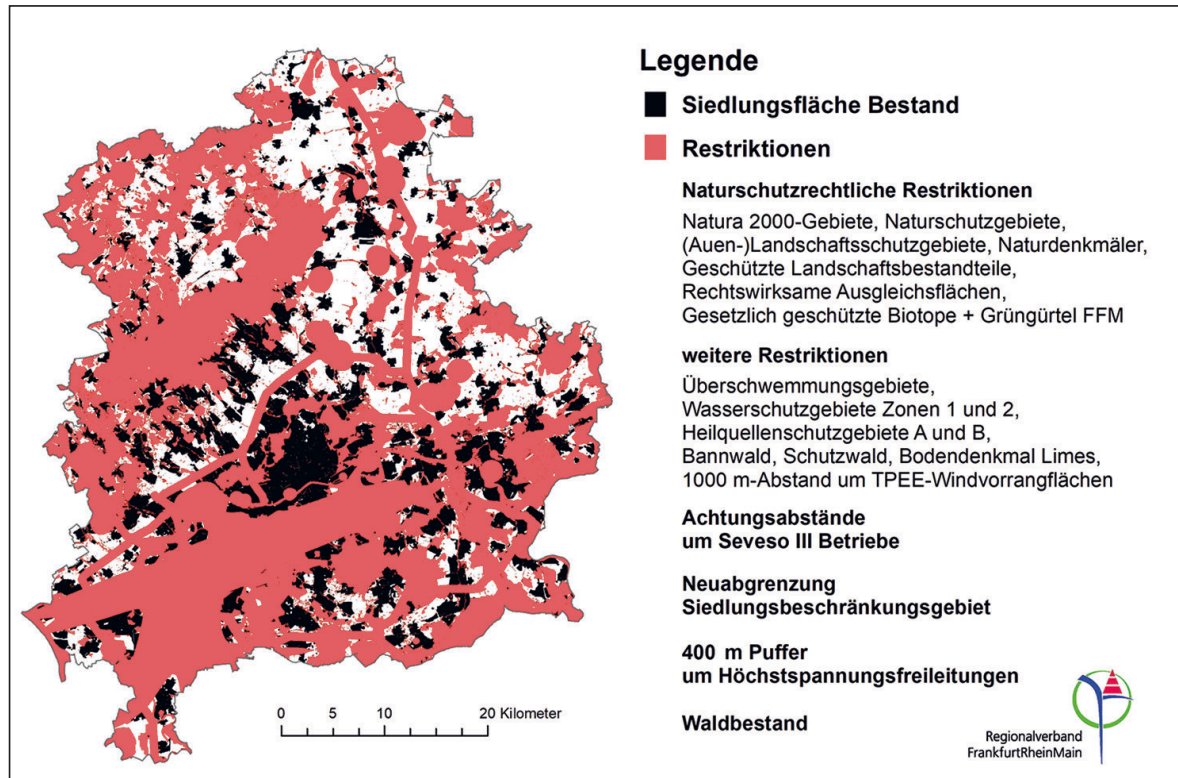


Abb. 1: Raumwiderstandskarte, Restriktionen für Wohnbauflächen im Verbandsgebiet Frankfurt-RheinMain 2019 (Quelle: RVFRM 2019)

Konflikten beziehungsweise der Grad der Erheblichkeit von der Anzahl kumulativer Wirkungen auf gleicher Fläche ab. Die negativen Auswirkungen auf die Umweltthemen der Konflikte sind in der Regel planerisch abwägbar. Neue Wohnbauflächenpotenziale sollen für eine realistische Umsetzung maximal sechs Konflikte aufweisen.

Durch die Verschneidung der Qualitätskriterien ergibt sich im Radius von 1 000 m bzw. 2 000 m um Schienenhaltepunkte ein Suchraum für Wohnbauflächen in geeigneten Vorzugsräumen ohne Restriktionen und möglichst wenigen Konflikten. Dieser ist in der Konzeptkarte »Vorzugsräume Wohnen« dargestellt (Abb. 2).

Darüber hinaus sind vorrangig als Suchraum für Kommunen ohne oder ungünstig gelegenen Schienenhaltepunkt Optionsräume auf an den Siedlungsbestand angrenzenden konfliktarmen und restriktionsfreien Flächen für mögliche Arrondierungen dargestellt.

Grundsätzlich soll zusätzlich eine gute fußläufige Erreichbarkeit sozialer Infrastruktureinrichtungen sowie die Anbindung an das überörtliche Straßennetz berücksichtigt werden.

Neben der zuvor beschriebenen Ausweisung neuer Wohnbauflächenpotenziale berücksichtigt das Plankonzept unter der Zielvorgabe „Innen vor Außen“ auch die vorhandenen Innenpotenziale. Insgesamt werden in die Erfassung der Wohnbaupotenziale folgende Bausteine einbezogen:

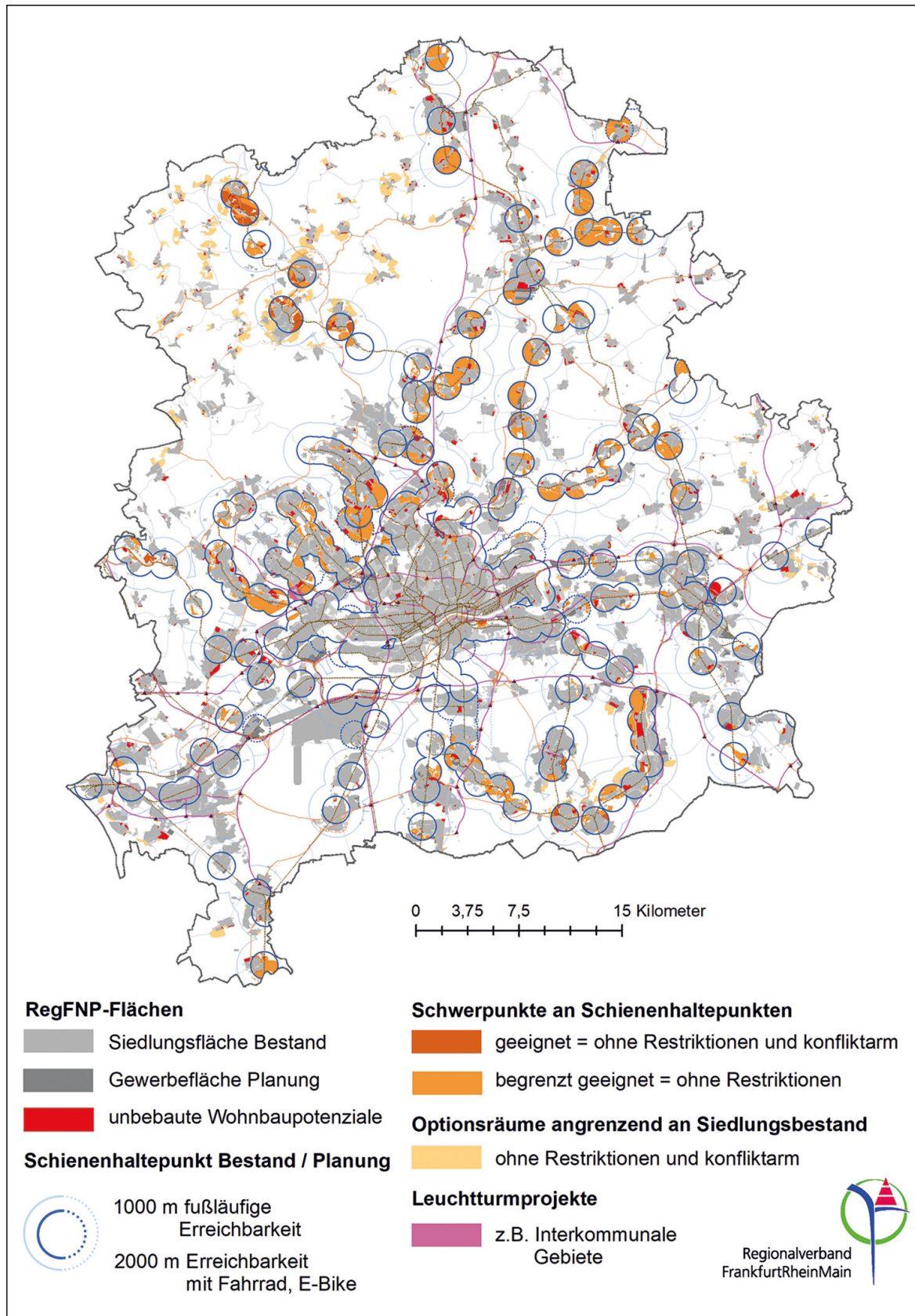


Abb. 2: Plankonzept Vorzugsräume Wohnen (Quelle: RVFRM)



- Innenentwicklungspotenziale
  - Baulücken, Nachverdichtung, Umstrukturierung
- Unbebaute RegFNP-Reserveflächen
  - unbebaute RegFNP-Potenzialflächen aus dem RegFNP 2010
- Entwicklungsvorstellungen in den Schwerpunkträumen an Schienenhaltepunkten
  - mit einem Einzugsbereich von 1 000 m (fußläufig) und 2 000 m (Fahrrad)
  - geeignet (ohne Restriktionen und konfliktarm)
  - begrenzt geeignet (ohne Restriktionen)
- Entwicklungsvorstellungen in den Optionsräumen außerhalb von Schienenhaltepunkten
  - angrenzend an den Siedlungskörper
- Sonderfälle
  - Leuchtturmprojekte für die Region (bspw. interkommunale Kooperation)

### 3 RegFNP-Viewer

Neben dem Plankonzept sind der Austausch mit den Verbandskommunen und ihre Mitwirkung bei der Neuaufstellung des RegFNP von besonderer Bedeutung. Hierdurch kann die Expertise der Kommunen optimal genutzt und die Akzeptanz des Plans bereits vor Inkrafttreten erhöht werden. Dementsprechend hatten die Mitgliedskommunen während einer frühen Beteiligungsphase die Möglichkeit, ihre Entwicklungsvorstellungen an den Regionalverband zu melden.

Zur Erfassung der Entwicklungsvorstellungen hat der Regionalverband eine interaktive, WebGIS-basierte Plattform zur Onlinebeteiligung entwickelt (RegFNP-Viewer), welche auf der beim Regionalverband vielfältig genutzten RegioMap<sup>1</sup> basiert. Der RegFNP-Viewer ermöglicht es, die Entwicklungsvorstellungen anwenderfreundlich und ohne große Vorkenntnisse einzutragen. Darüber hinaus ist ein Vorteil der WebGIS-basierten Anwendung, dass die Kommunen für das Eintragen der Entwicklungsvorstellung keine spezielle GIS-Software und keine GIS-Daten benötigen.

Der RegFNP-Viewer stellt den Kommunen verschiedene thematische Karten und den aktuellen Planungstand zum neuen RegFNP als Grundlage für eigene Planungsüberlegungen sowie zur Prüfung der aktuellen RegFNP-Darstellungen zur Verfügung (Abb. 3). Er enthält eine bestandsaktualisierte Grundkarte des RegFNP, das Plankonzept „Vorzugsräume Wohnen“, aktuelle Restriktionen und Schutzgebiete sowie Verkehrsprojekte und Informationen zur Daseinsvorsorge.

<sup>1</sup> <https://www.region-frankfurt.de/Services/Geoportal/>

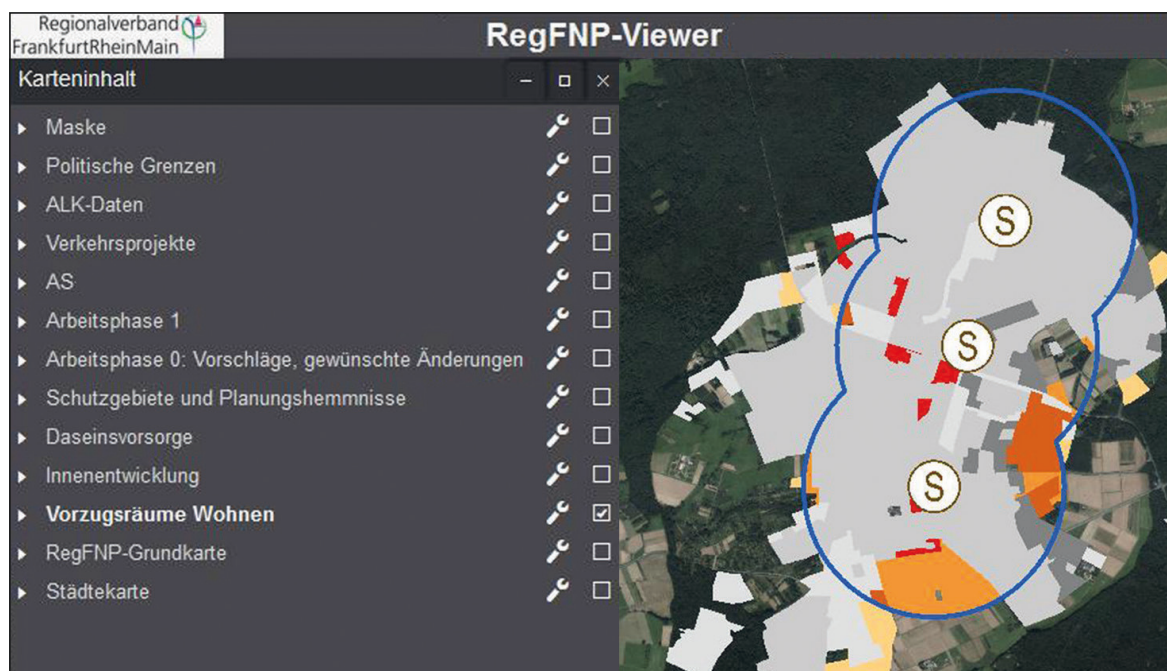


Abb. 3: RegFNP Viewer im Geoportal des Regionalverbandes (Quelle: RVFRM)

In die Grundkarte (bestandsaktualisierter RegFNP) konnten die Kommunen Entwicklungsvorstellungen für die Neuaufstellung des RegFNP eintragen. Mittels der thematischen Karten war es möglich, Rahmenbedingungen für ihre Vorstellungen zum neuen RegFNP, insbesondere für die Themen Wohnen und Verkehr, kartographisch zu analysieren. Darüber hinaus ermöglichte die in den RegFNP-Viewer eingebettete interaktive Umweltprüfung (WebSUP) des Regionalverbandes die sofortige Umweltprüfung der Entwicklungsvorstellungen. Dadurch konnten Flächen mit Restriktionen und Konflikten bereits frühzeitig erkannt und berücksichtigt werden.

Der Einsatz des RegFNP-Viewers hat zu einer deutlichen Verfahrensbeschleunigung und effizienten Kommunikation und Abstimmung mit den Verbandskommunen beigetragen. Auch die Erfahrungen der Kommunen bei der Eintragung und Ermittlung der Entwicklungspotenziale mittels des WebGIS-basierten Tools sind durchweg positiv. Während einer frühen Beteiligungsphase von einem Monat nutzten alle Verbandskommunen die Möglichkeit, ihre Entwicklungsvorstellungen einzutragen. Insgesamt wurden rund 2 100 Entwicklungsvorstellungen erfasst.

## 4 Kommunengespräche

Aufbauend auf den Eintragungen der Kommunen im RegFNP-Viewer wurden Kommunengespräche mit allen 75 Kommunen im Verbandsgebiet durchgeführt. Durch die digitale Erfassung war es möglich, die Entwicklungsvorstellungen im Vorfeld der Gespräche zu sichten und erste Einschätzungen vorzunehmen. Die Kommunengespräche fanden

unter Teilnahme des Verbandsdirektors oder des Ersten Beigeordneten des Regionalverbands, Vertretern des Regierungspräsidiums Darmstadt sowie BürgermeisterInnen und BauamtsleiterInnen der Mitgliedskommunen statt.

Ein Schwerpunkt der Gespräche lag auf der Betrachtung der Wohn- und Gewerbeflächen. Unter der Vorgabe des sparsamen Umgangs mit Grund und Boden ging es darum, auf Grundlage von einheitlichen Kriterien, u. a. dem Plankonzept „Vorzugsräume Wohnen“, die am besten geeigneten Flächen mit einer hohen Standortqualität zu finden, die in den RegFNP-Vorentwurf aufgenommen werden können.

Bei den Gesprächen wurde ebenfalls der RegFNP-Viewer auf einem interaktiven Smartboard eingesetzt (Abb. 4). Mithilfe der technischen Unterstützung konnten die aktuelle Planungssituation sowie die Planungsvorstellungen mit den Vertreterinnen und Vertretern der Kommunen am Bildschirm diskutiert werden. Dadurch ließen sich die Gespräche konstruktiv auf einem sehr hohen Niveau führen. Die Gespräche zeigten, dass insbesondere die Schaffung von Wohnraum als prioritäre Aufgabe der Kommunen verstanden wird.



Abb. 4: Einsatz des interaktiven Smartboards (Quelle: RVFRM 2020)

Im Ergebnis haben die 75 Mitgliedskommunen des Regionalverbands zusätzlich zu den vorhandenen RegFNP-Reserven rund 2 200 ha Wohn- und 1 650 ha Gewerbeflächen für die Neuaufstellung des RegFNP angemeldet. In den Gesprächen wurde abgestimmt, ob die Vorschläge in den Vorentwurf des RegFNP aufgenommen werden können, weiter geprüft werden müssen oder entfallen sollen. Die abgestimmten Flächenpotenziale bilden in einem nächsten Schritt die Grundlage für einen ersten Planentwurf, welcher

zuvor mit weiteren Fachkonzepten, u.a. dem Regionalen Landschaftsplan des Regionalverbands und dem Klimagutachten des Landes Hessen abgestimmt werden muss.

## 5 Fazit und Ausblick

Im Sinne eines regionalen Flächenmanagements konnte auf Grundlage eines gesamtträumlichen Konzepts und thematischen Karten bei der Potenzialflächenermittlung für die Neuaufstellung des RegFNP ein einheitliches Vorgehen gewährleistet werden. Der Einsatz von WebGIS-basierten Kartendiensten im Geoportal in Kombination mit einem interaktiven Smartboard hat es ermöglicht, die Erfassung von Flächen und die Abstimmungs- und Entscheidungsprozesse effizient zu gestalten. Der Regionalverband beabsichtigt, das Instrument „RegFNP-Viewer“ aus diesem Grund auch für weitere Abstimmungsprozesse mit den Kommunen einzusetzen.

Unbenommen der positiven Erfahrungen im Neuaufstellungsprozess des RegFNP sind weitere Anstrengungen, insbesondere für die Versorgung mit Wohnraum, erforderlich. In den letzten Jahren ist der Wohnungsbedarf in FrankfurtRheinMain stark gewachsen. Trotz gestiegener Wohnbautätigkeit kann der aktuelle und absehbare Bedarf an Wohnungen bis 2030 nicht gedeckt werden.

Dennoch müssen die Vorgaben des Landesentwicklungsplans, den Flächenverbrauch in Hessen zu reduzieren, auch in Südhessen unter besonderer Berücksichtigung der Wachstumsregion eingehalten werden. Die Bedarfe der Region sind auch im weiteren Planungsprozess mit den aktuellen klimapolitischen und Umwelt-Erfordernissen in Einklang zu bringen. Es ist eine große Herausforderung, hinsichtlich dieser Anforderungen verträgliche und geeignete Flächen zu finden und die betroffenen Belange abzuwägen.

Unter der Vorgabe des sparsamen Umgangs mit Boden wird es zusätzlich notwendig sein, dichter zu bauen. Deshalb liegt aus planerischer Sicht die Priorität auf Flächen im Kern des Verbandsgebiets in den Ober- und Mittelzentren um Frankfurt mit hohem Wohnungsbedarf, dichter Baustruktur und guter Verkehrsinfrastruktur. Da sich letztere als ein wesentlicher begrenzender Faktor für die Entwicklung der Region darstellt, ist es dringend erforderlich, die Verfahren von Verkehrsprojekten zu beschleunigen.

Die aufgezeigten Herausforderungen wird die Abteilung Planung des Regionalverbandes in Abstimmung mit dem Regierungspräsidium Darmstadt bei der Erstellung eines Vorentwurfs angehen. Dieser wird dann der Verbandskammer und der Regionalversammlung Südhessen zur Beschlussfassung vorgelegt. Im Anschluss daran wird die frühzeitige Beteiligung der Öffentlichkeit sowie der Behörden und sonstigen Träger öffentlicher Belange erfolgen.

## 6 Literatur

- HessenAgentur (2016): Bevölkerungsvorausschätzung für Hessen und seine Regionen als Grundlage der Landesentwicklungsplanung. Wichtige Ergebnisse im Überblick. [https://www.hessen-agentur.de/mm/mm002/912\\_Bevoelkerungsvorausschaetzung\\_2016.pdf](https://www.hessen-agentur.de/mm/mm002/912_Bevoelkerungsvorausschaetzung_2016.pdf) (Zugriff: 12.06.2020).
- IWU – Institut Wohnen und Umwelt (2017): Wohnungsbedarfsprognose für die hessischen Landkreise und kreisfreien Städte; Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- Stock, P.; Gründler, K (2007): Informationsmanagement bei der Umweltprüfung des Regionalen Flächennutzungsplans für den Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main. In: UVP-Report 21 (1+2): 68-75. Hamm.





# Perspektiven und Status quo der Eingriffsregelung im Kontext der Landwirtschaft – das Beispiel der Region Stuttgart

*Christian Sponagel, Marit Firlus, Niklas Effenberger, Elisabeth Angenendt, Claudia Bieling, Enno Bahrs*

## Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt RAMONA (Stadtregionale Ausgleichsstrategien als Motor einer nachhaltigen Landnutzung) beschäftigt sich mit den Chancen und Herausforderungen von Eingriffskompensation im Ballungsraum. Am Beispiel der Region Stuttgart wird untersucht, inwiefern Kompensationsmaßnahmen durch stadtregionale Kooperation zu einem Motor nachhaltiger Landentwicklung werden können. Es werden relevante Prozesse und das Zusammenspiel von Akteuren im Stadt-Umland-Gefüge im Hinblick auf das Kompensationsgeschehen, mit besonderem Fokus auf die Landwirtschaft analysiert. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich Steuerungsbedarf bei der Anwendung der Eingriffsregelung hinsichtlich der Maßnahmenkonzeption und -umsetzung, der Flächenbeschaffung sowie der Kontrolle von Maßnahmen ergibt. Die Zusammenarbeit von Akteuren, insbesondere auf regionaler Ebene, wird nicht nur als Herausforderung, sondern als zentraler Handlungsansatz für die Verbesserung der aktuellen Kompensationspraxis gesehen. Multifunktionalität ist aus Sicht der Akteure erstrebenswert und bietet strategisch verankert auch Möglichkeiten zur verbesserten Einbindung verschiedener Landnutzungen. Die zentrale Rolle der Landwirtschaft für die Bereitstellung und Pflege von Kompensationsmaßnahmen konnte durch eine räumliche Analyse aufgezeigt werden, wodurch sich eine starke Betroffenheit der Landwirtschaft durch die Eingriffsregelung ableiten lässt. So befinden sich mehr als die Hälfte aller im Zeitraum von 1998 bis 2018 umgesetzten Kompensationsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen. Eine höhere zeitliche und räumliche Flexibilität bei der Umsetzung der Maßnahmen, eine Priorisierung von freiwilligen Ökokontomaßnahmen sowie eine möglichst frühe Einbindung in den Prozess wären von Seiten der Landwirtschaft wünschenswert. Die Flächeninanspruchnahme durch die Eingriffe überwiegt jedoch deutlich den der Kompensationsmaßnahmen.

**Schlagworte:** Eingriffsregelung, Flächeninanspruchnahme, Landwirtschaft, Kooperation

## 1 Einführung

Eingriffe in Natur und Landschaft erfordern gemäß BNatSchG die Umsetzung naturschutzrechtlicher Kompensationsmaßnahmen. Die Bereitstellung geeigneter Entwicklungsflächen wie auch zweckmäßiger Kompensationsstandorte stellt gerade für



Kommunen in wachsenden Ballungsräumen wie der Region Stuttgart eine immer größer werdende Herausforderung dar (DLKG 2016). Die Kernstadt allein kann diese Prozesse nicht ausreichend steuern. Lösungen bedürfen der Kooperation der Akteure im Stadt-Umland-Gefüge. Wir gehen davon aus, dass dieses Kooperationspotenzial bisher wenig genutzt wird und Ausgleichsflächen zu oft ohne Mehrwert für andere Landnutzungen hergestellt werden, so dass mögliche Synergien ausbleiben. Die Erarbeitung von Strategien für eine stadtreionale Kompensationspraxis muss die Interessen, Einflussmöglichkeiten, Problemsichten und Handlungsmöglichkeiten der verschiedenen Akteure berücksichtigen.

Die Kernstadt Stuttgart und die Kommune Filderstadt werden als Untersuchungsraum herangezogen, um Verflechtungen von Akteuren und Räumen innerhalb der stadtreionalen Kompensationspraxis zu analysieren. Hierfür werden mit einer Akteursanalyse die aktuelle kommunale und regionale Kompensationspraxis und die zugrunde liegenden Prozesse modellhaft erfasst. Ein vertiefter Blick gilt dabei der Landwirtschaft. Sie ist ein zentraler Raumakteur in der Gestaltung regionaler Ausgleichsstrategien, ihre diesbezüglichen Entscheidungsmuster sind aber wenig erforscht, insbesondere im Kontext konkreter Räume. Aus Sicht der Landwirtschaft wird das Kompensationsgeschehen zusätzlich zum vorausgegangenen Eingriff oft als eine doppelte Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen wahrgenommen. Generell ist die Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen für Kompensationsmaßnahmen wenig transparent (Tietz et al. 2012). Wir gehen daher von der Hypothese aus, dass die Landwirtschaft von allen Landnutzungen am stärksten durch Kompensationsmaßnahmen betroffen ist. Ergänzend sollen Interviews Einblicke in die Perspektive der Landwirtinnen und Landwirte geben. Flankierend dazu werden räumliche Daten zum Kompensationsgeschehen im Untersuchungsraum ausgewertet.

## 2 Herangehensweise

### 2.1 Akteursanalyse

Die Analyse des Kompensationsgeschehens basiert auf Leitfaden-Interviews mit Gesprächspartnern auf kommunaler, Landkreis- und regionaler Ebene. Die transkribierten Interviewtexte wurden mithilfe der Software MAXQDA ausgewertet (VERBI Software 2018). Für einige Interviews wird die Interviewmethode des „Process Net-Mapping“ angewendet. Mithilfe der Interviewpartner werden hierbei exemplarische Prozessverläufe in den betreffenden Akteursnetzwerken dargestellt und ergründet (Schiffer 2010). Für die Akteure in der Region, so zeigt es sich in den Interviews, sind die Anwendung der städtebaulichen und naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung und der besondere Artenschutz zentral für den Planungsalltag. Thematischer Schwerpunkt der Befragungen

waren die bei der Anwendung der Eingriffsregelung ablaufenden Prozessschritte und damit zusammenhängende Hemmnisse und Herausforderungen für eine erfolgreiche Prozessumsetzung in verschiedenen Verfahren (Bauleitplanung, Planfeststellung, Eingriffe im Außenbereich). Um möglichst viele verschiedene Akteursperspektiven abzubilden, werden die Gesprächspartner nach ihren verschiedenen Rollen („Eingreifer, Vorhabens-träger“, „Genehmigungsinstanz“, „Träger öffentlicher Belange“, „Maßnahmenhersteller/ -pfleger“, „Flächenbereitsteller“, „Sonstige“) bei der Umsetzung der Eingriffsregelung ausgewählt. Erste Ergebnisse der Befragungen werden in einem Akteursworkshop diskutiert, um in den Interviews identifizierte Hemmnisse und Herausforderungen zu priorisieren, aus diesen Steuerungsbedarfe abzuleiten und erste regionale Handlungsansätze zu erarbeiten. Weitere Handlungsansätze können direkt über die Interviews identifiziert werden. Die gesammelten Handlungsansätze werden abschließend mit den Steuerungsbedarfen zusammengeführt. Diese Zusammenführung bildet die Basis für die Entwicklung regionaler Strategien.

## 2.2 Datenerhebung und Auswertung zur Landwirtschaft

Parallel dazu erfolgt eine vertiefte Analyse der Situation der Landwirtschaft in der Region Stuttgart auf zwei Ebenen. Im Rahmen von Interviews mit insgesamt zehn Landwirten\*innen wird die Struktur dieser landwirtschaftlichen Betriebe und deren Betroffenheit durch Flächenverlust und durchgeführte Kompensationsmaßnahmen in der Region Stuttgart erfasst. Dabei ist ein Fokus die jeweilige Einbindung, Erfahrung und Meinung der Betriebsleiter\*innen zum aktuellen Kompensationsgeschehen in der Region. Dieser Teil fließt in die oben beschriebene Akteursanalyse mit ein. Zur quantitativen Analyse der Betroffenheit von Kompensationsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen in Stuttgart und Filderstadt wird ein von der Landeshauptstadt Stuttgart (Amt für Stadtplanung und Wohnen und Amt für Umweltschutz) sowie der Stadt Filderstadt erstellter Datensatz über alle zugänglichen Kompensationsmaßnahmen und Eingriffe im Zeitraum von 1998 bis 2018 ausgewertet. Diese Geodaten umfassen insgesamt 479 individuelle Polygone zu Eingriffen und 648 Polygone zu Kompensationsmaßnahmen. Ein Großteil der Kompensationsmaßnahmen resultiert dabei aus Planfeststellungsverfahren (54 %) und aus der Bauleitplanung (31 %) sowie sonstigen Verfahren (z. B. Waldausgleich, besonderer Artenschutz etc.). Diese werden unter Verwendung der ALKIS-Daten aus dem Jahr 2006 im Hinblick auf die Betroffenheit der Landwirtschaft ausgewertet. Es wurden allerdings auch Maßnahmen vor dem Jahr 2006 umgesetzt. Daher wurde zur Ableitung des Ausgangszustands einer Maßnahmenfläche neben der Verschneidung mit den ALKIS-Daten auch die Beschreibung der Maßnahme herangezogen. Auf Seiten der größeren Eingriffe würde dies z. B. die Messe Stuttgart betreffen; dieser Bereich war nach den ALKIS-Daten noch als Ackerland hinterlegt.

## 3 Ergebnisse















### 3.1 Akteursperspektiven auf Kompensationsprozesse




In einem ersten Schritt werden durch die Akteursanalyse aufeinander aufbauende Prozessschritte identifiziert, die sich in allen Verfahren als relevant für die Ausgestaltung der Kompensationspraxis herausgestellt haben (Abb. 1, Spalte 1). Entlang der Prozessschritte werden durch die Akteure Schwachstellen, Defizite und Herausforderungen benannt. Aus der Anzahl der Nennungen und der Priorisierung im Akteursworkshop lassen sich wichtige Steuerungsbedarfe für die Anwendung der Eingriffsregelung ablesen (Abb. 1, Spalte 2). Einige dieser Bedarfe werden von Experten und Expertinnen auf unterschiedlichen Planungsebenen (Kommune, Landkreis, Regierungspräsidium) genannt, was für deren regionale Relevanz spricht. Als problematisch wird von den Akteuren beispielsweise der Umgang mit naturnahen und landwirtschaftlichen Flächen bei der Eingriffsbewertung und Ermittlung des Kompensationsbedarfs (Prozessschritt A) gesehen. Eine besondere Herausforderung ist hierbei die Vermeidung von Eingriffen in das Schutzgut Boden und die Umsetzung geeigneter Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Auf Seiten der Landwirtschaft wird vor allem die Flächeninanspruchnahme von insbesondere hochwertigen Böden genannt, die dann nicht mehr für die Produktion von Nahrungsmitteln zur Verfügung stehen. Laut den Befragten sollte bei der Konzeption von Maßnahmen die Multifunktionalität<sup>1</sup> sowie im Hinblick auf die Landwirtschaft die Umsetzung produktionsintegrierter Kompensationsmaßnahmen (PiK) und die Berücksichtigung landwirtschaftlicher Belange (z. B. bei der Flächenauswahl) eine wichtigere Rolle spielen. In der momentanen Praxis existieren gerade beim Thema PiK hohe rechtliche Hürden. Insgesamt wird die Kompensation in der Landwirtschaft als sehr komplexes Thema angesehen, insbesondere hinsichtlich der rechtlichen Aspekte. Ein i. d. R. erforderlicher Grundbucheintrag zur rechtlichen Sicherung wird als hoher Wertverlust für die Fläche angesehen und reduziert dadurch auch die Akzeptanz für freiwillige bzw. vorweggenommene Kompensationsmaßnahmen. Eine zentrale Herausforderung bei der Maßnahmenkonzeption ist die interkommunale Zusammenarbeit, die unter anderem daran scheitert, dass Ausgleichs nah am Eingriffsort konzipiert werden, obwohl eine kommunenübergreifende Maßnahme ggf. fachlich sinnvoller wäre. Kommunen brauchen die Flächen oft dringend für eigene Maßnahmen und es fehlen regionale Strategien für eine Zusammenarbeit.

---

<sup>1</sup> Ausgleichsflächen und -maßnahmen sollen unter Berücksichtigung der funktionalen Aspekte so gewählt werden, dass sie eine Kompensationswirkung für möglichst viele vom Eingriff betroffenen Schutzgüter und Funktionen (z. B. Naherholung) haben, um die Flächeninanspruchnahme so gering wie möglich zu halten.

Prozessschritte der Kompensationspraxis	Steuerungsbedarfe	Ansätze für eine verbesserte regionale Praxis
A. Bewertung von Eingriffen/ Ermittlung Art und Umfang der Maßnahmen	Natur- und Flächenschutz 	Nutzung kommunales Bodenschutzkonzept
	Kompensation Schutzgut Boden 	Frühzeitige Beteiligung Bodenschutzbehörden Ersatzzahlungen für Bodenschutzmaßnahmen nutzen
B. Konzeption von Maßnahmen	Berücksichtigung landwirtschaftlicher Belange 	Frühzeitige Einbindung der Landwirtschaft in Planungsprozesse
	Produktionsintegrierte Kompensation (PiK) 	Abbau rechtlicher Hürden PiK, mehr Freiwilligkeit und Flexibilität bei Einbindung
	Multifunktionale Kompensation 	Entwicklung schutzgutübergreifendes Bewertungssystem
	Berücksichtigung übergeordneter Planungen 	Stärkere Verknüpfung mit räumlicher Gesamtkonzeption (Biotopverbund, Artenschutzkonzept)
	Interkommunale Kompensation 	Verbesserte Integration in Planungsalltag durch Kooperation auf Landkreis-/regionaler Ebene Regionales Ökokonto etablieren
C. Beteiligung TÖB/ Öffentlichkeit	Abstimmung Interessen TÖB 	Kooperation mit der Öffentlichkeit stärken
D. Genehmigung	Personelle Ausstattung Fachbehörden/-ämter und Fachwissen EntscheidungsträgerInnen 	Qualifizierungsangebote zu guter Ausgleichspraxis schaffen
		Personelle Ausstattung verbessern
E. Flächenbeschaffung und -sicherung	Suche nach geeigneten Flächen und Maßnahmen 	Einheitliche Fachstandards für Maßnahmenumsetzung
	Eigentumsstruktur Flächen und Flächensicherung 	Suchräume regional statt kommunal denken Nutzung kommunaler/regionaler Flächenbevorratung
F. Herstellung und Pflege Maßnahmen	Transparenz Lage und Umsetzungsstatus 	Einheitliches Bewertungsschema, das für alle Verfahren angewendet werden kann
	Umsetzung Artenschutzmaßnahmen 	Ausreichende Mittel für Maßnahmenumsetzung/-pflege
G. Verwaltung und Kontrolle Maßnahmen	Durchführung Monitoring 	Öffentlich einsehbare Datenbank für alle Maßnahmen
		Beteiligung ehrenamtlicher Naturschutz stärken

**Priorität** hoch  mittel  niedrig 

Priorisierung basiert auf Anzahl der Nennung durch Akteure (Auswertung Interviews) sowie der Priorisierung im Akteursworkshop

Abb. 1: Kompensationsprozesse, Steuerungsbedarfe und Handlungsansätze der Kompensationspraxis (Quelle: eigene Darstellung)

Im Prozessschritt C „Beteiligung der Träger öffentlicher Belange (TÖB)/Öffentlichkeit“ wird die Berücksichtigung von teils widersprüchlichen Interessen und die folglich notwendige Kompromissuche als Herausforderung genannt. Bei der Genehmigung von Maßnahmen wird als Schwachstelle eine mangelnde personelle Ausstattung der zuständigen Fachbehörden und -ämter angesprochen, um die Konzeption von Maßnahmen fachlich zu begleiten und um genehmigte Maßnahmen im Nachgang auch tatsächlich zu kontrollieren.

Für den Prozessschritt E „Flächenbeschaffung und -sicherung“ gestaltet sich die Suche nach geeigneten Flächen und Maßnahmen sowie die Eigentumsstruktur von Ausgleichsflächen (z. B. hinsichtlich dauerhafter Flächenverfügbarkeit, schwieriger Grunderwerbsverhandlungen) für betroffene Akteure als schwierig. Prioritär werden zudem Umsetzungs- und Pflegedefizite und damit einhergehend fehlende Transparenz in Bezug auf Lage, Umsetzung und Pflege gesehen. Aus Sicht der Landwirtschaft ist die Vergabe von Flächen für die Pflege nicht transparent und die Inanspruchnahme von Flächen, insbesondere Pachtflächen, wird nur indirekt kommuniziert. Nicht zuletzt können sich durch die Verwendung eines einzelnen Flurstücks innerhalb eines Schlags, d. h. einer aggregierten Bewirtschaftungseinheit mehrerer Flurstücke, An- und Durchschneidungsschäden sowie daraus resultierend höhere Bewirtschaftungskosten auf der restlichen Fläche ergeben. Auch punktuelle Maßnahmen, wie Baumpflanzungen, können z. B. die Zufahrt zu Flächen erschweren.

Diese externen Effekte, die aus Kompensationsmaßnahmen resultieren, können als Negativebeispiele die Akzeptanz solcher Maßnahmen in der Landwirtschaft herabsetzen. Eine besondere Herausforderung in allen Verfahren stellt die Umsetzung von Artenschutzmaßnahmen dar, da diese nur schwer im Voraus geplant werden können. Problematisch gesehen wird auch das somit entstehende „time lag“ zwischen dem bereits stattgefundenen Eingriff und der Herstellung der Funktionsfähigkeit der Artenschutzmaßnahme, die oft erst im Anschluss erfolgt. Ein von vielen Akteuren benanntes Defizit ist im Rahmen der Verwaltung und Kontrolle von Maßnahmen (Prozessschritt G) das fehlende Monitoring von Maßnahmen, die zum Teil gar nicht bzw. nicht ordnungsgemäß umgesetzt werden.

### **3.2 Räumliche Auswertung des Kompensationsgeschehens auf landwirtschaftlichen Flächen in Stuttgart und Filderstadt**

Tabelle 1 zeigt den Umfang von landwirtschaftlichen Nutzflächen für die Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen in Stuttgart und Filderstadt. In Stuttgart waren im betrachteten Zeitraum ca. 76,7 ha und in Filderstadt ca. 11,9 ha landwirtschaftliche Nutzflächen betroffen. Der Anteil dieser landwirtschaftlich nutzbaren Fläche (LF) an der betroffenen Landfläche insgesamt liegt in Stuttgart bei ca. 56 % und in Filderstadt bei knapp 66 %. Damit liegt der Anteil gemittelt und flächengewichtet bei etwa 57,2 %.



Tab. 1: Umfang der Flächeninanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Kompensationsmaßnahmen im Zeitraum von 1998 bis 2018 in Stuttgart und Filderstadt (Quelle: eigene Berechnung nach Daten der Städte Stuttgart und Filderstadt)

Flächenkategorie	Betroffene Fläche (ha)			Anteil am gesamten Flächenbedarf (%)
	Stuttgart	Filderstadt	Gesamt	
Ackerland	37,6	3,9	41,5	26,8
Grünland	39,0	8,0	47,0	30,4
Weingarten	0,1	0,0	0,1	0,1
Landwirtschaftlich genutzte Flächen insgesamt	76,7	11,9	88,6	57,3
<b>Alle Kategorien insgesamt</b>	<b>137,0</b>	<b>17,9</b>	<b>154,8</b>	<b>100,0</b>
Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen	56,0%	66,5%	57,2%	

In Relation zur landwirtschaftlich nutzbaren Fläche des Stadtkreises Stuttgart sind im Jahr 2018 somit ca. 3,2 % der LF mit Kompensationsmaßnahmen belegt. In Filderstadt liegt der Anteil bei 0,8 %. In Bezug auf die Ackerfläche liegen die Anteile mit 2,8 % bzw. 0,4 % etwas geringer (Tab. 2). Das Beispiel von Filderstadt im Stuttgarter Umland zeigt, dass das Konfliktpotenzial in Bezug auf landwirtschaftliche Nutzflächen in der Kernstadt vermutlich noch höher ist als im Umland. Dies wiegt umso mehr, da die durchschnittliche Betriebsgröße in Stuttgart bei nur ca. 13 ha LF (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2016) liegt, sodass der Flächenverlust von ca. 76,7 ha LF für mehr als fünf durchschnittliche Betriebe in Stuttgart steht.

Tab. 2: Anteile der von Kompensationsmaßnahmen belegten landwirtschaftlich nutzbaren Fläche (LF) an der Summe der LF 2018 bzw. Anteil der mit Kompensationsmaßnahmen belegten Ackerfläche an der Summe der Ackerfläche im Jahr 2018 in Stuttgart und Filderstadt (Quelle: eigene Berechnung auf Basis von Daten des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) aus dem Jahr 2018)

Gemeinde	Summe der LF (ha)	Summe Ackerfläche (AF) (ha)	Durch Kompensation belegte LF (ha)	Anteil der betroffenen LF an der gesamten LF (%)	Anteil der betroffenen AF an der gesamten AF (%)
Stuttgart	2 433,2	1 356,0	76,7	3,15	2,77
Filderstadt	1 409,0	1 009,5	11,9	0,84	0,39

In Bezug auf die Art der umgesetzten Kompensationsmaßnahmen findet auf Ackerland flächenmäßig überwiegend die Anlage von Biotopen bzw. Komplexlebensräumen (46 %) und Streuobstwiesen (13 %) sowie Sukzession (19 %) statt. Extensivierung und Umwandlung von Acker- in Grünland haben flächenmäßig jeweils einen Anteil von etwa 7 %. Daraus lässt sich ableiten, dass eine weitere landwirtschaftliche Nutzung auf den ehemaligen Ackerflächen überwiegend nicht mehr möglich ist.

Zum Vergleich zu der von Kompensationsmaßnahmen betroffenen landwirtschaftlichen Nutzfläche zeigt Tabelle 3 die Betroffenheit dieser Flächen durch die Eingriffe. Demnach waren im Zeitraum von 1998 bis 2018 in Stuttgart ca. 203 ha Acker- und Grünland von Eingriffen betroffen, d. h. sie sind aus der Nutzung herausgefallen. In Filderstadt waren es im gleichen Zeitraum ca. 20 ha Acker- und Grünland. Dadurch wird deutlich, dass die Landwirtschaft durch die Eingriffe an sich mehr Fläche verliert als durch die Kompensationsmaßnahmen. Da die Verschneidung der Eingriffsflächen mit der Nutzungsart auf ALKIS-Daten aus dem Jahr 2006 basiert, waren möglicherweise noch mehr Flächen betroffen.

Tab. 3: Übersicht über die von Eingriffen betroffene LF in Stuttgart und Filderstadt im Zeitraum von 1998 bis 2018 und Anteil der betroffenen Flächen (Quelle: eigene Berechnung nach Daten der Städte Stuttgart und Filderstadt und dem MLR aus dem Jahr 2018)

Gemeinde	Flächenkategorie	Summe (ha)	Durch Eingriffe betroffene Fläche (ha)	Anteil der betroffenen Flächen an der gesamten Fläche der Kategorie (%)
Stuttgart	Ackerland	1 356,0	149,6	11,0
	Grünland	698,5	53	7,6
	LF	2 433,2	203,3	8,4
Filderstadt	Ackerland	1 009,5	17,5	1,7
	Grünland	364,5	2,3	0,1
	LF	1 409,0	19,8	1,4

### 3.3 Ansätze für eine verbesserte regionale Praxis

Im Rahmen des Projektes werden für die Steuerungsbedarfe, die sich aus den Herausforderungen und Defiziten ergeben, erste Handlungsansätze gesammelt. Diese Ansätze sind in Abbildung 1 einzelnen Steuerungsbedarfen zugeordnet, viele setzen jedoch bei mehreren Steuerungsbedarfen im Prozess an. So wird beispielsweise die Etablierung eines regionalen Ökokontos diskutiert. Durch dieses könnte insbesondere die interkommunale Kompensation institutionalisiert und erleichtert werden. Die damit verbundene Bevorratung von Maßnahmen erleichtert durch den zeitlichen Vorlauf einen schnellen Rückgriff auf geeignete Maßnahmen und somit die Maßnahmenkonzeption. Vielversprechende Ansätze, die eine Reihe von Steuerungsbedarfen synergetisch adressieren, sind außerdem die Etablierung regional einheitlicher Standards für die Konzeption und Umsetzung von Maßnahmen sowie die stärkere Berücksichtigung einer räumlichen Gesamtkonzeption (z. B. Biotopverbund) für die Region. Letztere können nicht nur die Suche nach geeigneten Flächen, sondern auch die Konzeption von großflächigen und multifunktionalen Kompensationsmaßnahmen erleichtern.



## 4 Fazit

Die Flächenknappheit sowie die Konzeption von geeigneten Maßnahmen stellen die zentralen Herausforderungen im Kompensationsgeschehen dar. Eine stärkere Zusammenarbeit zwischen den Kommunen und Regionen ist ein vielversprechender Handlungsansatz, nicht nur um die Flächensuche zu erleichtern, sondern auch um diese konzeptionell und strategisch zu verbessern. Multifunktionale Maßnahmen und die Einbindung von Landnutzern, Naturschutzverbänden und Öffentlichkeit sind aus Sicht der Akteure erstrebenswert, haben aber bisher keine Priorität bei der Maßnahmenkonzeption. Besonderen Handlungsbedarf gibt es zudem bei der Kontrolle der Maßnahmenumsetzung.

Auf Seiten der Landwirtschaft kann es auf einzelbetrieblicher Ebene durchaus eine hohe wirtschaftliche Betroffenheit geben. Dennoch könnte die Landwirtschaft unter bestimmten Voraussetzungen auch an der Eingriffsregelung aktiv partizipieren und Partner für den Naturschutz sein, z. B. durch die Übernahme der Pflege- und Bewirtschaftung von Maßnahmen. Eine stärkere räumliche Trennung von Eingriff und Ausgleich wäre erwägenswert, da zumindest auf einzelbetrieblicher Ebene eine doppelte Betroffenheit durch Verlust der Eingriffs- und Ausgleichsfläche sonst nicht auszuschließen ist. Ein derzeit im Projekt verfolgter Ansatz für eine verbesserte regionale Praxis ist die Entwicklung eines Zielkatalogs für regionale Standards, die auch Multifunktionalität abdecken und in eine regionale Suchraumkulisse für Ausgleichsflächen übersetzt werden sollen.

Diese Arbeit ist im Projekt RAMONA entstanden, das unter dem Förderkennzeichen 033L201B in der Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus durch das BMBF gefördert wird.

## 5 Literatur

DLKG – Deutsche Landeskulturgesellschaft (2016): Flächenkonkurrenz entschärfen: gemeinsam – maßvoll – zukunftsfähig. Dokumentation der 37. Bundestagung vom 7. bis 9. Juni 2016 in Freising. Schriftenreihe der DLKG, Heft 14, Hg. v. Deutsche Landeskulturgesellschaft.

Schiffer, E. (2010): Process Net-Map.  
<https://bit.ly/3dZlpTG> (Zugriff: 29.05.2020).

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2016): Agrarstruktur. Betriebsgrößenstruktur seit 1979.  
<https://statistik-bw.de> (Zugriff: 05.05.2020).

Tietz, A.; Bathke, M.; Osterburg, B. (2012): Art und Ausmaß der Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen für außerlandwirtschaftliche Zwecke und Ausgleichsmaßnahmen, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI).  
[https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dn050574.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn050574.pdf) (Zugriff: 22.05.2020).

VERBI Software (2018): MaxQDA. Version 2018. Berlin: Software GmbH.  
<https://www.maxqda.de> (Zugriff: 29.05.2020).



# Wenn sich das Blatt wendet – Anpassungsstrategien und mikroklimatische Auswirkungen im Siedlungsraum

Sascha Henninger

## Zusammenfassung

Stadtklima ist ein wichtiger Bestandteil räumlicher Planung im Abwägungsprozess der Bauleitplanung und Umweltverträglichkeitsprüfungen. Die Stadtklimatologie identifiziert Problemfelder, sichert, entwickelt und stellt immissionsklimatisch relevante Flächennutzungsstrukturen wieder her, unter Berücksichtigung flächen-/objektbezogener Handlungsfelder. Hierbei bildet die Stadtklimatologie das Bindeglied zwischen den physikalischen Grundlagen/Prozessen des Stadtklimas und der Stadtplanung. Stadtklimaanalysen bzw. die daraus ableitbaren synthetischen Klimafunktions-/Planungshinweiskarten erlauben der Planung auf kommunaler Ebene wichtige klimatische Aspekte innerhalb ihres Handlungsrahmens aufzugreifen. Es entstehen unterschiedliche Handlungsfelder, die alle für sich eine bedeutende Wirkung auf den Raum nehmen können, jedoch nicht streng voneinander zu trennen sind, somit auch nicht getrennt voneinander betrachtet werden sollten.

Spannende Anwendungsbeispiele aus dem Forschungsbereich der „grünen Infrastruktur“ sind u. a. die Silberlinde (*Tilia tomentosa*) oder auch die biogenen flüchtigen Kohlenwasserstoffe (BVOCs). *Tilia tomentosa* hebt sich von anderen urbanen Bäumen durch ihre Fähigkeit ab, die Blätter bei hoher solarer Einstrahlung drehen zu können. BVOCs können bei hochsommerlichen Wetterlagen zu einer signifikanten Erhöhung der Konzentration des bodennahen Ozons beitragen.

Beide Ereignisse weisen ein enormes Handlungspotenzial sowohl aus lokalklimatischer, gesundheitlicher als auch planerischer Sicht auf.

**Schlagnworte:** Stadtklima, Klimaanpassung, grüne Infrastruktur

## 1 Einführung

Viele Menschen sehen den urbanen Raum zunehmend als durchaus gesundheitlich belastend. Nicht zuletzt aufgrund einer Vielzahl negativer Einflüsse, wie z. B. Lärm und Lufthygiene, fehlt es vielfach an adäquaten Erholungsräumen und so ist das Verlangen nach einer entsprechenden „Ausstattung“ urbaner Rückzugsräume enorm und die „grüne Infrastruktur“ spielt in den Augen vieler eine ganz entscheidende Rolle (Bolund, Hunhammer 1999).

Dem demographischen Wandel und der in vielen deutschen Großstädten zu verzeichnenden Stadtfucht ist es gegenwärtig zu verdanken, dass verstärkt stadtklimatische Kenntnisse mit in die zukünftige Stadtplanung einfließen können. Das Phänomen der „Schrumpfenden Städte“ (engl. „*shrinking cities*“) offeriert eine große Zahl frei werdender Flächen, deren Raum stadtklimatologisch sinnvoll in die neu entstehende Nutzungsstruktur zu integrieren ist (Oswalt, Rieniets 2006; Henninger, Weber 2020). In diesem Zusammenhang sind unterschiedliche Handlungsfelder für die angewandte, planungsorientierte Stadtklimatologie hervorzuheben. Im urbanen Bereich bietet sich vor allem die Schaffung von Frei-, Grün-, aber auch Wasserflächen an. Innerstädtisches Grün umfasst alle Formen sowohl „grüner“ Freiräume als auch begrünte Gebäude. Hierzu zählen

- Parkanlagen, Kleingärten und Friedhöfe,
- Siedlungsgrün/Grünflächen an öffentlichen Gebäuden und private Gärten sowie Bauwerksgrün mit Fassaden- und Dachbegrünung,
- Spielplätze und Sportflächen,
- Straßenbegleitgrün,
- Brachflächen sowie
- Waldflächen, landwirtschaftliche Nutzflächen und weitere Freiräume, die zur Gliederung und Gestaltung des urbanen Raumes entwickelt, erhalten und gepflegt werden müssen.

Vergleichbar mit der „grauen Infrastruktur“ wird das urbane Grün auch als „grüne Infrastruktur“ bezeichnet. Denn wie von anderen bekannten Infrastrukturen gehen auch von solchen Flächen zahlreiche wirtschaftliche, soziale und vor allem ökologische Leistungen aus. Der Beitrag der Grünflächen innerhalb urbaner Räume ist von immenser Bedeutung, denn obwohl diese einen vergleichsweise kleinen Teil der gesamten städtischen Flächen ausmachen, offenbaren sie einen ganz eigenen Charakter im Vergleich zu den bebauten oder (teil)versiegelten Flächen. Oftmals sind die Interaktionen zwischen diesen unterschiedlichen Nutzungstypen erheblich (Henninger, Weber 2020).

## 2 Grüne Infrastruktur und Gesundheit

Wesentliche Merkmale urbaner Lebensqualität sind abhängig von der Gesundheit und dem Wohlbefinden der Bevölkerung. Entsprechend dieser Vorstellung lassen sich unterschiedliche Komponenten der Gesundheit definieren, für die letztendlich auch die „grüne Infrastruktur“ von Bedeutung ist und einen entsprechenden Beitrag leisten kann (Abraham et al. 2007; Heiland et al. 2014):

- **Ästhetische/symbolische Komponenten**  
Die ästhetische Wirkung und/oder Symbolkraft eines Raumes trägt zu einem Wohlfühlen des Menschen bei. „Schöne Landschaften“ oder alte Solitärbäume suggerieren eine „gesunde Natur“ oder die vergangene „glückliche Kindheit“ und leisten somit einen Beitrag zur Identifikation mit einem solchen Ort.
- **Soziale Komponente**  
Urbanes Grün erhöht die Aufenthaltsqualität und fördert so das soziale Miteinander. Es leistet daher einen entsprechenden Beitrag zur Zugehörigkeit, Integration und Identifikation..
- **Psychische Komponente**  
Diese Komponente der „grünen Infrastruktur“ beschreibt das psychische Wohlbefinden/die Entspannung und somit die geistige Belastbarkeit und Konzentrationsfähigkeit.
- **Physische Komponente**  
Die physische Komponente beschreibt die Aspekte und Funktionen des körperlichen Wohlbefindens (Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System, den Muskelapparat, das Nervensystem, die körperliche Leistungsfähigkeit und Ausdauer).

Diese vier Komponenten dürfen auf keinen Fall getrennt voneinander betrachtet werden, da sie sich gegenseitig beeinflussen. Das Verständnis von Gesundheit ist immer personen-, kultur- und zeitgebunden. Genau dies ist der Grund dafür, dass oftmals die selbst eingeschätzte (gesundheitsbezogene) Lebensqualität als Mess- und Evaluationsgröße für die allgemeine Gesundheit angewendet wird, v. a. wenn es um die subjektive Empfindung und Wahrnehmung geht (Heiland et al. 2014).

Die gesundheitsrelevanten Funktionen der „grünen Infrastruktur“ wirken sich positiv auf die physische, zum Teil auch auf die psychische Komponente aus. Insbesondere im Kontext der Umweltprüfung und der Landschaftsplanung spielen diese Funktionen bereits seit vielen Jahren eine wichtige Rolle, ohne dass deren Gesundheitsrelevanz explizit Erwähnung findet. Mass et al. (2009) und Stigsdotter et al. (2010) konnten sowohl in den Niederlanden als auch in Dänemark mithilfe empirischer Erhebungen bei mehr als 260 000 Menschen nachweisen, dass der allgemeine Gesundheitszustand der Befragten, deren Wohnort sich in einem Radius von 1 km bis 3 km zur nächsten Grünfläche befand, durchweg positiv beeinflusst wurde. Vor allem für Ältere, Kinder und Menschen aus schwachen Einkommensgruppen waren diese Ergebnisse nachweisbar. Hierbei sind sowohl die Quantität als auch die qualitativen Merkmale der Grünflächen von besonderer Bedeutung für die Einschätzung des eigenen Gesundheitszustandes (Mass et al. 2009). Es müssen allerdings nicht immer nur große Grün- und Freiflächen sein, die sich positiv auf die Gesundheit auswirken. Bereits Grünelemente entlang von Straßen oder sogenannten Pocket Parks können eine signifikant positive Wirkung besitzen.

## 2.1 Wenn sich das Blatt wendet – Kühlung aus dem Bestand heraus

Ein spannendes Anwendungsbeispiel ist die Silberlinde (*Tilia tomentosa*). Diese hebt sich von anderen urbanen Bäumen durch ihre Fähigkeit ab, die Blätter bei hoher solarer Einstrahlung drehen zu können.

Innerstädtisches Grün innerhalb des vorhandenen Bestandes bietet sowohl aufgrund der Verschattung als auch der Verdunstungsleistung der Pflanzen ein lokalklimatisch positives, kühlendes Potenzial. Gegenwärtig stellt sich aus der Sicht der angewandten, planungsorientierten Stadtklimatologie die Frage, in welcher Form urbane Baumarten negative lokalklimatische Modifikationen zusätzlich abmildern können. Die Silberlinde ist für diese neue Betrachtungsweise der kühlenden Wirkung von Bäumen besonders geeignet, da v. a. die Blätter des Kronenbereiches junger Silberlinden in der Lage sind, sich selbstständig gegen eine intensive solare Einstrahlung zu schützen. *Tilia tomentosa* ist eine sogenannte blattwendende Baumart. Dies bedeutet, dass sie in der Lage ist, ihre dunkelgrüne, kurzwellige solare Strahlung absorbierende Blattoberseite abzuwenden und die helle, silberne, reflektierende Blattunterseite zur Sonne hin auszurichten (Abb. 1). Aufgrund der hierdurch hervorgerufenen Veränderung der Albedo kommt es zu einer Reduktion der Oberflächentemperatur am Kronendach und einer Verringerung der Lufttemperatur unterhalb des Kronen- bzw. innerhalb des Stammraumes. Zur Verifizierung dieser Aussage werden Analysen an Silberlinden unterschiedlichen Alters durchgeführt (0-10 Jahre, 11-25 Jahre, > 26 Jahre). Dabei zeigt sich, dass diese Veränderung des Albedoeffektes, v. a. bei jungen Silberlinden zu beobachten ist und dem Baum hilft, seinen Hitzestress abzubauen (Henninger 2017; Henninger, Weber 2020).

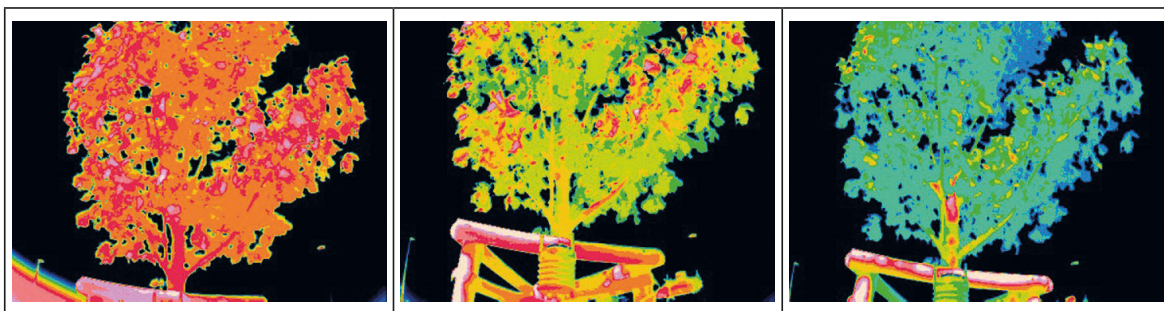


Abb. 1: Darstellung der Blattoberflächentemperatur vor der Drehung (links) bzw. nach der Drehung (rechts) der Blätter – hoch (rot), niedrig (blau) (Fotos: Henninger)

Zur Durchführung der in-situ Messungen werden hochaufgelöste Wärmebildvideokameras eingesetzt. Somit ist es möglich, die Hitzestresspunkte der Blattoberflächen zu lokalisieren und die Oberflächentemperatur zu definieren, die eine Drehung der Blätter hin zur silbrig-weißen Blattunterseite auslöst. Damit möglichst viele dieser Hitzestresspunkte des gesamten Blatträume erfasst werden können, finden die Wärmebilddaufnahmen an mehreren Standpunkten um den Baum statt. Zusätzliche mobile Messstationen erfassen weitere meteorologische Größen (Lufttemperatur, Luftfeuchte, etc.) unterhalb



der Baumkrone/innerhalb des Stammraumes. Weitere Messungen werden in unmittelbarer Nähe des Baumes durchgeführt, um mögliche Auswirkungen auf die nähere Umgebung zu erfassen. Zusätzlich werden Fotos der Baumkrone, ebenfalls von verschiedenen Positionen ausgehend, erstellt, um nachvollziehen zu können, wie sich die Blätter der Silberlinde im Tagesverlauf verhalten. Anschließend wird die Meteorologie mit den Fotos und Wärmebildaufnahmen verknüpft, um die Modifikationen der *Tilia tomentosa* zeitlich erfassen zu können, die mit einer Blattdrehung in Verbindung stehen.

Entsprechende Ergebnisse an den unterschiedlich alten Silberlinden weisen darauf hin, dass es in Abhängigkeit des Alters des Baumes einen Oberflächentemperaturbereich zwischen 25 °C und 35 °C gibt, in dem die Blätter ihre silbrig-weiße Seite zur Sonne drehen, um auf die entstandenen bzw. den entstehenden Hitzestress im Kronenraum zu reagieren (Henninger, Leitte 2017). Um den genauen Temperaturbereich zu bestimmen, werden die Messungen in den Sommermonaten kontinuierlich fortgeführt und in eine computergestützte Simulation übertragen. Ziel ist es, künftig mittels Simulationen aufzuzeigen, wie blattwendende Baumarten ihre direkte Umgebung effektiver beeinflussen können (Henninger, Leitte 2017; Henninger 2017). Ebendiese Fähigkeit der Silberlinde könnte nun ein wichtiger Baustein für ein zukunftsfähiges, mikroklimatisch wirksames Stadtgrün sein, da durch die Einflüsse des Klimawandels davon auszugehen ist, dass es vermehrt zu Hitze- und Trockenperioden kommen wird.

## 2.2 Wenn das Blatt etwas abgibt – Baumarten und ihre lufthygienisch/gesundheitliche Wirkung

Dennoch birgt die „grüne Infrastruktur“ nicht nur Vorteile. Ein weiteres spannendes Anwendungsbeispiel, das in der Praxis nur wenig Beachtung findet, ist der Tatsache geschuldet, dass auch gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Pflanzen auftreten können. Diese oftmals als „biologische Noxe“ bezeichneten, durchaus schädlichen Nebenwirkungen des Grüns, können dem vielfach gesundheitsfördernden Aspekt der städtischen Grünflächen entgegenwirken. In erster Linie sind es diverse allergieauslösende oder -verstärkende Baumarten und Gräser. Meist sind es einzelne Neophyten (nichtheimische Pflanzen), die aufgrund der Globalisierung aus anderen Regionen eingeschleppt wurden bzw. eingewandert sind und in Folge der urbanen Überwärmung und/oder als Resultat des rezenten Klimawandels in Städten ihre ökologische Nische finden oder behaupten konnten (Henninger, Weber 2020).

Daher sollte innerhalb innerstädtischer Park- und Grünflächen gelten, dass sich nicht willkürlich jedes Grün zur Anpflanzung eignet. Einige Baumarten emittieren unterschiedliche Mengen an biogenen flüchtigen organischen Stoffen (engl. „*biogenic volatile organic compounds*“ – BVOCs). Diese sind in der Lage, als biogene Vorläufersubstanzen z. B. die Bildung von bodennahem Ozon herbeizuführen. Dementsprechend sollten

solche Arten weder als straßenbegleitendes Grün noch als Bestand in einem Park eingesetzt bzw. angepflanzt werden (Henninger 2013; Wagner 2014; Curtis et al. 2014).

Eine dieser Stoffgruppen sind die sog. Isoprenoide. Manche dieser organischen Substanzen dienen u. a. der Abwehr von Herbivoren und Pathogenen oder sie locken Bestäuber an. Zudem schützt z. B. das Isopren die Pflanze vor Hitze- bzw. oxidativem Stress (Monson, Fall 1989). Die Höhe der Emissionsrate biogener Kohlenwasserstoffe ist abhängig von den meteorologischen Bedingungen (Lufttemperatur, Strahlungsintensität bzw. Intensität der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR)) und wie diese letztendlich auf den Vegetationsbestand wirken (Henninger, Weber 2020). Demnach begünstigen autochthone Wetterlagen, gekennzeichnet durch eine hohe Strahlungsintensität und damit einhergehend hohen Lufttemperaturen, die Bildung von Isopren an den Pflanzenblättern. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass genau an den Tagen, an denen ohnehin mit erhöhten Ozonkonzentrationen zu rechnen ist, das biogene Isopren zusätzlich zu einer weiteren Produktion des bodennahen Ozons beiträgt, sogar innerhalb potenzieller urbaner Rückzugs- und Erholungsräume (Henninger 2015).

Zu den einschlägigen Isopren emittierenden Arten zählen vor allem die Laubbäume (z. B. Eiche (*Quercus*), Pappel (*Populus*), Platane (*Platanus*), Robinie (*Robinia*), Weide (*Salix*)). Nadelbäume, wie z. B. die Gemeine Fichte (*Picea abies*), spielen lediglich eine untergeordnete Rolle (Henninger, Weber 2020). Problematisch ist, dass viele der oben genannten Baumarten als charakteristische Stadtvegetation anzusehen sind. Somit sind meist einige wenige Arten für die Gesamtheit der Isoprenemissionen verantwortlich. Gegenwärtig kann festgehalten werden, dass große Mengen an biogenem Isopren im urbanen Raum trotz einer vergleichsweise eher geringen Vegetationsdichte freigesetzt werden. Dies liegt darin begründet, dass innerstädtische Grünflächen oftmals eine Artenzusammensetzung aufweisen, die nicht zwingend der potenziell natürlichen Vegetation des Standortes entspricht (Wagner 2014). Ein weit verbreitetes Beispiel ist die Isopren emittierende Baumart der ahornblättrigen Platane (*Platanus acerifolia*). Sie zählt ursprünglich nicht zu den heimischen Baumarten (Henninger 2015). Dennoch wird sie aufgrund ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Luftverschmutzung sowie einer gewissen Unempfindlichkeit gegenüber verdichtetem Boden vielfach als Straßenbaum sowie in Parkanlagen angepflanzt (Wagner 2014).

Die gesundheitlichen Nebenwirkungen des Ozons auf den menschlichen Organismus sind unterschiedlich (Henninger 2014a). In Tabelle 1 sind einige Folgewirkungen aufgelistet und zeigen deutlich, weshalb die durch diverse Pflanzenarten geförderte Ozonproduktion innerhalb von urbanen Grünflächen ein sensibles Thema darstellt (Henninger 2013). Vor allem für die warme Jahreszeit kann nachgewiesen werden, dass es einen offensichtlichen Zusammenhang zwischen Standorten mit einer hohen bodennahen Ozonkonzentration und dem Auftreten von Atemwegserkrankungen gibt, v. a. innerhalb urbaner Park- und Erholungsflächen. Hierbei spielt die Tatsache eine Rolle, dass

luftgetragene Allergene (z. B. Blütenpollen) durch die Wirkung des Ozons an Aggressivität gewinnen und mitunter bei bereits vorbelasteten Menschen (Allergiker, Asthmatiker u. a.) zu unerwartet heftigen Reaktionen führen.

Tab. 1: Wirkung des bodennahen Ozons auf den Menschen (Quelle: verändert nach Henninger 2013)

	Mögliche Wirkung auf den menschlichen Organismus
Substanz: Ozon (O <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vordringen in die unteren Atemwege</li> <li>- Reizung der Atemwege, Husten, Kopfschmerz, Atembeschwerden, Tränenreiz</li> <li>- Reduzierung der körperlichen Leistungsfähigkeit</li> <li>- Zunahme der Häufigkeit von Asthmaanfällen</li> <li>- Steigerung der allergischen Reaktionsbereitschaft</li> </ul> = Empfindliche Reaktionen bei etwa 10-20 % der Bevölkerung
Risikogruppen:	Personen mit Freiluftarbeitsplätzen, Sportler, Asthmatiker, Kleinkinder und Säuglinge

### 3 Fazit/Ausblick

Aus Sicht der planungsorientierten Stadtklimatologie ist eines der gegenwärtigen bzw. zukunftsnahe Ziele die Identifikation flächen- und objektbezogener Handlungsfelder innerhalb der Siedlungsräume. Dies wiederum stärkt die wissenschaftliche Teildisziplin der Stadtklimatologie bzw. Stadtökologie und deren Erkenntnisse, um diese u. a. in zukünftige Planungsprozesse einfließen zu lassen.

Sollten nun z. B. blattwendende Baumarten verifizierbare lokalklimatische Auswirkungen auf ihre nähere Umgebung aufweisen, besteht die Möglichkeit, diese Erkenntnisse aufzuarbeiten und in urbanen Entwicklungskonzepten bzw. landschaftsplanerischen Maßnahmen aufzugreifen. Dabei wäre es hilfreich, das gewonnene Wissen der Untersuchungen in verschiedene Ebenen der Raumplanung (z. B. Landschafts- oder Bauleitpläne) einfließen zu lassen. Denn das Wissen und die Kenntnis bezüglich des lokalen Klimas sowie deren Funktionszusammenhänge stellen wichtige Aspekte der Umweltvorsorge und Stadtentwicklung dar, was wiederum am Beispiel der baumartenspezifischen biogenen Kohlenwasserstoffe dargelegt werden kann.

Im Rahmen dessen ist das Baugesetzbuch durch eine Reihe zulässiger Festsetzungen in den Bebauungsplänen ein hilfreicher „Hebel“, um unterschiedliche Möglichkeiten einer klimagerechten bzw. klimaangepassten Stadtplanung umzusetzen. Vor allem nach der 2011 erfolgten Novellierung des § 1a Absatzes 5 werden die Belange des Klimas zu einem Gegenstand der Umweltprüfung. Ein städtebaulicher Rahmenplan kann entworfen werden, um entsprechend den Anforderungen an die Planung gerecht zu werden. Dieses informelle Planungsinstrument ist zwar nicht rechtsverbindlich, kann der Stadt/Gemeinde aber bei der Offenlegung diverser städtebaulicher Ziele (z. B. bezogen auf ein

Stadtquartier) dienen. Vor allem der § 9 Abs. 1 BauGB kann aus städtebaulichen Gründen Festsetzung vorgeben, die z. B. Grünflächen/Parkanlagen (§ 9 (1) Nr. 15 BauGB) oder das gezielte Pflanzen von Bäumen/Sträuchern (§ 9 (1) Nr. 25 BauGB) vorsehen.

Welche Bedeutung Isopren zukünftig in der urbanen Stadtatmosphäre spielen wird, ist davon abhängig, wie sich die anthropogenen, v. a. aber die biogenen Emissionen entwickeln. Daher könnte die Wahl der Baumarten für innerurbane Grünflächen im Hinblick auf die Entwicklung der Isoprenemission ganz entscheidend werden. Diesem Umstand ist auch geschuldet, dass vermutlich die Erfolge des technischen Fortschritts (z. B. Steigerung der Elektromobilität im urbanen Raum), mit einer Reduzierung der anthropogenen Kohlenwasserstoffe einhergehen, jedoch die witterungsbedingte Steigerung reaktiver biogener flüchtiger Kohlenwasserstoffe nur eine geringe Minderung der bodennahen Ozonkonzentration mit sich bringen wird.

## 4 Literatur

- Abraham, A.; Sommerhalder, K.; Bolliger-Salzmann, H.; Abel, T. (2007): Landschaft und Gesundheit. Das Potential einer Verbindung zweier Konzepte. Universität Bern.  
[http://www.sl-fp.ch/getdatei.php?datei\\_id=817](http://www.sl-fp.ch/getdatei.php?datei_id=817) (Zugriff: Oktober 2018).
- Bolund, P.; Hunhammar, S. (1999): Ecosystem services in urban areas. In: *Ecological Economics*, 29 (2): 293-301.
- Curtis, A. J.; Helmig, D.; Baroch, C.; Daly, R.; Davis, S. (2014): Biogenic volatile organic compound emissions from nine tree species used in an urban tree-planting program. *Atmospheric Environment*, 95: 634-643.
- Heiland, S.; Rittel, K.; Hokema, D.; Schuppe, G.; Nowak, D.; Wanka, E.; Bredow, L.; Wilke, T. (2014): Grün Natürlich Gesund. Die Potenziale multifunktionaler städtischer Grünräume. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- Henninger, S. (2013): Notwendiger Wandel im Umgang mit innerstädtischen Grünflächen? In: Junkernheinrich, M., Ziegler, K. (Hrsg.): Räume im Wandel – Empirie und Politik: 73-92.
- Henninger, S. (2014a): The Impact of Biogenic Isoprene in Dependence on Meteorological Conditions within Urban Green. In: Rauch, S.; Morrison, G.; Norra, S.; Schleicher, N. (Hrsg.): Urban Environment – Proceedings of the 11th Urban Environment Symposium, Springer Verlag: 153-162.
- Henninger, S. (2014b): Urban green and health. In: Pfaffenbach, C.; Schneider, C. (Hrsg.): Global Demographic and Climate Challenges in the City – An interdisciplinary assessment of impacts, needs and strategies. Aachener Geographische Arbeiten, Heft 50: 115-130.
- Henninger, S. (2015): Kann innerstädtisches Grün die Luftqualität beeinträchtigen? In: Neue Landschaft – Fachzeitschrift für Garten- und Landschaftsbau, Heft 2: 31-35.

- Henninger, S. (2017): Differenzierte Betrachtung innerurbanen Grüns. In: Leser, H.; Löffler, J. (Hrsg.): *Landschaftsökologie*, 5. Auflage, UTB – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 311-318.
- Henninger, S.; Leitte, A.: Applied and Planning-Oriented Urban Climatology at the University of Kaiserslautern. In: Leal, W. (Hrsg.): *Climate Change Research at Universities – Addressing the Mitigation and Adaption Challenges*: 389-400.
- Henninger, S.; Weber, S. (2020): *Stadtklima*. Schöningh Verlag Paderborn.
- Maas, J.; van Dillen, S. M. E.; Verhei, R. A.; Groenewegen, P. P. (2009): Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. In: *Health and Place*, 15 (2): 586-595.
- Monson, R.K.; Fall, R. (1989): Isoprene Emission from Aspen Leaves. Influence of Environment and Relation to Photosynthesis and Photorespiration. In: *Plant Physiology*, 90: 267-274.
- Oswalt, P.; Rieniets, T. (2006): *Atlas of shrinking cities*. Ostfildern: Hatje Cantz.
- Stigsdotter, U. K.; Ekholm, O.; Schipperijn, J.; Toftager, M.; Kamper-Jorgensen, F.; Randsrup, T. B. (2010): Health promoting outdoor environments – associations between green space, and health, health-related quality of life and stress based on a Danish national representative survey. In: *Scandinavian Journal of Public Health*, 38 (4): 411-417.
- Wagner, P. (2014): Analyse von biogenem und anthropogenem Isopren und seiner Bedeutung als Ozonvorläufersubstanz in der Stadtatmosphäre. In: *Essener Ökologische Schriften*, Band 34, Westarp-Verlag, Hohenwarsleben.





## **Flächenanalysen und -prognosen**



# 30-Hektar-Ziel erreicht? Wie flächensparend haben sich deutsche Stadtregionen entwickelt?

*Stefan Siedentop, Gotthard Meinel*

## Zusammenfassung

Die Diskussion über die Erreichung des 30-Hektar-Ziels wird bislang ausschließlich gesamtstaatlich geführt. Da das Ziel nur in Ansätzen regionalisiert wurde, entziehen sich regionale Beiträge zur Zielerreichung weitgehend einer analytischen Betrachtung. In diese Lücke stößt dieser Beitrag, in dem er eine hypothetische Allokation von Flächenausweisungskontingenten auf 33 deutsche Stadtregionen vornimmt und diese der realen Flächeninanspruchnahme in den Jahren 2011 bis 2017 gegenüberstellt. Ermöglicht wird somit eine Bilanz, in welchem Maße die Stadtregionen Beiträge zur Erreichung des bundesweiten Flächensparziels leisten konnten. Erkennbar wird eine starke Heterogenität, die sich nicht allein mit unterschiedlichen demografischen und ökonomischen Entwicklungen der Regionen erklären lässt.

**Schlagerworte:** 30-Hektar-Ziel, Flächeninanspruchnahme, Stadtregionen, Flächenkontingente, flächensparende Siedlungsentwicklung

## 1 Einführung

Das 30-Hektar-Ziel der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie aus dem Jahr 2002, wonach die Inanspruchnahme von unbebauten Flächen für Siedlungs- und Verkehrsfläche auf 30 Hektar pro Tag bis 2020 reduziert werden soll, hat von Beginn an kontroverse Reaktionen ausgelöst. Neben viel Zustimmung wurde auch Kritik geäußert – weniger am generellen Erfordernis einer Reduktion der Flächeninanspruchnahme als vielmehr am konkreten Zielwert und einer vermeintlich zu ambitionierten Flächensparpolitik. Kommentatoren sahen Gefahren für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands (Jakubowski, Zarth 2002), die Wohnungsversorgung der Bevölkerung (Pfeiffer 2005) sowie für ländliche Räume (Bleicher 2004). Zahlreiche Experten bezweifelten zudem, dass das Ziel ohne größere Reformen des Planungs-, Bau- und Umweltrechts erreichbar sein würde (Solms 2014; de Haan 2009). Die tatsächliche Entwicklung der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke seit 2002 hat den Kritikern Recht gegeben. Mit knapp 56 Hektar pro Tag im Jahr 2018 (UBA 2020) und einer aktuell – baukonjunkturell bedingten – eher ansteigenden Tendenz ist die Verfehlung des Ziels mittlerweile offenkundig.

Es wäre jedoch vollkommen verfehlt, der Raumordnungs- und Stadtentwicklungspolitik ein pauschales Scheitern zu attestieren. So entstanden in den vergangenen Jahren

zahlreiche Initiativen, die auf eine Reduktion der Flächeninanspruchnahme abzielen. In vielen Bundesländern wurden „Bündnisse“ geschmiedet, in denen sich landespolitische Akteure für eine flächensparende Siedlungsentwicklung engagieren. Beispiele dafür sind das Aktionsbündnis „Flächen gewinnen in Baden-Württemberg“, das „Bündnis zum Flächensparen“ in Bayern oder die „Allianz für die Fläche“ in Nordrhein-Westfalen. In unzähligen Kommunen ist die Innenentwicklung seit vielen Jahren ein Leitprinzip des stadtentwicklungspolitischen Handelns. Die seit der Verabschiedung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie erreichte Reduktion der täglichen Flächeninanspruchnahme geht darüber hinaus auch auf das engagierte Handeln regionaler und kommunaler Entscheidungsträger zurück.

Gleichwohl ist über den Erfolg regionaler und lokaler Bemühungen zur Eindämmung der Flächeninanspruchnahme bislang wenig bekannt. Eine Reihe von Studien konnte zwar zeigen, dass die Flächeninanspruchnahme gravierende regionale Unterschiede aufweist, so etwa zwischen Ost- und Westdeutschland, zwischen den Bundesländern, zwischen eher städtisch und ländlich geprägten Regionen oder auch zwischen Regionen mit unterschiedlichen Praktiken der Landes- und Regionalplanung (BBSR 2011; SRU 2016; Siedentop et al. 2008). Eine systematische Evaluierung der Flächensparbemühungen auf einer regionalen Maßstabsebene wurde aber nach Kenntnis der Autoren bislang nicht vorgenommen. Eine solche Auseinandersetzung verspricht aber tiefere Erkenntnisse über die Ursachen regional unterschiedlicher Niveaus der Flächeninanspruchnahme und die Erfolgsfaktoren einer flächensparenden Siedlungspolitik (Siedentop et al. 2009).

Hier setzt der vorliegende Beitrag an: Ausgehend vom Grundgedanken einer bevölkerungsproportionalen Regionalisierung des 30-Hektar-Ziels wird bilanziert, welche deutschen Stadtregionen in den Jahren 2012 bis 2017 oberhalb oder unterhalb eines (hypothetisch) zugewiesenen Ausweisungskontingents geblieben sind. Dies erfolgt auf Ebene von 33 ILS-Stadtregionen, die mit einem eigenständigen Regionalisierungsansatz abgegrenzt wurden (Fina et al. 2019; <https://ils-stadtregionen.de/>). Als Kernstädte werden dabei alle Kommunen mit einer Mindestbevölkerung von 200 000 Einwohnern und einer Mindestbeschäftigung von 100 000 Personen am Arbeitsort betrachtet. Das Umland dieser Städte wird durch die Erreichbarkeit mit dem Pkw im staufreien Straßennetz auf Ebene der Verbandsgemeinden abgegrenzt. Die nach außen abgrenzende – maximale – Reisezeit einer Region ist dabei von der Beschäftigungsgröße der zentralen Kernstadt abhängig, d. h., dass beschäftigungsstärkere Großstädte auch größere Umlandbereiche aufweisen. Die Spannbreite der Reisezeiten liegt zwischen 30 Minuten Fahrzeit für die kleinste (Erfurt) und 45 Minuten für die größte Kernstadt (Berlin). Diese Form der Regionalisierung lässt räumliche Überlappungen der Umlandgebiete explizit zu.

Die Flächenausweisungskontingente errechnen sich aus dem im „Planspiel Flächenhandel“ entwickelten bevölkerungsbasierten Verteilungsalgorithmus (Henger et al. 2019). Für jede Stadtregion wird auf diese Weise ein Flächenkontingent ermittelt, welches

der tatsächlichen Flächeninanspruchnahme im o. g. Zeitraum gegenübergestellt wird. Dies erfolgt unter Rückgriff auf den IÖR-Monitor ([www.ioer-monitor.de](http://www.ioer-monitor.de)) und den dort verfügbaren Daten zur Flächenneuanspruchnahme (FNI). Im Ergebnis lässt sich eine Bilanz vornehmen, die das hypothetische Maß der Zielerreichung für alle Stadtregionen ausdrückt.

Im Folgenden wird zunächst das bevölkerungsproportionale Zuteilungsverfahren von Flächenkontingenten dargestellt (Abschnitt 2) und die Flächeninanspruchnahme in den Stadtregionen saldiert (Abschnitt 3). Anschließend erfolgt eine Gegenüberstellung der stadtreionalen Kontingente mit der realen Flächeninanspruchnahme (Abschnitt 4). Der Beitrag schließt mit einem knappen Fazit.

## 2 Regionalisierung des 30-Hektar-Ziels

Das 30-Hektar-Ziel war von Beginn an auf eine freiwillige Umsetzung in den Ländern, Regionen und Kommunen angelegt. Bund und Länder haben sich daher nie verbindlich darüber verständigt, wie eine Regionalisierung des Ziels erfolgen könnte. Zwar lässt sich der neu gefasste § 2 Abs. 2 des Raumordnungsgesetzes (ROG) durchaus als Aufforderung an die Länder verstehen, quantifizierte Flächensparziele zu erlassen<sup>1</sup> und einige Bundesländer haben tatsächlich eigene Zielwerte in ihren Nachhaltigkeitsstrategien oder Landesentwicklungsplänen verankert (wie das 5-Hektar-Ziel im LEP NRW<sup>2</sup>, das 2-Hektar-Ziel in Sachsen oder das 3-Hektar-Ziel in Niedersachsen) (Dosch 2015; Bovet 2017). Eine breitere Debatte darüber, nach welchen Kriterien eine Umlegung des Bundesziels auf Länder oder Kommunen vorgenommen werden könnte, wurde indes nicht geführt. Zahlreiche Bundesländer lehnen eine hierarchische Mengensteuerung über quantifizierte Zielwerte nach wie vor gänzlich ab (Einig 2006).

Die hier vorgenommene Regionalisierung des 30-Hektar-Ziels stützt sich auf einen Allokationsplan aus dem „Planspiel Flächenhandel“, mit dem ein Forschungskonsortium im Auftrag des Umweltbundesamtes in den Jahren 2013-2017 das Instrument handelbarer Flächenzertifikate modellhaft erprobt hat (Henger et al. 2019). Die Simulation der Wirkungsweise und Wirkungen des Instruments in ausgewählten Modellkommunen basierte auf einem bundesweiten Zuteilungsverfahren, mit dem das Bundesziel auf die Ebene von Kommunen heruntergebrochen wurde (Henger, Schier 2014).

Zunächst wurde der im Modellversuch betrachtete Zeitraum (2014-2028) in Phasen unterteilt, in denen eine schrittweise Verringerung der Flächeninanspruchnahme in Deutschland angenommen wurde. Anschließend erfolgte eine gemeinscharfe

<sup>1</sup> Im § 2 Abs. 2, Nr. 6 ROG heißt es: „Die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist zu verringern, insbesondere durch quantifizierte Vorgaben zur Verringerung der Flächeninanspruchnahme“.

<sup>2</sup> Mit der Novellierung des LEP NRW im Jahr 2019 ist dieses als Grundsatz der Raumordnung gefasste Mengenziel jedoch entfallen.

Zuteilung auf Basis der Bevölkerungsgröße. Für die Bevölkerung als genereller Bedarfsindikator sprach nicht nur die – im Vergleich mit anderen Verteilungskriterien – höhere Akzeptanz bei politischen Entscheidungsträgern, sondern auch die einfache statistische Verfügbarkeit (Henger, Schier 2014, 8). Zur Berücksichtigung von spezifischen Flächenbedarfen größerer Kommunen (z. B. für die Bereitstellung von oberzentraler Infrastruktur in Großstädten) wurden drei Gemeindegrößenklassen gebildet und eine degressiv angelegte Zuteilung vorgenommen (Tab. 1). In der jeweils höheren Gemeindegrößenklasse erhalten Gemeinden insgesamt mehr Zertifikate als in der unteren Größenklasse, allerdings werden durch den degressiven Verteilschlüssel größeren Städten weniger Zertifikate pro Kopf zugewiesen als kleineren Gemeinden (zu Details des Verfahrens siehe Henger, Schier 2014).

Im Modellversuch wurde explizit berücksichtigt, dass nicht alle Angaben über die Flächenneuanspruchnahme kommunal veranlasst sind. Es zeigt sich, dass ca. 1/3 der bundesweiten Inanspruchnahme durch übergeordnete Planungen des Bundes bzw. der Länder bedingt sind (Meinel et al. 2020). Um dem gerecht zu werden, wurden Zuschläge auf die den Kommunen zugewiesenen Kontingente gewährt (im hier betrachteten Zeitraum waren das zwischen 8,5 und 11 Hektar pro Tag; siehe Henger, Schier 2014).

Für Zwecke dieses Beitrags wurde das Verfahren insofern angepasst, als dass auch die Jahre 2011 bis 2013 (die im o. g. Modellversuch ausgeblendet waren) berücksichtigt werden konnten. Es wird davon ausgegangen, dass in diesen Jahren Flächen im Umfang von 52 Hektar pro Tag bundesweit in Anspruch genommen werden konnten; von 2014 bis 2016 waren es lediglich 44 Hektar und im Jahr 2017 noch 34 Hektar. Mithilfe eines Korrekturfaktors wird das für die Städte und Gemeinden errechnete Flächenausweiskontingent an das nationale Kontingent angepasst. Damit ist sichergestellt, dass insgesamt exakt die o. g. Hektarwerte pro Tag erreicht werden. Auf eine explizite Zuteilungsregelung für sehr kleine Kommunen mit weniger als 1 000 Einwohner wurde hier verzichtet. Allerdings erhalten die betreffenden Gemeinden durch die Anwendung des Korrekturfaktors (der immer positive Werte annimmt) rein rechnerisch ebenfalls Flächenausweiskontingente.

Tab. 1: Zuteilung von Flächenkontingenten auf Basis von drei Einwohnergrößenklassen (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Henger, Schier 2014)

Einwohnergrößenklasse	Basiszuteilung	Einwohnerabhängige Verteilung
bis unter 50 000 Einwohner	---	0,15 ha je 1 000 Einwohner
50 bis unter 100 000 Einwohner	7,5 ha pro Jahr	0,12 ha je 1 000 Einwohner
100 000 Einwohner und mehr	13,5 ha pro Jahr	0,03 ha je 1 000 Einwohner



In einem letzten Schritt wurden die gemeindeschaffen Flächenkontingente auf Ebene der Stadtregionen saldiert. Das größte Kontingent entfällt mit knapp 6 100 Hektar für die Jahre 2011 bis 2017 auf die bevölkerungsreichste Stadtregion Düsseldorf (ca. 6,8 Mio. Einwohner), das geringste Kontingent wird für die Region Erfurt mit etwa 390 Hektar berechnet (mit gut 350 000 Einwohnern). Wie oben erwähnt profitieren jedoch bevölkerungsschwächere Stadtregionen vom degressiven Verteilungsmechanismus. So erhält die Stadtregion Erfurt pro Kopf rechnerisch gut 11 m<sup>2</sup>, während es in der Region Düsseldorf nur 9 m<sup>2</sup> sind.

### 3 Flächeninanspruchnahme in Stadtregionen

Die Werte der Flächenneuanspruchnahme wurden aus dem Monitor für Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) abgeleitet. Dieser stellt seit 2010 kostenfrei Informationen zur Flächennutzung, zum Gebäudebestand, zur Verkehrsinfrastruktur und zur Landschaftsqualität im Internet bereit ([www.ioer-monitor.de](http://www.ioer-monitor.de)). Als Forschungsdateninfrastruktur des Leibniz-Institutes für ökologische Raumentwicklung (IÖR) bietet dieser Daten zur Flächennutzung für Wissenschaft, Verwaltung, Planung, Wirtschaft und Öffentlichkeit. Kontinuierlich bereitgestellt werden insbesondere Basisinformationen zur Bewertung der Flächenentwicklung unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten. Es werden sowohl der Status quo der Flächennutzung als auch frühere Zustände erfasst und beschrieben. Grundlage bildet ein hierarchisches Indikatorensystem, welches inzwischen 85 Einzelindikatoren der Kategorien Siedlung, Gebäude, Verkehr, Bevölkerung, Freiraum, Landschafts- und Naturschutz, Landschaftsqualität, Ökosystemleistungen, Risiko, Energie, Materiallager und Relief umfasst. Die Zeitreihen beginnen im Jahr 2000 und ermöglichen derzeit 14 Zeitschnitte (Stand 06/2020), die jährlich im März um den jeweils aktuellen Zeitschnitt ergänzt werden. Um später auch frühere Flächennutzungszustände zu ergänzen, werden derzeit die Siedlungsflächen automatisiert aus historischen analogen Topographischen Karten im Maßstab 1 : 25 000 abgeleitet und die Zeitreihen sukzessiv ergänzt.

Die Indikatorenwerte werden als interaktive Karten zur Einschätzung räumlicher Verteilungen und Disparitäten, durch Tabellen zur Einschätzung der Zahlenwerte mit anderen Gebietseinheiten, durch Entwicklungsgraphen zur Einschätzung der Veränderungen, durch Gebietsprofile (alle Indikatorwerte einer Gebietseinheit) und statistischen Auswertungen visualisiert. Die Karten können individuell angepasst (z. B. Klassifizierung, Zusatzelemente), dauerhaft mithilfe von Links gespeichert und in Berichte eingebunden oder versandt werden. Damit die Daten auch unmittelbar in GIS-Umgebungen des Nutzers einfließen können, werden die Karten auch als WebMappingServices (WMS), WebFeatureServices (WFS) und als WebCoverageServices (WCS) bereitgestellt.

Die Indikatorwerte werden jeweils räumlich so hochauflösend wie möglich und sinnvoll berechnet und für die administrativen Gebietseinheiten Bund, Land, Kreise, Gemeinden, Städte und Stadtteile, für Raumordnungs- bzw. Planungsregionen und als Inspire-konforme Rasterkarten von 100 m bis 10 km Rasterweite visualisiert.

Grundlage für die Berechnungen sind die amtlichen Geobasisdaten Deutschlands (die Flächendaten des ATKIS Basis-DLM, die liegenschaftskatasterbasierten Hausumringe (HU-DE), die Gebäudeadressen (GA) und 3D-Gebäudemodelle (LoD1-DE). Außerdem werden die folgenden Geofachdaten genutzt: Schutzgebiete, rechtlich festgesetzte Überschwemmungsgebiete, Bodenversiegelung (Copernicus Land Monitoring) und Statistikdaten (Bevölkerungszahl und -raster), die kombiniert verarbeitet werden.

Für die vorliegende Untersuchung wurden, ausgehend von den gemeindebezogenen Werten der Siedlungs- und Verkehrsfläche, die Flächenneuanspruchnahme (FNI) SuV im Fünfjahresmittel für 2011 bis 2017 berechnet. Um geometrische Modellkorrekturen und Modellmigrationseffekte herauszurechnen, die nicht auf realen SuV-Entwicklungen beruhen, wurde ein Korrekturverfahren angewandt (Schorcht et al. 2016; Schorcht et al. 2018). Deren Genauigkeit kann im Einzelfall aber noch durch Unschärfen des Attributes „Grundaktualität“ beeinträchtigt werden. Um Unplausibilitäten zu vermeiden, werden FNI-Werte im IÖR-Monitor in der Regel erst ab der Kreisebene veröffentlicht. Vor diesem Hintergrund wurden die 3 865 gemeindebasierten FNI-Werte der 33 Stadtregionen für die vorliegende Untersuchung einer Plausibilitätsprüfung unterzogen.

## 4 Ergebnisse der Bilanzierung

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Bilanzierung mittels eines Faktors, bei dem die Flächeninanspruchnahme im Zähler und das Flächenkontingent im Nenner steht. Werte unterhalb von 1,0 lassen sich als Zielerreichung interpretieren. In den betreffenden Stadtregionen wurden weniger Flächen in Anspruch genommen als dies nach der Zuteilung von Kontingenten möglich gewesen wäre. Umgekehrt zeigen Werte von größer 1,0 eine Zielverfehlung an.

Im Ergebnis offenbart sich ein überraschend heterogenes Bild mit starker Unteraus-schöpfung der hypothetisch verfügbaren Kontingente in nicht wenigen Regionen (z. B. in Bochum, Braunschweig, Kassel oder Wuppertal), während in anderen Stadtregionen eine klare Zielverfehlung mit einer deutlich höheren Flächeninanspruchnahme, gemessen an den rechnerisch zugewiesenen Kontingenten, feststellbar ist (z. B. in Augsburg, Erfurt, Kiel, Magdeburg oder Münster).

Auffallend ist zudem, dass zahlreiche wirtschaftsstarke Regionen wie Bonn, Frankfurt a. M., Karlsruhe oder Stuttgart, das hypothetische Flächensparziel erreichen,

während dies in einigen strukturschwächeren Regionen (wie Chemnitz, Magdeburg oder Kiel) nicht der Fall ist. Eine erste Erkenntnis lautet somit, dass die demografische und wirtschaftliche Dynamik einer Region nicht allein über das Maß regionaler Zielerreichung bestimmt.

Bemerkenswert ist auch, dass alle fünf ostdeutschen Stadtregionen das Flächensparziel verfehlt haben. Mögliche Erklärungen verweisen auf den gegenüber Westdeutschland stärkeren Infrastrukturausbau in den neuen Ländern sowie eine nachholende ökonomische Entwicklung, die mit großflächigen Gewerbe- und Industriegebietserschließungen einhergeht. Aber auch die Tatsache, dass in der Mehrzahl der ostdeutschen Bundesländer eine eher weniger restriktive Landes- und Regionalplanung verfolgt wird, könnte eine Rolle spielen. Insgesamt erscheint die Raumordnungspolitik als ein durchaus maßgebender Faktor, auch wenn der Nachweis von Beziehungsmustern vertiefende statistische Analysen voraussetzt. Es ist auffällig, dass in Regionen mit einer bekanntermaßen steuerungsintensiven Regionalplanung – zu nennen sind hier vor allem Frankfurt a. M. (mit dem regionalen Flächennutzungsplan), Hannover, Stuttgart und die NRW-Stadtregionen – das Flächensparziel überwiegend erreicht wird.

Die hier vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, dass sich die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke größtenteils im Umland abspielt. Die Anteile der Kernstädte an der gesamten Flächeninanspruchnahme der Stadtregionen liegen mit

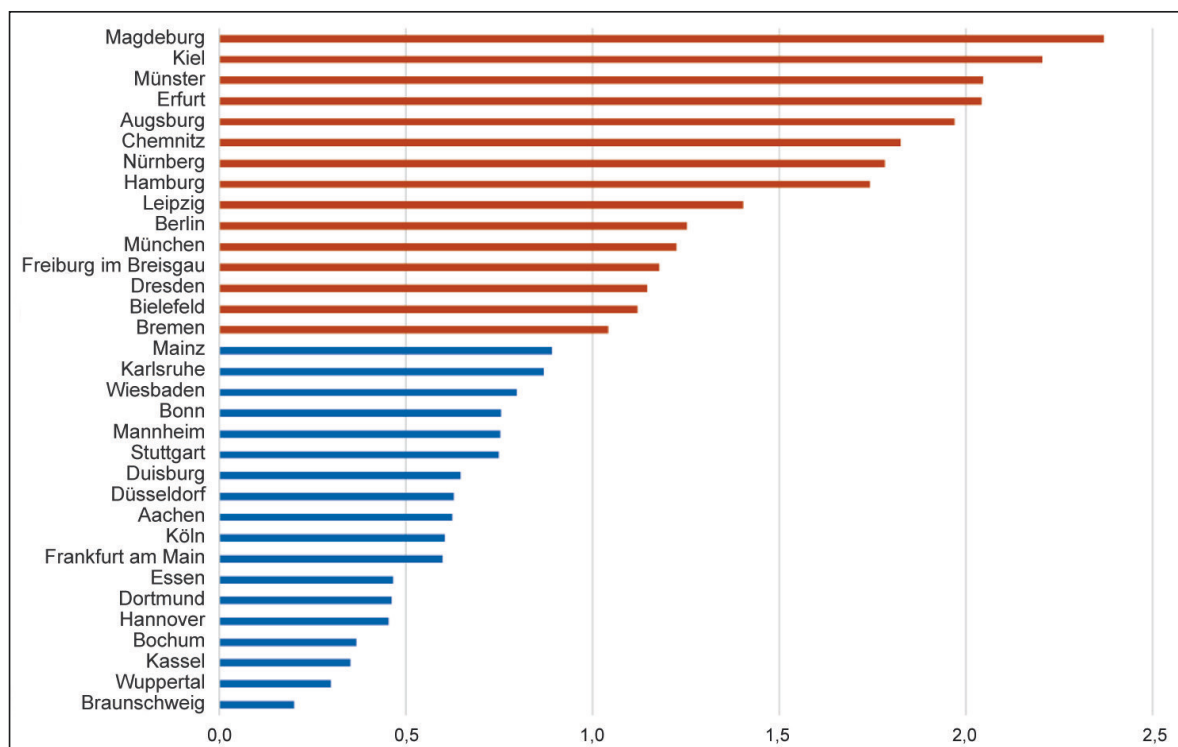


Abb. 1: Zielerreichung (blau) und -verfehlung (rot) der ILS-Stadtregionen: Faktor aus Flächenkontingenten und realer Flächeninanspruchnahme (Quelle: eigene Darstellung)

Ausnahme von Erfurt und Magdeburg durchgehend unter 25 %, in vielen Fällen sogar unter 10 %. Die Innenentwicklung wird somit in großen Städten deutlich erfolgreicher praktiziert als im Umland der Städte. Dies drückt sich auch in starken Unterschieden der Flächeninanspruchnahme pro Kopf aus. Während im hier betrachteten Zeitraum (2011-2017) im Durchschnitt aller Stadtregionen 8,8 m<sup>2</sup> Fläche je Einwohner in Anspruch genommen wurden, waren es im Mittel der Kernstädte nur 3,4 m<sup>2</sup>. Insbesondere in Regionen mit eher ländlich geprägtem Umland (z. B. in Berlin, Hamburg, Münster, Kiel oder Leipzig) könnten geringere Bodenpreise und dadurch bedingte geringe Dichten im Neubau eine Erklärung für ein höheres Niveau der Flächeninanspruchnahme sein.

## 5 Fazit

Dieser Beitrag versteht sich als Gedankenexperiment: Es wurde aufgezeigt, welchen Beitrag einzelne Regionen zur Erreichung eines bundesweiten Flächensparziels erbringen würden, hätten Bund und Länder eine bevölkerungsproportionale Verteilung von Flächenkontingenten vereinbart. Den Autoren ist bewusst, dass ein pauschales „Herunterbrechen“ eines nationalen Ziels auf die Gemeinden mit nur einem Kriterium (Bevölkerung) auch kritisch gesehen werden kann. Gleichwohl erscheint es wichtig, Erkenntnisse über die Ursachen regional unterschiedlicher Dynamiken der Flächeninanspruchnahme zu generieren. Die bevölkerungsproportionalen Flächenkontingente lassen sich in diesem Sinne als Maßstab verstehen, mit dem sich solche Dynamiken bewerten lassen.

Aufgezeigt wurden ausgeprägte Unterschiede in den Zielerreichungsniveaus der Stadtregionen, die sich nicht allein mit unterschiedlichen demografischen und wirtschaftlichen Entwicklungen erklären lassen. Vielmehr bestehen auch Anhaltspunkte dafür, dass regionale Siedlungs- und Planungskulturen, regionale Praktiken der Raumordnung sowie die „Ländlichkeit“ des Umlands und damit das einhergehende Bodenpreisgefälle zwischen Kernstädten und Umlandräumen relevante Erklärungsansätze bieten.

Die hier vorgenommene Bilanzierung bedarf einer fachlichen Validierung und vertiefenden kritischen Auseinandersetzung. Die aus dem IÖR-Monitor abgeleitete Flächeninanspruchnahme betrifft dies ebenso wie die angebotenen Erklärungsansätze für die aufgezeigten interregionalen Unterschiede. Insofern kann sich dieser Beitrag nur als Impuls für eine Debatte verstehen, in der regionale Spezifika der Flächeninanspruchnahme und die Wirksamkeit kontextbezogener Erklärungsfaktoren in stärkerem Maße berücksichtigt werden.

## 6 Literatur

- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2011): Auf dem Weg, aber noch nicht am Ziel – Trends der Siedlungsflächenentwicklung. BBSR-Berichte KOMPAKT 10/2011. Bonn.
- Bleicher, R. (2004): Begrenzung der Flächeninanspruchnahme – aber mit Augenmaß. Der Landkreis. Zeitschrift für kommunale Selbstverwaltung, Vol. 74 (10): 604-606.
- Bovet, J. (2017): Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme im Bayerischen Landesrecht. Gutachten im Auftrag von Bündnis 90/Die Grünen im Bayerischen Landtag. Leipzig: Umweltforschungszentrum Leipzig.
- De Haan, G. et al. (2009): Nachhaltige Flächennutzung 2020. Ergebnisse zum Experten-delphi. Berlin: Freie Universität.  
<http://www.its-transfer.de/index.php/aktuelles> (Zugriff: 31.07.2009).
- Dosch, F. (2015): Das 30-Hektar-Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie.  
[https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumentwicklung/Flaechenpolitik/Projekte/30HektarZiel/30\\_ha\\_ziel.html?nn=413116](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumentwicklung/Flaechenpolitik/Projekte/30HektarZiel/30_ha_ziel.html?nn=413116) (Zugriff: 06.06.2020).
- Einig, K. (2006): Von der Kunst des Kuchenteilens. Die Umsetzung des Flächenreduktionsziels in Deutschland. GAIA, 15 (3): 185-186.
- Fina, S.; Osterhage, F.; Rönsch, J.; Rusche, K.; Siedentop, S.; Volgmann, K.; Zimmer-Hegmann, R. (2019): Monitoring StadtRegionen: Neue Suburbanisierungsprozesse. In: Werhahn, R.; Pohlan, J.; Hannemann, C.; Othengrafen, F.; Schmidt-Sauber, B. (Hrsg.): Housing and Housing Politics in European Metropolises, 181-252. Wiesbaden: Springer VS.
- Henger, R.; et al. (2019): Modellversuch Flächenzertifikatehandel. Realitätsnahes Planspiel zur Erprobung eines überregionalen Handelssystems mit Flächenausweisungszertifikaten für eine begrenzte Anzahl ausgewählter Kommunen. Abschlussbericht. UBA Texte 116/2019. Berlin: Umweltbundesamt.
- Henger, R.; Schier, M. (2014): Allokationsplan für die kostenlose Erstzuteilung der Zertifikate. Flächenhandel-Informationspapier Nr. 02. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.
- Jakubowski, P.; Zarth, M. (2002): Wie vertragen sich Flächenschutz und Beschäftigungsziel? Wirtschaftsdienst, Jg. 82, H. 11: 675-683.
- Meinel, G.; Henger, R.; Krüger, T.; Schmidt, T.; Schorcht, M. (2020): Wer treibt die Flächeninanspruchnahme? Ein Planvergleich und deren Flächenwirkung, Raumforschung und Raumordnung (Online First), 1-16.  
<https://doi.org/10.2478/rara-2020-0003> (Zugriff: 19.06.2020).
- Pfeiffer, U. (2005): Umwidmung von Naturflächen – konzeptionelle Probleme. Kurzfassung eines Gutachtens für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Berlin: empirica.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (2016): Umweltgutachten 2016. Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Wiesbaden.

- Schorcht, M.; Hecht, R.; Meinel, G. (2018): Approaches to distinguish -real- changes from -unreal- changes based on multi-temporal 2D building footprint data, In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2018, ISPRS TC IV Mid-term Symposium "3D Spatial Information Science – The Engine of Change", 1-5 October 2018, Delft, The Netherland, 2018, 559-563.  
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-559-2018> (Zugriff: 19.06.2020).
- Schorcht, M. (2016): Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erstellung von Wechselbilanzen der Flächennutzung auf Grundlage des ATKIS Basis-DLM, In: Kersten, T. P. (Hrsg.): Lösungen für eine Welt im Wandel. Beiträge. Münster: DGPF, 2016. 36. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, 2016, Bern. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e. V.; Bd. 25: 545-554.  
[http://www.dgpf.de/src/tagung/jt2016/proceedings/band\\_25/dgpf\\_tagungsband\\_2016.pdf](http://www.dgpf.de/src/tagung/jt2016/proceedings/band_25/dgpf_tagungsband_2016.pdf) (Zugriff: 19.06.2020).
- Solms, J. (2014): Wo bleibt der politische Aktionsrahmen für das 30-Hektar-Ziel? In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VI. Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 65, 3-11.
- Siedentop, S.; Junesch, R.; Straßer, M.; Zakrzewski, P.; Samaniego, L.; Weinert, J. (2009): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen Forschungen, Heft 139. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen, Heft 130. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- UBA – Umweltbundesamt (2020): <https://www.umweltbundesamt.de/bild/anstieg-der-siedlungs-verkehrsflaeche> (Zugriff: 19.06.2020).



# Industrie- und Gewerbeflächen: Dynamik, Erreichbarkeit und wirtschaftliche Bedeutung

*Mathias Jehling, Angelika Krehl, Tobias Krüger*

## Zusammenfassung

Industrie- und Gewerbeflächen gelten in der kommunalen Flächenpolitik als Sinnbild für wirtschaftliche Entwicklung. Mit der Ausweisung von Industrie- und Gewerbeflächen wird die Generierung von Einnahmen und Arbeitsplätzen erwartet. Unternehmen fragen jedoch die individuell am besten geeigneten Flächen nach, so dass das Zusammenspiel von angebotsorientierter Planung und Flächennachfrage zu einer Verteilung von Industrie- und Gewerbeflächen im Raum führt. Aus raumplanerischer Sicht stellt sich damit die Frage, welche räumlichen Verteilungsmuster sich daraus ergeben und wie diese mit der sozioökonomischen Entwicklung korrespondieren. Der Beitrag stellt einen Analyseansatz vor, der am Beispiel süddeutscher Regionen umgesetzt wird. Im Ergebnis stehen Regionsprofile zur Verfügung, die die Industrie- und Gewerbeflächenentwicklung nach Erreichbarkeit im regionalen Straßennetz darstellen. Hierzu werden topographische Daten zur Flächennutzung und zum Straßennetz und dessen Eigenschaften verwendet. Nach Aggregation auf Gemeindeebene werden diese mit sozioökonomischen Daten zusammengeführt. Mit der Beschreibung der Zusammenhänge nähert sich der Beitrag einer zentralen Frage: Wie weit trägt die Annahme, dass neue Industrie- und Gewerbeflächen zu einem substantziellen Beschäftigungszuwachs führen?

**Schlagworte:** Flächennutzung, Zentralität, Beschäftigung, Stadtregion, Verteilung

## 1 Einführung

Industrie- und Gewerbeflächen sind einerseits eine wichtige Grundlage für die wirtschaftliche Entwicklung. Andererseits führt ihre Zunahme zu einer Siedlungsstruktur, die hinsichtlich des Ziels einer nachhaltigen Entwicklung kritisch zu hinterfragen ist (Adrian et al. 2018). Damit stellt sich die Aufgabe, die Entwicklung von Gewerbeflächen näher zu untersuchen, um deren räumliche Muster, aber auch wirtschaftliche Wirkung besser beschreiben und damit bewerten zu können. Entsprechend ihrer wirtschaftlichen Bedeutung sind Gewerbeflächen auch als Standorte zu betrachten, die in einer Region bestimmte verkehrliche Lagequalitäten haben (Bodenmann, Bürki 2018). Für eine entsprechende Analyse stellt sich somit die Herausforderung, die räumliche Entwicklung von Industrie- und Gewerbeflächen und deren Lage mit sozioökonomischen Daten zu verknüpfen und in einer geeigneten kleinräumigen Betrachtungsebene für Analysen bereitzustellen.

Ziel des Beitrages ist es, einen Ansatz für die intraregionale Industrie- und Gewerbeflächenentwicklung vorzustellen, um räumliche Verteilungen aufzuzeigen und hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Bedeutung zu diskutieren. Hierfür wird in dreizehn süddeutschen Stadtregionen die Entwicklung der Flächen kleinräumig erfasst. Zudem wird ihre Lage im stadtregionalen Zusammenhang mithilfe der Erreichbarkeit im Straßennetz beschrieben. Die Flächenentwicklung wird anschließend der sozioökonomischen Entwicklung in der Region gegenübergestellt. Die empirische Grundlage hierfür liefern aufbereitete, topographische Flächennutzungsinformationen aus dem Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (Krüger et al. 2013) im 100 m-Raster, aufbereitete Straßendaten aus OpenStreetMap und die amtliche Statistik aus der Regionaldatenbank Deutschland. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte der entwickelten Methodik beschrieben und die Ergebnisse für die untersuchten Stadtregionen vorgestellt und dies hinsichtlich zukünftiger Anwendungsfelder diskutiert.

## 2 Methodik

Die Methodik führt Ansätze zur Berechnung der kleinräumigen Gewerbeflächenentwicklung, zur Messung der Erreichbarkeit im Straßennetz und der sozioökonomischen Analyse zusammen. Entsprechend der Datenverfügbarkeit werden eine kleinräumige Ebene (100 m-Raster) und eine administrative Ebene (Gemeindeebene) miteinander verknüpft. Die mögliche Wirkung der Industrie- und Gewerbeentwicklung auf die sozioökonomische Entwicklung wird durch die Wahl zweier aufeinanderfolgender Zeiträume berücksichtigt, indem die Gewerbeentwicklung von 2000 bis 2011 der sozioökonomischen Entwicklung von 2012 bis 2017 gegenübergestellt wird. Als Untersuchungsräume dienen funktionale Regionen Süddeutschlands, für die die erforderlichen amtlichen Daten als Zeitreihen auf Gemeindeebene zur Verfügung stehen. Die Abgrenzung der Stadtregionen erfolgt entsprechend der regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStaR) des Bundesverkehrsministeriums (BMVI 2018b).

### 2.1 Industrie- und Gewerbeflächen

Die Entwicklung der Industrie- und Gewerbeflächen wird unter Verwendung topographischer Daten des ATKIS Basis-DLM modelliert. Dabei handelt es sich um das grundlegende, bundesweit einheitlich definierte objektorientierte Digitale Basis-Landschaftsmodell. Die verschiedenen Objekt- und Attributarten des Basis-DLM werden den Kategorien des IÖR-Monitor-Flächenschemas zugeordnet. Das Schema enthält hierarchisch gegliederte Flächennutzungskategorien, welche die gesamte administrative (terrestrische) Fläche Deutschlands überlappungsfrei und lückenlos beschreiben (Krüger et al. 2013; Schorcht et al. 2016).

Die Objektart Industrie- und Gewerbefläche (41002) im Objektartenkatalog (AdV 2008) des Basis-DLM ist durch eine vorwiegend industrielle oder gewerbliche Nutzung charakterisiert. Über ein Funktionsattribut können weitere Differenzierungen hinsichtlich der vorherrschenden Nutzung vorgenommen werden, beispielsweise Handel und Dienstleistung, Gärtnerei, Kraftwerk etc., welche im IÖR-Monitor jedoch nicht ausgewertet werden. Des Weiteren werden in die Flächenkategorie Industrie und Gewerbe ebenfalls Bergbaubetriebe (Objektart 41004; ohne ggf. zugehöriges Abbau-land) und Hafenanlagen (Objektart 42016 Schiffsverkehr, Funktionsattribut FKT=5610 Hafenanlage (Landfläche)) gerechnet.

Verkehrs- und Gewässerflächen sowie durch Pufferung von Linienobjekten gebildete Straßen-, Eisenbahnstrecken- und Fließgewässerpolygone zählen im IÖR-Monitor nicht zu den Gewerbeflächen. Wegen der heterogenen Größenstruktur der resultierenden Gewerbeflächenpolygone lagen dieser Untersuchung Rasterdaten zugrunde, welche die Gewerbeflächenanteile pro Zelle auf einem 100 x 100-Meter-Gitter darstellen. Für die vergleichende Darstellung wurden die Daten der Zeitstände 2000 und 2011 gewählt.

## 2.2 Erreichbarkeit

Die Erreichbarkeit von Gewerbeflächen kann durch deren Lage im Straßennetz beschrieben werden. Dadurch können funktionale Verflechtungen auch in polyzentralen Regionen berücksichtigt werden (Jain, Jehling 2020). Die Erreichbarkeit lässt sich mittels der Zentralität, der sogenannten Closeness Centrality, bestimmen, d. h. der Nähe einer Fläche (Quelle) zu allen anderen Flächen (Zielen) in einer Region. Zur Berechnung der Nähe – des Maßes der Zentralität – wird die Fahrzeit herangezogen, die sich aus dem Weg  $d_{ij}$  mit der kürzesten Fahrzeit zwischen Quelle und Ziel ergibt. Die Fahrzeit wird mittels der am Ziel vorhandenen Gewerbefläche  $W_j$  gewichtet. Die Summe der Quell-Ziel-Beziehungen wird durch die Anzahl der Ziele ( $N - 1$ ) in einer Region dividiert. Der Kehrwert dieses Terms beschreibt dann die Zentralität einer Gewerbefläche  $i$  (Jehling et al. 2018; Sevtsuk 2010; Xiao et al. 2016). Um Regionen unterschiedlicher Größe miteinander vergleichen zu können, ist der nach unten stehender Formel berechnete  $CC_i$ -Wert zu standardisieren.

$$CC_i = \frac{N - 1}{\sum_{j=1, j \neq i}^N (d_{ij} \times W_j)}$$

Die Berechnung der Zentralität erfolgt mit QGIS und der Bibliothek QNEAT3 (Raffler 2018), die Daten zum Straßennetz werden unter Nutzung einer API (*lz4.overpass-api.de*) von OpenStreetMap bezogen und aufbereitet. Zur Aufbereitung gehört sowohl die Auswahl der für den regionalen Straßenverkehr wichtigsten Straßenkategorien als auch die Ergänzung fehlender Geschwindigkeitsangaben durch Durchschnittswerte einer

bestimmten Kategorie. Für den Untersuchungszeitraum kann ein sich nicht veränderndes Straßennetz vorausgesetzt werden. Abbildung 1 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt aus der Region Karlsruhe. Im Zeitraum 2000 bis 2011 neu entstandene Gewerbeflächen werden entsprechend ihrer Erreichbarkeit farblich differenziert dargestellt. Hierbei wird auch der Vorteil dieses Vorgehens erkennbar. Durch die Betrachtung der Industrie- und Gewerbestandorte zueinander lassen sich polyzentrale Strukturen darstellen. Nicht nur Standorte im regionalen Zentrum haben eine hohe Erreichbarkeit, sondern auch solche in Subzentren entlang der Autobahn.

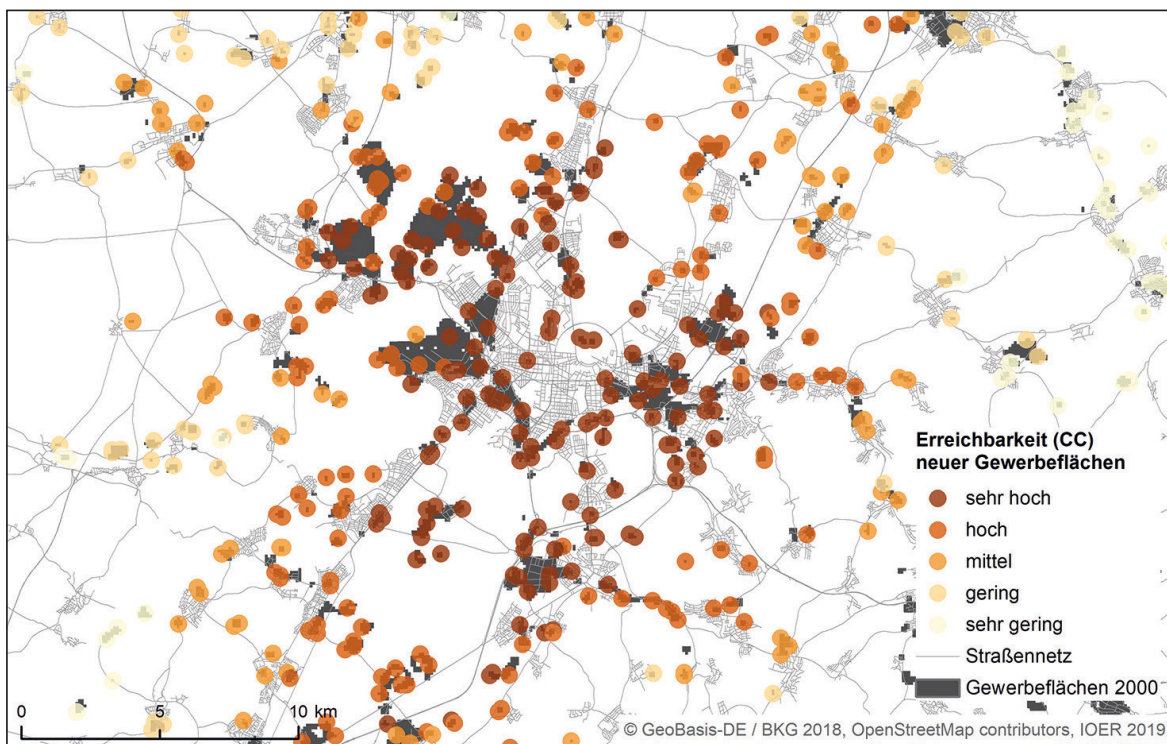


Abb. 1: Erreichbarkeit von neuen Gewerbeflächen (2000-2011) in einem Ausschnitt der Region Karlsruhe (Quelle: eigene Darstellung)

### 2.3 Sozioökonomische Entwicklung

Die sozioökonomische Entwicklung wird mittels Beschäftigten- und Einwohnerzahlen der amtlichen Statistik beschrieben. Diese Daten liegen für die Jahre 2012 bis 2017 auf Gemeindeebene vor. Als Beschäftigte werden hier die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB) verwendet, Beamte und Selbstständige sowie mithelfende Familienangehörige sind in den Daten folglich nicht enthalten. Die Regionsabgrenzung nach der RegioStaR-Typologie folgt einem funktionalen Regionalverständnis und bildet grob das „daily urban system“ ab (siehe BMVI 2018a, S. 11-12 für Details zur Regionsabgrenzung). Es wurden dreizehn süddeutsche Stadtregionen (RegioStaR 2) gewählt, die zusammen über 1 000 Gemeinden umfassen und auf gesamtregionaler Ebene ein sozioökonomisches Wachstum aufweisen. Aus Gründen der Datenverfügbarkeit blieben

dabei die grenzüberschreitenden Stadtregionen Basel, Straßburg und Salzburg unberücksichtigt.

Tabelle 1 stellt zentrale deskriptive Statistiken der betrachteten Variablen in den gewählten Stadtregionen dar. Der Zentralitätswert einer Gemeinde entspricht dem Mittelwert der Zentralität ihrer Gewerbeflächen. Abbildung 2 zeigt die Lage der Stadtregionen und gibt einen Eindruck zu deren Raumstruktur anhand des Beschäftigtenbesatzes. Diese Kenngröße ist definiert als Beschäftigte am Arbeitsort (AO) relativ zur Einwohnerzahl (Stichtag 30.06.2017).

Erwartungsgemäß weisen nicht die Kernstädte den höchsten Beschäftigtenbesatz auf, sondern Gemeinden im Umfeld um die Kernstädte, wie z. B. Unterföhring, Garching oder Aschheim in der Stadtregion München, Neckarsulm in der Stadtregion Heilbronn oder Walldorf in der Stadtregion Mannheim. Während rund 1 % der Gemeinden einen Beschäftigungsbesatz größer 1 aufweist, liegt der Median bei 0,22. Im Mittel aller betrachteten Gemeinden liegt das Beschäftigten-Bevölkerungs-Verhältnis etwas über 1 : 5 (Tab. 1). Lediglich in den Kernstädten fällt das Verhältnis mit etwa 3 : 5 deutlich zugunsten der Beschäftigten aus. Diese Befunde spiegeln sich auch in der Gewerbeflächenentwicklung wider, die absolut betrachtet in den Kernstädten am größten ist, relativ betrachtet jedoch in den kleineren Gemeinden die stärksten Zuwächse verzeichnet.

Tab. 1: Deskriptive Statistiken zu den Untersuchungsregionen (Quelle: eigene Berechnungen)

Variable	Anzahl Gemeinden	Mittelwert	Standardabweichung	Min.	Max.
Bevölkerung (2017)	1 010	13 040,77	57 481,03	254	1 470 351
Δ Bevölkerung (2012-2017)	1 010	643,70	3 541,33	-154	95 461
SVB am AO (2017)	1 010	5 863,48	34 033,13	6	850 395
Δ SVB am AO (2012-2017)	1 010	652,71	4 186,44	-1 158	114 745
Beschäftigtenbesatz (2017)	1 010	0,26	0,20	0,01	2,08
Gewerbefläche (2011, ha)	1 010	64,59	175,71	0,15	2 655,77
Δ Gewerbefläche (2000-2011, ha)	1 010	21,97	45,43	0,01	825,01
Erreichbarkeit (CC <sub>i</sub> )	1 010	0,01	1,00	-2,94	3,52



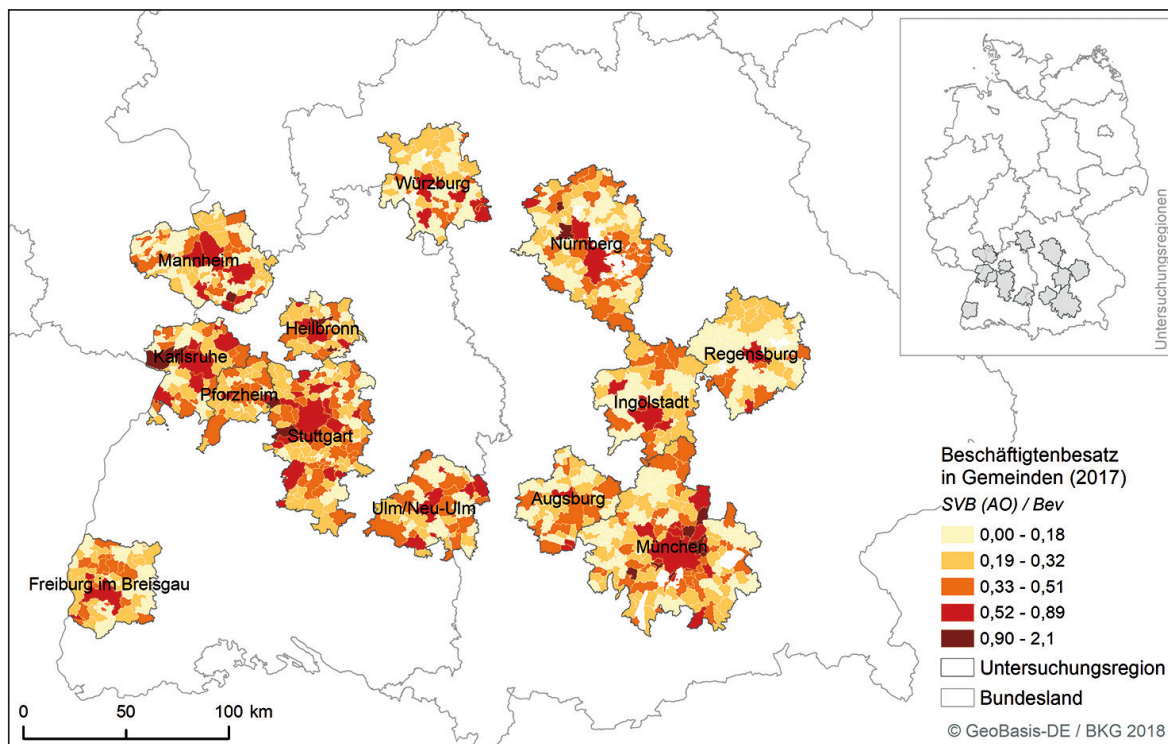


Abb. 2: Untersuchungsregionen und Beschäftigtenbesatz auf Gemeindeebene  
(Quelle: eigene Darstellung)

### 3 Ergebnis

Für die dreizehn Regionen liegen schließlich Profile vor, die Aussagen zur Verteilung neuer Gewerbeflächen nach Erreichbarkeit des Standorts und zu Zusammenhängen zwischen der Zunahme von Gewerbeflächen und der Beschäftigungs- und Bevölkerungsentwicklung ermöglichen. Abbildung 3 zeigt die absolute Zunahme an Gewerbeflächen in den Stadtregionen auf der Ordinate. Die Erreichbarkeit der Standorte nach deren Zentralität wird von geringster bis höchster Erreichbarkeit innerhalb der Stadtregionen standardisiert und auf der Abszisse aufgetragen.

Es werden in Abbildung 3 unterschiedliche Verteilungen erkennbar: In der Region Augsburg wurden Flächen im Zeitraum 2000 bis 2011 vor allem an Standorten mit geringer und höchster Erreichbarkeit entwickelt. Die Region Mannheim zeigt ebenfalls zwei Spitzen in der Verteilung, hier dürfte sich die polyzentrale Struktur der Region ausdrücken. Die Region Stuttgart zeigt hingegen eine recht deutliche Tendenz zu Entwicklungen an Standorten mit mittlerer und hoher Erreichbarkeit. Die Region München weist in diesem Hinblick eine heterogene Entwicklung auf, wobei Flächen an Standorten mit hoher Erreichbarkeit weniger stark zugenommen haben.



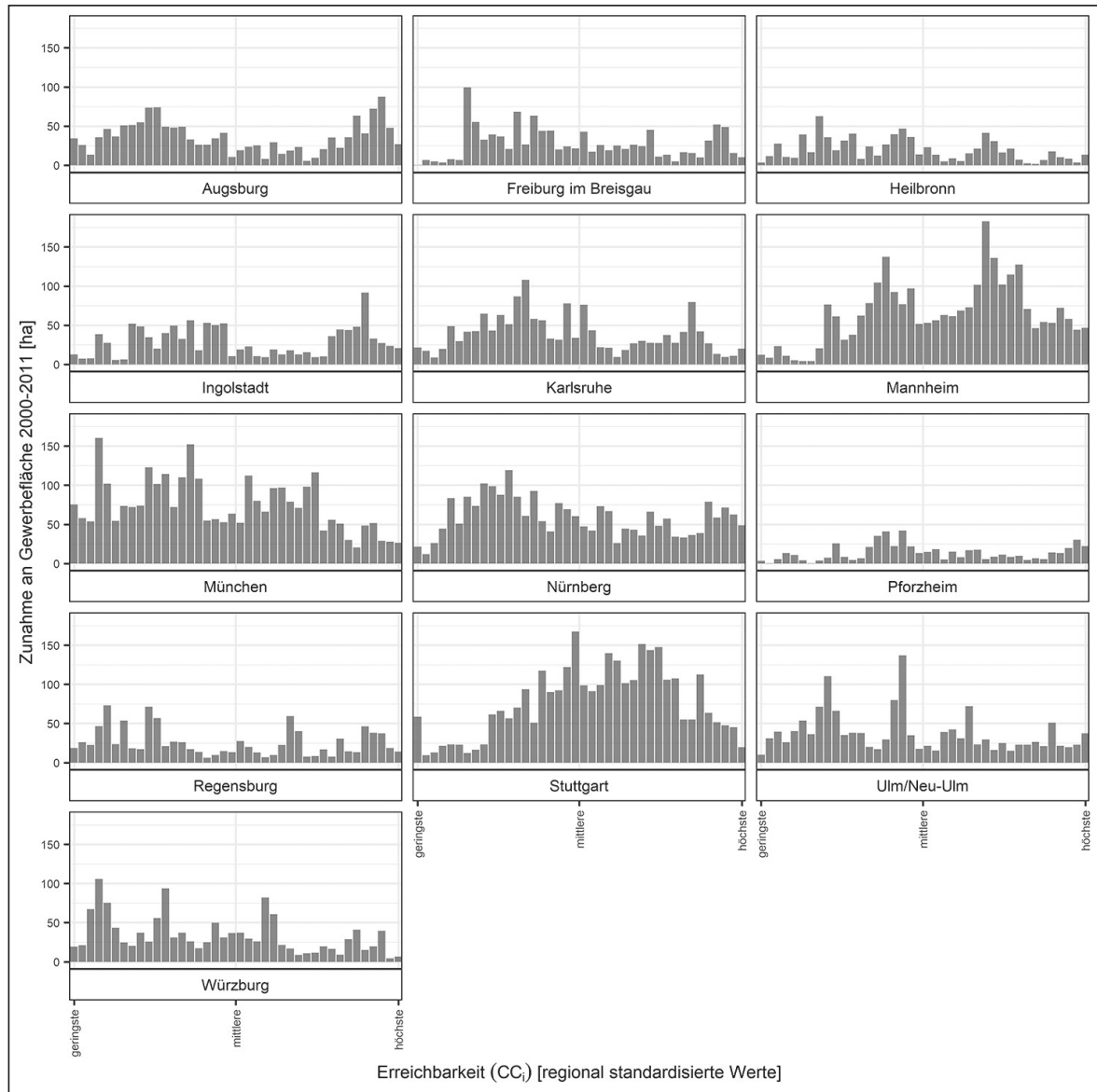


Abb. 3: Verteilung der Entwicklung von Industrie und Gewerbeflächen (2000-2011) in den 13 Stadtregionen nach Erreichbarkeit innerhalb der jeweiligen Region (Quelle: eigene Darstellung und Berechnung)

Abbildung 4 zeigt die Zusammenhänge zwischen der räumlichen und sozioökonomischen Entwicklung auf Ebene der Gemeinden. Erwartungsgemäß entwickeln sich Bevölkerung und Beschäftigung am Arbeitsort weitgehend proportional. Ähnlich, aber nicht ganz so gleichlaufend, sind die Beschäftigungs- und Bevölkerungsentwicklung 2012-2017 verglichen mit der Gewerbeflächenentwicklung im vorangehenden Betrachtungszeitraum (2000-2011). Die letzte Zeile in Abbildung 4 visualisiert schließlich den Zentralitätsindex  $CC_i$  der einzelnen Gemeinden in Relation zu Gewerbeflächen und zur Beschäftigungs- und Bevölkerungsentwicklung. Hier zeigen sich interessante Ergebnisse: Überwiegend existiert kein systematischer Zusammenhang zwischen der Erreichbarkeit und den drei Entwicklungen. Die positiven Ausreißer bei den Variablen

Erreichbarkeit und Gewerbeflächenentwicklung repräsentieren die Kernstädte, in denen eine jeweils regional deutlich überdurchschnittliche Zentralität (Closeness Centrality) erzielt wird und die größtenbedingt auch die meiste neue Fläche ausgewiesen haben. Neue Industrie- und Gewerbeflächen sind also gesamtreional betrachtet meist an günstig erreichbaren Standorten realisiert worden. Aufgrund der hohen Korrelation zwischen Gewerbeflächenentwicklung und sozioökonomischer Entwicklung zeigt sich dieser Zusammenhang auch bei Beschäftigung und Bevölkerung, wobei diese nur auf der Gemeindeebene und nicht standortbezogen vorliegen.

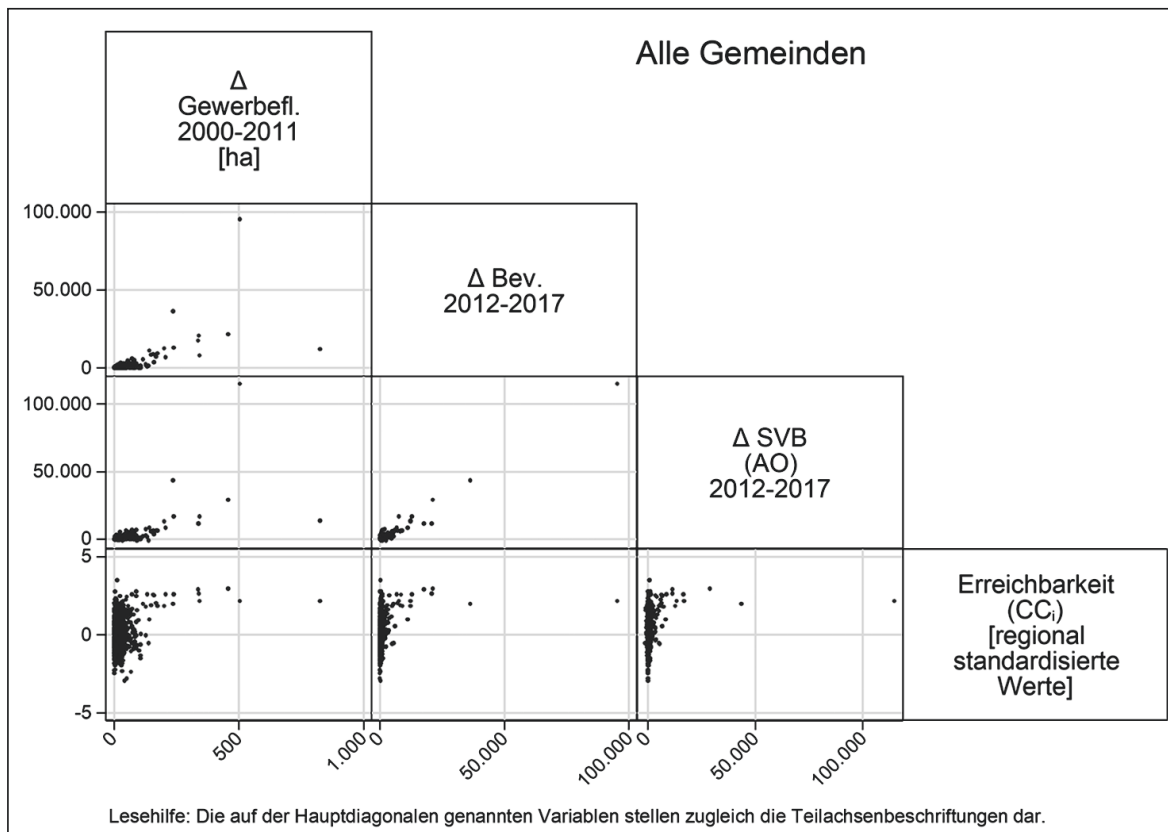


Abb. 4: Scatterplotmatrix zu Gewerbeflächenentwicklung (2000-2011), Bevölkerungs- und Beschäftigtenveränderungen (2012-2017) sowie regional standardisierter Erreichbarkeit (Quelle: eigene Darstellung und Berechnung)

## 4 Fazit

Der Beitrag stellt eine Methodik zur Analyse von Dynamik, Erreichbarkeit und sozioökonomischer Wirkung von Industrie- und Gewerbeflächen vor. Es kann für die Beispielregionen insgesamt gezeigt werden, dass vorrangig besser erreichbare Standorte entwickelt wurden. Der Blick auf die Erreichbarkeit der Flächen in den Regionen selbst zeigt ein differenziertes Bild. Einige Regionen zeigen besonders an peripheren Standorten eine hohe Dynamik. Deutlich wird insgesamt, dass die Schaffung neuer Flächen durchaus proportional zur Zunahme der Beschäftigtenentwicklung verläuft.

Ebenso zeigt sich, dass mit den Regionsprofilen eine Grundlage bereitsteht, um sich mit regionalen Siedlungsstrukturen, aber auch mit Besonderheiten der planerischen Steuerung der Flächenentwicklung auseinandersetzen zu können. Somit können ökonomische und planerische Fragestellungen bei der gewerblichen Standortplanung angegangen werden. Die Möglichkeiten des vorgestellten Ansatzes sind in weiterer empirischer Arbeit zu prüfen. Relevante Themen hierfür sind die gewerbliche Nachverdichtung, der Strukturwandel oder die Flächenproduktivität. Dies kann besonders für die Frage nach der Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Flächeninanspruchnahme von Interesse sein.

## 5 Literatur

- Adrian, L.; Bock, S.; Bunzel, A.; Preuß, T.; Rakel, M. (2018): Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. – Aktionsplan Flächensparen. Für Mensch & Umwelt: Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Texte 38/2018: 195 S.
- Adv – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2008): ATKIS-Objektartenkatalog Basis-DLM. Version 6.0., 2008. <http://www.adv-online.de/GeoInfoDok/binarywriterservlet?imgUid=56243fd2-1153-911a-3b21-718a438ad1b2&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111&isDownload=true> (Zugriff: 05.08.2020).
- Bodenmann, B. R.; Bürki, P. (2018): Räumliche Effekte der Mobilität auf die Verkehrs- und Siedlungsentwicklung. In: Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G. (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland: Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. Springer Spektrum: 73-94. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8_5)
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018a): Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR) des BMVI für die Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Arbeitsversion V 1.1. BMVI, Referat G 13 Prognosen, Statistik und Sondererhebungen. [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/regiostar-arbeitspapier.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/regiostar-arbeitspapier.pdf?__blob=publicationFile) (Zugriff: 10.07.2020).
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018b): Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR). <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/regionalstatistische-raumtypologie.html> (Zugriff: 10.07.2020).
- Jain, M.; Jehling, M. (2020): Analysing transport corridor policies: An integrative approach to spatial and social disparities in India. *Journal of Transport Geography*, 86: 102781. <https://10.1016/j.jtrangeo.2020.102781> (Zugriff: 10.07.2020).
- Jehling, M.; Hecht, R.; Herold, H. (2018): Assessing urban containment policies within a suburban context – An approach to enable a regional perspective. *Land Use Policy*, 77: 846-858. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.031>

- Krüger, T.; Meinel, G.; Schumacher, U. (2013): Land-use monitoring by topographic data analysis. *Cartography and Geographic Information Science*, 40 (3): 220-228. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.809232>
- Raffler, C. (2018): QNEAT3 (Version 2020-08-04) [Computer software]. <https://github.com/root676/QNEAT3> (Zugriff: 10.07.2020).
- Schorcht, M.; Krüger, T.; Meinel, G. (2016): Measuring Land Take: Usability of National Topographic Databases as Input for Land Use Change Analysis: A Case Study from Germany. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (8): 134. <https://doi.org/10.3390/ijgi5080134>
- Sevtsuk, A. (2010): Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville, MA. MIT Department of Urban Studies and Planning.
- Xiao, Y.; Orford, S.; Webster, C. J. (2016): Urban configuration, accessibility, and property prices: A case study of Cardiff, Wales. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43 (1): 108-129. <https://doi.org/10.1177/0265813515600120>

# Eine Methodik zur Abschätzung der zukünftigen Flächenneuanspruchnahme anhand von Bebauungsplänen

Johannes Blechschmidt, Gotthard Meinel

## Zusammenfassung

Die Flächenneuanspruchnahme (FNI) ist in Deutschland anhaltend hoch und liegt weit über dem Flächensparziel (30 ha/Tag). Nach wie vor werden jährlich zu viele Freiraumflächen als Bauland ausgewiesen. Um das Flächensparziel zu erreichen, ist eine Steuerung auf Grundlage eines verlässlichen Flächenmonitorings notwendig. In diesem Feld hat sich ergänzend zur amtlichen Flächenerhebung der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor<sup>1</sup>) etabliert. Dieser soll um eine Abschätzung der zu erwartenden Flächenneuanspruchnahme perspektivisch ergänzt werden. Dazu wird hier eine Methodik vorgestellt, die auf Grundlage von Bebauungsplänen (B-Plänen) die Berechnung überplanter Freiraumfläche vornimmt. Die entwickelte Methodik wurde anhand von Daten der Bundesländer getestet, die bereits jetzt ihre B-Pläne zentral und mit GIS auswertbar online und kostenfrei zur Verfügung stellen. Das sind derzeit die Bundesländer Sachsen, Brandenburg, Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern, Berlin und Hamburg (Stand 2020). Für diese wurden alle B-Pläne der Nutzungskategorie Siedlung bzw. Verkehr mit den ortsscharfen, aktuellen Flächennutzungsinformationen verschnitten und eine statistische Auswertung vorgenommen. Im Ergebnis stehen Informationen zu überplanten Freiraumflächen zur Verfügung, welche ein Maß für die zu erwartende FNI sind, wenn diese Planungen umgesetzt werden. Zudem kann mit dieser Methodik der Realisierungsstand von B-Plänen und die Betroffenheit verschiedener Flächennutzungsarten des Freiraums durch die geplanten Überbauungen auf allen Planungsebenen bilanziert werden.

**Schlagworte:** Flächenneuanspruchnahme, Bebauungsplan, Siedlungs- und Verkehrsfläche, Monitoring, Indikator

## 1 Einführung

Die gesamtdeutsche FNI ist trotz des ambitionierten Flächensparziels der Bundesregierung anhaltend hoch. Um die Entwicklung beschreiben und bewerten zu können, ist ein verlässliches Monitoring der aktuellen sowie eine Abschätzung der zukünftigen FNI von zentraler Bedeutung. Das Problem der FNI-Bestimmung ist, dass diese auf einer Sekundärerhebung beruht, so dass die Verlässlichkeit der Ergebnisse maßgeblich von der Qualität und Aktualität der zugrundeliegenden Primärdaten abhängt. Die Erhebung

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

der Primärdaten ist sowohl im Rahmen der Katasterführung (Grundlage der amtlichen Flächenerhebung) als auch der Geotopographiefortführung (Grundlage des IÖR-Monitors) hochkomplex und sehr aufwendig. Da sich im Laufe der Zeit immer wieder neue Anforderungen an die Primärdaten ergeben, wurde und werden Details der Erhebungsmethodik wiederholt verändert, was die Zeitreihe der FNI beeinflusst und leider häufig auch beeinträchtigt. Dezentrale Verantwortlichkeiten in der Datenfortführung sowie die oft lange Zeitdauer zwischen der realen Nutzungsänderung und deren Abbildung in den Erfassungssystemen führen zu Inaktualitäten, so dass auch mögliche Trendänderungen erst mit langer Verzögerung bemerkt werden.

Darum ist es umso wichtiger, die zukünftige Entwicklung der FNI abzuschätzen. Die Primärinformation liegt in den genehmigten B-Plänen. Der vorliegende Beitrag untersucht nun, ob und wie diese Pläne für die Abschätzung der künftigen FNI genutzt werden können. Ein ähnlicher, auf Flächennutzungsplänen basierender, Berechnungsansatz wurde von Betzholz (2004) für Baden-Württemberg beschrieben.

B-Pläne werden auf kommunaler Ebene deutschlandweit nach einer weitgehend abgestimmten Methodik erstellt (BauGB; BauNVO). Diese Pläne enthalten die Grenzen der geplanten Baugebiete in hoher räumlicher Auflösung einschließlich der Art der baulichen Nutzung. Letztere wird je nach Bundesland in den Plänen unterschiedlich differenziert dargestellt. Die aufsichtsführenden Stellen (Regierungspräsidien bzw. Landesplanung) sammeln die Pläne und stellen sie in Geoportalen (Raumordnungskataster, Planungsinformationssystem, Geodatenzentren) bereit (§§ 1, 2, 10a BauGB).

## 2 Methodik

### 2.1 Datengrundlage

Eine Datenrecherche ergab, dass derzeit die B-Pläne der Bundesländer Sachsen, Brandenburg, Baden-Württemberg (nur für die Regierungspräsidien Freiburg, Tübingen und Karlsruhe), Mecklenburg-Vorpommern, Berlin und Hamburg bereits zentral, digital und frei downloadbar als Geodaten angeboten werden (Abb. 1). Die B-Pläne liegen in diesen Bundesländern in einem Shape-File zusammengefasst vor. In allen anderen Bundesländern sind die B-Pläne, deren Zahl oft in die Tausende geht, nur einzeln und teilweise auch nur im PDF-Format verfügbar, was eine GIS-technische Auswertung unmöglich macht.

Für die Bundesländer mit zusammengefassten B-Plänen wurde die nachfolgend beschriebene Methodik zur Abschätzung der FNI erarbeitet und getestet. Die B-Pläne in Sachsen und Hamburg sind unterteilt in B-Plan-Teilgebiete, so dass die Möglichkeit besteht, verschiedene Nutzungen innerhalb der Fläche eines B-Planes zu differenzieren.



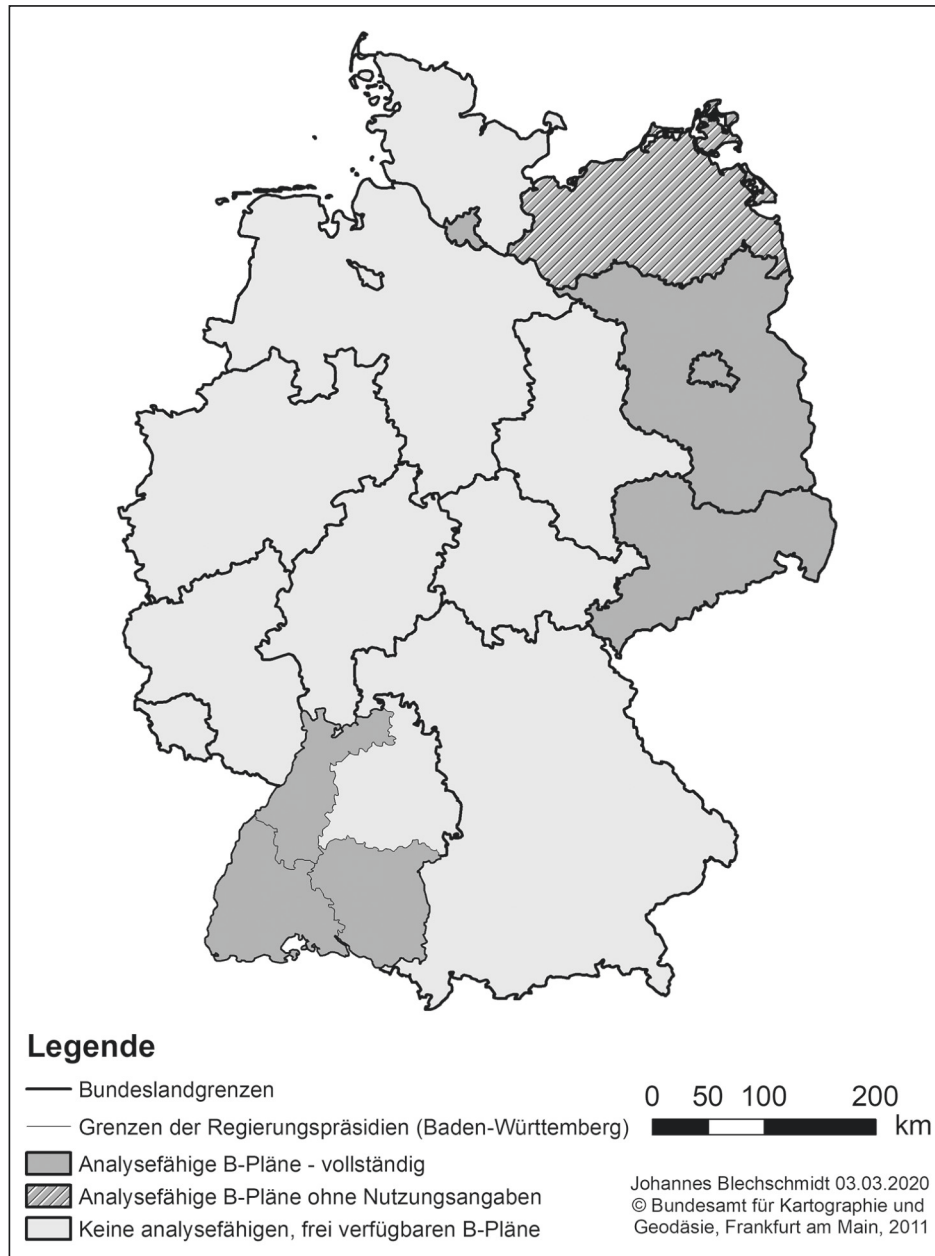
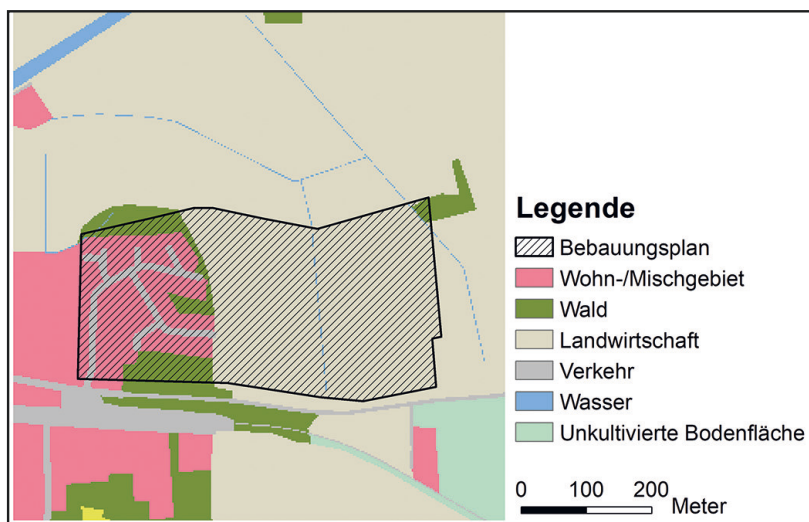


Abb. 1: Übersicht der Bundesländer mit derzeit zentral angebotenen GIS-analysefähigen B-Plänen (Stand 2020, Grundlage: © BKG, Frankfurt am Main, 2011; Quelle: eigene Darstellung)

In den anderen Bundesländern wurde die Nutzung auf der Fläche eines B-Planes nicht weiter differenziert. In die Berechnung ging somit lediglich die in der Planzeichnung angegebene Hauptnutzung der Fläche ein.

Um die Veränderung der Flächennutzung gegenüber der bisherigen Nutzung festzustellen, sind aktuelle, hochauflösende und flächendeckende Nutzungsinformationen erforderlich. Diese bietet die IÖR-Monitor-Basiskarte in einer Rasterauflösung von 2,5 m. Die jeweils dominante Flächennutzungsart wird aus dem ATKIS Basis-DLM abgeleitet

(Meinel & Krüger 2014, Krüger et al. 2013 und in <https://www.ioer-monitor.de/methodik/>). Durch eine Verschneidung mit den B-Plänen kann nun bestimmt werden, welche FNI (Wechsel einer vorherigen Freiraum- in eine Siedlungs- oder Verkehrsnutzung) sich im Falle der Planrealisierung ergibt. Summiert man derartige Flächen für eine bestimmte Gebietseinheit auf, so resultiert daraus eine Abschätzung der FNI für die Gebietseinheit in den nächsten Jahren. Dies ist zwar eine Abschätzung der oberen Grenze, da nicht alle B-Pläne auch realisiert werden. Andererseits kommen auch in Zukunft neue B-Pläne hinzu. Darum bietet das Ergebnis wohl eine Grobeinschätzung bezüglich der Erreichbarkeit von Flächensparzielen. In Abbildung 2 ist ein B-Plan der Kategorie Wohn-/Mischgebiet dargestellt (schraffiert), der bereits teilweise realisiert wurde. Die bebaute Fläche (links in rot) geht als bereits realisierte SuV-Fläche nicht in die Berechnung der überplanten Freiraumfläche ein. Die landwirtschaftlich genutzte Fläche (rechts) ist noch nicht bebaut und geht darum als zukünftige FNI in die Berechnung ein. Damit kann auch der Status der Umsetzung von B-Plänen im Vergleich mit der aktuellen Flächennutzung der IÖR-Monitor-Basiskarte abgeleitet werden.



*Abb. 2: Bebauungsplan eines Wohn-/Mischgebietes (markierte Fläche). Ein Teil der Fläche ist bereits bebaut (links), die restliche Fläche wird aktuell noch landwirtschaftlich genutzt und voraussichtlich in den nächsten Jahren bebaut (rechts) (Quelle: eigene Darstellung)*

Um die Idee und die Umsetzungsmethodik zu evaluieren, wurden Experten der betroffenen Bundesländer zur Datenqualität der B-Pläne, zur Datenvorhaltung und zur Datenaktualisierung der gesammelten Planinformationen befragt und um eine Einschätzung des geplanten Vorgehens gebeten (Blechschmidt 2020).

## 2.2 Datenaufbereitung

Die Datenvorbereitung dient dazu, eine einheitliche und zuverlässige Datenbasis der B-Pläne zwischen den Bundesländern bzw. Regierungspräsidien zu schaffen. Denn Unterschiede im Aufbau und der Datenqualität machen hier Anpassungen erforderlich. Erst nach einer Reihe von Bearbeitungsschritten können die Daten chronologisch sortiert werden und die Vergleichbarkeit zwischen den Bundesländern ist gewährleistet.

Im ersten Schritt wurden alle B-Pläne aussortiert, die nicht in die Berechnung eingehen sollten. Das betraf B-Pläne, die aufgrund ihres Status (z. B. abgelehnt), der Planart (z. B. Vorhabens- und Erschließungsplan) oder der geplanten Nutzungsart (z. B. Windenergieanlagen, Photovoltaikfreiflächenanlagen) nicht zu einer dauerhaften FNI führen. Im nächsten Schritt wurden die B-Pläne in die fünf Nutzungskategorien *Industrie/Gewerbe*, *Verkehrsfläche*, *Wohn-/Mischgebiet*, *Einzelhandel* und *Andere* eingeteilt. Je nach Nutzungsangabe der B-Pläne, war eine Einteilung in die angegebenen Nutzungskategorien in den Bundesländern unterschiedlich gut durchzuführen. Teilweise wurden dazu Nutzungskategorien zusammengefasst (Tab. 1). In Mecklenburg-Vorpommern fehlten die Nutzungsangaben der B-Pläne. Hier konnte nur die insgesamt überplante Fläche, ohne weitere Unterteilung nach Nutzungskategorien, berechnet werden. Nach Expertenrücksprache ist jedoch auch hier in den nächsten zwei bis drei Jahren mit einer differenzierteren Darstellung zu rechnen (Blehschmidt 2020).

Tab. 1: Anzahl der B-Pläne und überplante Freiraumfläche in den letzten 10 Jahren mit Aufteilung in Nutzungskategorien in den Bundesländern (Quelle: eigene Darstellung)

	Sachsen	Brandenburg	Baden-Württemberg *	Berlin	Hamburg	Mecklenburg-Vorpommern
Anzahl der B-Pläne	2 703	2 769	5 533	1 058	22 709 **/**	1 242
Überplante Freiraumfläche (ha)	5 547	6 596	3 583	728	366 ***	2 787
Industrie/Gewerbe	x	x	x	x	x	
Verkehrsfläche	x	x	x	x		
Wohn-/Mischgebiet	x	x		x	x	x
Einzelhandel	x	x	x	x		
Andere	x	x	x	x	x	

\* Für Regierungspräsidien Freiburg, Karlsruhe, Tübingen

\*\* Baugebietsteilflächen

\*\*\* Insgesamt, ohne zeitliche Begrenzung

Für jede der Nutzungskategorien wurde ein Shape-File mit allen B-Plänen erstellt, die zu einer FNI führen. Teilweise überlagern sich B-Pläne der gleichen Nutzungskategorie. Durch deren Zusammenführung wurde jedoch eine Doppelberechnung der FNI vermieden. Dagegen wurden selten vorkommende Überlagerungen zwischen verschiedenen Nutzungskategorien herausgerechnet, um eine doppelte Einbeziehung von Flächen auszuschließen. Dabei wurde die Nutzung aus dem aktuellsten B-Plan beibehalten.

## 2.3 Berechnung der Flächenneuanspruchnahme

Anschließend wurde die überplante Freiraumfläche auf Grundlage der B-Pläne für die Bundesländer bzw. in Baden-Württemberg für die drei Regierungspräsidien Freiburg, Tübingen und Karlsruhe berechnet. Die überplante Freiraumfläche ist als Maß für die zukünftige FNI zu sehen. Dabei ist zu beachten, dass es sich hierbei um eine Berechnung mit zeitlich unbestimmtem Horizont handelt, da es keine konkreten Angaben zu den Realisierungszeiträumen in den Planzeichnungen der B-Pläne gibt. B-Pläne haben kein Ablaufdatum und bleiben nach Aufstellung in aller Regel bestehen, auch wenn sie nicht umgesetzt werden. Da die B-Pläne ihre Gültigkeit nicht verlieren und von den Kommunen aus taktischen Gründen in den seltensten Fällen zurückgezogen werden, „sammeln“ sich die derartig überplanten Flächen im Laufe der Zeit an. Um dies auszuschließen und eine Überschätzung der zukünftigen FNI zu vermeiden, wurde in Absprache mit Planungsexperten eine zweiteilige Berechnung durchgeführt. Zuerst wurde die überplante Freiraumfläche auf Grundlage aller verfügbarer B-Pläne berechnet, also auch für ältere Pläne, die ggf. nicht mehr verfolgt, aber eben auch nicht gelöscht wurden. Weiterhin wurden in einem zweiten Berechnungsdurchlauf nur die B-Pläne der letzten zehn Jahre (seit 2010) berücksichtigt. Denn bei vergleichsweise jungen Plänen ist davon auszugehen, dass sie sich in der Phase der Umsetzung befinden oder in diese kommen. Bei allen älteren Plänen wird davon ausgegangen, dass sie entweder bereits umgesetzt sind, was sich in der aktuellen Flächennutzung zeigen würde, oder dass sie nicht mehr verfolgt werden und darum ausgeschlossen werden müssen.

Für die anschließende FNI-Berechnung werden die Shape-Files der Nutzungskategorien, die die entsprechenden B-Pläne enthalten, als Maske über die IÖR-Monitor-Basiskarte gelegt, um die entsprechenden Bereiche aus den Raster-Layern auszuschneiden. Damit entsteht für jede der Nutzungskategorien ein Raster-Layer mit den entsprechend überplanten Flächen, deren Pixelwerte mit der aktuellen Flächennutzungsart codiert sind. Alle nicht überplanten Flächen werden auf 0 gesetzt. Dieser Raster-Layer ist die Grundlage für die weiteren Berechnungen. In Abbildung 3 ist die Berechnungsmethodik exemplarisch für den B-Plan eines Industriegebietes dargestellt.

Für jede der Nutzungskategorien wurde auf diese Weise ein Raster-Layer erstellt. In einem weiteren Schritt wurden die Attributtabeln der Raster-Layer statistisch ausgewertet. Dadurch ist die Beantwortung folgender Fragen möglich:

- Wieviel Freiraumfläche einer Gebietseinheit ist überplant?
- Wie groß ist die aktuell überplante Freiraumfläche insgesamt bzw. der letzten 10 Jahre?
- Wie groß ist die pro Jahr überplante Fläche einschließlich entsprechender Trends?
- Welche Nutzungen sind geplant, welche aktuellen Nutzungen werden bei Realisierung überbaut?
- Treten Besonderheiten, z. B. hinsichtlich der räumlichen Verteilung der Planungen auf?

Durch den Einbezug der Einwohnerzahl kann zudem gemeindegroß berechnet werden, wieviel Freiraumfläche pro Einwohner mit neuen Siedlungs- und Verkehrsflächen überplant ist. Im Falle der Realisierung der Planungen kann das auch ein Indiz für die Veränderung der Siedlungsdichte sein (Einwohner pro SuV-Fläche).

Natürlich kommt es häufig auch vor, dass ein B-Plan bereits realisiert wurde. Dies geht aber unmittelbar aus den ortscharfen Informationen zur aktuellen Nutzung der IÖR-Monitor-Basiskarte hervor. Da aber nur die Freiraumfläche in der Verschneidung der B-Pläne mit der IÖR-Monitor-Basiskarte ausgewertet wird ist gesichert, dass die FNI für schon realisierte Planungen richtigerweise gleich 0 ist. Realisierte Planungen müssen darum nicht im Vorfeld aussortiert werden. Als Nebenprodukt dieser Berechnung kann damit auch der Realisierungsstand von B-Plänen bestimmt werden (Blechsmidt 2020).

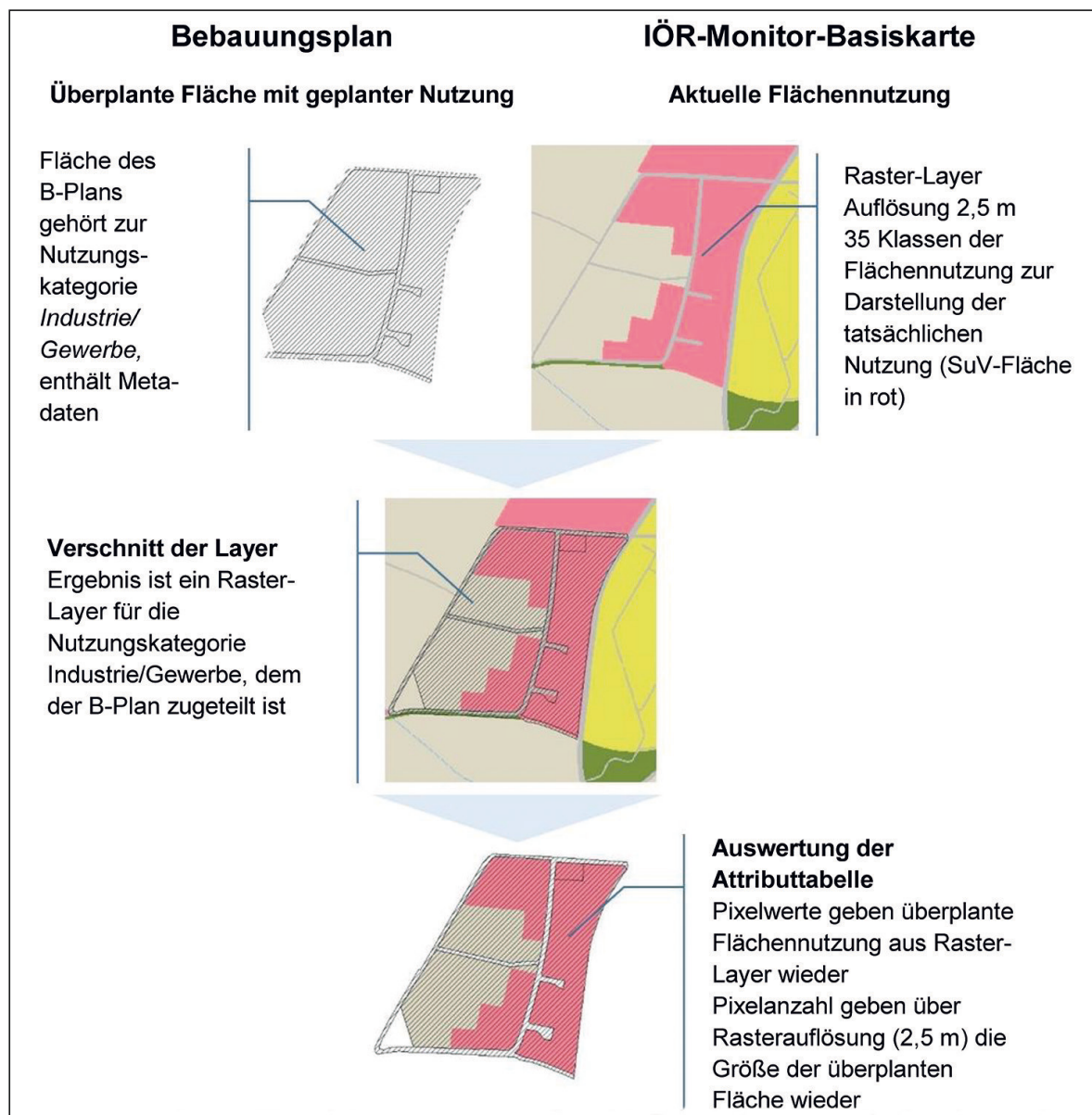


Abb. 3: Darstellung der GIS-gestützten Berechnungsmethodik der überplanten Freiraumfläche (Quelle: eigene Darstellung)



## 3 Ergebnisse

### 3.1 Ergebnisse der Expertenbefragung

Parallel zu den vorgestellten Untersuchungen wurden Expertenbefragungen durchgeführt. Dabei wurde in jedem untersuchten Bundesland und in Baden-Württemberg in jedem der Regierungspräsidien jeweils ein Experte aus der Planungspraxis befragt, der für die Datenvorhaltung verantwortlich ist. Daraus resultieren die folgenden allgemeinen Einschätzungen (Blechschmidt 2020):

- Die Präzision der Planung hat durch die Verschärfung des Umwelt- und Planungsrechts in den letzten Jahren deutlich zugenommen.
- Die Datenlage von B-Plansammlungen in den Bundesländern ist derzeit noch inhomogen. Allerdings werden hier erhebliche Verbesserungen durch die kommende breite Umsetzung von XPlanung (Leitfaden XPlanung 2020) und INSPIRE erwartet.
- Eine statistische Auswertung der B-Pläne sowie eine Überprüfung des Realisierungsgrades bzw. -standes der B-Pläne wäre sinnvoll, findet aber bisher in keinem der betrachteten Bundesländer statt.
- Der Aktualisierungsturnus der B-Plansammlung variiert je nach Bundesland zwischen täglich und vierteljährlich.
- Da B-Pläne kein Ablaufdatum haben und damit ihre Gültigkeit nicht verlieren, steigt der Anteil der überplanten Flächen stetig an.
- Die vorgestellte Berechnungsmethodik zur Abschätzung der FNI wird durch die befragten Experten prinzipiell als geeignet eingeschätzt. Jedoch sind die Ergebnisse derzeit noch mit großen Unsicherheiten behaftet.

### 3.2 Berechnungsergebnisse für Brandenburg

Die B-Pläne in Brandenburg stellen nach Expertenmeinung und eigener Einschätzung der Daten eine fundierte Berechnungsgrundlage für die Abschätzung der FNI dar. Darum werden die Ergebnisse für Brandenburg hier stellvertretend vorgestellt. In Brandenburg war zum Zeitpunkt der Untersuchung unter Berücksichtigung aller B-Pläne eine Freiraumfläche von 14 005 ha überplant. Das entspricht 0,47 % der Landesfläche bzw. einer Flächenneuanspruchnahme von 55,8 m<sup>2</sup> je Einwohner. Dabei ist auf 57 % dieser Fläche eine Industrie- bzw. Gewerbenutzung geplant und auf 29 % eine Wohn-/Mischnutzung. Überplant wurden vorwiegend landwirtschaftliche Flächen, darunter vor allem Ackerflächen (26 %) und Grünland (15 %) sowie Nadelholzflächen (14 %).

Betrachtet man nur die B-Pläne der letzten zehn Jahre, betrug die überplante Freiraumfläche 6 596 ha. Das entspricht ca. der Hälfte der überplanten Freiraumfläche ohne Ausschluss älterer Pläne. Damit sind 0,22 % der Landesfläche oder 26,3 m<sup>2</sup> je Einwohner



überplant. Um Gesamtgröße und Entwicklung der überplanten Freiraumfläche zu verdeutlichen, wurden die überplante Freiraumfläche, die tatsächliche FNI sowie das Flächensparziel des Bundeslands Brandenburg einander gegenübergestellt (Abb. 4). Dabei wurde die überplante Freiraumfläche aus allen von 2008 bis 2019 erstellten B-Plänen berechnet. Das jeweilig gültige Flächensparziel wurde dafür für die Gesamtfläche Brandenburgs in eine zulässige absolute FNI umgerechnet und kumuliert (AfS Berlin-Brandenburg 2008-2019; Wiggering et al. 2009).

Dabei wird deutlich, dass die tatsächliche FNI nach amtlicher Statistik im gesamten Betrachtungszeitraum weit über dem Flächensparziel für Brandenburg liegt. Im Zeitraum von 2008 bis 2019 wuchs die SuV-Fläche in Brandenburg um 21 000 ha an. Im selben Zeitraum entstand außerdem ein Planungsüberschuss von 8 225 ha, der bei Einhaltung des Flächensparzieles von max. 1,3 ha/Tag für die nächsten 17 Jahre keine weiteren Planungen mehr erlauben würde.

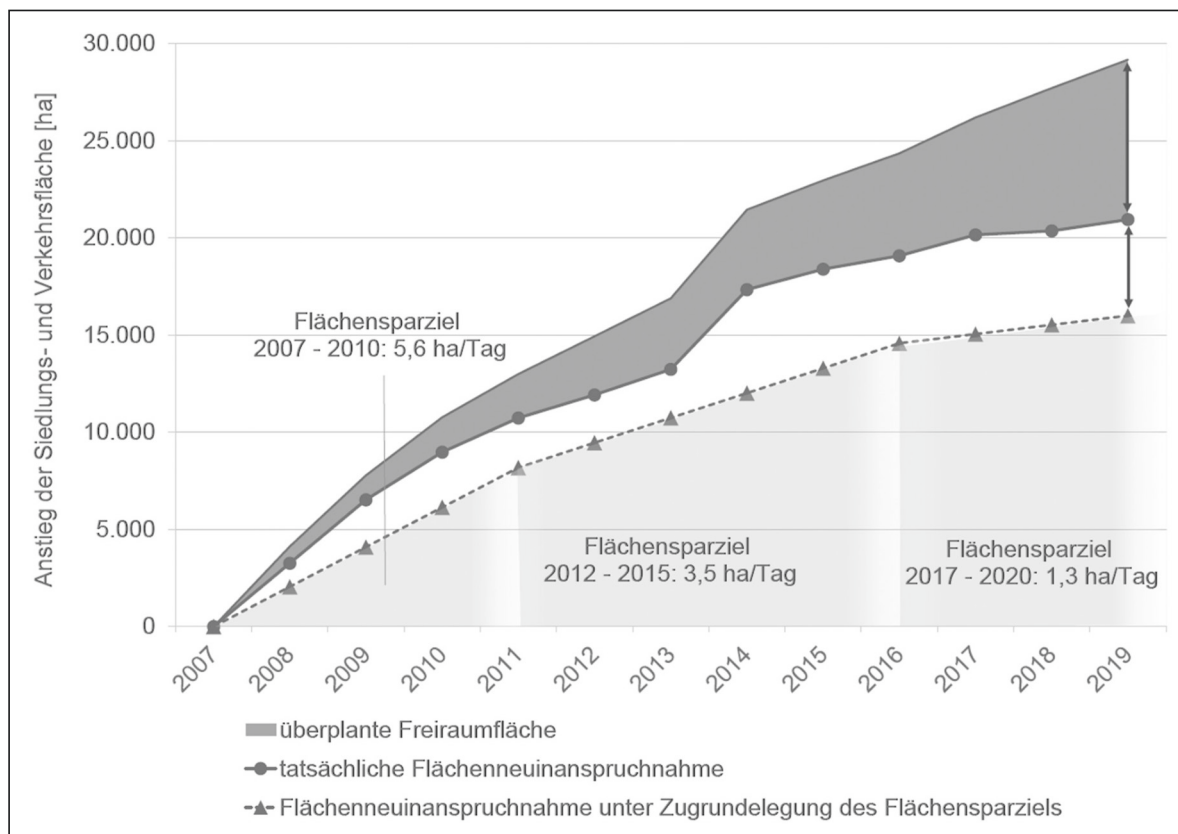


Abb. 4: Überplante Freiraumfläche berechnet anhand der B-Pläne seit 2008 und Flächenneuanspruchnahme unter Zugrundelegung des Flächensparziels in Brandenburg (Quelle FNI: AfS Berlin-Brandenburg, 2008-2019; Quelle Flächensparziele: Wiggering et al. 2009; eigene Darstellung)

## 4 Fazit und Ausblick

Die Bemühungen um eine Minderung der FNI zeigen nur geringe Erfolge. Denn die deutschlandweite FNI hat sich bei ca. 50 - 60 ha/Tag eingependelt und ist damit doppelt so hoch, wie es das Flächensparziel vorgibt.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Planungsaktivitäten der Kommunen unvermindert anhalten und weitgehend unabhängig von Flächensparzielen verfolgt werden. Das gilt selbst in eher ländlich geprägten Bundesländern wie Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern, die keinen Bevölkerungszuwachs und damit auch keinen Siedlungsdruck haben.

Es ist zu hoffen, dass Abschätzungen überplanter Freiraumfläche die große Diskrepanz zwischen Planung und Flächensparzielen deutlich machen. Eine derartige Abschätzung wird durch die automatisierte Auswertung von B-Plänen in Verbindung mit aktuellen Flächennutzungsinformationen des IÖR-Monitors möglich. Durch die kombinierte Verarbeitung von B-Plänen und den hochauflösenden, aktuellen und flächendeckenden Informationen der IÖR-Monitor-Basiskarte werden auch jetzt schon auf kommunaler Ebene Auswertungen des Realisierungsstandes von B-Plänen und entsprechende Gesamtbilanzierungen ermöglicht. Denn die Kommunen haben nach Einschätzung der befragten Experten häufig derzeit noch keinen genauen Überblick über den jeweiligen Realisierungsstand und welche Flächennutzungsarten durch Überbauungen wie stark betroffen sind.

Derzeit ist eine quantitative Abschätzung der FNI für ganz Deutschland noch nicht möglich, da B-Pläne noch nicht in allen Bundesländern zentral, digital und frei verfügbar sind. Die bereits zugänglichen Daten sind aber – auch wenn diese teilweise noch unvollständig und inhomogen sind – prinzipiell geeignet als Grundlage einer FNI-Abschätzung. Hier aber wird sich die Situation durch die Einführung von XPlanung und INSPIRE sowie durch den Druck zur freien Datenbereitstellung schnell weiter verbessern.

Letztlich aber muss, um die FNI dauerhaft zu senken und perspektivisch zu einer Flächenkreislaufwirtschaft zu kommen, noch mehr Einsicht und Bereitschaft zum Umdenken auf allen Planungs- und Entscheidungsebenen von den verschiedenen Akteuren aufgebracht werden.

## 5 Literatur

AfS – Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2019): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung im Land Brandenburg 2018: 1-156.

BauGB – Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 587) geändert worden ist.

- BauNVO – Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786).
- Beckmann, G.; Dosch, F. (2018): Monitoring der Siedlungsflächenentwicklung. In: Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G. (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Berlin Heidelberg: Springer: 3-24.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8>
- Betzholtz, T. (2004): Zukünftige Flächennutzung in Baden-Württemberg. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg: 45-49.
- Blehschmidt, J. (2020): Flächenneuanspruchnahme in Deutschland – Abschätzung anhand von Bebauungsplänen, Masterarbeit, TU Dresden, unveröffentlicht.
- Bundesregierung (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung: 1-62.
- Deggau, M. (2009): Die amtliche Flächenstatistik – Grundlage, Methode, Zukunft. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker: 3-15.
- Destatis (2018): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung: 1-435.
- GDI-DE – Geodateninfrastruktur Deutschland (2019): Geodaten aus ganz Europa nutzen.  
<https://www.geoportal.de/DE/GDIDE/INSPIRE/inspire.html?lang=de>  
(Zugriff: 15.03.2020).
- GDI-NI – Geodatenportal Niedersachsen (2016): Die INSPIRE-Richtlinie Aufbau einer europäischen Geodateninfrastruktur.
- IÖR – Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (2019): Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor). Flächenschema.  
<https://www.ioer-monitor.de/methodik/#c245> (Zugriff: 24.06.2020).
- Krüger, T.; Meinel, G.; Schumacher, U. (2013): Land-use monitoring by topographic data analysis, In: Cartography and Geographic Information Science 40 (3): 220-228.
- Leitstelle XPlanung (2020): Leitfaden XPlanung.  
[https://www.xleitstelle.de/downloads/XPlanung\\_Leitfaden\\_1.pdf](https://www.xleitstelle.de/downloads/XPlanung_Leitfaden_1.pdf)  
(Zugriff: 21.08.2020).
- LGV – Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg (2019): ALKIS-Daten des Amtlichen Liegenschaftskataster Informationssystem Hamburg.
- Meinel, G. (2017): Bestimmung der Flächenneuanspruchnahme auf Grundlage der Bautätigkeitsstatistik – konzeptionelle Überlegungen. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Schwarz, S.; Richter, B. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring IX. Nachhaltigkeit der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung? Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 73: 179-188.
- Meinel, G.; Krüger, T. (2014): Methodik eines Flächennutzungsmonitorings auf Grundlage des ATKIS-Basis-DLM. In: Kartographische Nachrichten 64 (6): 324-331.

- Nagel, R. (2018): Flächensparende Innenentwicklung durch Baukultur. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 76: 18-26.
- Penn-Bressel, G. (2015): Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr versus nachhaltige Flächennutzung – aktuelle Trends und Lösungsansätze. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 67: 38-49.
- PlanZV – Planzeichenverordnung vom 18. Dezember 1990 (BGBl. 1991 I S. 58), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1057) geändert worden ist.
- PLIS – Planungsinformationssystem (2018): Dokumentation der Daten für den Geltungsbereich von Bebauungsplänen, Vorhaben- und Erschließungsplänen.
- Preuß, T. (2018): Instrumente für das Flächensparen – Rahmenbedingungen und Zielkonflikte. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften, 76: 12-18.
- Siedentop, S. (2018): Ursachen der Flächenneuanspruchnahme in Deutschland – eine Zwischenbilanz. In: Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G. (Hrsg.): Flächenneuanspruchnahme in Deutschland, 1: 45-55. Springer Spektrum.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8>
- Wiggering, H.; Fischer, J. U.; Penn-Bressel, G.; Eckelmann, W.; Eckhardt, F.; Köpke, U.; Mackeschin, F.; Heui Lee, Y.; Grimski, D.; Glante, F. (2009): Flächenverbrauch einschränken – jetzt handeln. UBA.

# Flächenbelegungen und Flächennutzungsänderungen in der Ökobilanzierung: Eine Methode zur Wirkungsabschätzung

*Horst Fehrenbach, Daniel Reißmann*

## Zusammenfassung

Die Ökobilanz hat unter den in Anwendung befindlichen Umweltbewertungsmethoden einen besonderen Stellenwert und ist zwischenzeitlich bereits in einigen Gesetzen in Deutschland verankert. Für die Bewertung der Flächennutzung in Ökobilanzen ist eine allgemein anerkannte methodische Lösung bislang allerdings noch nicht vorhanden. Zwar gibt es erste Ansätze, doch wird dabei der Bedarf an methodischer Erweiterung und insbesondere die Verbesserung der Datengrundlagen herausgestellt. Dieser Beitrag thematisiert eine Methodenentwicklung am Umweltbundesamt zur Bewertung von temporärer Flächenbelegung und direkter sowie indirekter Flächennutzungsänderung von Produkten und Dienstleistungen im Rahmen der Ökobilanzierung<sup>1</sup>. Zentraler Bestandteil ist die qualitative Bewertung der Flächennutzung und ihrer Änderung anhand von Charakterisierungsfaktoren auf Basis eines erweiterten Hemerobieansatzes. Die bisher erarbeitete Methode wurde u. a. zur Bewertung des Energiesystems in Deutschland angewendet. Weitere Erprobungen erfolgen. Dieser Beitrag stellt den bisherigen Arbeitsstand vor.

**Schlagworte:** Ökobilanz, Landnutzung, Hemerobie, Stromproduktion

## 1 Hintergrund und Ziele

Die Ökobilanzierung bietet die Möglichkeit, systemübergreifende Analysen und Bewertungen unter Einbezug zahlreicher Umweltwirkungen zu erstellen. Mit dem Lebenswegprinzip können alle Arten von Produkten und Dienstleistungen umfassend bewertet werden (Klöpffer, Grahl 2014). Auf Basis der Daten aus der sogenannten Sachbilanz wird anhand einer Wirkungskategorie und der zugrundeliegenden Charakterisierungsfunktion ein Wirkungsindikator abgeleitet, der die potenzielle Umweltwirkung eines Produkts oder einer Dienstleistung abbildet. Wie bereits von Reißmann und Fehrenbach (2019) ausgeführt soll das genannte Vorhaben zur Schließung einer wesentlichen Lücke in der Berücksichtigung von Flächen in Ökobilanzen schließen helfen.

<sup>1</sup> Ressort-Forschungs-Vorhaben: Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen; FKZ 3717 31 105 0 (unveröffentlicht).

## 2 Methodischer Ansatz

Die methodischen Arbeiten umfassen einen Ansatz zur temporären Flächenbelegung sowie zur Flächennutzungsänderung. Beide Ansätze liefern sowohl Ergebnisse in den Sachbilanzgrößen  $m^2 \cdot a$  (Belegung, EN: occupation) und  $m^2$  (Änderung, engl.: transformation) als auch für die Wirkungsabschätzung, in welcher die Flächen charakterisiert werden. Die Charakterisierung erfolgt nach dem Hemerobieansatz (siehe Abschnitt 3.1.3) und wird analog zur Einheit  $kg\ CO_2\text{-Äquivalent}$  für die Wirkungskategorie Klimawandel mit dem Indikator „Global Warming Potential“ (GWP100) in der Einheit *artifizielle Fläche-Äquivalent*, d. h. als  $m^2\ aF\text{-Äq}\cdot a$  (Belegung) bzw.  $m^2\ aF\text{-Äq}$ . (Änderung) ausgedrückt.

### 2.1 Methodische Anforderungen und Bestandteile

#### 2.1.1 Anspruch der Methode

Um die Umweltwirkungen der Flächenbelegungen sowie Flächennutzungsänderungen durch Produkte und Dienstleistungen (Lebenszyklusbasiert) möglichst ganzheitlich abzubilden, muss die erarbeitete Methodik eine Reihe von Anforderungen erfüllen (Tab. 1).

Tab. 1: Methodische Anforderungen (Quelle: eigene Erarbeitung)

Methodische Anforderung	Kurzerläuterung
Berücksichtigung temporärer Flächenbelegungen im Lebenszyklus	Einem Produkt oder einer Dienstleistung ist nur die Fläche als Belegung anzurechnen, die nicht für eine andere Nutzung (d. h. für die Bereitstellung anderer Produkte oder Dienstleistungen) zur Verfügung steht.
Berücksichtigung indirekter und direkter Flächennutzungsänderungen im Lebenszyklus	Es wird analysiert, welcher Flächenanteil einer Nutzung mit einer Flächennutzungsänderung verbunden ist. Als geographischer Bezugsraum gilt das jeweilige Land, als Zeitbezug gilt die Änderung über ein Jahr, gemittelt über die vergangenen zehn Jahre. Betrachtet wird der der Nutzung vorausgehende (ebenfalls gemittelte) Zustand der Fläche in Gegenüberstellung mit dem Zustand bei der Nutzung.
Charakterisierung der erhobenen Daten zur Flächenbelegung und zu Flächennutzungsänderungen anhand des Hemerobiekonzepts	In der Landschaftsökologie drückt Hemerobie Naturferne als Maß für den menschlichen Kultureinfluss auf Ökosysteme aus. Für die Ökobilanzierung wurde das Konzept unter anderem in der UBA-Bewertungsmethode (Schmitz, Paulini 1999) als Wirkungskategorie „Naturraumbeanspruchung“ definiert und wird auch in diesem Forschungsvorhaben weiterentwickelt.

#### 2.1.2 Anforderungen aus der Ökobilanz

In der vorliegenden Studie wird die Flächenbelegung im Kontext der Methodik „Ökobilanz“ nach ISO 14040/14044 diskutiert. Das bedeutet, es sind ausgehend vom zu untersuchenden Wirtschaftsgut eine dem Ziel der Ökobilanz angemessene **funktionelle Einheit** sowie ein Referenzfluss zu definieren, auf die sich alle Daten der **Sachbilanz**



beziehen. Die belegte Fläche ist ein Sachbilanzdatum. Die Systemgrenzen (technisch, geographisch und zeitlich) müssen dabei klar definiert sein.

Die Ökobilanz untersucht keine Naturräume an sich, sondern ist eine Methodik zur Analyse umweltbezogener Lasten und deren potenzieller Wirkungen, die mit der Produktion von Wirtschaftsgütern verbunden sind. Zur Produktion nachwachsender Rohstoffe wird beispielsweise die Fläche mit dem entsprechenden Aufwuchs immer vom unbeeinflussten Zustand entfernt sein.

Schmitz & Paulini (1999) haben als Schutzgut im Kontext Flächennutzung die *Struktur und Funktion von Ökosystemen* definiert. Sie bezeichnen **Wirkungskategorie** als „Naturraumbeanspruchung“ und ziehen das Ausmaß anthropogener Aktivitäten zur Klassifizierung von Flächen heran, gemessen an der negativen Größe *Hemerobie*. Es ist ein Grundprinzip der Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen, negative Wirkungen (Emissionen von Treibhausgasen, toxischen Stoffen, Versauerung, Eutrophierung von Ökosystemen etc.) auf Schutzgüter zu quantifizieren.

### 2.1.3 Der Ansatz der Hemerobie

Die **Begriffe** Naturnähe, Natürlichkeit und Hemerobie als Bewertungskriterien für Landschaften werden in vielen Publikationen sowohl im deutschsprachigen als auch im englischsprachigen Raum synonym und oft ohne genaue Definition verwendet (Winter et al. 2017). Kowarik (2006) beschreibt Naturnähe und Hemerobie als zwei parallele Konzepte zur Bewertung der Natürlichkeit von Landschaften. Erstere weist einen historischen Bezug auf (potenzielle natürliche Vegetation, pNV). Naturnähe kann somit als Maß für die Ähnlichkeit zur ursprünglichen, vom Menschen unbeeinflussten Situation, definiert werden (Stein, Walz 2012). Das Konzept der Hemerobie hat eine aktualistische Perspektive, bei der es nicht das Ziel ist, einen historischen Zustand zurück zu erlangen. Vielmehr gilt als Bezugspunkt der durch weitgehende Selbstregulation geprägte Zustand auf Basis des heutigen Standortpotenzials. Die Betonung liegt auf aktuellen anthropogenen Einflüssen. In der Vergangenheit erfolgte irreversible anthropogene Standortveränderungen gelten als gegeben. *„Der Hemerobiegrad drückt damit die Wirkung reversibler anthropogener Einflüsse aus, die einer Selbstregulation des betrachteten Ökosystemausschnittes auf der Grundlage des aktuellen Standortpotenzials entgegenstehen“* (Kowarik 2006).

Dieses Grundverständnis ist für die Bewertung von Flächen in Ökobilanzen insofern besonders geeignet, als bei der Erstellung von Produkten oder Dienstleistungen vom Prinzip her genutzte Flächen betrachtet werden. Eine vom Menschen unbeeinflusste, d. h. ahemerobe Fläche ist nicht Gegenstand eines ökobilanziell zu untersuchenden Produktionssystems – zumindest nicht, was die Flächenbelegung betrifft. Bei Flächennutzungsänderungen können sehr wohl natürliche Ökosysteme betroffen sein (z. B. Palmölproduktion).

Die Eigenschaften von Natürlichkeit sind so vielschichtig wie die anthropogenen Einflüsse auf die Selbstregulation von Ökosystemen. Sie lassen sich daher nicht mit einem einzigen messbaren Parameter ausdrücken. Für das Konzept der Hemerobie hat sich folglich die Anwendung ordinaler Klassen durchgesetzt. Die Reduktion der Komplexität auf einen einzigen messbaren Parameter, wie auf einer kardinalen Skala, wird bewusst vermieden. Jeder numerisch präzise angegebene Indikatorwert würde eine schein-objektivierte Genauigkeit suggerieren, die die Wissenschaft hier nicht liefern kann.

Der Zuordnung von Flächen zu Hemerobieklassen erfolgt anhand einer Systematik von **Kriterien** und **Messgrößen**. Um der Vielfältigkeit der Flächenzustände gerecht zu werden, muss das Kriterien-System flächenbezogene Informationen möglichst breit abfragen, allerdings praktikabel bleiben. Entscheidend sind die Flächen, auf denen produziert wird (z. B. forstlich genutzter Wald, Agrarland, Bergbau), oder die anderweitig innerhalb des Systems genutzt werden (z. B. Deponie, Siedlung). Einzelwerte der Messgrößen und Kriterien werden durch Mittelwertbildung zu einem Gesamtwert aggregiert, der die Zuordnung von sechs der sieben Hemerobieklassen ermöglicht.

Auf Basis der Sachbilanzdaten und der Zuordnung der Flächen in die jeweiligen Hemerobieklassen wird nun der eigentliche Wirkungsindikator, das Naturfernepotenzial (NFP), abgeleitet. Dies erfolgt in zwei Schritten und ist bei Fehrenbach et al. (2015) sowie Detzel et al. (2016) ausführlich beschrieben:

- Bestimmung der maximalen Spanne zwischen den Charakterisierungsfaktoren der Flächenkategorien und
- Bestimmung der Abstände zwischen den Klassen. Zur Ableitung des NFP dient schließlich folgende Charakterisierungsfunktion, welche allerdings unter Änderungsvorbehalt steht und Bestandteil aktueller Diskussionen im Vorhaben ist.

Anknüpfungspunkte bestehen zum Hemerobieindex des IÖR-Monitors, der gleichfalls Flächennutzungen bzw. Bodenbedeckungen in eine siebenstufige Hemerobieklassifikation unterteilt. Dabei ist von einer weitgehend gleichlaufenden Ergebnisrichtung auszugehen. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass der Hemerobieindex beliebige Gebietsflächen mit einer einheitlichen Bewertung einstuft, während der hier vorgestellte Ansatz spezifische Flächennutzungstypen (v. a. Wald, Acker) mit differenzierten Kriterien und Messgrößen bewertet.

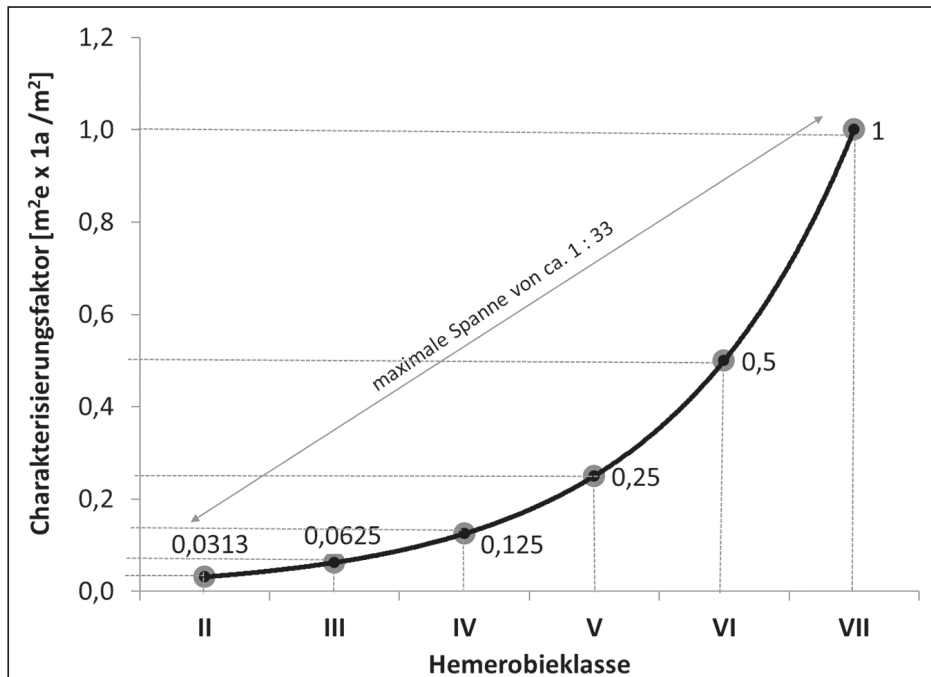


Abb. 1: Zuordnung von Charakterisierungsfaktoren zu sechs Hemerobieklassen (Quelle: eigene Darstellung nach Fehrenbach et al. 2015)

### 3 Fallbeispiel Stromproduktion in Deutschland

Im Folgenden wird die Methodik auf die Stromproduktion Deutschlands angewandt und die Flächenbelegung für die Produktion von Strom im mittleren Erzeugungsmix ermittelt. Der Systemraum beinhaltet die Bestandteile, die mit direkten Flächenbelegungen einhergehen. Anlagen, die innerhalb oder auf bestehenden Bauwerken installiert sind und nicht primär der Ummantelung der Anlage dienen, führen zu keinem Flächenverbrauch. Das gilt für Photovoltaik-(PV-)Anlagen auf Dachflächen oder Windkraftanlagen auf Deponien.

Die Flächenbelegung wird auf Basis folgender Datengrundlagen ermittelt:

1. Energieträgermix:  
Grundlage sind die aufgestellten Bilanzen für die Stromerzeugung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik (AGEE-Stat) und der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB).
2. Flächenbelegungs-Faktoren für Primärenergieträger und Infrastruktur:  
Die Mengen an eingesetzten Primärenergieträgern werden jeweils mit den Flächenbelegungs-Faktoren multipliziert. Besonders relevant sind dabei der Abbau von fossilen Rohstoffen, Anbau von Energiepflanzen, Konversion von Wind und Sonne etc. Unter Infrastruktur fallen thermische Kraftwerksanlagen, Pipelines sowie Übertragungsnetze (Tab. 2). Diese Faktoren beruhen auf unterschiedlichen statistischen Quellen (z. B. Statistik der Kohlenwirtschaft oder Bundeswaldinventur).

### 3. Hemerobiefaktoren für die Flächen:

Dieser Faktor beträgt 1 für alle mit Versiegelung, Bebauung oder Rohstoffabbau verbundenen Flächen (Hemerobiekategorie VII). Mit niedrigeren Hemerobiefaktoren sind die Flächen für Ackerbau (Biogas), Forst (feste Biomasse) sowie Freiland-PV, periphere Bereiche von Windkraftanlagen (z. B. Kranstellplatz) sowie Stromtrassen durch Waldgebiete versehen (Tab. 3). Sie sind in manchen Bereichen noch vorläufig und unterliegen einer Revision.

In Tabelle 2 sind die spezifischen Flächenbelegungs-faktoren aufgeschlüsselt für die einzelnen Energieträgerarten nach der Rohstoffgewinnung, direkter Stromerzeugung bei Windkraft und PV, Konversion (Kraftwerke, inkl. Brennstoffaufbereitung, auch Biogasanlagen und Speicher) sowie Netzinfrastruktur (Übertragungsnetz und Transformation). Wie eingangs erklärt, wird keine Flächenbelegung für PV-Anlagen auf Dächern und Deponien angerechnet. Bislang nicht berücksichtigt sind Wasserflächen (Offshore-Windkraftanlagen und Wasserkraftwerke).

Tab. 2: Flächenbelegungs-faktoren der einzelnen Komponenten des Stromsystems in Deutschland 2017 (Quelle: eigene Berechnungen im Rahmen des Re-Fo-Plan-Vorhabens)

m <sup>2</sup> ·1a/GJ Strom	Rohstoff	Direkte EE-Stromerzeugung	Konversion	Transport/Transformation	Summe
Braunkohle	1,490		0,10		1,59
Steinkohle	0,310		0,11		0,42
Erdöl	0,002		0,08		0,08
Erdgas	0,030		0,05		0,08
Kernkraft	0,180		0,09		0,27
Wind (onshore)		0,250			0,25
Photovoltaik (PVA-FF)		6,111			6,11
Biogas (Mix)	145,600		0,31		145,90
Feste Biobrennstoffe	464,300		0,14		464,40
Müllverbrennung			0,21		0,21
Netzinfrastruktur				0,15	0,15

Verknüpft man die Mengen produzierten Stroms mit den Flächenbelegungs-faktoren, dann gibt sich ein Gesamtbelegungswert für die Stromerzeugung in Deutschland von 4,1 Mio. ha. Wie der Gesamtwert sich zusammensetzt, ist in Abbildung 2 oben dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass der weitaus größte Anteil (95,7 %) auf Biogas und feste Biobrennstoffe zurückgeht. In der unteren Grafik sind die Komponenten ohne Biomasse differenzierter dargestellt, wobei der Strom aus Braunkohle, Freiland-PV sowie die Netzinfrastruktur in der Flächenbelegung als Nächstes kommen. Die übrigen Energieträger fallen flächenmäßig kaum ins Gewicht.

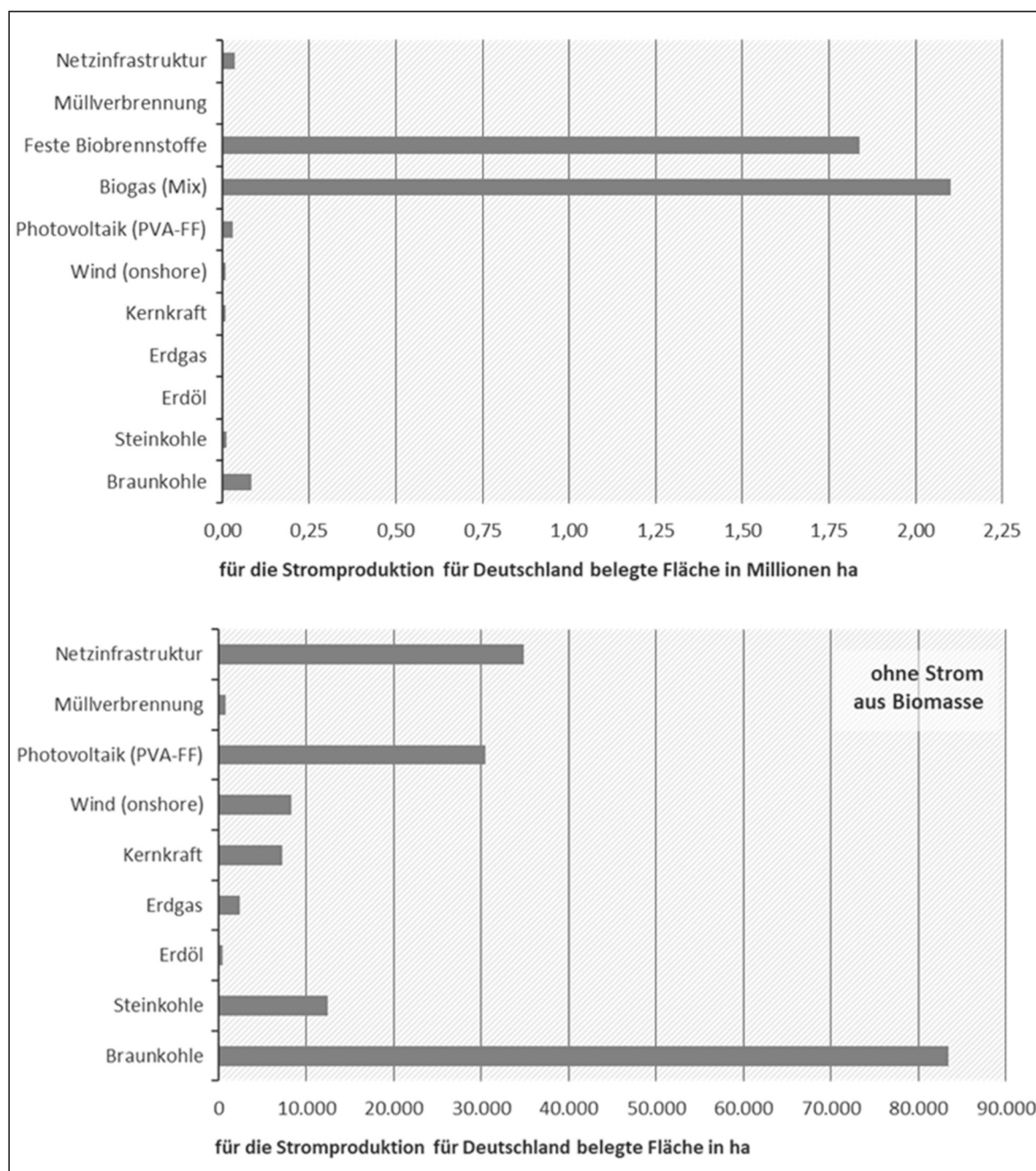


Abb. 2: Flächenbelegung durch die Stromproduktion in Deutschland 2017; oben alle Energieträger und Netzinfrastuktur; unten Energieträger ohne Strom aus Biomasse (Quelle: eigene Berechnungen im Rahmen des Re-Fo-Plan-Vorhabens)

Die obige Darstellung bildet reine Flächendaten ohne Bewertung der Flächenqualität ab. Das bedeutet: 1 ha Kraftwerksfläche oder Braunkohletagebau wird hier gleichbehandelt wie 1 ha Acker oder 1 ha Wald. Im folgenden dritten Schritt werden die Flächen gemäß Hemerobie charakterisiert. In Tabelle 3 sind hierzu die Hemerobiefaktoren für alle Flächenbelegungen, die nicht versiegelt oder bebaut sind, zusammengestellt.



Tab. 3: Hemerobiefaktoren nach Energieträger und Infrastruktur des Stromsystems in Deutschland 2017 (Quelle: eigene Berechnungen im Rahmen des Re-Fo-Plan-Vorhabens)

Energieträger	Hemerobiefaktor in m <sup>2</sup> aF/m <sup>2</sup>	Erläuterungen
Wind (onshore)	0,64	93,4 % der Anlagen liegen im Offenland, 69 % der Fläche wird vom Kranstellplätzen dominiert mit einer Fläche der Hemerobiekategorie VI (Faktor 0,5), die anderen Flächen sind versiegelt (Turmfuß). In den Waldstandorten wird ein größerer Umkreis um die Anlage berücksichtigt, der freigehalten werden muss. Diese Fläche wird mit Hemerobiekategorie V (Faktor 0,25) eingestuft.
Photovoltaik (PVA-FF)	0,35	Die Versiegelung nimmt 3 % der Fläche ein (Faktor 1), die überschirmte Fläche 32 % (Hemerobiekategorie VI, Faktor 0,5) und die Zwischenraumfläche mit 65 % (Hemerobiekategorie V, Faktor 0,25).
Biogas (Mix)	0,33	76 % Nawaro-Anteil am Substrat (55 %-Punkte davon Mais), mit einem mittleren Hemerobiefaktor von 0,39 (0,48 für Mais, 0,15 für Grasilage, 0,4 für Weizen und andere Nawaro). Keine Flächenbelegung für Gülle (15 % Anteil am Biogas) und Bioabfall (9 %).
Feste Biobrennstoffe	0,14	Verteilung der Hemerobieklassen im Wald geschätzt auf 10 % Klasse II, 20 % Klasse III, 40 % Klasse IV und 30 % Klasse V.
Netzinfrastruktur	0,27	Nur etwa 3,3 % der Fläche des Übertragungsnetzes sind versiegelt (Faktor 1), die weiteren Flächen sind offen gehaltene Waldtrassen, die in die Hemerobiekategorie V (Faktor 0,25) eingestuft sind.

Die Ergebnisse der Verknüpfung dieser Hemerobiefaktoren mit den Flächenbelegungswerten sind in Abbildung 3 dargestellt. Darin zeigt sich, dass die Flächenwirksamkeit der festen Biobrennstoffe (Waldholz) deutlich geringer gegenüber dem auf Basis nachwachsender Rohstoffe erzeugten Biogas, aber größer gegenüber der Braunkohle ist. Im unteren Teil der Grafik wird ersichtlich, dass sowohl Freiland-PV als auch die Netzinfrastruktur gegenüber der Braunkohle deutlich weniger Potenzial an *artificialer Fläche* (aF), d. h. nicht natürlicher, meist überbauter bzw. versiegelter Fläche aufweisen. So entspricht 1 ha Parkplatz 1 ha aF-Äq., während 1 ha sehr naturnaher Wald etwa 0,03 ha aF-Äq. entspricht (Abb. 1).



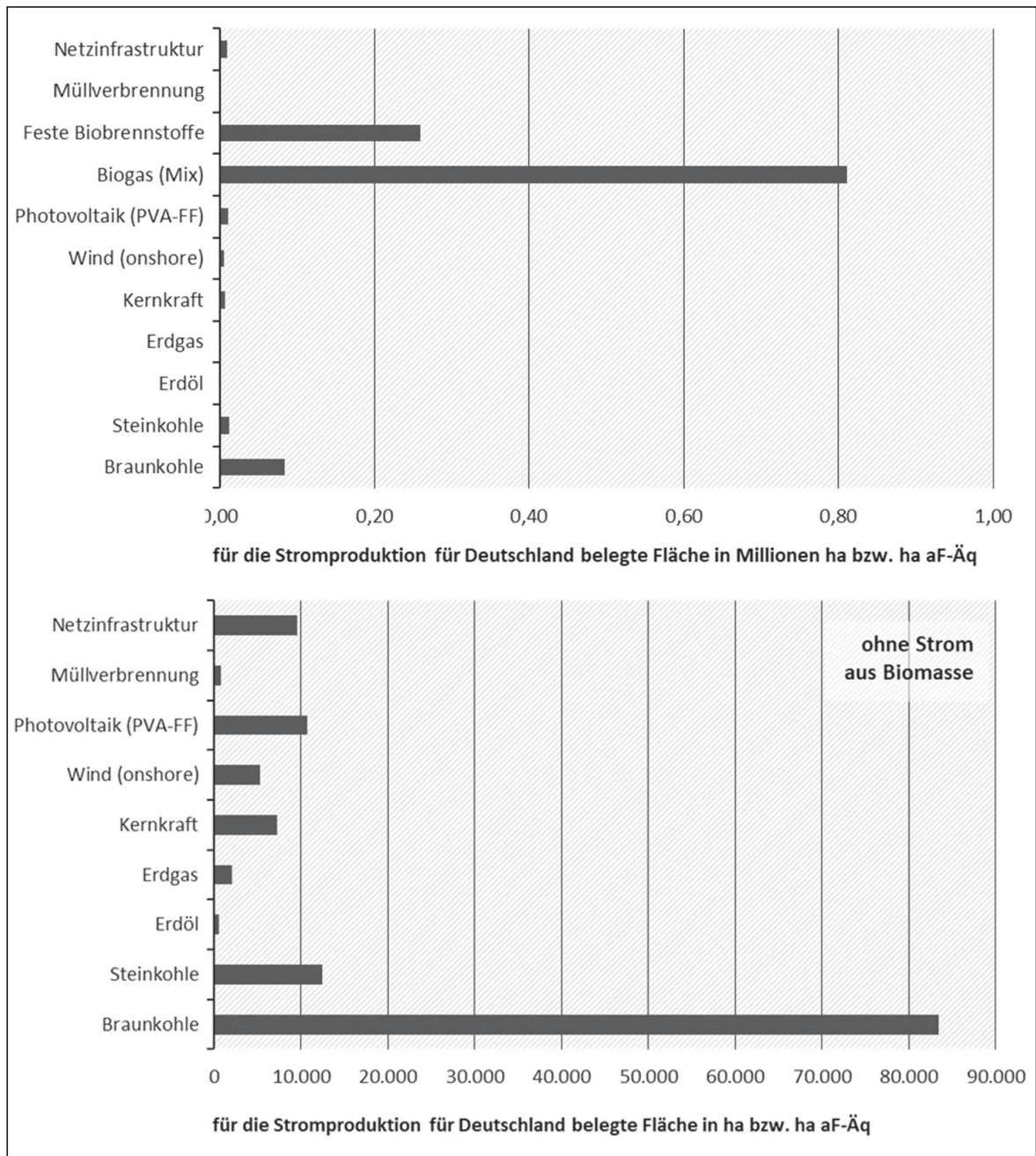


Abb. 3: Flächenbelegung der Energieträger, bewertet nach Hemerobie in artifizielle-Fläche-Äquivalente (aF-Äq) durch die Stromproduktion in Deutschland 2017; oben alle Energieträger und Netzinfrastruktur; unten Energieträger ohne Strom aus Biomasse (Quelle: eigene Berechnungen im Rahmen des Re-Fo-Plan-Vorhabens)

## 4 Fazit

Vielmehr als bei anderen Umweltwirkungen stellt sich bei Fläche und Naturraum bereits zu Beginn die Frage, was genau geschützt werden soll. Geht es um die Erhaltung der Biodiversität, um die Bewahrung von Ökosystemleistungen, fruchtbare Böden oder Naturnähe? Jede dieser Antworten ist möglich, zulässig und erfordert unterschiedliche Methoden.

Dem hier vorgestellten Ansatz liegt das Schutzgut „Natürlichkeit“ zugrunde. Hemerobie wird als geeignete Basis eines Charakterisierungsmodells erachtet. Sie drückt das Maß menschlicher Beeinflussung auf einen Naturraum bzw. eine Fläche im Vergleich zu einem unbeeinflussten Zustand aus. Die Bestimmung der Hemerobie erfolgt über multi-kriterielle Messvorschriften und führt zu einer Zuordnung der bewerteten Flächen in ein System ordinaler Klassen (I bis VII).

Wie das Fallbeispiel der Stromproduktion zeigt, ist das dargestellte Konzept anwendungsbereit für nahezu jede Art von Flächennutzung, zumindest im mittel- bis nord-europäischen Raum. Die direkte Anwendbarkeit der Kriterien und Messgrößen für andere Regionen ist noch zu überprüfen. Das Beispiel verdeutlicht, wie einzelne Komponenten eines komplexen Systems als die dominanten Größen bezüglich der Flächenbelegung identifiziert werden können. So erweist sich der Biomassestrom mit 8 % Anteil am durchschnittlichen Mix als herausragender Faktor. Gleichzeitig wird mit der Hemerobiebewertung berücksichtigt, dass der Rohstoffbezug von naturnäheren Flächen, wie dem Wald, gegenüber landwirtschaftlicher Fläche auch klar mit weniger negativer Wirkung verbunden ist, oder anders ausgedrückt: Der Rohstoff Holz wird von Flächen gewonnen, die weniger hemerob sind als die Flächen, von denen der Rohstoff Mais gewonnen wird. Im anderen Beispiel benötigt die Gewinnung von Strom aus Braunkohle zwar weniger Fläche als Freiland-PV, über die Hemerobie-Gewichtung wird jedoch die größere Wirkung des Braunkohletagebaus gegenüber Freiland-PV deutlich.

Der Ansatz hat dennoch Bedarf zur Weiterentwicklung. So steht eine Übertragung auf die globale Ebene an, in erster Linie für solche Flächennutzungen, die der Produktion von biogenen Rohstoffen für die globale Stoffstromwirtschaft dienen. Ziel ist ein über Mitteleuropa hinausgehender Ausbau des Ansatzes zur Berücksichtigung der Naturraumbeanspruchung und der differenzierten Beurteilung der Umweltlasten nachwachsender Rohstoffe in globalen Lieferketten innerhalb von Ökobilanzen. Zudem werden methodische Weiterentwicklungen, etwa beim Charakterisierungsmodell und der Bewertung von anthropogen sehr stark geprägten Flächen, wie Deponien, angestrebt.

## 5 Literatur

- Detzel, A.; Kauertz, B.; Grahl, B.; Heinisch, J. (2016): Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen. UBA-Texte 19/2016.  
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pruefung-aktualisierung-der-oekobilanzen-fuer> (Zugriff: 19.08.2020).
- Fehrenbach, H.; Grahl, B.; Giegrich, J.; Busch, M. (2015): Hemeroby as an impact category indicator for the integration of land use into life cycle (impact) assessment. Doi 10.1007/s11367-015-0955-y  
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-015-0955-y> (Zugriff: 19.08.2020).

- Klöpffer, W.; Grahl, B. (2014): Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice. Wiley-VCH, 440 pp.
- Reißmann, D.; Fehrenbach, H. (2019): Wirkungsabschätzung von Flächenbelegungen in Ökobilanzen: Arbeitsstand einer Methodenentwicklung. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XII: Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77: 287-296.
- Schmitz, S.; Paulini, I. (1999): Bewertung in Ökobilanzen – Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043 (Version '99). UBA-Texte 92/99.
- Stein, C.; Walz, U. (2012): Hemerobie als Indikator für das Flächenmonitoring – Methodenentwicklung am Beispiel von Sachsen. NuL 44 (9): 261-266.  
[https://www.researchgate.net/publication/282880226\\_Hemerobie\\_als\\_Indikator\\_fur\\_das\\_Flachenmonitoring\\_Methodenentwicklung\\_am\\_Beispiel\\_von\\_Sachsen\\_Hemeroby\\_as\\_Indicator\\_for\\_the\\_Monitoring\\_of\\_Land\\_Use\\_-\\_Development\\_of\\_methods\\_using\\_the\\_example\\_of\\_Saxony](https://www.researchgate.net/publication/282880226_Hemerobie_als_Indikator_fur_das_Flachenmonitoring_Methodenentwicklung_am_Beispiel_von_Sachsen_Hemeroby_as_Indicator_for_the_Monitoring_of_Land_Use_-_Development_of_methods_using_the_example_of_Saxony) (Zugriff: 19.08.2020).
- Winter, L.; Lehmann, A.; Finogenova, N.; Finkbeiner, M. (2017): Including biodiversity in life cycle assessment – State of the art, gaps and research needs. Environmental Impact Assessment Review, Volume 67, 88-100.



# Automatisierte Identifikation von Baulücken und Nachverdichtungspotenzialen im Wohnungsbau

*Dominik Hinteregger*

## Zusammenfassung

Das Forschungsziel war es, die automatisierte Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen und Baulücken zu untersuchen. Als Grundlage dient dabei eine bestehende Studie des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung (IÖR) aus dem Jahr 2013. Die Studie wird dabei auf erkennbare Verbesserungspotenziale untersucht. Ein Verbesserungsvorschlag ist die Identifikation weiterer Arten der Nachverdichtung. Hierbei waren insbesondere die Arten der Aufstockung, des Ersatzneubaus, der Brachflächenidentifikation und der Umnutzung relevant. Auch wurde untersucht, inwiefern ein Abgleich der Ist-Bebauung mit der rechtlich zulässigen Bebauung das bisherige Modell des Überbauungsgrades zur Abschätzung des Nachverdichtungspotenzials ersetzen kann. Schlussendlich wurden weitere Datenquellen auf ihre Eignung zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit des Systems geprüft. Hierbei waren insbesondere erteilte Baugenehmigungen relevant.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass sich die Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen gut automatisieren lässt. Auch konnten einige Ansätze entwickelt werden, die die Vorhersagegenauigkeit des IÖR-Modells deutlich verbessern. Andererseits sind einige Fehlerquellen, die schon in der ursprünglichen Studie erkannt worden sind, auch heute nicht vollständig automatisierbar.

**Schlagerworte:** Nachverdichtung, Flächenmonitoring, Flächenidentifikation, Innenentwicklungspotenzial

## 1 Einführung

Im Zusammenhang mit der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie hat die Bundesregierung festgeschrieben, dass die Flächeninanspruchnahme bis zum Jahr 2030 bundesweit auf 30 Hektar pro Tag begrenzt werden soll (UBA 2020a). Damit dieses Ziel erreicht werden kann, spielen die gezielte Innenentwicklung und Nachverdichtung von Städten und Gemeinden zentrale Rollen. Bauliche Entwicklungen sollen daher vor allem auf bereits erschlossenen, innerörtlichen Flächen erfolgen. So sollen weniger Flächen im Außenbereich durch Entwicklungen „auf der grünen Wiese“ in Anspruch genommen werden. Potenzialflächen sind dabei nicht nur in strukturschwachen oder peripheren Lagen anzutreffen. Auch in Wachstumsbereichen sind Flächen mit deutlichem Innenentwicklungspotenzial (IEP) vorhanden. Damit die Entwicklung von baulichen Potenzialen im

Innenbereich forciert werden kann, müssen die Gemeinden und Städte jedoch den Umfang des vorhandenen Nachverdichtungspotenzials im Innenbereich kennen (Hecht, Meinel 2014). Um dieses Potenzial besser einschätzen zu können, scheint eine automatisierte Identifikation solcher Potenzialflächen als sehr hilfreich.

Der vorliegende Beitrag basiert auf einer Masterarbeit im Studiengang Facility Management an der TU Kaiserslautern.

## 2 Bestehendes System zur automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen

Bereits im Jahr 2013 wurden im Zuge einer bundesweiten Befragung zur Abschätzung von IEP konzeptionelle und methodische Vorschläge zur automatischen Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen vom IÖR entwickelt und getestet.

Das vom IÖR entwickelte System hat gezeigt, dass eine Abschätzung des Innenentwicklungspotenzials mittels eines automatisierten Systems und auf der Grundlage von amtlichen Geodaten möglich ist. Jedoch hat sich auch gezeigt, dass die gewählte Datenbasis mit erheblichen Einschränkungen in der Vorhersagegenauigkeit einhergeht. Hintergrund dafür ist, dass das System dazu neigt, die vorhandenen Potenzialflächen aus verschiedenen Gründen zu überschätzen. Die Hauptfehlerquellen waren dabei fehlende Informationen zum Zuschnitt von Flurstücken, unberücksichtigte bauliche Restriktionen sowie ein zu geringer Abstraktionsgrad des ATKIS Basis-DLM.

Im Zuge der Modellverbesserung konnten für einen Teil der auftretenden Probleme Lösungsansätze entwickelt werden, die die Vorhersagegenauigkeit erhöhen. Die Lösungsansätze basieren dabei auf der Implementierung zusätzlicher Daten (z. B. zur Topographie oder zu Immissionsschutzflächen). Die Genauigkeit kann zudem weiter gesteigert werden, wenn das Liegenschaftskataster ALKIS als Basis für das System verwendet wird. Zum Zeitpunkt der Studiererstellung war dies nicht möglich, da ALKIS-Daten nicht flächendeckend verfügbar und mit hohen Kosten verbunden waren. Seit Dezember 2015 ist ALKIS in allen Bundesländern eingeführt (AdV 2019). Es kann demnach als neue Datenquelle zur Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen genutzt werden.

Neben den durch das BBSR bzw. IÖR betrachteten Limitationen des Ansatzes zur automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen konnten zusätzliche Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert werden. Diese betreffen insbesondere:

1. Betrachtung weiterer Arten der Nachverdichtung
2. Vergleich der Ist- mit der rechtlich zulässigen Bebauung
3. Hinzuziehung neuer Datenquellen



## 3 Ansätze zur Modellverbesserung

### 3.1 Nicht beachtete Arten der Nachverdichtung

Das vom IÖR entwickelte Verfahren zur Abschätzung von IEP auf Basis des ATKIS Basis-DLM, in Verbindung mit amtlichen Hausumringen, ist auf die Abschätzung von Baulücken und Nachverdichtungsflächen beschränkt. Diese werden im Modell durch unbebaute Grundstücke identifiziert. Die Unterscheidung der beiden Flächenarten erfolgt dabei lediglich über deren Abstand  $A_s$  zu einer Straße  $A_s$  ( $A_s < 20$  m: Baulücke,  $A_s$  20 m bis 50 m: Nachverdichtungsfläche,  $A_s > 50$  m: Nachverdichtungsfläche mit erhöhtem Erschließungsaufwand) (BBSR 2013).

Im Zusammenhang mit der Nachverdichtung gibt es jedoch weitere Arten, die in der bisherigen Studie keine Beachtung gefunden haben. Diese sind insbesondere Brachflächen, Aufstockungen und Dachausbauten, Ersatzneubauten sowie Umnutzungen und Umbauten. Auf die Bewertungssystematik von Brachflächen soll im Nachfolgenden genauer eingegangen werden. Zu den übrigen betrachteten Arten der Nachverdichtung soll an dieser Stelle nur eine Einschätzung über die praktische Umsetzbarkeit getroffen werden.

#### 3.1.1 Brachflächen

Zur Ermittlung von Brachflächen werden zusätzliche Daten, die einen Rückschluss über die tatsächliche Nutzung eines Gebäudes zulassen, herangezogen. Wird ein Gebäude mit Strom und Wasser versorgt oder fallen Abwässer und Abfälle an, so kann davon ausgegangen werden, dass das Gebäude genutzt wird. Um die Nutzung eines Gebäudes zu bewerten, wird dabei die Wasserversorgung herangezogen.

Hintergrund ist, dass die Wasserversorgung weitestgehend in öffentlicher Hand ist. So waren im Jahr 2016 etwa 99 % der deutschen Bevölkerung an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen (UBA 2020b). Firmen steht es hingegen frei, woher sie ihr Wasser beziehen. Allerdings beschränkt sich die nichtöffentliche Wasserversorgung größtenteils auf Unternehmen der Energieerzeugung, der Industrie sowie des Bergbaus. Anzumerken ist hier, dass selbst diese Unternehmen i. d. R. nicht nur selbstgewonnenes Wasser nutzen, sondern zusätzlich an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen sind (UBA 2020c).

Dadurch, dass die nötigen Daten bereits in staatlicher Hand bzw. bei öffentlich-rechtlichen Unternehmen liegen, lässt sich die Zusammenarbeit im Hinblick auf die Implementierung in das Modell beschleunigen. Aus Gründen der Rechnungslegung kann davon ausgegangen werden, dass die Versorgungsunternehmen sehr aktuelle Daten zum Wasserbezug der einzelnen Grundstücke haben. Wenn Daten zu erbrachten Ver- und Entsorgungsleistungen vorliegen, wird davon ausgegangen, dass das System zur

Identifikation von Brachflächen sehr genaue Ergebnisse liefert. Diese Annahme basiert darauf, dass mit dem Gebäudebetrieb unweigerlich gebäudenaher Leistungen, wie z. B. die Versorgung mit Frischwasser, in Anspruch genommen werden.

Die bundesweite Anwendung von Verbrauchsdaten ist komplex, da die Datenverfügbarkeit in diesem Zusammenhang sehr unterschiedlich ist und die Verbrauchsdaten derzeit nicht in einer standardisierten Form vorliegen. Die Identifikation von Brachflächen über diesen Ansatz eignet sich demnach gut, wenn nur einzelne Städte betrachtet werden. Die Umsetzung dieses Ansatzes auf Bundesebene geht aufgrund eines fehlenden Datenstandards jedoch mit einigen Hürden einher.

### **3.1.2 Aufstockungen und Dachausbauten, Ersatzneubauten, Umbauten und Umnutzungen**

Für Nachverdichtungen über Aufstockungen und Dachausbauten, Ersatzneubauten und Umnutzungen hat sich herausgestellt, dass eine automatisierte Identifikation durchaus denkbar ist und alle notwendigen Daten vorliegen.

Für Umbauten kann eine automatisierte Erkennung aus einem Mangel an notwendigen Informationen derzeit nicht umgesetzt werden.

## **3.2 Vergleich der Ist-Bebauung mit der rechtlich zulässigen Bebauung**

Ein weiterer Verbesserungsvorschlag zielt darauf ab, die tatsächlich vorhandene Bebauung mit der rechtlich zulässigen Bebauung zu vergleichen.

Im IÖR-Modell erfolgt die Bewertung des Nachverdichtungspotenzials über den Überbauungsgrad (ÜG, vergleichbar mit der GRZ) eines Grundstückes. Hierbei wird festgestellt, welcher Anteil der Grundstücksfläche bereits überbaut ist. Die Kategorisierung lautet dabei wie folgt: Bei einem ÜG von  $< 3\%$  ist eine Baulücke anzunehmen, bei  $3$  bis  $< 15\%$  besteht ein großes Nachverdichtungspotenzial, und bei einem Wert von  $15$  bis  $< 30\%$  weist eine Fläche ein geringes Potenzial auf. Alle Grundstücke, die zu mehr als  $30\%$  bebaut sind, werden als Fläche ohne Nachverdichtungspotenzial deklariert (BBSR 2013).

Diese Werte sind jedoch stark verallgemeinert. Nach § 17 BauNVO werden Obergrenzen für das zulässige Maß der baulichen Nutzung, in Abhängigkeit vom Baugebiet, in dem sich das zu bewertende Grundstück befindet, festgelegt. Beispielsweise ist in Kleinsiedlungsgebieten nach § 2 BauNVO nur eine maximale GRZ von  $0,2$  möglich. In reinen und allgemeinen Wohngebieten ist dagegen nach §§ 3 und 4 BauNVO eine GRZ von  $0,4$  und in besonderen Wohngebieten nach § 4 BauNVO eine GRZ von bis zu  $0,6$  zulässig. Diese Obergrenzen zeigen, dass zum einen trotz eines Überbauungsgrades von

30 % (teils erhebliche) Nachverdichtungspotenziale bestehen können. Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass in manchen Gebieten bereits bei einer bebauten Grundfläche, die 20 % des Grundstücks einnimmt, kein weiteres Entwicklungspotenzial mehr besteht. Des Weiteren darf das Nachverdichtungspotenzial nicht allein über den Faktor des Überbauungsgrades bestimmt werden. Das hat den Hintergrund, dass der Überbauungsgrad eine zweidimensionale Kennzahl ist, die die Bebauung in der Vertikalen unbeachtet lässt. Das führt dazu, dass einige Formen der Nachverdichtung, wie z. B. die Aufstockung, nicht beachtet werden.

Prinzipiell wird bei diesem Verbesserungsvorschlag ein deutliches Potenzial für die Erhöhung der Vorhersagegenauigkeit vermutet. Das ist insbesondere der Fall, wenn ein B-Plan als Datenquelle herangezogen werden kann. Im Bereich der Bebaubarkeit nach § 34 BauGB wird das Verbesserungspotenzial als etwas geringer eingeschätzt. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Bebaubarkeit hier über die vorhandene Baumasse auf den benachbarten Grundstücken geschätzt wird. Tatsächlich ist die Bebaubarkeit in diesen Fällen jedoch im Einzelfall mit der zuständigen Baubehörde abzuklären.

Als Hindernis bei der Umsetzung ist die Kleinteiligkeit der Datenbeschaffung in Bezug auf B-Pläne zu nennen. Diese Pläne müssen bei den jeweiligen Gemeinden erfragt und in das System eingearbeitet werden. Trotz dieses Hindernisses wird dieser Ansatz insgesamt als umsetzbar und als sinnvoll eingeschätzt.

Es ist davon auszugehen, dass der Zugewinn an Vorhersagegenauigkeit, der durch die Betrachtung der tatsächlichen Bebaubarkeit entsteht, den hohen Aufwand für die Datenbeschaffung rechtfertigt.

### **3.3 Baugenehmigungen als Datenquelle**

Zur Bewertung der Zulässigkeit sind bei einem Bauantrag zusätzliche beschreibende Unterlagen (Bauvorlagen) einzureichen (§ 68 MBO). Zu diesen Unterlagen gehören u. a. Berechnungen zur bebauten Grundstücksfläche, dem umbauten Raum sowie der Geschoss- und der Grundflächenzahl. Des Weiteren sind Aufstellungen über die zu erstellende Wohn- und Nutzfläche sowie alle Grundrisse mitzuliefern (Bauratgeber Deutschland 2018). Das führt dazu, dass alle Informationen, die zur Bewertung der Ist-Bebauung eines Grundstückes notwendig sind, der entsprechenden Baugenehmigung entnommen werden können.

In den Bundesländern Berlin und Hamburg werden keine Bauakten zentral archiviert. Die Pflicht zur Archivierung wurde dabei den Grundstückseigentümern übertragen. Im Land Mecklenburg-Vorpommern steht es den einzelnen Gemeinden frei, die Archivierung der Bauakten zu übernehmen. Die anderen Bundesländer archivieren alle erteilten Baugenehmigungen. Insgesamt ist die Datenlage also in den meisten Bundesländern sehr gut.

Die Fehleranfälligkeit wird als sehr gering eingeschätzt. Diese Annahme basiert darauf, dass die Baugenehmigung sämtliche Informationen, die zur exakten Bestimmung der vorhandenen Bausubstanz benötigt werden, enthält. Aus diesem Grund wird die Baugenehmigung als ausgesprochen gute Datenquelle eingeschätzt. Jedoch geht die Implementierung der Bauanträge als Datenquelle mit einem erheblichen Erfassungsaufwand einher, da hier alle erteilten Baugenehmigungen separat geprüft werden. Ob der Erfassungsaufwand in einem günstigen Verhältnis zum geschaffenen Nutzen steht, ist dabei fraglich.

## 4 Fazit

Der größte Teil der benötigten Daten kann aus existierenden Geodaten extrahiert werden. Hierbei sind insbesondere das ALKIS sowie die Gebäudedaten in LoD1 und LoD2 zu nennen.

Hindernisse bei der Datenbeschaffung erwachsen insbesondere dann, wenn Daten nicht zentralisiert gesammelt werden. Das ist insbesondere bei der Bewertung der Brachflächen der Fall. Hier liegen die Daten zu grundstücksbezogenen Leistungen bei den städtischen Ver- und Entsorgungsunternehmen. Damit sie im Zuge der Brachflächenermittlung genutzt werden können, müssen sie jedoch im System zur automatischen Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen hinterlegt werden.

Auch bei der Zuhilfenahme von Baugenehmigungen als Datenquelle ist die Verfügbarkeit eingeschränkt. Dieser Umstand betrifft insbesondere die Bundesländer Berlin und Hamburg sowie teilweise Mecklenburg-Vorpommern. In den übrigen Bundesländern werden Bauakten von den zuständigen unteren Bauaufsichtsbehörden archiviert. Ein Zugriff wäre hier über die entsprechenden Ebenen (Landratsämter, kreisfreie Städte) denkbar.

Auch die Auswertung von regional geltenden Bebauungs- und Flächennutzungsplänen kann zu Hindernissen führen. Hintergrund dafür ist, dass diese Daten nicht zentralisiert gesammelt werden und daher kleinteilig bei der jeweiligen Gemeinde abgefragt werden müssen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass sich die Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen insgesamt gut automatisieren lässt. Zudem konnten einige Aspekte herausgearbeitet werden, die zu einer Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit führen. Diese kann durch die Verwendung zusätzlicher Datenquellen deutlich verbessert werden .

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die automatisierte Identifikation von Nachverdichtungspotenzialen Vorschläge liefern kann, wo theoretische Entwicklungspotenziale bestehen, um die Flächeninanspruchnahme zu reduzieren.

Die Realisierbarkeit von automatisch identifizierten Nachverdichtungspotenzialen hängt dabei von verschiedenen Faktoren (z. B. Wirtschaftlichkeit, Zielkonflikte etc.) ab und muss im Einzelfall geprüft werden.

## 5 Literatur

AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2019): Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS). Online-Dokument.

<http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/> (Zugriff: 26.07.2020).

Bauratgeber Deutschland. (2018): Unterlagen für den Bauantrag. Online-Dokument.

<https://www.bauratgeber-deutschland.de/hausbauplanung-von-a-z/07-behoerden-antraege-und-vertraege/unterlagen-fuer-den-bauantrag/> (Zugriff: 26.07.2020).

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2013): Innenentwicklungspotenziale in Deutschland – Ergebnisse einer Bundesweiten Umfrage und Möglichkeiten einer automatisierten Abschätzung. Sonderveröffentlichung.

[https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2013/DL\\_Innenentwicklungspotenziale\\_D\\_neu.pdf](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2013/DL_Innenentwicklungspotenziale_D_neu.pdf) (Zugriff: 26.07.2020).

Hecht, R.; Meinel, G. (2014): Automatisierte Erfassung von Innenentwicklungspotenzialen auf Grundlage von Geobasisdaten – Möglichkeiten und Grenzen. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VI. Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 65: 103-112. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-75091>

MBO – Musterbauordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom November 2002.

UBA – Umweltbundesamt (2020a): Flächensparen – Böden und Landschaften erhalten. Online-Dokument.

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten#flachenverbrauch-in-deutschland-und-strategien-zum-flachensparen> (Zugriff: 26.07.2020).

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2020b): Öffentliche Wasserversorgung. Online-Dokument.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/oeffentliche-wasserversorgung#textpart-1> (Zugriff: 13.07.2019).

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2020c): Nichtöffentliche Wasserversorgung. Online-Dokument.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/nichtoeffentliche-wasserversorgung> (Zugriff: 13.07.2020).





## **Agenda 2030 – SDG-Indikatoren in der Praxis**



# Wohn(ungs)indikatoren im Kontext der Nachhaltigkeitsziele SDG 1 und SDG 10

Andreas Koch

## Zusammenfassung

Wohnen ist ein verbrieftes Menschenrecht. Daher scheint die Schlussfolgerung konsequent, mehr Wohnraum zu schaffen. Tatsächlich wird im Wohnungsbau die Lösung für die Probleme eines (vermeintlichen) Wohnraummangels und leistbaren Wohnens – insbesondere in Städten – gesehen. Dabei zeigt sich, dass Wohnungsbau als Indikator der globalen Nachhaltigkeitsziele für Armutsbekämpfung (SDG 1) und Ungleichheitsreduktion (SDG 10) kaum hinterfragt noch in seiner Wirkung evaluiert wird. Dies ist insofern bemerkenswert, als sich die sozialen wie politischen Erwartungen an den Wohnungsbau nicht zu erfüllen scheinen. Zu den wesentlichen Ursachen gehört, dass Wohnungen zunehmend als Ware zur privaten Daseinsvorsorge (Stichwort Responsibilisierung) und renditeorientierten Kapitalanlage gehandelt und weniger als Teil der sozialen Infrastruktur behandelt werden.

Verschärft wird der Rechtfertigungsdruck des Dogmas „Bauen, Bauen, Bauen“ durch die ökologischen Probleme des Boden-, Ressourcen- und Energieverbrauchs, der Flächenversiegelung und des interkommunal angeheizten Wettbewerbs um Einwohner bzw. Unternehmen. Aus der Perspektive einer Indikatorenbewertung braucht es daher eine Kontextualisierung der verwendeten Indikatoren. Am Beispiel der Stadt Salzburg soll ein solcher Versuch in Ansätzen präsentiert werden. Hieraus ließen sich dann Erkenntnisse für eine stadtökologische Debatte einer sachgerechten Nutzung von Indikatoren entlang der Nachhaltigen Entwicklungsziele ableiten.

**Schlagnworte:** soziale Infrastruktur, Kapitalakkumulation, Daseinsvorsorge

## 1 Die Wohnung als Ware und als soziale Infrastruktur

Die in vielen Ländern getroffenen und zum Teil drastischen Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie haben den Stellenwert der Wohnung als Teil der sozialen Infrastruktur wieder in das allgemeine Bewusstsein gerufen. Sie wurde zum Verfügungs-ort der Ausgangsbeschränkungen, Arbeits- und Lernort, kollektiver Treffpunkt, aber auch zum Konflikt- und Krisenort, bis hin zu sozialer Isolation und häuslicher Gewalt. Die spontan entstandenen wie auch institutionell bereits vorhandenen sozialen Netzwerke der gegenseitigen Hilfe, das Miteinander im Kümmern, förderte die Wertschätzung für funktionierende Nachbarschaften. Und mit der restriktionsbedingten Belebung öffentlicher Räume im Wohnumfeld hat die Dichte sozialer Interaktionen an diesen

Orten wieder zugenommen. Die Pandemie trug somit, zumindest kurzzeitig, zu einer Wiederaufwertung des persönlichen lokalen Lebensraumes bei und rückte bestimmte Definitionskriterien der Funktion Wohnen – des „sich Aufhaltens“ und „Zufriedenseins“ (Zeit-Lexikon 2005, 2680) – in den Mittelpunkt.

Diese Aufmerksamkeitsverschiebung kann aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Wohnung als Teil der sozialen Infrastruktur in Konkurrenz zur Wohnung als Ware einer kapitalistischen Verwertungslogik steht. Das Konkurrenzverhältnis ist komplex, denn es manifestiert sich *materiell* (die Wohnung als handelbares Gut sowie als Ort des Schutzes und der Privatsphäre), *funktional* (Wohnen als Strategie der Kapitalakkumulation sowie als persönliche und soziale Kulmination funktional differenzierter Gesellschaften) und *strukturell* (die Wohnung als integraler Bestandteil der Vorsorge- und Profitorientierung sowie als Voraussetzung gesellschaftlicher Teilhabe und Inklusion). Harvey (2020, 1) hat jüngst noch einmal auf die Verwobenheit dieser Zusammenhänge im Kontext der Corona-Maßnahmen hingewiesen, indem er die zwei unterschiedlichen, jedoch zusammenhängenden Modelle, die im Kapitalismus zum Einsatz kommen, hervorhob: „The first level is a mapping of the internal contradictions of the circulation and accumulation of capital as money value flows in search of profit through the different „moments“ (as Marx calls them) of production, realization (consumption), distribution, and reinvestment. This is a model of the capitalist economy as a spiral of endless expansion and growth. [...] I envision this model as embedded, however, in a broader context of social reproduction (in households and communities), in an on-going and ever-evolving metabolic relation to nature (including the “second nature” of urbanization and the built environment) [...]“.

In der politischen Auseinandersetzung der ökonomischen und sozialen Interessen nimmt der Bau von Wohnungen eine prominente Rolle ein – tatsächlich wird er als *die* Lösung für die Aufrechterhaltung von Profitinteressen *und* der Befriedigung eines grundlegenden menschlichen Bedürfnisses erachtet. Diesem Anspruch wird der Wohnungsbau weder im allgemeinen Kontext der wohn- und wohnungspolitischen Ziele noch im besonderen Kontext der an den Nachhaltigen Entwicklungszielen 1 (keine Armut) und 10 (Ungleichheit reduzieren) der UN (Sustainable Development Goals, SDGs) orientierten Zielvorstellungen (Targets) gerecht.

Die wohn- und wohnungspolitischen Ziele des Wohnbaus sind nicht auf eine Senkung der Wohnungskosten ausgerichtet, bestenfalls sorgen sie für eine Abnahme ihrer Steigerungsraten. Aber selbst das gelingt nur bedingt im Zusammenspiel einer Vielzahl weiterer politischer Maßnahmen wie Mietpreisbremse oder -deckelung, Wohnbauförderung, sozialem (gemeinnützigem) Wohnbau, Leerstandsabgabe, Zweitwohnungssteuer oder Restriktionen der touristischen Kurzzeitvermietung.

Zudem ist der Wohnbau in seiner Architektur von einem hohen Grad an Standardisierung geprägt, der sich bis heute am bürgerlichen Ideal der Kleinfamilie sowie der funktionalen Trennung von Erwerbs- und Reproduktionsarbeit orientiert (Beck, Reutlinger 2019, 35), obgleich es einen zunehmend artikulierten Bedarf alternativer Wohnformen gibt (Wirz 2019), der sich auch historischer Vorbilder bedient (Novy 2019). Die Reduktion an Wohn(ungs)typen trägt dem immobilienwirtschaftlichen Interesse an hoher Effizienz und Effektivität Rechnung, indem es die rasche Kapitalzirkulation eines marktgängigen Produkts erleichtert. Zugleich ignoriert sie die durch gewachsene funktionale Ausdifferenzierung von Wohnen, Arbeiten, Versorgen, Bilden und Freizeitgestaltung sich etablierende räumliche Reintegration in die Wohnung und das Wohnumfeld. Beispiele wie „[...] das VinziRast-mittendrin im Zentrum Wiens, wo Studierende mit ehemaligen Obdachlosen leben und arbeiten [...]“ (Kleilein, Meyer 2020, 11) gibt es durchaus – es sind aber eben nur Beispiele.

Nicht zuletzt spiegeln die vorherrschenden Wohnungsformen die Wohn- und Lebensbiographien einer wachsenden Zahl von Haushalten nur unzureichend wider. Anstatt dem linearen Muster des Umzugs von wachsenden, schrumpfenden oder sich anders/neu zusammensetzenden Haushalten Vorrang einzuräumen, würde eine räumliche und zeitliche Flexibilisierung von Größe und Zuschnitt des Wohnraums eine freiwillige Sesshaftigkeit in gewachsenen nachbarschaftlichen Sozialbeziehungen erleichtern.

Das ungleichgewichtige Konkurrenzverhältnis der Wohnung zwischen ökonomischem Warencharakter und sozialem Grundbedarf äußert sich jedoch nicht nur in allgemeinen wohnungspolitischen Interessenskonstellationen, sondern auch in der spezifischen Bewertung entlang der SDGs 1 und 10, worauf nun eingegangen werden soll.

## **2 SDG 1 und 10 im Lichte der Wohn(ungs)funktionen**

Die Targets von SDG 1 zielen darauf ab, bis 2030 absolute Armut um 100 % und relative Armut um 50 % zu reduzieren. Ferner sollen soziale Sicherungssysteme, Zugangsrechte zu Ressourcen, Resilienzmechanismen sowie armuts- und genderbezogene politische Rahmenbedingungen implementiert werden, die einen substantiellen Beitrag zur Armutsbekämpfung und Erhöhung der Teilhabechancen benachteiligter Personen(gruppen) leisten (UN 2020). Für eine Bewertung der Wohn(ungs)funktionen bzw. deren Indikatoren sind Target 1.4 und dessen Indikatoren besonders hervorzuheben: “By 2030, ensure that all men and women, in particular the poor and the vulnerable, have equal rights to economic resources, as well as access to basic services, ownership and control over land and other forms of property, inheritance, natural resources, appropriate new technology and financial services, including microfinance”. Die beiden dazugehörigen Indikatoren sind wie folgt formuliert:

- “Proportion of population living in households with access to basic services”
- “Proportion of total adult population with secure tenure rights to land, with legally recognized documentation and who perceive their rights to land as secure, by sex, and by type of tenure” (ebd.).

Diese für jedes Land und damit auch Österreich umzusetzenden Targets setzen einen klar erkennbaren Schwerpunkt auf die Funktion einer Wohnung als Teil der sozialen Infrastruktur. Sie stellen auf gleiche Zugangsrechte zu bebautem und unbebautem Grund und Boden ab und indizieren dies mit sicheren Besitzrechten (die deutsche Übersetzung spricht hier von „Zugang zu“ und „Verfügungsgewalt über“ Grund und Boden).

Ähnlich umfassend sind die formulierten Targets zu SDG 10. Hier nehmen der Abbau von Einkommensungleichheiten und Diskriminierung sowie eine Verbesserung grundlegender wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Sicherungs- und Inklusionsmechanismen eine dominante Rolle ein. Die Bedeutung der Targets für die Bewertung der Wohn(ungs)-funktionen lassen sich bei diesem SDG eher indirekt erschließen. Aus den Targets 10.2 und 10.5 sind allerdings deutliche Anhaltspunkte für eine Ausrichtung an den sozialen Bedürfnissen des Wohnens und einer Einhegung kapitalistischer Profitinteressen zu erkennen. Target 10.2 fordert: “By 2030, empower and promote the social, economic and political inclusion of all, irrespective of age, sex, disability, race, ethnicity, origin, religion or economic or other status” (UN 2020). Und Target 10.5 verlangt: “Improve the regulation and monitoring of global financial markets and institutions and strengthen the implementation of such regulations” (ebd.).

Die Schlussfolgerung, dass die SDGs einer angemessenen Wohnraumversorgung zur sicheren, sozial inklusiven und aktiven Teilhabe möglichst aller Menschen am gesellschaftlichen Leben Vorrang einräumen, erschließt sich auch aus weiteren Targets anderer SDGs. So deklariert das für Städte und Siedlungen zuständige SDG 11 in seinem ersten Target den Zugang „[...] for all to adequate, safe and affordable housing and basic services [...]“ als vorrangig. Hinzu kommen die Förderung von Mobilität und partizipativen Planungsprozessen. Mit dem Ziel, Produktion und Konsum nachhaltig zu gestalten, verbindet SDG 12 eine effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen und schließt damit Grund und Boden ein (UN 2020).

Gleichwohl die Wirkungsmacht der SDGs hinsichtlich ihrer tatsächlichen Umsetzung begrenzt ist, lässt sich aus ihren Forderungen keine explizite Legitimation für eine kapitalistische Verwertungslogik der Wohnung ableiten. Vielmehr sind sie an das allgemeine Menschenrecht auf Wohnen anschlussfähig, das eine hinreichende Wohnraum- und Infrastrukturversorgung fordert, den Schutz vor staatlichen und privaten Eingriffen sowie einen diskriminierungsfreien Zugang zu Wohnraum und Mindeststandards für Sicherheit und Gesundheit gewährleistet. Die Umsetzung des Menschenrechts auf Wohnen liegt in staatlicher Verantwortung und kann nicht als individuelles Grundrecht eingeklagt



werden (Krennerich 2019, 24 f.). Mit dieser Relativierung, die hier nicht juristisch, sondern mit Blick auf das funktionale Konkurrenzverhältnis des Wohnens betrachtet wird, wird die Marktfähigkeit des Gutes Wohnung nicht grundsätzlich in Abrede gestellt.

Auch wenn die „soziale Blindheit des Wohnungsmarktes“ (van Vliet 1990, 4) zunehmend in die Kritik gerät, ist die kapitalistische Profitorientierung des Wohnbaus nicht delegitimiert. Vielmehr findet sie ihre (Selbst-)Rechtfertigung in einer durch Beihilfen, Steuererleichterungen und Wohnbauförderung gegebenen staatlichen Einflussnahme auf Marktprozesse, insbesondere aber durch das EU-Wettbewerbsrecht, das staatliche Eingriffe nur zulässt, sofern sie nicht wettbewerbsverzerrend sind. In ihren Untersuchungen zur Wettbewerbs- und Beihilfenpolitik zieht Shah (2019, 21) die Schlussfolgerung, dass das Grundrecht auf Wohnen in der Europäischen Menschenrechtscharta ein Recht auf „housing assistance“ begründet, welches Wohnbeihilfen und Steuererleichterungen beim Wohnungskauf zulässt. Ferner hebt Shah hervor, dass die Auslegung des in der EU anerkannten Begriffs der Daseinsvorsorge die allgemeine Wohnungsvorsorge nicht einschließt, sie stattdessen nur für sozial und ökonomisch benachteiligte Gruppen zur Anwendung kommen darf. Bei der konkreten Bestimmung sozialer und ökonomischer Benachteiligung ist wiederum darauf zu achten, dass die Profite private Anbieter nicht geschmälert werden. Anhand von Urteilsprechungen in Schweden, Frankreich und den Niederlanden ist dies über niedrige Einkommenshöhen förderfähiger Personen bzw. Haushalte und über Mietpreisfestsetzungen für gemeinnützige Wohnungsbestände, die die am privaten Wohnungsmarkt erzielbaren Mietpreise berücksichtigt, zu gewährleisten (Shah 2019, 24 ff.). Entsprechend ernüchternd fällt ihr Fazit aus: „Wenn „Wettbewerb“ ein Gut teurer macht, als es zuvor mit staatlicher Unterstützung war, dann hat dieses Instrument versagt. Es ist daher Zeit, den Wettbewerb und die Daseinsvorsorge auf gleiche Augenhöhe zu stellen [...]“ (Shah 2019, 27).

### **3 Indikatorenbewertung am Beispiel der Stadt Salzburg**

Mit einer Modifikation nachstehender Aussage von Shah soll nun eine knappe Bewertung des Indikators Wohnbau und damit zusammenhängender weiterer Indikatoren, exemplarisch für die Stadt Salzburg, vorgenommen werden: „Wenn es staatlicher Unterstützung kaum mehr gelingt, das intendierte Ziel des leistbaren Wohnens für einkommensschwächere Haushalte zu erreichen, dann hat dieses Instrument versagt“. Eine Studie des Salzburger Instituts für Raumordnung & Wohnen zum „Mietwohnbau in der Stadt Salzburg“ (2018) kommt zu dem Schluss, dass sich der „[...] relativ große Bestand an geförderten Mietwohnungen [...] preisstabilisierend auf den freien Mietmarkt [...]“ (SIR 2018, 19) auswirkt.

Diese – eher – Preisdämpfung geht allerdings mit erheblichen Kosten einher. Derzeit müssen die gemeinnützigen Wohnbauträger, die in den letzten zehn Jahren über

1.200 Wohneinheiten errichteten und über einen Anteil von 20 % am gesamtstädtischen Wohnungsbestand verfügen, 10,86 € pro Quadratmeter für eine geförderte Mietwohnung kalkulieren. Im Vergleich zu den privaten Mietpreisen, die nach einer Studie eines Immobilienbüros (Team Rauscher Immobilien 2019) im Mittel bei 15,60 € liegen (mit einer Spannweite von 12,00 € bis 20,30 €), liegt der geförderte Wohnbau damit deutlich günstiger. Dabei dürfen jedoch zwei Aspekte nicht unberücksichtigt bleiben: erstens sind die Preissteigerungen zwischen 2007 und 2018 im Mietsektor (plus 30 %) und im Kaufsektor (plus 74 %) für Neubauwohnungen und über 100 % für Bestandswohnungen und Grundstücke sehr hoch (Abb. 1). Zweitens kamen diese Preissteigerungen trotz hoher öffentlicher Fördergelder zustande; die Fördersummen bewegten sich zwischen einem Höchststand von 279 Mio. € im Jahr 2010 und *nur* noch 75 Mio. € 2018 (Koch 2020). Von einer Preisstabilisierung kann somit wohl kaum gesprochen werden, vergleicht man dies mit den Wachstumsraten von Einkommen und Verbraucherpreisen aus Abbildung 1.

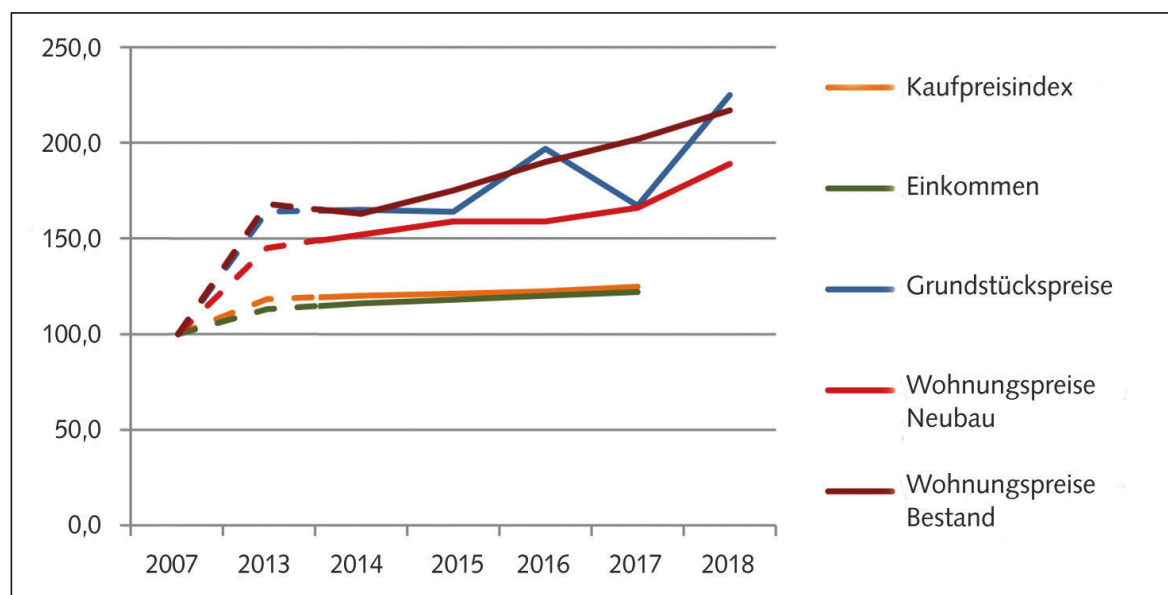


Abb. 1: Entwicklung der Grundstücks- und Wohnungspreise im Vergleich zu Einkommen und Kaufpreisen in Salzburg 2007 bis 2018 (Quelle: Koch A. 2020)

Die Kritik bliebe jedoch unvollständig, würde sie nicht auch die preisdämpfende Wirkung der Wohnbauförderung würdigen. Shah (2019, 15 ff.) zeigt im EU-Vergleich, dass Länder mit hohen Anteilen am sozialen Wohnungsbau niedrigere Armutsgefährdungsquoten aufweisen. In Österreich leben 18 % der Menschen in Orten mit über 100 000 Einwohnern mit einem Armutsrisiko. Überdurchschnittlich hohe Werte finden sich bei großen Familien, Einelternhaushalten, Arbeitslosen, Migrant\*innen und älteren Alleinlebenden bzw. bei BewohnerInnen von Gemeinde- und Mietwohnungen. Die Frage bleibt somit, wie lange die Wirkung dieses Instruments angesichts wachsender Divergenz von Einkommens- und Preisentwicklung noch anhält.

Auch unabhängig vom Indikator Wohnbauförderung lässt weder das mengenmäßige Wachstum noch der vorherrschend gebaute Wohnungstyp darauf schließen, es würde beim Wohnbau um die Erfüllung der in den SDGs geforderten Kriterien nach leistbarem Wohnraum und gerechtem Zugang zu diesem gehen. In den letzten 40 Jahren ist die Zahl der Wohnungen in Salzburg um 28 611 gestiegen (bei einem Gesamtbestand von heute 86 321), ein Plus von 48 %. Dagegen hat die Zahl der Einwohner im selben Zeitraum nur um 16 320 zugenommen, das entspricht 12 %. Es wurde also mehr gebaut als eigentlich gebraucht würde, selbst wenn der Trend zu Einpersonen-Haushalten berücksichtigt wird – und dennoch stiegen und steigen die Wohnimmobilienpreise. Den mit 50 % höchsten Anteil nehmen heute Ein- und Zweifamilienhäuser ein, Mehrfamilienhäuser kommen auf einen Anteil von 42 % – es wurde also für bestimmte, nämlich einkommensstarke soziale Schichten gebaut. Die Kehrseite sind überbelegte Wohnungen, deren Anteil im Land Salzburg bei 4 % liegt, das ist nach Wien der zweithöchste Wert in Österreich. Ein signifikant hoher Anteil dürfte dabei auf die Stadt Salzburg entfallen (Koch 2020).

Die Divergenz der Einwohner- und Wohnungszunahme führte auch zu einem kontinuierlichen Anstieg der Wohnfläche pro Person. Allein in den letzten 15 Jahren ist sie im Durchschnitt von 38,4 auf 42,6 Quadratmeter gestiegen (Werte für das Land Salzburg). Nach oben streuen die Werte durch die Hauseigentümer, nach unten durch die BewohnerInnen von Gemeindewohnungen (Koch 2020).

Die Bedeutung des Warencharakters der Wohnung spiegelt sich auch in profitorientierten, nicht dem Wohnen in seiner eigentlichen Wortbedeutung entsprechenden Nutzungen und in Nicht-Nutzungen wider. Die Nutzung von Wohnungen zur touristischen Kurzzeitvermietung hat auch in Salzburg, insbesondere im Stadtzentrum, stark zugenommen und zu einer Abnahme der Wohnbevölkerung um etwa 15 % geführt (Van-Hametner et al. 2019, 236). Zusätzlich verschärft wird die Situation durch einen deutlichen Anstieg der Nebenwohnsitze, die derzeit knapp 14 % der städtischen EinwohnerInnen ausmacht (Koch 2020). Schließlich trägt auch der spekulative oder preisstabilisierende Leerstand von Wohnungen zur Diskreditierung des Wohnungsneubaus bei. Eine Studie des bereits erwähnten SIR (2015) kommt nach intensiver Auswertung zu einem theoretischen Mobilisierungspotenzial von etwa 3 500 Wohnungen, was immerhin 4 % aller städtischen Wohnungen sind!

## 4 Fazit

Wohnen erfüllt derart fundamentale persönliche und soziale Funktionen, als dass ihr materielles Gut, die Wohnung, zu einer handelbaren Ware degradiert werden darf, die kapitalistischen Verwertungslogiken zu gehorchen hat. Das Grundrecht auf Wohnen im Allgemeinen und Krisen wie die Corona-Pandemie oder die Folgen des Klimawandels

im Besonderen führen uns dies deutlich vor Augen. Insofern greift auch eine Wohnungspolitik, die primär auf Wohnbau als Antwort auf die drängenden Probleme des Wohnens setzt, zu kurz. Eine zeitgemäße politische Stadtökologie setzt zunächst auf den bestehenden Gebäudebestand (inklusive leerstehender Gewerbeimmobilien), ein diversifiziertes Angebot an Wohn(ungs)formen und an eine Priorisierung des Wohnens als essentieller funktionaler Knotenpunkt im sozialen Netzwerk der Menschen, bevor es die Option des Wohnungsneubaus in Erwägung zieht. Damit würde sie auch einen Beitrag zur Erreichung der ökologischen Ziele der SDGs leisten.

## 5 Literatur

Beck, S.; Reutlinger C. (2019): Die Wiederkehr der Wohnungsfrage. Zürich: Seismo Verlag.

Harvey, D. (2020): Anti-Capitalist Politics in the Time of COVID-19.  
<http://davidharvey.org/2020/03/anti-capitalist-politics-in-the-time-of-covid-19/>  
 (Zugriff: 04.06.2020).

Kleilein, D.; Meyer, F. (2020): Die Stadt nach Corona. taz am wochenende, 16./17.5.2020, 11.

Koch, A. (2020): Wohnen in der Stadt Salzburg. Zum Verhältnis der Wohnung als Ware und dem Wohnen als soziale Infrastruktur. In: Dirninger; Heinisch; Kriechbaumer; Wieser (Hrsg.): Salzburger Jahrbuch für Politik 2020, Wien: Böhlau Verlag, (im Druck).

Krennerich, M. (2019): Ein Recht auf (menschenwürdiges) Wohnen? In: Bundeszentrale für politische Bildung (Hrsg.): Gesucht! Gefunden? Alte und neue Wohnungsfragen, 22-35.

Novy, K. (2019): „Die Pioniere vom Rosenhügel“. Zur wirklichen Revolution des ArbeiterInnenwohnens durch die Wiener SiedlerInnen. In: *dérive*, Zeitschrift für Stadtforschung, Wien, 39-45.

Shah, N. (2019): Europäische Union und der soziale Wohnbau – ein Spannungsverhältnis? In: Club of Vienna (Hrsg.): Brennpunkt Wohnbau. Wien: Mandelbaum Verlag, 9-28.

SIR – Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen (2015): Wohnungsleerstand in der Stadt Salzburg.  
[https://www.salzburg.gv.at/bauenwohnen\\_/Documents/endbericht\\_wohnungsleerstand\\_final.pdf](https://www.salzburg.gv.at/bauenwohnen_/Documents/endbericht_wohnungsleerstand_final.pdf) (Zugriff: 05.06.2020).

SIR – Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen (2018): Mietwohnbau in der Stadt Salzburg.  
[https://stadt-salzburg.at/pdf/endfassung\\_2017\\_2018\\_gefoerderter\\_mietwohnbau\\_beri.pdf](https://stadt-salzburg.at/pdf/endfassung_2017_2018_gefoerderter_mietwohnbau_beri.pdf) (Zugriff: 05.06.2020).

Team Rauscher Immobilien (2019): Wohnen in der Stadt Salzburg. Marktbericht 2019.

- UN – United Nations (2020): Sustainable Development Goals Knowledge Platform. <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300> (Zugriff: 04.06.2020).
- Van-Hametner, A.; Smigiel, C.; Kautzschmann, K.; Zeller, C. (2019): Die Wohnungsfrage abseits der Metropolen: Wohnen in Salzburg zwischen touristischer Nachfrage und Finanzanlagen. In: *Geographica Helvetica*, No. 74, 235-248.
- Van Vliet, W. (Hrsg.) (1990): *International Handbook of Housing Policies and Practices*. New York: Greenwood.
- Wirz, A. (2019): „Teil alles und spielt fair“. Die neuen Schweizer Wohnbaugenossenschaften und die Wohnungsfrage. In: *dérive, Zeitschrift für Stadtforschung*, Wien, 6-12.
- Zeit-Lexikon (2005): Wohnen. Hamburg: Zeitverlag, Band 19.





# Monitoring der Sustainable Development Goals auf kommunaler Ebene und die Bedeutung von Flächenindikatoren

*Oliver Peters, Philipp Holz, Jasmin Jossin*

## Zusammenfassung

Nachhaltigkeitsprozesse der Vereinten Nationen haben für Kommunen spätestens seit Verabschiedung der Agenda 21 eine hohe Relevanz. Mit dem SDG 11 und anderen (Unter-)Zielen, die zur nachhaltigen Stadt- und Gemeindeentwicklung beitragen sollen, wurde ihnen explizit eine entscheidende Rolle zugesprochen. Gleichwohl beziehen sich die 17 SDGs, die 169 Unterziele und die zugehörigen Indikatoren zur Erfolgskontrolle der globalen Ziele auf die nationale Ebene und benötigen somit Übertragungs- und Anpassungsleistungen für die kommunale Ebene. Im Rahmen der Arbeitsgruppe „SDG-Indikatoren für Kommunen“ hat das Deutsche Institut für Urbanistik im Auftrag und gemeinsam mit der Bertelsmann Stiftung und den kommunalen Spitzenverbänden (Deutscher Städtetag, Deutscher Städte- und Gemeindebund, Deutscher Landkreistag), dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), der Servicestelle Kommunen in der Einen Welt (SKEW) und weiteren begleitenden Gremien ein umfassendes Monitoring zum Status quo der SDGs auf kommunaler Ebene erarbeitet.

Die inhaltliche Weiterentwicklung des ersten Indikatorenkatalogs von 2018 erfolgte nun auf Basis von Praxis-Erprobungen und umfassenden Evaluationen. Die Bewertung der gesammelten und entwickelten 120 Indikatoren stellte dabei in einigen Themenbereichen wie der Flächennutzung eine Herausforderung dar, die Diskrepanzen der Relevanz von SDGs je nach Perspektive und Ebene offenbaren.

**Schlagerworte:** Nachhaltige Entwicklung, Monitoring, Kommunen, SDG-Indikatoren, Flächenindikatoren

## 1 SDG-Monitoring global

Die Agenda 2030 ist der erste umfassende politische Zielkatalog der UN, in dem soziale, ökologische und wirtschaftliche Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung ausgewogen benannt werden und der sich gleichermaßen an Industrienationen, Schwellen- und Entwicklungsländer richtet. Die 17 SDGs wurden in 169 Zielvorgaben bzw. Unterziele konkretisiert. Sie beziehen sich auf inhaltliche Ziele oder gehen auf mögliche Umsetzungswege mit finanziellen oder strukturellen Maßnahmen ein.

Die Idee globaler Ziele, die von konkreten Indikatoren begleitet werden, wurde ursprünglich von den Regierungen Kolumbiens und Guatemalas vorgeschlagen und

offiziell auf der Rio+20-Konferenz eingeführt (Hák et al. 2016). Der erste Entwurf einer Indikatorenliste basierte unter anderem auf den Vorschlägen der Open Working Group (OWG) und den Schlussfolgerungen der „UN Secretary-General’s Independent Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development“. Die Liste baute auf drei Indikatorensätzen auf: MDG-Indikatoren, SD-Indikatoren der Conference of European Statisticians (CES SDI) und Indikatoren des SD Solutions Network (SDSN). Ihre schnelle Bewertung ergab damals, dass 105 Indikatoren aus mindestens einem der drei Indikatorensätze potenziell für die Messung verwendet werden könnten (UNSD 2014). Kurz vor Inkrafttreten der Agenda 2030 hat die Statistische Kommission der Vereinten Nationen die Inter-agency and Expert Group on SDG Indicators (IAEG-SDGs) eingerichtet und damit beauftragt, den globalen Indikatorrahmen für die Ziele und Vorgaben der Agenda 2030 zu entwickeln und umzusetzen. Dieser globale Indikatorrahmen wurde später im Jahr 2017 von der Generalversammlung angenommen und wird seitdem laut Resolution jährlich verfeinert. Die ständigen Revisionsprozesse ließen den globalen Indikatorrahmen bis heute auf 231 Indikatoren anwachsen (UNSD 2019). Eine umfassende Überprüfung des Indikatorenkatalogs ist für 2025 geplant.

Die Agenda 2030 ist in erster Linie ein Staatenvertrag und auf eben jene Ebene ausgerichtet. Jedoch werden mit ihr auch die Kommunen angesprochen: Über alle 17 Ziele hinweg in Zielvorgaben, die schließlich (auch) auf der lokalen Ebene umgesetzt werden müssen, und besonders mit dem SDG 11 für „Nachhaltige Städte und Siedlungen – Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten“. In Deutschland sind bislang mehr als 140 Städte, Gemeinden und Kreise dem „Club der Agenda 2030-Kommunen“ beigetreten und haben sich mittels Ratsbeschluss zu den SDGs bekannt und die SDGs in lokale Zielvereinbarungen integriert (DST, RGRE 2015; SKEW 2020).

Die lokale Implementierung der Agenda 2030 erfordert ein umfassendes kommunales Nachhaltigkeits- und Transformationsmanagement. Das beinhaltet unter anderem, die globalen Ziele auf die lokale Ebene zu übertragen, individuell zu konkretisieren und mittels Indikatoren abzubilden. Die Übersetzung der globalen Ziele und Indikatoren auf die subnationale Ebene mit ihren sehr heterogenen Strukturen und Voraussetzungen stellt allerdings eine Hürde dar. Oft fehlt es an Unterstützung, die SDGs mit ihren teils erheblichen Interpretationsspielräumen einzuordnen sowie passende Indikatoren und kleinräumige Datensätze zu finden bzw. zu entwickeln. Problematisch ist ferner die knappe Ressourcenausstattung vieler Kommunen für Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit den SDGs und der kommunalen Datenerhebung und -verarbeitung.

Seit 2017 erarbeitet das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) daher im Rahmen des Projekts „Agenda 2030 – Nachhaltige Entwicklung vor Ort“ (zuvor „Monitor Nachhaltige Kommune“) im Auftrag der Bertelsmann Stiftung unterschiedliche Instrumente für ein lokales Nachhaltigkeitsmanagement. Der Fokus liegt dabei auf Indikatoren für ein

kommunales SDG-Monitoring, die gemeinsam von der regelmäßig tagenden Arbeitsgruppe „SDG-Indikatoren für Kommunen“ herausgegeben werden. Außer dem Difu und der Bertelsmann Stiftung gehören die kommunalen Spitzenverbände (Deutscher Städtetag, Deutscher Städte- und Gemeindebund, Deutscher Landkreistag), das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) sowie die Servicestelle Kommunen in der Einen Welt (SKEW) und die Deutsche Sektion des Rates der Gemeinden und Regionen Europas (RGRE) dieser Arbeitsgruppe an. Aus diesem Zusammenhang ist auch ein eigenes SDG-Portal entstanden, das einen Teil der vorgeschlagenen Indikatoren mit Daten hinterlegt ([www.sdg-portal.de](http://www.sdg-portal.de)).

Analog zur Dynamik im offiziellen, globalen Prozess werden die erarbeiteten Indikatoren und Instrumente im Rahmen des o.g. Vorhabens auch lokal kontinuierlich weiterentwickelt, vertieft und skaliert: So ist bis Ende 2020 die Veröffentlichung eines aktualisierten und deutlich umfassenderen SDG-Indikatorenkatalogs für Kommunen geplant. Die Datenerhebung zahlreicher Indikatoren ermöglicht zudem wissenschaftlich ertragreiche Analysen zu den komplexen Zusammenhängen und Zielkonflikten zwischen unterschiedlichen SDGs auf kommunaler Ebene. Ausgehend davon leitet das Difu-Projektteam Handlungsempfehlungen ab und macht diese zusammen mit kommunalen Profilen und Daten im Zuge eines Relaunchs des SDG-Portals zugänglich.

## 2 Genese des SDG-Indikatorenkatalogs für Kommunen

Mit ihrer Gründung im Jahr 2017 setzte sich die Arbeitsgruppe „SDG-Indikatoren für Kommunen“ das Ziel, einen ebenso handlungsleitenden (steuerungsrelevanten) wie handhabbaren (überschaubaren) SDG-Indikatorenkatalog zu erarbeiten. Um diese Ziele effizient erreichen zu können, basierte die Entwicklung von Indikatoren auf einer Überprüfung der Relevanz der 169 SDG-Unterziele für deutsche Kommunen. Mit diesem sogenannten Relevanz-Check wurden diejenigen SDG-Unterziele oder Teilaussagen identifiziert, für die eine besondere Bedeutung für deutsche Kommunen angenommen wird. Die Frage der Relevanz wurde mittels Unterteilung der 169 Unterziele in Teilziele, einem Problem-Check („Handelt es sich bei der jeweiligen Einzelaussage um eine wesentliche Herausforderung für deutsche Kommunen?“) und einem Aufgaben-Check („Können Kommunen mit Hilfe kommunaler Aufgaben oder Produkte einen Beitrag leisten?“) beantwortet (Assmann et al. 2018; Bertelsmann Stiftung 2019). Dieses Vorgehen resultierte in der Identifikation von 146 kommunal relevanten Unter- bzw. Teilzielen, die potenziellen Indikatoren zugeordnet werden sollen.

Um diese Ziele mit möglichst guten Indikatoren hinterlegen zu können, wurden daraufhin vier grundlegende Qualitätskriterien und zugehörige Mindeststandards definiert. Damit wurde ein Entscheidungsrahmen geschaffen, um bei der Recherche, Sammlung und Auswahl von Indikatoren aus vorhandenen Quellen sowie bei der eigenen

Entwicklung von neuen Indikatoren die für die Ziele der Arbeitsgruppe bestgeeigneten Indikatoren auswählen zu können. Diese vier Qualitätskriterien sind Validität, Datenverfügbarkeit, Datenqualität und Funktion (Bertelsmann Stiftung, Deutsches Institut für Urbanistik 2016). Um Mindeststandards in diesen Kriterien definieren zu können, wurden sie in drei bis vier unterschiedliche Gütestufen aufgeteilt. Diese Bewertung führte zur Differenzierung der Indikatoren in zwei grundsätzliche Typen: bei Indikatoren vom Typ I handelt es sich um solche mit einer hohen oder sehr hohen Validität, die bundesweit mit Daten aus Forschungsprojekten oder aus der amtlichen Statistik auf Kreis- oder Gemeindeebene hinterlegt werden können. Bei Indikatoren vom Typ II handelt es sich um solche mit einer sehr hohen Validität, welche jedoch nicht bundesweit auf kommunaler Ebene verfügbar sind und dementsprechend von den Kommunen selbst erhoben werden müssen.

Ein erster umfassender, sich über alle 17 SDGs erstreckender Auswahlprozess anhand von ausgewählten Indikatorensets auf globaler, europäischer, nationaler Ebene sowie beispielhaft anhand zweier Länder-Indikatorenkataloge sowie mehrerer Sammlungen kommunaler Nachhaltigkeitsindikatoren resultierte in der ersten Fassung des SDG-Indikatorenkatalogs mit 47 Kernindikatoren (Assmann et al. 2018). Darauf aufbauend wurden die SDG-Indikatoren gezielt in solchen Themengebieten und Perspektiven weiterentwickelt, die nach einer Evaluierung des ersten SDG-Indikatorenkatalogs prioritär zu erweitern waren. Dabei standen die vertikale Integration des Katalogs mit übergeordneten SDG-Indikatorensets wie der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) sowie umfassende Recherchen, Diskussionsveranstaltungen und die Zusammenarbeit mit Kommunen im Vordergrund. Besonders zu erwähnen ist die Zusammenarbeit mit der Stadt Stuttgart, in der eine vollständige Praxiserprobung der SDG-Indikatoren für Kommunen stattgefunden hat auf deren Basis schließlich ein Nachhaltigkeitsbericht entstand (Landeshauptstadt Stuttgart 2019). Darüber hinaus wurden in Ergänzung zu den einbezogenen Indikatoren-Quellen für den aktuellen Katalog erstmals gänzlich neue Typ II Indikatoren in Form von Indizes entwickelt, um sehr relevante, jedoch nur qualitativ (dichotom) darstellbare Informationen etwa im Bereich Klimaschutz und -anpassung oder Digitalisierung aufnehmen zu können.

Dieser umfangreiche und stark partizipativ orientierte Entwicklungs- und Auswahlprozess mündet derzeit im zweiten Katalog der Arbeitsgruppe „SDG-Indikatoren für Kommunen“. Er umfasst 120 Kernindikatoren, von denen 57 Indikatoren (Typ I Indikatoren) im projekteigenen SDG-Portal, dem Wegweiser Kommune der Bertelsmann Stiftung sowie der INKAR-Datenbank des BBSR mit Daten auf Kreis- oder Gemeindeebene hinterlegt werden können. Die anderen 63 Indikatoren (Typ II Indikatoren) werden den Kommunen zur eigenen Erhebung vorgeschlagen. Die Zuordnung der jeweiligen Indikatoren auf die SDGs kann der nachfolgenden Übersicht entnommen werden.

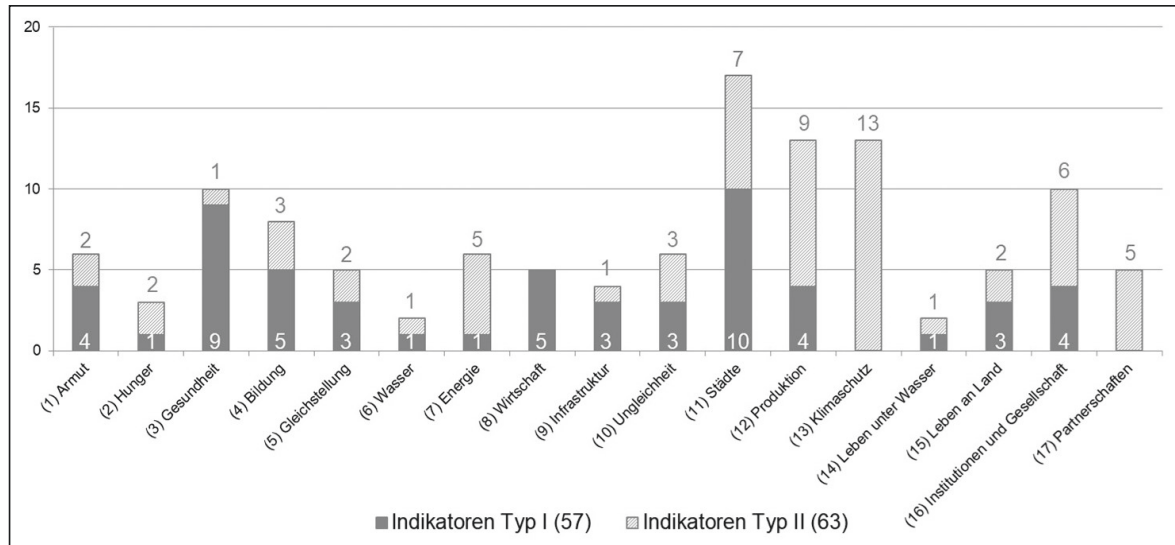


Abb. 1: Verteilung der Indikatoren Typ I und II über die 17 SDGs (Quelle: eigene Darstellung)

Entsprechend des Anwendungsgebiets eines SDG-Indikatorenkatalogs für Kommunen ist das SDG 11, das nachhaltige Städte und Gemeinden zum Ziel hat, am stärksten mit Indikatoren ausgestattet, während wasserbezogene Indikatoren in den SDGs 6 (Sauberes Wasser und Sanitärversorgung) und SDG 14 (Leben unter Wasser) aufgrund der fehlenden Datenverfügbarkeit und der verhältnismäßig geringen Relevanz wenig Berücksichtigung fanden. Als Besonderheiten können die SDGs 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) und SDG 17 (Partnerschaften zur Erreichung der Ziele) angesehen werden, da diese trotz umfassender Recherchen und Kollaborationen mit relevanten Akteuren nicht mit Typ I Indikatoren hinterlegt werden konnten. Ursächlich dafür ist vor allem die Komplexität, die z. B. von Treibhausgasbilanzierungen oder entwicklungspolitischen Maßnahmen im globalen Süden ausgeht. Es ist geplant, diese Defizite in den folgenden Jahren durch Erhebungshilfen bei der Bereitstellung der Daten durch die Kommunen auszugleichen.

### 3 Die Bedeutung von Flächenindikatoren im SDG-Indikatorenkatalog

Mit den SDGs 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden) und 15 (Leben an Land) adressiert die Agenda 2030 Flächennutzungen, deren Nachhaltigkeitsaspekte Eingang in das Monitoring finden. Darüber hinaus finden sich einige Anknüpfungspunkte für räumliche Wirkungen in den SDGs 2 (Kein Hunger), 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur), 12 (Nachhaltige/r Konsum und Produktion) und 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz). Der aktuelle SDG-Indikatorenkatalog für Kommunen stellt für diese Zwecke folgende Indikatoren zur Verfügung, die auf ihre Validität hinsichtlich der Abdeckung einzelner Unter- bzw. Teilziele<sup>1</sup> geprüft wurden.

<sup>1</sup> Teilziele beziehen sich auf den in Kapitel 2 erwähnten Relevanzcheck, bei dem einige SDG-Unterziele in verschiedene Teilaussagen zerlegt wurden und mit den in der Tabelle genannten dreigliedrigen Nummerierungen versehen wurden (Assmann et al. 2018).



Tab. 1: Flächenbezogene SDG-Indikatoren für Kommunen und ihre primäre Zuordnung zu Unter-/Teilzielen der Agenda 2030 (Quelle: eigene Darstellung); Aussage zur Validitätsbewertung: Der Indikator bildet das Unter- bzw. Teilziel inhaltlich: „voll zutreffend ab“ (xxx), „mit Einschränkungen zutreffend ab“ (xx), „nicht zutreffend ab“ (x).

Bezeichnung des Kernindikators	Primäre Zuordnung zu		Validität	Indikatortyp
	SDG	Unter- bzw. Teilziel		
Ökologischer Landbau	2	2.4.2	xxx	Typ II
Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft	2	2.4.2	xxx	Typ I
Breitbandversorgung - Private Haushalte	9	9.c.1	xxx	Typ I
Breitbandversorgung - Unternehmen	9	9.c.1	xxx	Typ II
Mietpreise	11	11.1.1	xxx	Typ I
Überlastung durch Wohnkosten	11	11.1.1	xxx	Typ II
Wohnfläche	11	11.1.1	xx	Typ I
Flächeninanspruchnahme	11	11.3.1	xx	Typ I
Flächenneuanspruchnahme	11	11.3.2	xx	Typ I
Flächennutzungsintensität	11	11.3.1	xx	Typ I
Naherholungsflächen	11	11.7	xx	Typ I
EMAS-zertifizierte Standorte	12	12.6	xxx	Typ II
Ökologischer Waldumbau	13	13.1	xxx	Typ II
Bäume im öffentlichen Raum	13	13.1	xxx	Typ II
Retentionsflächen	13	13.1	xxx	Typ II
Nachhaltige Forstwirtschaft	15	15.2.1	xxx	Typ II
Naturschutzflächen	15	15.5.1	xxx	Typ I
Landschaftsqualität	15	15.5.1	xxx	Typ I
Unzerschnittene Freiraumflächen	15	15.5.1	xxx	Typ I

Direkte Flächenindikatoren, die Rückschlüsse über die Entwicklung von Siedlungen und Städten in Bezug auf deren Ausdehnung und Zuwachs zulassen, können nicht ohne Einschränkungen mit einem SDG bzw. Unter-/Teilziel in Verbindung gebracht werden (siehe Validitätsbewertung „xx“). Dieser Umstand offenbart eine gewisse Lücke in der Agenda 2030. Entsprechende Indikatoren wurden dennoch (primär) dem Teilziel 11.3.1 „Bis 2030 die Verstädterung inklusiver und nachhaltiger gestalten“ zugeordnet – dies wird vor allem mit der ökologischen Vorteilhaftigkeit begründet, die eine geringere Flächeninanspruchnahme durch Siedlungs- und Verkehrsflächen mit sich bringt. Die Reduzierung der SuV-Flächenzunahme allein kann jedoch eine inklusive und nachhaltige Urbanisierung nicht gewährleisten, sondern erfordert zusätzlich sozio-ökonomische Eingriffe in Siedlungsstrukturen, die mit den Flächenindikatoren nicht abgedeckt werden. Daher sind noch weitere Indikatoren erforderlich, um die Qualität der Flächennutzung zu adressieren und so zumindest das Teilziel valide abzubilden. Diese wurden



aber primär anderen Unter- bzw. Teilzielen zugeordnet, da ihre Validitäten dort höher eingestuft wurden: z. B. spielen neben der Ausstattung der Siedlungsbereiche mit Grün- und Naherholungsflächen, die dem Unterziel 11.7 zugeordnet ist (Indikator Naherholungsflächen), Wohnräume und deren Kosten eine zentrale Rolle für eine inklusive Verstädterung, welche jedoch aufgrund der sozialen Komponente primär dem Unterziel 11.1 zugeordnet wurden (Indikatoren Mietpreise, Überlastung durch Wohnkosten und Wohnfläche). Die Gesamtproblematik wiederholt sich bei dem Versuch, die Flächenindikatoren dem SDG 15, genauer dem Teilziel 15.3.2 „Bis 2030 eine Welt anstreben, in der die Landverödung neutralisiert wird“ zuzuordnen, da dieses vorrangig die Bodendegradation in den Fokus nimmt. Urbanisierung als Treiber und der Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche sind zwar bedeutende Gründe für Landverödung, aber eben nicht die einzigen Ursachen (Wunder et al. 2018). Die Zuordnung wird um ein Vielfaches erschwert, wenn Unterziele im Gesamten betrachtet und nicht, wie im hier dargestellten Vorhaben geschehen, in Teilaussagen zerlegt werden.

Die Herausforderungen der Zuordnung von Flächenindikatoren und der adäquaten Abdeckung von flächenbezogenen Zielen/Unterzielen kann in Indikatorenkatalogen auf allen Ebenen des SDG-Monitorings beobachtet werden. So differenziert Eurostat (2020) beispielweise zwischen den Indikatoren „Settlement area per capital“ (SDG 11.3) und dem „Soil sealing index“ (SDG 15.4), wobei darauf hingewiesen wird, dass ersterer Indikator nicht länger als „multi-purpose indicator“ unter SDG 15 evaluiert wird. Dagegen ordnet die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie „Flächeninanspruchnahme“ dem SDG 11.1 zu, bringt den Indikator aber gleichzeitig in Verbindung mit der Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der Ressource Boden als „ein wichtiges Ziel der Agenda 2030 (SDG 15 – Schutz der Landökosysteme)“. Ähnliches gilt für das Land Nordrhein-Westfalen, das direkt gleichermaßen Bezug zu SDGs 11 und 15 nimmt. Das Land Baden-Württemberg hingegen distanziert sich mit demselben Indikator vom SDG 15 und verweist darauf, dass „die Siedlungs- und Verkehrsfläche [...] auch einen nicht quantifizierbaren Anteil von nicht bebauten und nicht versiegelten Frei- und Grünflächen [beinhaltet], wodurch sie mit dem Begriff „versiegelt“ keineswegs gleichgesetzt werden kann. Nach Schätzungen beläuft sich der Versiegelungsgrad auf knapp 50 Prozent (%).“

Trotz der Zuordnungsschwierigkeiten und den damit einhergehenden Validitätseinschränkungen sind quantitative Flächenindikatoren zur Überprüfung der Erreichung der Agenda 2030 sinnvoll und erforderlich, da diese, ganz im Sinne der Definition eines Indikators, auf Zustände oder Entwicklungen in anderen Nachhaltigkeitsbereichen schließen lassen. Flächenversiegelung geht mit dem Verlust wichtiger Boden- und Wasserhaushaltsfunktionen einher, die, genau wie andere beeinträchtigte Ökosystemfunktionen, nur schwer und unter Einsatz von hohen Kosten wiederhergestellt werden können (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2016). Eine zunehmende Verdrängung des Naturraums begünstigt die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels und hat

somit erheblichen Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit und Nachhaltigkeit von Städten und Siedlungen. Flächenneuanspruchnahme ist die Ursache eines wenig nachhaltigen, flächenextensiven ökonomischen Wachstumsmodells, das oft Ausdruck defizitärer Innenentwicklung, interkommunaler Konkurrenz und einer übermäßigen Abhängigkeit von Einkommens- und Gewerbesteueranteilen an den Gemeindefinanzen ist. Je höher dagegen die räumliche Verdichtung von Einwohnern und Arbeitsplätzen ist, desto kostengünstiger lassen sich soziale und technische Infrastrukturen betreiben und, desto geringer sind die Material- und Energie- sowie die Verkehrsintensität eines Siedlungssystems für die Kommunen (Rohr-Zänker, Müller 2014). Die Siedlungsdichte kann somit als positive Einflussgröße für die ökonomische Leistungs- und Innovationsfähigkeit angesehen werden. Diese Perspektive steht jedoch auch in direktem Zusammenhang mit den Zielen, die der sozialen Nachhaltigkeitsdimension zugeschrieben werden können: stetig steigende Immobilienpreise und Mieten bei gleichzeitiger Zunahme der Wohnflächen können Nebeneffekte, Ursache oder Konsequenz der Siedlungsentwicklung darstellen (Lage, Leuser 2019; Westermeier, Grabka 2017) .

Umso bedeutender sind Indikatoren, die die Messung quantitativer und qualitativer Flächenveränderungen vereinen und bestenfalls Lösungsansätze integrieren. Der Indikator „Retentionsflächen“ beispielsweise soll nicht nur den Rückhalt von Wasser in der Kommune erfassen, sondern gleichermaßen dazu animieren, über multifunktionale Retentionsflächen nachzudenken, die neben dem zeitlich begrenzten Hochwasserschutz auch soziale Funktionen in Form von Erholungsflächen übernehmen. Ähnliches gilt für den Indikator „EMAS-zertifizierte Standorte“, der in privaten und öffentlichen Organisationsstandorten die Flächenversiegelung als Biodiversitätskriterium unter vielen weiteren Kriterien berücksichtigt, oder den Indikator „Landschaftsqualität“, der mittels Hemerobieindex neben Flächenversiegelung auch die potenzielle natürliche Vegetation einbezieht. Bei den meisten Indikatoren dieser Art, ausgenommen z. B. den Hemerobieindex, sind jedoch Trade-offs mit der Datenverfügbarkeit und/oder -qualität die Regel.

## 4 Fazit

Die Rolle der lokalen Ebene bei der Umsetzung der globalen Agenda 2030 kann kaum überbetont werden. Die Schaffung eines eigenen SDGs, die theoretische Relevanz eine Reihe weiterer Unterziele für Kommunen sowie die praktische Resonanz, der Städte und Gemeinden auf das internationale Rahmenwerk stellen nur einige Belege dafür dar. Das notwendige Angebot zum Monitoring der nachhaltigen Entwicklungsziele wurde vom Vorhaben „SDG-Indikatoren für Kommunen“ in einem partizipativen Prozess erarbeitet und umfassend weiterentwickelt. Der neue Indikatorenkatalog deckt unter Berücksichtigung der kommunalen Relevanz, vertikalen Integration, Datenlage und Praktikabilität die bisher größtmögliche Zahl an Zielvorgaben ab.

Das Thema Fläche nimmt, wie auch andere Nachhaltigkeitsbereiche, denen in deutschen Kommunen eine hohe Relevanz zugesprochen wird, eine besondere Stellung ein. Obwohl nicht explizit in den SDGs und deren Unterzielen genannt, sondern durch verschiedene SDGs mit einigem Interpretationsspielraum abgedeckt, haben Flächenindikatoren eine hohe Bedeutung im SDG-Indikatorenkatalog: neben der politischen Anschlussfähigkeit auf verschiedenen Ebenen stehen Flächenindikatoren für ihre vielfältigen Zusammenhänge mit anderen Zielen für eine nachhaltige Entwicklung.

## 5 Literatur

- Assmann, D.; Honold, J.; Grabow, B.; Roose, J. (2018): SDG-Indikatoren für Kommunen – Indikatoren zur Abbildung der Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen in deutschen Kommunen. Hrsg. Bertelsmann Stiftung, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städtetag, Deutscher Städte- und Gemeindebund, Deutsches Institut für Urbanistik, Engagement Global, Gütersloh 2018.
- Bertelsmann Stiftung; Deutsches Institut für Urbanistik (2016): Monitor Nachhaltige Kommune. Bericht 2016 – Teil 1: Ergebnisse der Befragung und der Indikatorenentwicklung, Gütersloh.  
[https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Monitor\\_Nachhaltige\\_Kommune/Monitorbericht\\_Teil-1\\_Druck\\_final.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Monitor_Nachhaltige_Kommune/Monitorbericht_Teil-1_Druck_final.pdf) (Zugriff: 03.08.2020).
- Bertelsmann Stiftung (2019): SDG-Indikatoren für kommunale Entwicklungspolitik, Gütersloh.  
[https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Monitor\\_Nachhaltige\\_Kommune/2019-11-18\\_SDG-Indikatoren\\_fuer\\_kommunale\\_Entwicklungspolitik\\_Vorstudie.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Monitor_Nachhaltige_Kommune/2019-11-18_SDG-Indikatoren_fuer_kommunale_Entwicklungspolitik_Vorstudie.pdf) (Zugriff: 03.08.2020).
- Die Bundesregierung (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018, Berlin.
- DST – Deutscher Städtetag; RGRE – Rat der Gemeinden und Regionen Europas/Deutsche Sektion (2015): 2030-Agenda für Nachhaltige Entwicklung: Nachhaltigkeit auf kommunaler Ebene gestalten - Musterresolution für Städte.  
[http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/presse/2015/2030-agenda\\_nachhaltige\\_entwicklung\\_sept\\_2015.pdf](http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/presse/2015/2030-agenda_nachhaltige_entwicklung_sept_2015.pdf) (Zugriff: 03.08.2020).
- Eurostat (2020): EU SDG Indicator set 2020. Result of the review in preparation of the 2020 edition of the EU SDG monitoring report. Final version of 16/01/2020, Brüssel.  
[https://ec.europa.eu/eurostat/documents/276524/10369740/SDG\\_indicator\\_2020.pdf](https://ec.europa.eu/eurostat/documents/276524/10369740/SDG_indicator_2020.pdf) (Zugriff: 03.08.2020).
- Hák, T.; Janoušková, S.; Moldan, B. (2016): Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological Indicators*, 60: 565-573.

- Landeshauptstadt Stuttgart (2019): Die globale Agenda 2030 auf lokaler Ebene – Bestandsaufnahme auf Grundlage von Indikatoren zur Abbildung der Sustainable Development Goals (SDGs).  
<https://www.stuttgart.de/medien/ibs/Lebenswertes-Stuttgart-Die-globale-Agenda-2030-auf-lokaler-Ebene-GESCHUeTZTE-FASSUNG.pdf> (Zugriff: 03.08.2020).
- Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2016): Nachhaltigkeitsindikatoren Nordrhein-Westfalen. Bericht 2016.  
[https://www.nachhaltigkeit.nrw.de/fileadmin/download/nachhaltigkeits-indikatorenbericht\\_2016.pdf](https://www.nachhaltigkeit.nrw.de/fileadmin/download/nachhaltigkeits-indikatorenbericht_2016.pdf) (Zugriff: 03.08.2020).
- Lage, J.; Leuser, L. (2019): Fläche unter Druck: Sozial-ökologische Dimensionen der Flächennutzung in deutschen Wachstumsregionen. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 28 (4): 365-373.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2019): Indikatorenbericht 2019. Statusindikatoren einer nachhaltigen Entwicklung in Baden-Württemberg, Stuttgart.  
[https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publicationen/Umwelt/Nachhaltigkeit/N-Strategie-Indikatorenbericht-2019.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publicationen/Umwelt/Nachhaltigkeit/N-Strategie-Indikatorenbericht-2019.pdf) (Zugriff: 03.08.2020).
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2016): Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Kurzbericht für Entscheidungsträger. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Berlin/Leipzig.
- Rohr-Zänker, R.; Müller, W. (2014): Siedlungsflächenentwicklung. Wegweiser Kommune, Hannover.  
<https://www.wegweiser-kommune.de/documents/10184/16915/Siedlungsfl%C3%A4chenentwicklung.pdf/c0b4e85e-cc11-4bb4-8f37-fa29589b15ed> (Zugriff: 03.08.2020).
- SKEW – Servicestelle Kommunen in der einen Welt (2020): Zeichnungskommunen der Agenda 2030 Resolution.  
<https://skew.engagement-global.de/zeichnungskommunen-agenda-2030.html> (Zugriff: 03.08.2020).
- UNSD – United Nations Statistics Division (2014): Envstats: News and Notes. Issue 35, August 2014. New York.  
<https://unstats.un.org/unsd/environment/envpdf/Issue35.pdf> (Zugriff: 03.08.2020).
- UNSD – United Nations Statistics Division (2019). Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York City, New York.  
[https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202019%20refinement\\_Eng.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202019%20refinement_Eng.pdf) (Zugriff: 03.08.2020).
- Westermeier, C.; Grabka, M. M. (2017): Zunehmende Polarisierung der Immobilienpreise in Deutschland bis 2030. *DIW-Wochenbericht*, 84 (23): 451-459.
- Wunder, S.; Kaphengst, T.; Frelih-Larsen, A.; McFarland, K.; Albrecht, S. (2018): Land Degradation Neutrality – Handlungsempfehlungen zur Implementierung des SDG-Ziels 15.3 und Entwicklung eines bodenbezogenen Indikators. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau.

# Vom Kennwert zum System – Prospektive Nachhaltigkeitsindikatoren der Landnutzung

Till Jenssen

## Zusammenfassung

Große gesellschaftliche Transformationen sind langwierige und komplexe Prozesse, die zahlreiche Wissensbereiche auf der Mikro-, Meso- und Makroebene sowie ökologische, ökonomische und soziale Implikationen betreffen. Das herkömmliche Nachhaltigkeitsmonitoring strebt dabei im Sinne einer präzisen Zustandsbeschreibung oftmals vielzählige Detailinformationen an und arbeitet meist mit nebeneinanderstehenden Indikatoren. Die Interaktion zwischen den Einzelindikatoren – das wesentliche Charakteristikum komplexer Situationen – bleibt dabei mithin unberücksichtigt. Auf Basis der Cross-Impact-Bilanzanalyse werden mit dem vorliegenden Beitrag daher die wechselseitigen Bedingtheiten der Landnutzung am Beispiel der Region Stuttgart in den Blick genommen und zu Szenarien verdichtet.

**Schlagnworte:** Nachhaltige Flächennutzung, Regionalentwicklung, Szenarien, Sustainable Development Goals, Grüne Infrastruktur

## 1 Einführung: integrative und disaggregierte Indikatorik

Als „Blaupause für eine bessere und nachhaltigere Welt“ (UN 2020, eigene Übersetzung) haben die Vereinten Nationen im Jahr 2015 die Agenda 2030 mit 17 Zielen zur Nachhaltigkeit (Sustainable Development Goals, SDGs) verabschiedet. Um diese Zielsetzungen der Überprüfbarkeit und Messbarkeit zugänglich zu machen, wurden sie anschließend mit einem umfangreichen Indikatoren-Gerüst von insgesamt 231 Kennwerten verknüpft (UN 2016). Mittlerweile wurden diese Indikatoren auch auf andere Raumeinheiten übertragen, etwa von der deutschen Bundesregierung für die nationale Ebene (Bundesregierung 2018) oder der Landeshauptstadt Stuttgart für den lokalen Maßstab (Bunk et al. 2019). Solche Managementsysteme stehen für klassische, disaggregierte Indikatorenansätze, wie sie in Abbildung 1 links dargestellt werden. Sie sind konkret, operationalisierbar und messbar, allerdings lassen sie das Zusammenwirken und die Gewichtung (Interaktionen, Zielkonflikte, Trade-Offs etc.) zwischen den Faktoren außer Acht (Jenssen 2013, 9; Milbert 2013, 37).

Vor diesem Hintergrund wird hier eine Szenariobetrachtung mit der Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB) für die Region Stuttgart vorgestellt, anhand der die Entwicklung einer systemischen Indikatorik (siehe Abbildung 1, rechts) für die Regionalentwicklung demonstriert wird, auch hinsichtlich des Diskurses zur großen Transformation in



Richtung Nachhaltigkeit. Sie entstand im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb der Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus geförderten RAMONA-Projektes (RAMONA 2020).

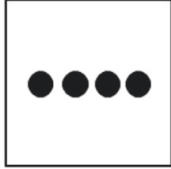
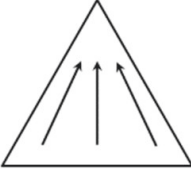
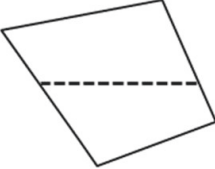
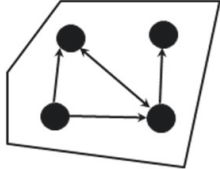
Integrative Konzepte zur Nachhaltigkeitsindikatorik				
	Disaggregation	Projektion	Grenzwert	Systemisch
Prinzip	 Disaggregierte Darstellung	 Projektion auf eine Zielebene	 Definition von Grenzwerten	 Systemische Betrachtung
Zielgröße	Diverse	Ordinalskala, Geld, Fläche	Belastungsgrenzen	Funktionale Interdependenzen
Untersuchungsgegenstand	Technologien, Produkte, Gesellschaften	Technologien, Produkte, Gesellschaften	Natur	Gesellschaften, Natur
Beispiel	Nachhaltigkeitsziele UN oder BW	MCDA, Ext. Kosten, Ökol. Fußabdruck	WBGU-Ansatz, HGF-Konzept, Plan. Grenzen	Normativ-Funktionales Konzept, HGF-Ansatz, Orientorenansatz, DPSIR-Modell

Abb. 1: Prinzipien zur Messung von Nachhaltigkeit (Quelle: eigene Bearbeitung)

## 2 Die CIB-Methodik: systemisch, empirisch, heuristisch

Um die künftige Landnutzung in der Region Stuttgart in ihren wechselseitigen Bedingtheiten mit einer komplexer werdenden Umwelt auszuleuchten, wurde die CIB in einem teilstrukturierten, diskursiven Prozess unter Einbeziehung von fünfzehn regionalen Akteur\*innen aus Wissenschaft und Praxis durchgeführt. Als qualitative Systemanalyse nimmt diese Szenariotechnik eine Interdependenzanalyse diverse Faktoren vor und konstruiert konsistente, disziplinenübergreifende Zukunftsbilder.

Die Methode greift dafür auf eine Ordinalskala zurück und kann Interdependenzen über die Einholung von Expert\*innenurteilen von Wissensbereichen abbilden, die sich einer metrischen Quantifizierung und kardinalskaligen Verrechnung entziehen. Insoweit führt die CIB unterschiedliche Disziplinen in der formalisierten und „skalaren“ Struktur eines methodischen Werkzeuges zusammen und schafft auf Grundlage verschiedener Formate (z. B. moderierte Gruppendiskussionen, Kleingruppenarbeit, schriftliche Abfrage, ggf. kombiniert mit der Metaplan-Technik) eine gemeinsame, empirische Wissensbasis (Weimer-Jehle 2018, 8).



Die Gründe für eine Bewertung sind von den Teilnehmer\*innen in der Diskussion klar zu benennen. Insoweit fördert die Methode eine Orientierung an den Sachargumenten. Dabei kann die CIB-Methodik aber auch abweichende Einschätzungen und Meinungen verschiedener Akteur\*innen nutzbar machen, indem Argumente und unterschiedliche Bewertungen offengelegt werden. Die Anwendung eines mathematischen Bilanzalgorithmus führt gleichzeitig dazu, dass keine beliebigen Szenarien „geraten“ werden, sondern von den kombinatorischen Möglichkeiten die ausgewählt werden, die frei von inneren Widersprüchen sind.

Üblicherweise verfügen CIB-Matrizen über ca. 12 bis 15 Deskriptoren mit jeweils rund 3 Varianten. Daraus resultiert eine 6- bis 8-stellige Anzahl an Kombinationen, die im Rahmen der CIB systematisch auf ihre Konsistenz geprüft werden.

Der Prozess zur Entwicklung systemischer Indikatoren erfolgt diskursiv und beruht auf folgenden Schritten:

1. Identifikation von sektoralen Indikatoren (Deskriptoren), denen jeweils verschiedene Trendalternativen zur Flächen- bzw. Landnutzung bis 2050 zugeordnet werden.
2. Konkretisierung der Deskriptoren und Trendalternativen in Form von Kurzbeschreibungen.
3. Qualitative Bewertung der Interdependenzen auf einer siebenteiligen Ordinalskala (von „stark fördernd“ bis „stark hemmend“) durch eine schriftliche Expert\*innenabfrage in Form einer Matrix sowie diskursive Klärung abweichender Einschätzungen in Kleingruppen und einer moderierten Gruppendiskussion.
4. Prüfung der Widerspruchsfreiheit aller theoretischen Kombinationsmöglichkeiten und computergestützte Ermittlung konsistenter Indikatorenbündel bzw. Szenarien.

Tabelle 1 führt die im Projekt ausgewählten 13 Deskriptoren (A bis M) und ihre 34 alternativen Entwicklungstrends bis 2050 auf. Die Grautöne der Felder spiegeln die normative Wertung des Autors wider. Sie geben an, welche Trends für sich genommen – als sektorale Indikatoren ohne Folgewirkungen in anderen Bereichen – als günstig (hellgrau), moderat (dunkelgrau) oder ungünstig (schwarz) für eine nachhaltige Entwicklung in der Region eingestuft werden können. Die weißen Felder werden nicht per se als Nachhaltigkeitsindikatoren eingestuft.

### **3 Ergebnisse: eine Systemanalyse der Stadtregion**

Aus den 13 Deskriptoren mit 34 Trendalternativen ergeben sich insgesamt 186 624 theoretische Kombinationsmöglichkeiten. Dies ist ein Umfang, der ohne Formalisierung und ohne Anwendung einer geeigneten Auswertungssoftware nicht vollständig ausgewertet werden kann. Daher wurde die Computersoftware „ScenarioWizard 4.3“ (Weimer-Jehle 2018, 8) eingesetzt, um eine automatisierte Konsistenzprüfung

Tab. 1: Deskriptoren und Entwicklungstrends (Quelle: eigene Bearbeitung)

<b>A. Siedlung</b>
A1. Verzicht auf Siedlungserweiterungen (Innenentwicklung mit hohen Dichten)
A2. Integrierte Siedlungsentwicklung entlang von Achsen mit moderaten Dichten
A3. Neue Siedlungsansätze in dispersen Lagen mit geringer Dichte
<b>B. Spezifischer Flächenbedarf für Wohnen und Gewerbe</b>
B1. Zunehmende Flächeneffizienz
B2. Abnehmende Flächeneffizienz
<b>C. Bevölkerung</b>
C1. Anstieg
C2. Konstanz
C3. Rückgang
<b>D. Verkehrsleistung</b>
D1. Abnehmende Jahresfahrleistung
D2. Zunehmende Jahresfahrleistung
<b>E. Versiegelungsgrad</b>
E1. Annähernd gleichbleibend
E2. Anstieg
<b>F. Kompensation</b>
F1. Ausgleich am Eingriffsort
F2. Ersatz und Ausgleich mit koordinierten Maßnahmen
F3. Ersatz und Ausgleich mit unkoordinierten Maßnahmen
F4. Ersatz außerhalb der Region
<b>G. Freiraumentwicklung</b>
G1. Vereinzelt lokale Entwicklung des Freiraums
G2. Kohärenter Aufbau eines Systems Grüner Infrastrukturen
<b>H. Landwirtschaft</b>
H1. Extensivierung und Bereitstellung öffentlicher Güter
H2. Intensivierung der Produktionsfunktion
H3. Bedeutungsverlust
<b>I. Verkehrsinfrastruktur</b>
I1. Betrieb und Instandhaltung
I2. Verkehrsvermeidung und Umweltverbund
I3. Verkehrsmanagement und Straßenbau
<b>J. Energieinfrastruktur</b>
J1. Stagnation beim Ausbau erneuerbarer Energien
J2. Ambitionierter Ausbau erneuerbarer Energien
<b>K. Artenvielfalt und Naturhaushalt</b>
K1. Verbesserung
K2. Konstanz
K3. Verschlechterung
<b>L. Gesellschaftliche Werte und Verbraucherverhalten</b>
L1. Suffizienz und Postmaterialismus
L2. Hedonismus und Materialismus
<b>M. Gesundheit und Wohlergehen</b>
M1. Verbesserung
M2. Konstanz
M3. Verschlechterung

vorzunehmen. Jede Kombinationsmöglichkeit wurde dabei nacheinander dahingehend geprüft, ob bei jeder Trendalternative die positiven Einflüsse (in jeder Spalte) dominieren. Die im Szenarioprozess erfassten und in einer Matrix festgehaltenen Wirkungsbeziehungen lassen sich aber nicht nur rechnerisch erfassen, sondern können auch einzeln betrachtet und grafisch nachvollziehbar ausgestaltet werden. So zeigt Abbildung 2 anhand einer beispielhaften Wirkungskette die verschriftlichten Diskussionsbeiträge und legt dadurch die Sichtweise der Arbeitsgruppe offen: Bautätigkeiten im Rahmen einer dispersen Siedlungsentwicklung (A3) begünstigen demnach beispielsweise einen spürbaren Anstieg des Versiegelungsgrades (E2) und fördern dadurch letztlich eine Verschlechterung des Naturhaushaltes in der Region (K3).

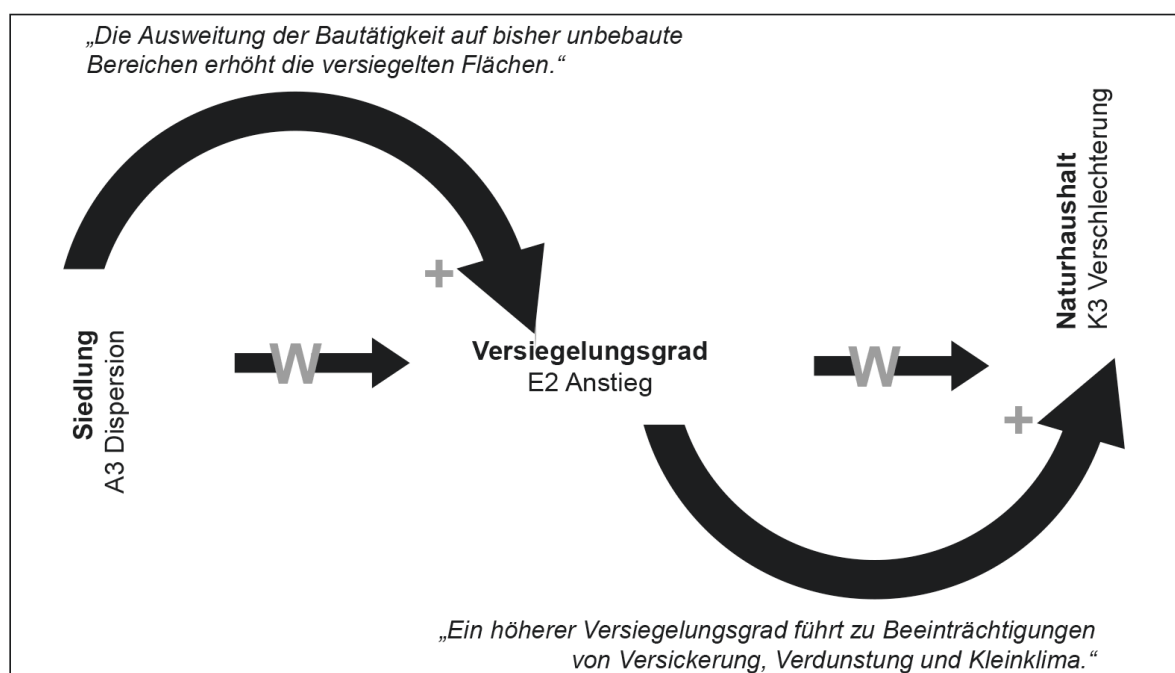


Abb. 2: Beispielhafte Wirkungskette einschließlich der Begründungen aus der Gruppendiskussion (Quelle: eigene Bearbeitung)

Mithilfe des Prüfungsverfahrens der CIB konnten insgesamt 12 Rohszenarien identifiziert werden, die entsprechend der in der Matrix von den Expert\*innen festgehaltenen Zusammenhänge ohne innere Widersprüche vorkommen. Dies spannt eine beträchtliche Bandbreite möglicher Entwicklungen bis zum Jahr 2050 auf. Dabei finden die meisten Trendalternativen in unterschiedlichen Kombinationen Berücksichtigung in den Szenarien. Gleichwohl werden vier Varianten (F2, H3, K1 und M1) komplett ausgeschlossen, da sie mit den Expert\*innenurteilen nicht verträglich sind. Drei dieser Trendalternativen wurden als günstig für eine nachhaltige Regionalentwicklung eingestuft (Tab. 1).

Mit vier Typen – die anhand der drei Schlüsseldeskriptoren der Matrix (A. Siedlung, I. Verkehrsinfrastruktur, L. Gesellschaftliche Werte und Verbraucherverhalten) gebildet wurden – konzentrieren sich die Ergebnisse augenscheinlich nur auf einige Felder

des „Szenario-Würfels“ in Abbildung 3. Als wesentliche Erklärung für ihr Auftreten lässt sich das „Siedlungs-Infrastruktur-Gefüge“ ableiten. Denn entsprechend der Diskussionen in der Gruppe werden positive Rückkopplungen zwischen Siedlungsstruktur und Verkehrsinfrastruktur gesehen: Eine konstante Verkehrsinfrastruktur behält demnach die Erreichbarkeitsverhältnisse innerhalb der Region im Wesentlichen bei und stützt dadurch eine nach Innen gerichtete Entwicklung, die ihrerseits den Bedarf an einem zusätzlichen Infrastrukturausbau dämpft (Typ „Innenorientierung in der Stadtregion“). Umgekehrt verstärkt der Ausbau von Verkehrsinfrastrukturen in den Augen der Expert\*innen eine disperse Siedlungsentwicklung mit geringen Dichten, wodurch wiederum zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen hervorgerufen werden (Typ „Grenzen des Wachstums für die Stadtregion?“). Die in der CIB-Matrix festgehaltenen Einschätzungen schließen also eine ungezügelter Siedlungsentwicklung ohne Infrastrukturausbau genauso aus, wie sich die Kombination aus Innenentwicklung und Straßenbau als nicht vereinbar herausgestellt hat.

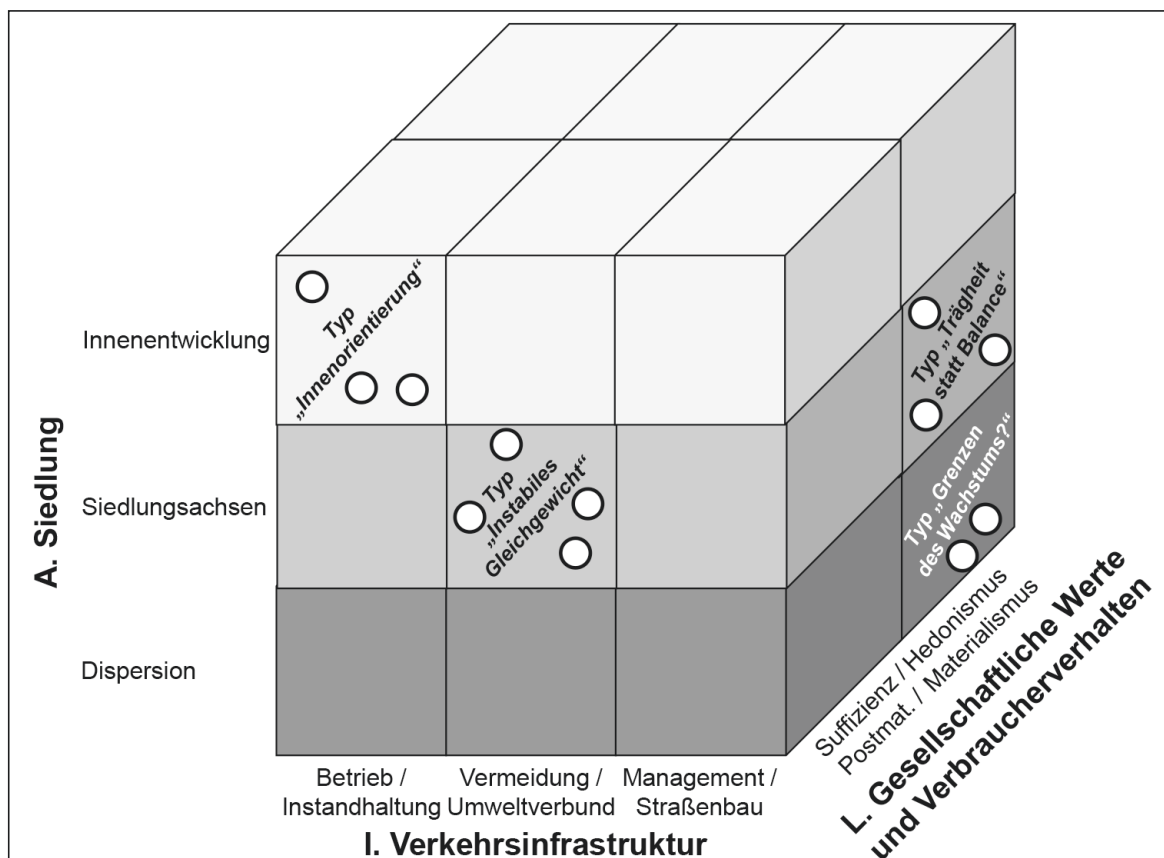


Abb. 3: Einteilung der 12 vollkonsistenten Rohszenarien in 4 Szenariotypen (Quelle: eigene Bearbeitung)

Die Szenariofamilien vom Typ „Instabiles Gleichgewicht in der Stadtregion“ und Typ „Trägheit statt Balance – Stadtregion unter Wachstumsdruck“ stellen – durch eine an den Entwicklungsachsen orientierte Siedlungsentwicklung – allmähliche Abstufungen des Szenarioraumes dar und nähern sich in Form von Lebensstil und Verkehrsinfrastruktur entweder dem links oben stehenden Typus („Innenorientierung in der Stadtregion“)

oder dem rechts unten dargestellten Typus („Grenzen des Wachstums für die Stadtregion?“) an. Auffällig ist dabei, dass Szenarien mit Innenentwicklung (A1) ausschließlich gemeinsam mit suffizienten und postmaterialistischen Lebensstilen auftreten und disperse Entwicklungen (A3) nur mit hedonistischen Lebensstilen vorkommen. Eine achsenbezogene Siedlungsplanung (A2) ist entsprechend der in der CIB-Matrix festgehaltenen Gruppeneinschätzung dagegen mit beiden Lebensstilen kompatibel.

Tab. 2: Szenario vom Typ „Innenorientierung in der Stadtregion“, Untertyp „Neuausrichtung“. Grautöne der Felder siehe Tabelle 1 (Quelle: eigene Bearbeitung)

Deskriptor	Szenario-Untertyp „Neuausrichtung“
A. Siedlung	A1. Verzicht auf Siedlungserweiterungen (Innenentwicklung mit hohen Dichten)
B. Spezifischer Flächenbedarf für Wohnen und Gewerbe	B1. Zunehmende Flächeneffizienz
C. Bevölkerung	C2. Konstanz
D. Verkehrsleistung	D1. Abnehmende Jahresfahrleistung
E. Versiegelungsgrad	E1. Annähernd gleichbleibend
F. Kompensation	F1. Ausgleich am Eingriffsort
G. Freiraumentwicklung	G2. Kohärenter Aufbau eines Systems Grüner Infrastrukturen
H. Landwirtschaft	H1. Extensivierung und Bereitstellung öffentlicher Güter
I. Verkehrsinfrastruktur	I1. Betrieb und Instandhaltung
J. Energieinfrastruktur	J2. Ambitionierter Ausbau erneuerbarer Energien
K. Artenvielfalt und Naturhaushalt	K2. Konstanz
L. Gesellschaftliche Werte und Verbraucherverhalten	L1. Suffizienz und Postmaterialismus
M. Gesundheit und Wohlergehen	M1. Verbesserung

Das Rohszenario, das im gesamten Szenarioraum die meisten Trendalternativen aufweist, die aus sektoraler Perspektive als günstig für eine nachhaltige Regionalentwicklung eingestuft werden können, ist eines vom Typ „Innenorientierung in der Stadtregion“. Tabelle 2 fasst die Entwicklungen des Szenarios „Innenorientierung in der Stadtregion“ für den Untertyp „Neuausrichtung“ zusammen. Den Umweltproblemen im Ballungsraum wird in diesem Szenario durch eine gesellschaftliche Kursänderung begegnet. So werden die Bau- und Infrastrukturmaßnahmen, mit Ausnahme des Baus von Solar- und Windkraftwerken, konsequent auf die heutigen Siedlungsgrenzen beschränkt. Getragen wird dies von einer Gesellschaft, die nach Suffizienz und einer qualitativen Wohlstandsentwicklung strebt. Vor diesem Hintergrund gelingt es, sowohl eine Flächensparsamkeit als zentrales Planungsprinzip zu etablieren als auch den Freiraum und die Siedlungsfreiflächen ökologisch aufzuwerten. Als einziges Szenario im Möglichkeitsraum trägt auch der Agrarsektor zur Landschaftspflege bei. Ausgehend von einem hohen Niveau an Vorbelastungen im Ballungsraum gelingt es durch die weitgehende Neuausrichtung, den Zustand des Naturhaushaltes konstant zu halten.

## 4 Fazit: System- und Transformationswissen fördern

Basierend auf einem normativ-funktionalen Nachhaltigkeitsverständnis (Renn et al. 2007, 39) bietet die CIB der Planung eine methodische Plattform, um der vernachlässigten Grundsatzfrage nachzugehen, wie verschiedene Wissensbereiche im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung stärker miteinander vernetzt werden können. Denn im Unterschied zu den gängigen, disaggregierten, retrospektivischen Indikatorensets setzt die CIB die unterschiedlichen Kennwerte auf multidisziplinäre Weise zueinander in Bezug und ist als Szenariotechnik zudem – und das ist wesentlich für eine gestaltende Profession – prospektiv angelegt. Außerdem können die Deskriptoren durch quantitative Indikatoren konkretisiert werden und dadurch, wie klassische Indikatorenssysteme, eine Bilanz der vergangenen Entwicklungen erstellen. Die Anwendung dieser kommunikativen und heuristischen Methode kann auf diese Weise einen Beitrag leisten, das Systemverständnis und Transformationswissen für eine nachhaltige Flächen- bzw. Landnutzung bei den Entscheidungsträgern in Kommunen und Region zu erhöhen.

## 5 Literatur

- Bundesregierung (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018. Berlin: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung.
- Bunk, B.; Schwarz, T.; Roose, J.; Riedel, H. (2019): Lebenswertes Stuttgart – die globale Agenda 2030 auf lokaler Ebene.  
<https://www.stuttgart.de/img/mdb/item/594214/149982.pdf> (Zugriff: 25.06.2020).
- Jenssen, T. (2013): Choosing sustainability? In: Jenssen, T. (Hrsg.): *Glances at Renewable and Sustainable Energy*. London, Heidelberg, New York, Dordrecht: Springer, 1-13.
- Milbert, A. (2013): Vom Konzept der Nachhaltigkeitsindikatoren zum System der regionalen Nachhaltigkeit. In: *Informationen zur Raumentwicklung*, Heft 1/2013, 37-50.
- RAMONA (2020): Stadtregionale Ausgleichsstrategien als Motor einer nachhaltigen Landnutzung.  
<http://www.fona-ramona.de/> (Zugriff: 27.05.2020).
- Renn, O.; Deuschle, J.; Jäger, A.; Weimer-Jehle, J. (2007): *Leitbild Nachhaltigkeit*. Wiesbaden.
- UN – United Nations (2016): *SDG Indicators*.  
<https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/> (Zugriff: 25.06.2020).
- UN – United Nations (2020): *About the Sustainable Development Goals*.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (Zugriff: 27.05.2020).
- Weimer-Jehle, W. (2018): *ScenarioWizard 4.3. Programm zur qualitativen System- und Szenarioanalyse mit der Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB)*. Stuttgart.



# Ökosystem- und Biodiversitätsindikatoren



# Erfassung des Landnutzungswandels im Rahmen des bundesweiten Ökosystem-Monitorings

*Werner Ackermann, Stefanie Stenzel, Daniel Fuchs*

## Zusammenfassung

Der Bedarf an Daten über die quantitative und qualitative Veränderung unserer Landschaft bzw. der Ökosysteme ist hoch, viele Erhebungen betrachten aber nur Teilaspekte oder sind nicht genau genug. Mit dem Ökosystem-Monitoring soll ein repräsentatives Langzeit-Beobachtungsnetz auf bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen geschaffen werden, mit dem der Zustand und die Veränderungen der vorhandenen Strukturen und Ökosysteme der Gesamtlandschaft dokumentiert werden können. Auf Basis der Roten Liste der Biotoptypen wurde eine Kartieranleitung erstellt und mit flächendeckenden Erfassungen auf bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen in größerem Umfang getestet. Neben den Biotoptypen wurden dabei auch charakteristische Zusatzmerkmale erhoben, welche Aussagen zur Qualität der Biotoptypen erlauben. Die Ergebnisse der Ersterfassungen wurden auf bundesweite Werte hochgerechnet, wobei Vergleiche mit bestehenden Daten eine gute Aussagekraft der Monitoring-Daten attestieren.

**Schlagworte:** Ökosystem, Monitoring, Stichprobenflächen, Hemerobie

## 1 Einführung

Für Naturschutzfragen und die Erfüllung von Berichtspflichten auf Bundesebene bedarf es bundesweiter Daten bzw. Hochrechnungen zur flächenhaften Ausdehnung, zur Häufigkeit und Verteilung sowie zum qualitativen Zustand der Ökosysteme in Deutschland. Die wesentlichen Ökosystemfunktionen und die biologische Vielfalt beschränken sich dabei nicht auf Vorrangflächen für den Naturschutz, sondern müssen in der Gesamtlandschaft mit ihren land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen und den Siedlungsräumen (Dröschmeister 2001) betrachtet werden. Dort laufen die Prozesse ab, welche die Ökosystemstrukturen, ihre Funktionen und damit die ihnen innewohnende Diversität entscheidend beeinflussen.

Die existierenden Erhebungen, die zum Zwecke der Beobachtung und Beschreibung der Landschaft bzw. von Landschaftsbestandteilen und ihrer Pflanzen- und Tierarten sowie deren Veränderungen durchgeführt werden, liefern wertvolle Daten. Sie zielen aber nur auf spezifische Teilaspekte von Natur und Landschaft ab, z. B. Biotopkartierungen der Bundesländer, FFH-Monitoring (PAN, ILÖK 2010), Monitoring nach Wasserrahmenrichtlinie (LAWA 2012), Bundeswaldinventuren (Riedel et al. 2017) oder Monitoring von

Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (High-Nature-Value- (HNV-) Farmland, Hünig, Benzler 2017). Flächendeckend für das Bundesgebiet liegen hingegen digitale Informationen aus dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Basis-Landschaftsmodell (ATKIS®-Basis-DLM) sowie aus dem daraus abgeleiteten Landbedeckungsmodell (LBM-DE) vor. Allerdings werden darin nur 31 verschiedene Landbedeckungsklassen unterschieden und die Mindestkartierfläche beträgt 1 ha. Damit verfügt dieser Datenbestand nicht über die erforderliche Detailschärfe und räumliche Auflösung, um Aussagen zur Veränderung der Ökosysteme zu ermöglichen.

Es fehlen bundesweit einheitlich und systematisch erhobene Geoinformationen, welche Aussagen zum qualitativen Zustand und zu Veränderungen von Ökosystemen auf nationaler Ebene zulassen. Hierfür ist ein repräsentatives Langzeit-Beobachtungsnetz erforderlich, welches das Augenmerk primär auf den Zustand und die Veränderungen der vorhandenen Strukturen und Ökosysteme der Gesamtlandschaft richtet und damit den voranschreitenden Landschaftswandel dokumentiert. Entsprechende Monitoringsysteme gibt es auf Ebene einzelner Bundesländer bereits mit der ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) in Nordrhein-Westfalen (König 2010) sowie mit „HNVPlus“ in Schleswig-Holstein.

Zunächst hat das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) eine Machbarkeitsstudie anhand von HNVPlus-Daten aus Schleswig-Holstein durchführen lassen. Darin konnte gezeigt werden, dass mit einer Erfassung und Bewertung von Biotoptypen auf bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen und anschließenden Hochrechnungen der quantitativen und qualitativen Veränderungen der Biotoptypen viele Entwicklungen des Landschaftswandels bereits über relativ kurze Zeiträume statistisch signifikant belegt werden können (PAN 2016). Im Anschluss wurden im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens des BfN die Grundlagen für ein Ökosystem-Monitoring gelegt: Ein bundesweit einheitlicher Kartierschlüssel auf Basis der Roten Liste der Biotoptypen (Finck et al. 2017) sowie eine Kartieranleitung zur Erfassung dieser Biotoptypen wurden entwickelt. Schließlich wurden Erfassungen auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen, auf denen bereits das Monitoring häufiger Brutvögel sowie das High-Nature-Value-Farmland-Monitoring (HNV) durchgeführt werden, in größerem Umfang getestet.

## 2 Aufbau des Ökosystem-Monitorings

Die Erfassungen beim Ökosystem-Monitoring (ÖSM) finden auf 1 km<sup>2</sup> großen bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen statt, die dabei flächendeckend anhand eines Kartierschlüssels bearbeitet werden müssen. Auf jeder kartierten Biotopfläche werden außerdem biotopspezifische Merkmale aufgenommen, darunter in vielen Fällen auch

das Vorkommen der Gefäßpflanzen. Die Flächen werden von den Kartierenden zunächst digitalisiert und die Sachdaten dann mit einer im Rahmen des Vorhabens entwickelten Erfassungssoftware im Web-Browser in eine zentrale Datenbank eingegeben. Die Erfassungen bzw. Eingaben werden einer Qualitätskontrolle unterzogen. Nach Fertigstellung aller Eingaben und Korrekturen können Hochrechnungen und darauf aufbauend verschiedene Auswertungen vorgenommen werden.

## 2.1 Stichprobenkulisse

Für das deutschlandweite Monitoring häufiger Brutvögel entwickelten das Statistische Bundesamt und das BfN gemeinsam eine für Deutschland repräsentative Stichprobenkulisse mit einem Grundprogramm von 1 000 und einem erweiterten Programm von weiteren 1 637 quadratischen Stichprobenflächen mit 1 km Kantenlänge (Mitschke et al. 2005). Beim Stichprobendesign wurden zwei Schichtungen verwendet:

- die damals aktuelle Bodenbedeckung in sechs aus dem Basis-DLM aggregierten Nutzungstypen (Acker, Grünland, Wald, Sonderkulturen, Sonderbiotope und Siedlungen) und
- die sogenannten Standorttypen in 21 Klassen nach Schröder et al. (2001), welche wiederum zu sechs Standortregionen zusammengefasst werden können.

Die Verteilung der Stichprobenflächen auf die Standorttypen entspricht weitgehend der prozentualen Verteilung der Standorttypen in Deutschland. Die sechs o. g. Nutzungstypen sind jedoch nicht flächenproportional vertreten: den Sonderkulturen, Sonderbiotopen und Siedlungsflächen wurden mehr Stichprobenflächen zugewiesen, als ihrem Flächenanteil entspricht, den Äckern und Wäldern hingegen weniger. Dies wird bei den Hochrechnungen entsprechend berücksichtigt (zu HNV siehe Hünig, Benzler 2017, zu ÖSM siehe PAN 2020, Kap. 3.5).

## 2.2 Kartierschlüssel

Grundlage für den Kartierschlüssel, der eine vollständige flächenhafte Kartierung ermöglicht, ist die sogenannte BfN-Kurzliste, also die Kurzfassung der Roten Liste der Biotoptypen Deutschlands (Finck et al. 2017). Insgesamt werden 245 verschiedene Biotoptypen aus 36 Typengruppen der Roten Liste verwendet, wobei sie zumeist der zweiten und dritten, selten auch der vierten Gliederungsebene der Roten Liste der Biotoptypen entnommen wurden. (Die dritte Ebene entspräche z. B. dem Code 35.01.01 = oligo- bis mesotrophe, kalkarme Niedermoore und Sümpfe.) Die Typengruppen der Meere und der Grundwasser- und Höhlengewässer sind nicht Bestandteil der Erfassungen. Außerdem sind die Biotoptypen für kleine Freiflächen des besiedelten Bereichs zu klein und damit für das ÖSM nicht geeignet.

In Einzelfällen hat sich gezeigt, dass Differenzierungen in der Kartierpraxis nicht einfach möglich sind oder bestimmte Sonderfälle bei Biotoptypen dem System nicht klar zugeordnet werden können. In diesen Fällen wurde eine Zusammenfassung von Biotoptypen vorgenommen oder es wurden Biotoptypen ergänzt, und dafür von der Roten Liste der Biotoptypen abweichende Codierungen und Bezeichnungen verwendet.

Gleichzeitig mit den Biotoptypen sind auch die Lebensraumtypen (LRT) gem. Anhang 1 der FFH-Richtlinie zu erfassen. Die Biotoptypen-Bezeichnung beim ÖSM besteht somit aus dem Biotoptyp und fallweise einem FFH-LRT (z. B. ÖSM-Code „35.02.01-6410“ für Pfeifengraswiesen, welche dem LRT 6410 entsprechen). Durch die Kombination mit 90 FFH-LRT ergeben sich insgesamt 478 verschiedene Biotoptypen, also mögliche Kombinationen von Biotoptyp und FFH-LRT.

Zusätzlich zum ÖSM-Code muss bei der Kartierung nach Möglichkeit eine Beziehung zum entsprechenden Länder-Biotoptyp hergestellt werden. Hierfür wurden Zuordnungslisten von den Länder-Biotoptypen zu den ÖSM-Biotoptypen erstellt. Eine eindeutige Zuordnung ist jedoch in manchen Fällen nicht einfach möglich und es müssen in diesen Fällen für den einen oder anderen Schlüssel zusätzliche Merkmale betrachtet werden.

### 2.3 Zusatzmerkmale

Bei Folgeerfassungen der Biotoptypen ist es möglich, Flächenveränderungen der einzelnen Biotoptypen festzustellen. Um darüber hinaus auch qualitative Veränderungen bei gleichbleibenden Biotoptypen zu erkennen, wurden für jeden Biotoptyp sogenannte Zusatzmerkmale obligatorisch festgelegt. Die zu erfassenden Merkmale sind von ÖSM-Biotopgruppe zu ÖSM-Biotopgruppe recht unterschiedlich, wiederholen sich aber bei den verschiedenen Biotoptypen. Für die Auswahl der Zusatzmerkmale wurden die wichtigsten Gefährdungsursachen der betroffenen Biotoptypen sowie die HNV-Kartieranleitung und die Bewertungsvorgaben des bundesweiten FFH-Monitorings herangezogen. Es wurden immer nur wenige Merkmale ausgewählt, welche nach Möglichkeit auch mit geringem Zeitaufwand erfasst werden können und bei denen kurz- oder zumindest mittelfristig Veränderungen möglich sind.

Insgesamt sind es 29 verschiedene Merkmale, z. B.

- Prozentualer Anteil verbauter Bereiche an Quellen und Fließgewässern,
- Anteil naturnaher Strukturen/Vegetationstypen (Prozentklassen) im 10 m-Uferstreifen um den offenen Wasserkörper bei Stillgewässern,
- Gesamtdeckung der Verbuschung (in Prozentklassen) bei Grünlandtypen,
- Gesamtdeckung Eutrophierungs- und Austrocknungszeiger (in Prozentklassen) bei Feuchtgrünland und -heiden, Mooren, Großseggenrieden, Röhrichten,



- Gesamtdeckung Neophyten (in Prozentklassen) bei Strandwällen, Dünen sowie Säumen/Staudenfluren,
- Nutzungstyp (biotopspezifische Auswahllisten) für die meisten Biotoptypen,
- Deckung von verschiedenen Wuchsklassen bzw. Waldentwicklungsphasen (in Prozentklassen) bei diversen Gehölzen, Waldmänteln/Vorwäldern, Laub- und Nadelwäldern,
- Totholzvorkommen differenziert in Stark- und Schwachtotholz, stehend und liegend (Anzahl auf der Fläche, gezählt oder geschätzt) bei Wäldern und Gehölzen,
- Aufnahme des Arteninventars der Gefäßpflanzen (Angabe von Deckungsklassen bei Abgehen eines zu digitalisierenden Transektstreifens) bei fast allen Offenland-Biotoptypen sowie Waldbiotoptypen der FFH-Richtlinie,
- Intensität der Freizeitnutzung (dreistufige Einschätzung) im Bereich der Küsten und der Alpen.

### 3 Erste Ergebnisse

In den Jahren 2017 und 2018 konnte im Rahmen des F+E-Vorhabens die Erfassung von 234 1x1 km großen Stichprobenflächen an Kartierer\*innen bzw. Kartierbüros vergeben werden. Dabei wurden 22 769 Einzelflächen aus 258 verschiedenen ÖSM-Biotoptypen erhoben. Die Biotopflächenzahl in den Stichprobenflächen ist dabei in Abhängigkeit von der Strukturvielfalt höchst unterschiedlich: 450 ÖSM-Biotopflächen werden in einer Fläche bei Oberammergau erreicht, nur 33 ÖSM-Biotopflächen in einer Stichprobenfläche bei Hildesheim (Abb. 1).

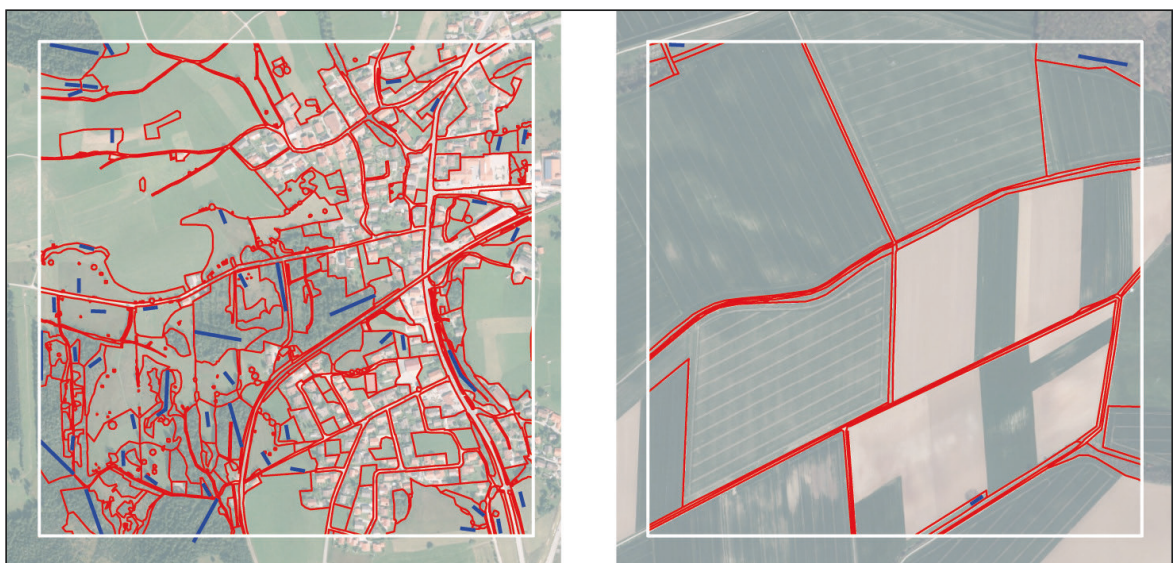


Abb. 1: Äußerst unterschiedliche Stichprobenflächen auf 1x1 km bei Oberammergau (links) und Hildesheim (rechts); Legende: weiß = Umringe der Stichprobenflächen, rot = Umringe von ÖSM-Biotopflächen, blau = Transekte zur Erfassung des Arteninventars bei Gefäßpflanzen (Quelle: PAN 2020)

Nur ein Teil der Biotoptypen war in hinreichend vielen Stichprobenflächen enthalten, dass verlässliche Hochrechnungsergebnisse erwartet werden können. Daher wurden für eine erste Auswertung nur diejenigen 55 Biotoptypen einbezogen, die in mindestens 30 Stichprobenflächen erfasst worden waren. Sie decken allerdings etwa 89 % aller kartierten Flächen ab. Zur Etablierung eines stichprobenbasierten Umweltmonitorings gilt laut Radermacher et al. (1998: 231): „In der Regel werden in der amtlichen Statistik bei Veröffentlichungen folgende Faustregeln angewendet: Bei einem Zufallsfehler von bis zu 10 % besitzt der Schätzwert eine relativ gute Aussagefähigkeit. Bei einem Zufallsfehler zwischen 10 % und 15 % ist die Aussagefähigkeit des Schätzwertes zwar eingeschränkt, dennoch ist der Schätzwert brauchbar.“ Für drei der 55 Biotoptypen beträgt der relative Stichprobenfehler weniger als 10 % (Äcker auf bindigen Böden, Einzelbäume und Baumgruppen und Verkehrs-, Sport- und Lagerflächen). Für sieben weitere Typen liegt er zwischen 10 % und 15 %. Der mittlere relative Stichprobenfehler liegt bei 25 %. Eine Möglichkeit, den Stichprobenfehler zu verringern, besteht in der Zusammenfassung von Einzeltypen zu Gruppen, die dann gemeinsam ausgewertet werden. Fasst man die kartierten Flächen auf der ersten Ebene des Biotoptypenschlüssels zusammen, verringert sich für die Gruppen, die in mehr als 30 Stichprobenflächen vertreten sind, der mittlere relative Stichprobenfehler auf 16,2 %. Die drei Biotopgruppen der Wälder weisen relative Fehler zwischen 10 % und 15 % auf. Relative Fehler unter 10 % erreichen sechs Biotopgruppen, darunter die Äcker und das trockene bis frische Grünland.

Damit ist auch ein Vergleich mit Referenzwerten aus anderen Quellen möglich. Die Ackerfläche Deutschlands betrug im Jahr 2018 nach der aktuellen Bodennutzungshaupterhebung (BHE) 117 309 km<sup>2</sup> (BMEL 2019), der hochgerechnete Wert im ÖSM liegt nur 288 km<sup>2</sup> (ca. 2 %) niedriger und somit innerhalb des Stichprobenfehlers und des Vertrauensintervalls der ÖSM-Hochrechnung.

Neben Hochrechnungen für Biotoptypen oder -gruppen sind auch Hochrechnungen für die erfassten Merkmale möglich. Einige Merkmale werden bei verschiedenen Biotoptypen erfasst, so dass viele Stichprobenflächen in die Hochrechnung eingehen können. Am Beispiel des Merkmals „Nutzung“ konnte bei den Äckern gezeigt werden, dass die Vertrauensintervalle der Schätzwerte für Getreide ohne Mais (Zahl der Stichprobenflächen n=154), Mais (n=110), Leguminosen (n=31), Kartoffeln (n=29), Rüben (n=29) und Raps (n=68) immer die entsprechenden Ergebnisse der BHE beinhalten und die Schätzwerte in vielen Fällen nur wenig von den Werten der BHE abweichen.

Um zu prüfen, welche Spannen die Stichprobenfehler bei einer Hochrechnung mit den 1 000 Stichprobenflächen des Grundprogramms aufweisen, wurde anhand der vorliegenden Daten nach einem Zufallsmuster eine Simulation durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Stichprobenfehler bei 1 000 Stichprobenflächen im besten Falle etwa halb so groß sind, wie bei den bisher verwendeten 234 Stichprobenflächen.

## 4 Auswertungsmöglichkeiten

Die wiederholten Erfassungen von Biototypen und ihren Merkmalen ermöglichen ein breites Spektrum von Auswertungen:

- In welchem Maße verändert sich die Landschaft?
- Wie sehen die konkreten Veränderungsbilanzen bei den Biototypen aus?
- Welche strukturellen Veränderungen gehen damit einher?

Einige dieser Fragen lassen sich bereits sehr gut mithilfe von Geodaten des ATKIS-Basis-DLMs und des Landbedeckungsmodells LBM-DE beantworten (IÖR-Monitor, z. B. Meinel et al. 2015; Krüger et al. 2017; Meinel et al. 2018 sowie Beitrag Meier et al. in diesem Band). Die ÖSM-Daten hingegen lassen an anderer Stelle wesentlich tiefer gehende Aussagen zu, z. B. in Bezug auf den Anteil von feuchtem und trockenem extensiv genutztem Grünland am Gesamtgrünland, die Entwicklung von Biototypen feuchter bis nasser Standorte, die Entwicklung aller Kleinstrukturen (z. T. nicht in ATKIS bzw. LBM-DE erfasst), den Anteil an weiter verbreiteten FFH-Lebensraumtypen im Grünland und in Wäldern oder den Anteil an gesetzlich geschützten oder gefährdeten Biototypen.

Des Weiteren bietet die regelmäßige Erfassung verschiedener Zusatzmerkmale (siehe Abschnitt 2.3) verschiedene Auswertungsmöglichkeiten zur Entwicklung der Landschaft, ohne dass sich diese in einer Änderung der Biototypen widerspiegeln muss. Eine wichtige Rolle spielt dabei das erfasste Arteninventar. Nehmen beispielsweise Flächen mit gefährdeten Arten ab oder nehmen sie zu? Zeigen sich Entwicklungen im Arteninventar, welche vermutlich auf Stickstoffeinträge oder den Klimawandel zurückzuführen sind? Solche aus Stichprobenerhebungen abgeleitete Aussagen zeigen Ergebnisse in Bezug auf die Zunahme von nährstoffliebenden Arten beim Countryside Survey in Großbritannien (Carey et al. 2008) und in Bezug auf die Zunahme Wärme liebender Gefäßpflanzenarten beim Schweizer Biodiversitäts-Monitoring (BAFU 2015).

Als Beispiel für eine Biotypen-übergreifende Auswertung wird hier auf die Untersuchung der Hemerobie eingegangen. Da die erfassten Biotypen weitgehend denen der Roten Liste der Biotypen entsprechen (Finck et al. 2017), können den ÖSM-Biotopflächen die Hemerobiewerte zugeordnet werden, die in den zugrunde liegenden Daten vorliegen. Die Ergebnisse einer Hochrechnung mit Daten aller 234 Stichprobenflächen kann mit den Hemerobie-Indikatoren des IÖR-Monitors (Walz, Stein 2014; IÖR 2020) verglichen werden. Betrachtet man den Anteil der ahemeroben, oligohemeroben und mesohemeroben Biotypen an der gesamten Stichprobenfläche, dann ergibt sich hier ein Wert von 20,4 % (Stichprobenfehler 1,4 %). Der bundesweite Wert des Indikators „Anteil naturbetonter Flächen an Gebietsfläche“ im IÖR-Monitor liegt mit 33,41 % für den Zeitschnitt 2018 deutlich höher, was wahrscheinlich daran liegt, dass sowohl standortgerechter als auch standortfremder Wald zu den naturbetonten Flächen gezählt werden (Stein, Walz 2012; IÖR 2020).

Wenn man jedoch auf allen bisher untersuchten Stichprobenflächen einen flächengewichteten Mittelwert aller Hemerobiewerte berechnet (Stein, Walz 2012, Formel 1) und auf Deutschland hochrechnet, liegt der beim IÖR-Monitor ermittelte Hemerobieindex von 4,15 im Vertrauensbereich (Konfidenzniveau 95 %) des beim ÖSM errechneten Indexwerts von 4,08 (4,01-4,15). Trotz der unterschiedlichen Differenzierungstiefe bei den naturbetonten Flächen und der unterschiedlich genauen Datengrundlage ergibt sich also eine hohe Übereinstimmung des beim IÖR-Monitor und bei ÖSM berechneten deutschlandweiten Hemerobieindex.

Bei der Auswertung der ersten Folgeerhebungen in den Jahren 2020 und 2021 wird sich zeigen, in welchem Maße Veränderungen auf den Stichprobenflächen stattfinden und wie hoch deren statistische Vertrauensbereiche sind.

## 5 Fazit

Für das Ökosystem-Monitoring wurden ein Kartierschlüssel und eine Kartieranleitung entwickelt und getestet. Erste Erfassungen wurden 2017 und 2018 auf gut einem Viertel der 1 000 definierten Stichprobenflächen durchgeführt. Die ersten Hochrechnungen dieser Ersterfassungen wurden mit anderen Geodaten verglichen und bestätigen eine gute Aussagekraft. Da bisher keine Folgeerfassungen auf Stichprobenflächen stattfanden, können noch keine Aussagen zu Veränderungen getroffen werden.

Das Projekt wird mit zwei weiteren Kartierphasen 2020 und 2021 fortgesetzt und die Kartieranleitung entsprechend den Erfahrungen weiter optimiert.

## 6 Literatur

- BAFU – Bundesamt für Umwelt der Schweiz (2015): Z7: Artenvielfalt in Landschaften. [https://www.biodiversitymonitoring.ch/fileadmin/user\\_upload/documents/daten/basisdaten\\_dt/1260\\_Z7\\_Basisdaten\\_2014\\_V1.pdf](https://www.biodiversitymonitoring.ch/fileadmin/user_upload/documents/daten/basisdaten_dt/1260_Z7_Basisdaten_2014_V1.pdf) (Zugriff: 10.07.2020).
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2018: 62. Jahrgang.
- Carey, P. D.; Wallis, S.; Chamberlain, P. M.; Cooper, A.; Emmett, B. A.; Maskell, L. C.; McCann, T.; Murphy, J.; Norton, L. R.; Reynolds, B.; Scott, W. A.; Simpson, I. C.; Smart, S. M.; Ulliyet, J. M. (2008): Countryside survey: UK results from 2007, NERC/Centre for Ecology & Hydrology, 105 S.
- Dröschmeister, R. (2001): Bundesweites Naturschutzmonitoring in der „Normallandschaft“ mit der Ökologischen Flächenstichprobe. In: Natur und Landschaft 76(2): 58-69.



- Finck, P.; Heinze, S.; Raths, U.; Riecken, U.; Ssymank, A. (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands, dritte fortgeschriebene Fassung 2017. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 156, 637 S.
- Hünig, C.; Benzler, A. (2017): Das Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert in Deutschland. *BfN-Skripten* 476, 40 S. u. Anhang.
- IÖR – Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (2020): Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor). Indikatorschema: Landschaft: Hemerobie (Naturnähe).  
<https://www.ioer-monitor.de/indikatoren/#c1793> (Zugriff: 22.07.2020).
- Krüger, T.; Schorcht, M.; Behnisch, M.; Meinel, G. (2017): Aktuelle Befunde des IÖR-Monitors zur Flächenneuinanspruchnahme in Deutschland. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Schwarz, S.; Richter, B. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring IX: Nachhaltigkeit der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung?* IÖR-Schriften 73. Berlin: Rhombos, 11-20.
- LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (2012): Rahmenkonzeption zur Aufstellung von Monitoringprogrammen und zur Bewertung des Zustands von Oberflächengewässern, Teil A: Eckpunkte zum Monitoring und zur Bewertung von Oberflächengewässern (Stand 22.08.2012).  
[www.wasserblick.net](http://www.wasserblick.net) (Zugriff: 22.07.2020).
- Meinel, G.; Krüger, T.; Hennersdorf, J.; Schorcht, M.; Förster, J.; Schumacher, U. (2015): Flächennutzungsentwicklung in Deutschland – Erkenntnisse aus dem IÖR-Monitor. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring VII: Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien*. IÖR-Schriften 67. Berlin: Rhombos, 51-58.
- Meinel, G.; Krüger, T.; Schorcht, M.; Hübsch, B. (2018): Wie nachhaltig ist die Flächennutzungsentwicklung Deutschlands? Aktuelle Befunde des IÖR-Monitors. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring X: Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren*. IÖR-Schriften 76. Berlin: Rhombos, 67-77.
- Mitschke, A.; Sudfeldt, C.; Heidrich-Riske, H.; Dröschmeister, R. (2005): Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands – Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. In: *Vogelwelt* 126: 127-140.
- PAN – Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH (2016): Vorstudie zur Machbarkeit eines Ökosystem-Monitorings auf bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen (FKZ 3514 82 3200). München. Unveröffentlichter Bericht i. A. des Bundesamts für Naturschutz, 153 S.
- PAN – Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH (2020): Ökosystem-Monitoring auf bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen. Abschlussbericht des gleichnamigen F+E-Vorhabens (FKZ 3516 82 1100) (In Vorbereitung).

- PAN – Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH; ILÖK – Institut für Landschaftsökologie Münster (2010): Konzept zum Monitoring des Erhaltungszustandes von Lebensraumtypen und Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland; erarbeitet im Rahmen des F+E-Vorhabens „Konzeptionelle Umsetzung der EU-Vorgaben zum FFH-Monitoring und Berichtspflichten in Deutschland“, Förderkennzeichen (UFO-PLAN) 805 82 013. Bonn: BfN-Skripten 278, 180 S.
- Radermacher, W.; Zieschank, R.; Hoffmann-Kroll, R.; van Nouhuys, J.; Schäfer, D.; Seibel, S. (1998): Entwicklung eines Indikatorensystems für den Zustand der Umwelt in der Bundesrepublik Deutschland mit Praxistest für ausgewählte Indikatoren und Bezugsräume. Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 5, Stuttgart: Metzler Poeschel, 457 S.
- Riedel, T.; Henning, P.; Kroiher, F.; Polley, H.; Schmitz, F.; Schwitzgebel, F. (2017): Die dritte Bundeswaldinventur BWI2012 – Inventur- und Auswertungsmethoden. Eberswalde, 124 S.
- Schröder, W.; Schmidt, G.; Pesch, R.; Matejka, H.; Eckstein, T. (2001): Konkretisierung des Umweltbeobachtungsprogrammes im Rahmen eines Stufenkonzeptes der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder – Teilvorhaben 3. Vechta, 182 S.
- Stein, C.; Walz, U. (2012): Hemerobie als Indikator für das Flächenmonitoring. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 44 (9): 261-266.
- Walz, U.; Stein, C. (2014): Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. In: Journal for Nature Conservation 22 (2014) 279-289.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2014.01.007> (Zugriff: 22.07.2020).



# Herausforderungen einer regelmäßigen Ökosystembilanzierung auf Bundesebene auf Basis des LBM-DEs

*Sophie Meier, Karsten Grunewald, Ralf-Uwe Syrbe*

## Zusammenfassung

Eine vollständige Bilanzierung des Zustandes und der Leistungen der Ökosysteme auf Bundesebene, wie im Rahmen der EU-Biodiversitätsstrategie gefordert, benötigt Basisinformationen über die Flächenänderungen der unterschiedlichen Ökosysteme. Hierfür bietet sich das Geodatenprodukt Landbedeckungsmodell LBM-DE des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) an, welches u. a. aus Satellitendaten produziert wird und Informationen zu Ökosystemen nach der Nomenklatur von CORINE Land Cover (CLC) bereitstellt.

In diesem Beitrag werden Flächenänderungen bestimmter CLC-Klassen der Grünland-, Wald- und Gewässerflächen im LBM-DE von 2012, 2015 und 2018 beispielhaft diskutiert. Es wird aufgezeigt, dass bilanzierte Flächenänderungen der Ökosystemtypen derzeit auch auf technische Ursachen bei der Erzeugung und Umstellung des Landbedeckungsmodells zurückgeführt werden können. Diese basieren z. B. auf der unzureichenden zeitlichen Verfügbarkeit oder räumlichen Auflösung von Satellitendaten, sowie auf der Löschung von Kleinstflächen. Das BKG plant in Zukunft, auf tiefgreifende methodische Änderungen bei der Erstellung des LBM-DE zu verzichten. Die Daten der Zeitschnitte 2012 und 2015 sollen nachträglich angepasst werden, um sie mit der Ausgabe 2018 kompatibel zu halten.

**Schlagerworte:** CLC-Ökosystemtypen, Flächenmonitoring, Grünland, Gewässer, Wald

## 1 Monitoring der Flächen der Ökosystemtypen auf Bundesebene

Die EU-Biodiversitätsstrategie 2020 (Maßnahme 5 zum Ziel 2) hält die EU-Mitgliedstaaten dazu an, die Verfassung der Ökosysteme und der Ökosystemleistungen (ÖSL) auf ihrem Territorium zu beurteilen, sowie deren ökonomische Werte festzustellen und die „Einbeziehung dieser Werte in Rechnungslegungs- und Berichterstattungssysteme auf EU- und nationaler Ebene“ voranzutreiben (EU-Kommission 2011:14). Damit wird das Ziel verfolgt, den Stellenwert der Ökosysteme für die Gesellschaft und ihre Veränderungen als Ausgangspunkt für politische Entscheidungen aufzuzeigen. Um eine flächendeckende Bilanzierung von Ökosystemzuständen und -leistungen im Sinne einer „Ökosystemaren Gesamtrechnung“ (Ecosystem accounting) zu schaffen, wird eine

Informationsbasis über Veränderungen der räumlichen Ausdehnung verschiedener Ökosysteme benötigt.

Die Grundkonzeption der für Deutschland vorgeschlagenen Ökosystemklassifizierung basiert einerseits auf nationalen digitalen Landschaftsmodellen, wie dem Landbedeckungsmodell (LBM-DE) und dem amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystem (ATKIS Basis-DLM), sowie andererseits auf europäischen Landnutzungsdaten wie CORINE Land Cover (CLC) und dem Europäischen Naturinformationssystem (EUNIS). Kern des GIS-gestützten Flächenmonitorings von Ökosystemtypen (ÖST) ist das für Deutschland bereits definierte System der europäischen CLC-Klassen. Diese lassen sich zu den Ebenen der Unter- und Haupt-Ökosystemtypen (U-ÖST, H-ÖST) aggregieren (Grunewald et al. 2020). CLC-Klassen sind jedoch nicht optimal geeignet, den Zustand von Ökosystemen im Hinblick auf Naturschutzziele und insbesondere den Schutz der Biodiversität zu beurteilen. Deshalb fließen in eine vierte räumliche Ebene der Ökosystembilanzierung bundesweit verfügbare Informationen über Ausdehnung und Zustand der naturschutzfachlich relevanten Biotope und der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (HNV) ein (Beitrag Schweppe-Kraft et al. in diesem Band). In Zukunft wäre es möglich, hier noch Daten aus dem bundesweiten Ökosystem-Monitoring (ÖSM) miteinzubeziehen (Beitrag Ackermann et al. in diesem Band).

In diesem Beitrag sollen Herausforderungen des Monitorings in Bezug auf inhaltliche und technische Änderungen dargestellt werden, die sich im Verlauf der Produktion der LBM-DE-Zeitschnitte 2012, 2015 und 2018 ergeben haben. Für die bessere Lesbarkeit werden diese Änderungsaspekte im Folgenden unter dem Begriff „methodisch“ zusammengefasst. Die Änderungen werden an den Ökosystemtypen natürliches Grünland (CLC-Code 321), Wiesen und Weiden (231), Laubwald (311), Nadelwald (312), Mischwald (313), Waldstrauch-Übergangsstadien (324), sowie Wasserflächen (512) und Gewässerläufe (511) beispielhaft veranschaulicht.

## **2 Vor- und Nachteile des Landbedeckungsmodells LBM-DE als Datengrundlage für ein Flächenmonitoring**

Das Landbedeckungsmodell LBM-DE vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) wird vom Bundesamt für Naturschutz (BfN), vom Statistischen Bundesamt (Destatis) und vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) für eine Ökosystembilanzierung in Deutschland präferiert<sup>1</sup>. Es beinhaltet Geoinformationen aus dem ATKIS Basis-DLM, sowie aus multitemporalen Satellitendaten. Es verwendet die Nomenklatur des europäischen Flächenmonitorings, wobei jeder Fläche ein Ökosystemtyp (CLC-Klasse) zugeordnet ist (Arnold 2012; BKG 2019a). Das LBM-DE wird seit 2009 im

<sup>1</sup> Das Statistische Bundesamt strebt an, zukünftig ein aus dem LBM-DE abgeleitetes 100x100m CLC-Raster (europäische Initiative des CLC+) zu verwenden.

3-Jahresrythmus produziert und bezieht sich auf ein konkretes Stichjahr (BKG 2019a). Im Vergleich zum europäischen CLC-Datensatz (25 ha) ist die räumliche Auflösung des LBM-DEs deutlich höher (1 ha) (Arnold 2012; Keil et al. 2015). Seit dem Datensatz 2012 werden im LBM-DE Landbedeckungs- und Landnutzungskategorien separat für jede Fläche erfasst und anschließend 35 CLC-Klassen über eine Kreuztabelle ermittelt (Hovenbitzer et al. 2015; BKG 2019a).

Aus dem LBM-DE wird im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) alle sechs Jahre der geringer aufgelöste CLC-Datensatz für Deutschland über ein Generalisierungsverfahren erstellt (zuletzt 2018), der an die europäische Umweltagentur (EEA) weitergereicht und für europäische Monitoringaufgaben verwendet wird (Hovenbitzer et al. 2015; Keil et al. 2015). Dieser Datensatz wird vor der Veröffentlichung von der EEA nochmal einer Validierung unterzogen. Gegebenenfalls kann es dabei zu erneuten Anpassungen des deutschen CLC-Datensatzes und des LBM-DEs kommen.

Bei der Entwicklung der ersten beiden Zeitschnitte (DLM-DE 2009 und LBM-DE 2012) bildete das ATKIS Basis-DLM eine wichtige Grundlage. Elemente des Siedlungsraumes und Verkehrs, als auch Objektarten zur Modellierung von Vegetation und Gewässer dienten als Hilfsdatensatz (BKG 2012; BKG 2016). Für die Zeitschnitte 2015 und 2018 wurde ATKIS Basis-DLM hauptsächlich zur Abgrenzung von Siedlungs- und Verkehrsflächen verwendet (BKG 2018; BKG 2019a).

Der Vorteil des LBM-DEs gegenüber dem ATKIS Basis-DLM liegt darin, dass der räumliche Detailgrad und die Aktualität der Daten über alle Bundesländer gleichmäßiger verteilt ist. Beim ATKIS Basis-DLM werden die topographischen Ursprungsdaten von den einzelnen Landesvermessungsverwaltungen separat erfasst, weshalb ihre vollständige Homogenisierung durch das BKG gar nicht möglich ist (Arnold 2012; Schumacher, Meinel 2009). Andererseits kann beispielsweise die Flächenversiegelung im LBM-DE nur teilweise erfasst werden, da die Datenauflösung zu gering ist (Meinel, Reiter 2019). Auch kleine Elemente, wie Hecken, schmale Fließgewässer und schmale Verkehrswege sind im LBM-DE nicht oder nur teilweise vorhanden. Daher wurden in einem Ansatz zur Ökosystem-Klassifikation diese Elemente aus dem ATKIS-Basis-DLM entnommen und in das LBM-DE integriert (Grunewald et al. 2020). Hierbei treten für das Monitoring neue Herausforderungen auf, die durch die Aktualitätsabweichungen, Inkonsistenzen zwischen den Bundesländern (Schumacher, Meinel 2009) und zukünftige Weiterentwicklungen des ATKIS Basis-DLM (Kunze 2012) zustande kommen. Dieser Ansatz der Erweiterung des LBM-DEs mit bestimmten ATKIS Basis-DLM -Daten würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen und kann daher nicht betrachtet werden.

## 3 Ermittlung der Flächengrößen der Ökosysteme

### 3.1 Vorgehensweise

Die Flächengrößen der Ökosysteme wurden mit ArcGIS (Version 10.6) über die Entwicklungsumgebung IDLE 2.7.14 ermittelt. Es wurden die Zeitschnitte 2012, 2015 und 2018 des LBM-DE für die Auswertung verwendet. Der älteste Zeitschnitt 2009 wurde nicht einbezogen, da hier die Landbedeckung und Landnutzung noch nicht getrennt betrachtet wurden (Arnold 2012) und er damit schwer mit den nachfolgenden Zeitschnitten zu vergleichen ist.

Die LBM-DE-Datensätze wurde mit den administrativen Grenzen Deutschlands (Verwaltungsgebiete 1:25.000 (VG25), Stand 2016, BKG 2017) verschnitten, um Ökosystemflächen für administrative Gebietseinheiten zu ermitteln und dabei die Bezugsfläche über die Zeit konstant zu halten. Bei der Flächenberechnung der Meeresfläche (die im H-ÖST Gewässer enthalten ist), wurde diese bis zu den Grenzen des VG25-Datensatzes, der die terrestrische Fläche und die Meeresflächen umfasst, erweitert, und ist damit größer ist als im LBM-DE (Grunewald et al. 2020).

### 3.2 Veränderungen ausgewählter Ökosystemflächen 2012-2018

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse für die drei Zeitschnitte 2012, 2015, 2018 auf Ebene der Haupt-ÖST. Die Änderungen liegen auf der Ebene der CLC-Klassen in einem sehr geringen Prozentbereich. Die Verläufe zeigen teilweise widersprüchliche Entwicklungen und es finden sich mitunter Abweichungen zu Trends, die von anderen Quellen erhoben wurden. Bspw. nimmt die Fläche der Laubwälder nach der Bundeswaldinventur (2002-2012) zu (BMEL 2014) und dies tun sie auch im LBM-DE von 2012 nach 2015. Ab 2015 nehmen die Laubwälder im LBM-DE aber wieder ab. Wasserflächen nehmen im LBM-DE seit 2015 ab, dabei gab es in den Bergbaufolgelandschaften von 2008 bis 2018 eine Zunahme der Gewässerflächen (Grunewald et al. 2020).

Die relative Kürze des betrachteten Zeitrahmens (drei Zeitschnitte, sechs Jahre) erlaubt es noch nicht, Trends oder Verschiebungen zuverlässig zu bestimmen, da diese durch methodologische Änderungen in der Klassifizierung von Landnutzung und Landbedeckung im LBM-DE verdeckt werden können.

Tab. 1: Flächenbilanz der Haupt-ÖST und ausgewählter CLC-Klassen aus dem LBM-DE in Deutschland (km<sup>2</sup>) (Quelle: eigene Bearbeitung, Datenquelle: BKG 2016, 2018, 2019a)

Haupt-ÖST (H-ÖST) CLC-Klasse (Code)	Bezugsjahr		
	2012	2015	2018
Semi-natürliches Offenland	5 165	5 016	5 159
Natürliches Grünland (321)	1 876	1 754	1 885
Wald und Gehölz	116 319	116 041	116 020
Laubwälder (311)	35 993	37 728	37 523
Nadelwälder (312)	55 787	55 565	55 373
Mischwälder (313)	15 838	15 970	15 978
Wald-Strauch- Übergangsstadien (324)	8 702	6 778	7 146
Agrarland	189 613	191 371	191 203
Wiesen und Weiden (231)	64 567	64 512	64 242
Gewässer	29 610	29 588	29 597
Gewässerrläufe (511)	1 358	1 359	1 359
Wasserflächen (512)	4 335	4 345	4 328
Urban, industriell	39 248	39 401	39 439

#### 4 Beispiele methodischer Änderungen im LBM-DE

Die Erstellungsweisen der LBM-DE-Datensätze 2012 und 2015 weisen umfangreiche Unterschiede auf, v. a. bei den Hilfsreferenzdaten, der Kartierbreite, den Attributen und der Klassenanzahl hinsichtlich Landnutzung (LN) und Landbedeckung (LB) (Tab. 2). Deshalb sind die Flächenänderungen zwischen dem Datensatz 2012 und dem Datensatz 2015 teils gravierender als zwischen 2015 und 2018. Der Datensatz 2018 bezieht sich auf Bilddaten der Vegetationsperiode 2017, da der abgeleitete CLC-Datensatz bereits im Jahr 2018 geliefert werden musste. Die folgenden drei Abschnitte widmen sich Beispielen der methodischen Umstellung und deren Auswirkungen auf die Flächen von Ökosystemtypen (CLC-Klassen). Dabei werden die zeitlichen Veränderungen als prozentuale Abweichung der Fläche des neueren Zeitschnitts zur Fläche des jeweils vorangegangenen Zeitschnitts angegeben.

Tab. 2: Ausgewählte Parameter der LBM-DE-Zeitschnitte im Vergleich (Quelle: eigene Bearbeitung nach Tabelle 1 in Meinel, Reiter 2019, verändert auf Basis von BKG 2016, 2018, 2019a)

LBM-DE	2012	2015	2018
Veröffentlichung	01.09.2015	12.02.2018	11.02.2019
Bildsensor	RapidEye, DMC	RapidEye, DMC	RapidEye
Hilfs- bzw. Referenzdaten	DLM-DE 2009, IMAGE2012, DOPs, ATKIS Basis-DLM	LBM-DE 2012, IMAGE2015, DOPs, ATKIS Basis-DLM	LBM-DE 2015, Sentinel-2, DOPs, Hausumringe, ATKIS Basis-DLM
Bilddatum	2012, multitemporal	2015, multitemporal	2017/2018, multitemporal, Vegetationsperiode
Mindestkartierfläche	1 ha	1 ha	1 ha
Mindestkartierbreite	-	15 m	15 m
Klassenanzahl (LB/LN)	36/18	31/16	31/16
Attributanzahl	19	19	15
Zusätzliche Attribute	-	Vegetations- und Versiegelungsanteil	Vegetations- und Versiegelungsanteil

#### 4.1 Abgrenzung Natürliches Grünland (321) von Wiesen/Weiden (231)

Die Unterscheidung zwischen extensiv und intensiv bewirtschaftetem Grünland im LBM-DE geschieht über verschiedene Kriterien. Ein Merkmal ist die Häufigkeit der Mahd, wobei verschiedene Aufnahmezeitpunkte der Satellitendaten innerhalb eines Jahres miteinander verglichen werden. Als natürliches Grünland (extensiv) werden die Flächen eingestuft, die nur einmal im Jahr gemäht oder beweidet werden, während Wiesen und Weiden (intensiv) häufiger gemäht oder beweidet werden. Ein weiteres Kriterium ist die Form der Fläche: Grünland mit unregelmäßigen Grenzverläufen und vereinzelt Büschen/Sträuchern wird als natürliches Grünland klassifiziert (inhomogen), während Grünland, das gerade Grenzverläufe und kaum Sträucher/Gebüsch auf der Fläche aufweist, tendenziell eher als Wiesen und Weiden gekennzeichnet wird (homogen) (BKG 2018, 2019a).

Die Fläche des natürlichen Grünlandes nahm bundesweit von 2012 nach 2015 um 6,50 % ab. Zwischen 2015 und 2018 stieg der Flächenanteil jedoch wieder an (7,45 %) (Tab. 1). Die Problematik der Differenzierung zwischen Wiesen und Weiden, sowie dem natürlichen Grünland und die damit verbundenen Schwankungen in der Statistik liegt vornehmlich im verwendeten Bildmaterial begründet und hat damit technische Gründe. Die Häufigkeit der Mahd lässt sich je nach Aufnahmezeitpunkte der Satellitenszenen innerhalb eines Jahres nicht genau bestimmen, und auch die Auflösung der Daten ist hier ein begrenzender Faktor.



Zusätzlich gab es bei der routinemäßigen Prüfung des deutschen CLC12-Datensatzes durch die EEA, speziell zum natürlichen Grünland, Rückmeldung mit Änderungsbedarf. Konkret wurden dabei die Umgebung der Grünlandflächen und deren menschliche Beeinflussung in den Blick genommen und im LBM-DE-Zeitschnitt 2015 berücksichtigt. So sollten Flächen, die 2012 dem natürlichen Grünland zugeordnet waren, aber (z. B. nach Bauarbeiten an Verkehrswegen) sich selbst überlassen wurden, sich auf großen Industrieflächen befanden oder als Verkehrsbegleitgrün fungieren, den Wiesen und Weiden zugeschlagen werden (Abb. 1). Dies betraf rund 130 km<sup>2</sup> des natürlichen Grünlandes und ging mit einer deutlichen Abnahme desselben zwischen 2012 und 2015 einher, denn der LBM-DE-Datensatz von 2012 wurde diesbezüglich inhaltlich nicht aktualisiert. Würde man ihn aber aktualisieren, läge die Fläche des natürlichen Grünlandes dann im Jahr 2012 bei ca. 1 745 km<sup>2</sup>. Eine genauere Beschreibung der Abgrenzung der CLC-Klassen findet sich in der Erfassungsvorschrift der EEA (Kosztra et al. 2019).

Der Anstieg des natürlichen Grünlandes von 2015 nach 2018 könnte u. a. in der Rückmeldung der EEA zum CLC18-Datensatz begründet sein. Daraufhin wurden beim LBM-DE 2018 alpine Wiesen und Weiden, die in größerer Entfernung zu Bebauung

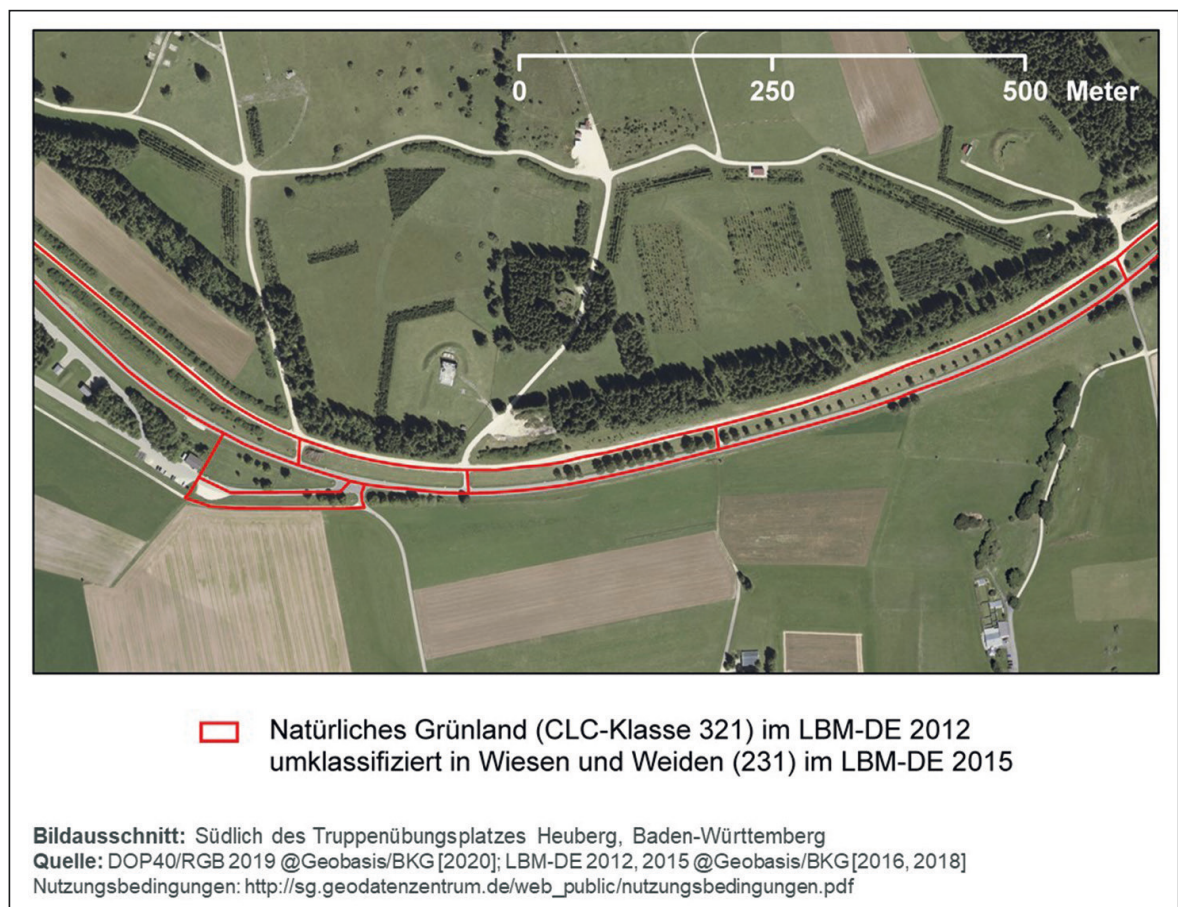


Abb. 1: Umklassifizierung von Verkehrsbegleitgrün (vormals natürliches Grünland CLC 321 im LBM-DE 2012) in Wiese und Weide (231) im LBM-DE 2015 aufgrund der starken menschlichen Beeinflussung dieser Flächen (Quelle: siehe Abbildung)

und Anbauflächen und in 1 200 m Höhe liegen, als natürliches Grünland klassifiziert (Kosztra et al. 2019). Hiervon sind ca. 600 ha betroffen.

Die Wiesen und Weiden weisen trotz der Änderungen in der Erfassungsvorschrift bundesweit eine kontinuierliche leichte Abnahme von 2012 nach 2018 auf (2012-2015: -0,09 %, 2015-2018: -0,42 %, Tab. 1). Hier könnte ein tatsächlicher Trend in den Daten durchscheinen, nämlich die Umwandlung von Wiesen und Weiden in Bioenergieflächen oder Kurzumtriebsplantagen (KUP).

## 4.2 Differenzierung der Waldtypen (311, 312, 313 und 324)

Wie beim natürlichen Grünland kam es auch bei Wald-Strauch-Übergangsstadien und den Laubwäldern ab 2015 zu einer gegenläufigen Entwicklung der Flächengröße. Bei den Wald-Strauch-Übergangsstadien findet sich eine besonders drastische Abnahme um ein Fünftel der Fläche von 2012 nach 2015 (-22,11 %) und eine geringere, aber doch prägnante Zunahme um 5,43 % von 2015 nach 2018 (Tab. 1).

Die Zuweisung der Waldtypen Laub-, Nadel- und Mischwald geschieht über Anteile der Laub- und Nadelbäume auf der Fläche, bei Mischwald spielt zusätzlich der Durchmischungsgrad eine Rolle (BKG 2019a). Die Flächenänderungen könnten sich auf die Anwendung genauerer Satellitenbilder im Verlauf der drei Zeitschnitte zurückführen lassen. Dadurch ergab sich ein Wandel der Flächen für Misch-, Nadel- und Laubwald, v.a. zwischen 2012 und 2015 (Abb. 2). Durch genauere Satellitenbilder können die drei Waldtypen auch besser von Wald-Strauch-Übergangsstadien abgegrenzt werden. Für Wald-Strauch-Übergangsstadien gilt eine maximale Baumhöhe von 5m (BKG 2019a). Folgende Ereignisse führen zu einem Übergang der Klassen 311, 312 und 313 zu 324: Aufforstung von gerodetem Wald sowie Sturm- und Borkenkäferereignisse. Es können auch neue Waldflächen entstehen, z. B. bei der Aufforstung von Wiesen und Weiden in KUP (siehe Abschnitt 4.1), die dann den Wald-Strauch-Übergangsstadien zugeordnet werden. Aufgrund der verbleibenden Unsicherheit bei der Abgrenzung der vier Waldklassen aus Satellitenbildern sollte die Änderung der Wälder nur in der Gesamtfläche betrachtet werden. Die Flächengrößen der aggregierten Wald-CLC-Klassen (H-ÖST Wald und Gehölz) zeigen bundesweit eine durchgängig marginale Abnahme innerhalb des betrachteten Zeitraums (2012-2015: -0,24 % und 2015-2018: -0,02 %, Tab.1).

## 4.3 Wasserflächen (512) und Gewässerläufe (511)

Auffällig ist, dass die Wasserfläche zwischen 2012 und 2015 zunächst zunahm (0,23 %), sich aber von 2015 nach 2018 verringerte (-0,39 %) (Tab. 1). Dieser Umstand kann unter anderem auf die Löschung von Kleinstflächen unter 500 m<sup>2</sup> im Datensatz von 2018 zurückgeführt werden, wodurch z. B. kleinere Teiche aus dem Datensatz entfernt wurden (Abb. 2). Der LBM-DE-Datensatz weist zwar eine Mindestkartierfläche von

1 ha auf, diese bezieht sich jedoch nur auf neu zu erfassende Veränderungen. Ursprünglich kamen die Gewässerflächen aus dem ATKIS Basis-DLM, das als Hilfsdatensatz bei der Erstellung des LBM-DEs dient und in dem auch kleinere Flächen enthalten sind. Die Fläche der Gewässerläufe nahm von 2012 bis 2015 nur geringfügig zu und blieb einigermassen stabil (Tab. 1). Jährlich schwankende tatsächliche Änderungen können die Flächensummen von Fließgewässern beeinflussen, z. B. wenn sich Flussläufe nach jeder Schneeschmelze anders darstellen (z. B. bei der Isar).

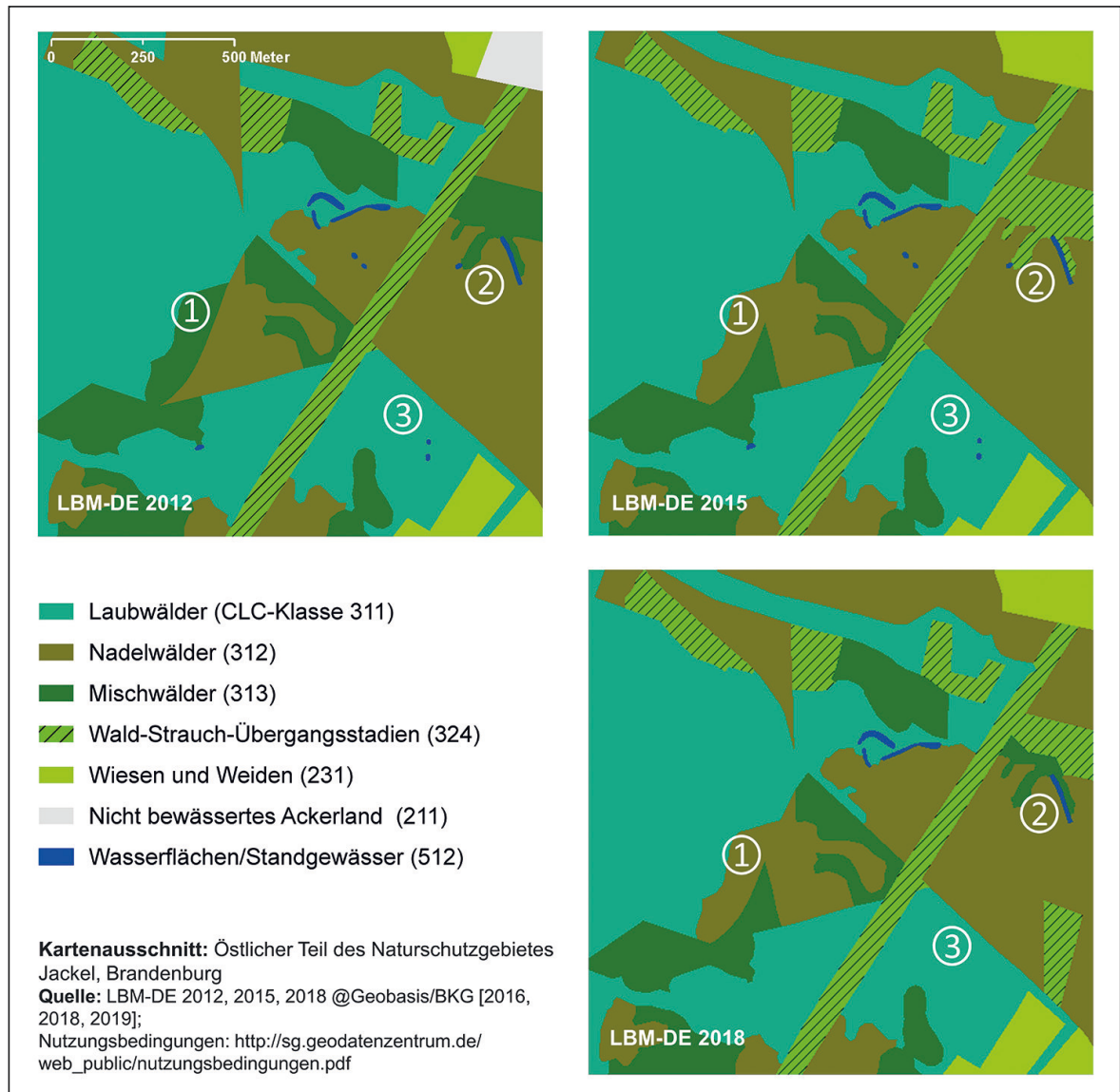


Abb. 2: Änderung der Klassifikation der Waldtypen über alle drei LBM-DE Zeitschnitte bei ① und ② aufgrund genauerer/anderer Satellitendaten; Löschen von Kleinstflächen unter 500 m<sup>2</sup>, hier kleine Wasserflächen im LBM-DE 2018 bei ③ (Quelle: siehe Abbildung)

Zwischen 2012 und 2015 gab es darüber hinaus eine methodische Änderung, die die Flächengröße aller CLC-Klassen geringfügig beeinflusst haben könnte. Die übertrieben hohe Genauigkeit im Datensatz von 2012 erforderte einen hohen Speicherbedarf und



erschwerte die Verarbeitung; daher wurde die Genauigkeit im LBM-DE 2015 Datensatz verringert. Der Parameter „XY-Auflösung“ wurde von 0,000125 m nach 0,01 m vergrößert. Dies ist ein Mindestabstand in der ArcGIS-Software von ESRI, der festlegt, ab welcher Distanz zwei nebeneinanderliegende Stützpunkte mit denselben Koordinatenwerten abgespeichert werden (Flacke et al. 2015). Zusätzlich wurde die „XY-Toleranz“ erhöht (von 0,002 m nach 0,1 m). Befindet sich ein Stützpunkt im Toleranzbereich eines anderen werden beide Stützpunkte bei der Verarbeitung der Daten als deckungsgleich betrachtet (Flacke et al. 2015). Diese Anpassung kann in einigen Bereichen zu einer minimalen Vergrößerung in anderen Bereichen zu einer geringfügigen Verkleinerung der Flächen führen.

## 5 Schlussfolgerungen und weitere Entwicklungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, methodisch-bedingte Flächenveränderungen der Landbedeckungsmodell (LBM-DE) – Zeitschnitte von 2012 bis 2018 können folgende Ursachen haben: ungenaue oder zu ungünstigen Zeitpunkten aufgenommene Satellitenbilder erschwerten die Unterscheidung zwischen natürlichem Grünland sowie Wiesen und Weiden. Die Differenzierung der Waldtypen wurde durch zunehmend genauere Satellitenbilder verbessert. Im Zeitschnitt 2018 wurden Kleinstflächen entfernt – u. a. mit Auswirkungen auf die Wasserfläche der Standgewässer. Schließlich führte eine Umstellung in der Koordinatenablage ab 2015 zu einer Verringerung der Lagegenauigkeit, was sich geringfügig auf die Änderung einiger Flächensummen ausgewirkt haben könnte.

Im Jahr 2020 plant das BKG, einige der beschriebenen Anpassungen auch auf die älteren Zeitschnitte 2012 und 2015 anzuwenden, um die Vergleichbarkeit der drei Datensätze zu erhöhen. Zusätzlich soll der Zeitschnitt 2018 (bisher mit Bilddaten von 2017) auf den Stand des Jahres 2018 gebracht werden. Vor diesem Hintergrund wird eine Verbesserung des LBM-DE für Monitoring-Aufgaben erwartet. Für zukünftige Zeitschnitte will das BKG auf größere methodische Umstellungen verzichten. Zusätzlich liegt die Erstellung des LBM-DE seit dem Zeitschnitt 2018 komplett in den Händen des BKG, was sich positiv auf die Bereitstellungszeit auswirkt.

Es wäre hilfreich, zukünftig in der Dokumentation des LBM-DEs methodische Änderungen und deren mögliche Effekte auf die Flächengrößenentwicklungen anzugeben. Zusätzlich könnte auf mögliche Unschärfen bei der Differenzierung von CLC-Klassen hingewiesen werden, bei denen eine Aggregation von CLC-Klassen z. B. in U-ÖST oder H-ÖST zu empfehlen wäre. Dies beträfe z. B. die Wälder, da sich die CLC-Wald-Typen nicht sicher mittels Fernerkundungsdaten voneinander unterscheiden lassen. Ein Änderungsattribut zur Unterscheidung von tatsächlichen und methodischen Änderungen, die das BKG nach Anfrage für den Zeitschnitt 2018 nachgeliefert hat (Meinel, Reiter 2019), könnte für zukünftige Auswertungen weiterhin ein wichtiges Element darstellen. Ob ein

solches Attribut in zukünftigen Datensätzen angeboten wird, bestimmen die Nachfrage der Nutzer und die Kapazitäten des BKG.

Beim Monitoring muss ein Kompromiss gefunden werden zwischen der Handhabbarkeit der Daten und ihrer Auflösung. Eine möglicherweise unnötig hohe Genauigkeit kann zu langen Rechenzeiten, hohem Speicherbedarf sowie erhöhter Fehleranfälligkeit der GIS-Algorithmen führen, was u. a. die Verringerung der Mindestkartierfläche auf 1 ha rechtfertigen würde. Darüber hinaus bietet das BKG ein kostenfreies CLC-Produkt mit 5 ha Mindestfläche auf Polygonebene (CLC5) für die Zeitschnitte 2012, 2015 und 2018 an. Hier liegen generalisierte LBM-DE-Daten zugrunde, welche hinsichtlich methodischer Änderungen bereinigt wurden und insgesamt leichter zu verarbeiten sind. Zusätzlich wird ein Datensatz mit tatsächlichen Änderungen zum vorherigen Zeitschnitt mitgeliefert (BKG 2019b). Der CLC5-Datensatz erscheint aus der Perspektive einer Ökosystembilanzierung jedoch zu grob, denn hier sind insbesondere kleine wertvolle ökologische Strukturen relevant, die bundesweit eine relativ hohe Flächensumme erreichen können (siehe gelöschte Teiche, Abschnitt 4.3). Daher bietet es sich an, das LBM-DE mit schmalen Fließgewässern, Hecken oder anderen wertvollen Biotopen z. B. aus dem ATKIS Basis-DLM für eine Ökosystembilanzierung anzureichern (Grunewald et al. 2020).

## Danksagung

Dieser Beitrag wäre nicht möglich gewesen ohne die umfassenden Hinweise und Auswertungen von Friederike Emig und Christine Wende vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, wofür die Autoren herzlich danken. Das Vorhaben wurde gefördert vom Bundesamt für Naturschutz.

## 6 Literatur

- Arnold, S. (2012): Differenzierte Freirauminformationen durch Fernerkundung – Das digitale Landbedeckungsmodell DLM-DE und Integrationsmöglichkeiten in das ATKIS Basis-DLM. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring IV. Genauere Daten – informierte Akteure – praktisches Handeln, Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 60: 55-62.
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012): Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland. DLM-DE2009. Frankfurt (Main).
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2016): Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE 2012. Frankfurt (Main).
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2017): Verwaltungsgebiete 1:25.000 (VG25) zum Gebietsstand von Deutschland vom 31.12.2016. Frankfurt (Main).
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2018): Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE 2015. Frankfurt (Main).

- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2019a): Dokumentation Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE 2018. Frankfurt (Main).
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2019b): Dokumentation CORINE Land Cover 5 ha CLC5 (2018). Frankfurt (Main).
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Waldinventur.  
<https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/bundeswaldinventur3.html> (Zugriff: 30.06.2020).
- EU-Kommission (2011): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020. Brüssel.
- Flacke, W.; Dietrich, M.; Griwodz, U.; Thomsen, B. (2015): Koordinatensysteme in Arc-GIS. Praxis der Transformationen und Projektionen. Berlin, Offenbach: Wichmann.
- 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.
- Hovenbitzer, M.; Emig, F.; Happe, K.; Wende, C. (2015): Das neue Landbedeckungsmodell Deutschlands LBM-DE. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 67: 145-154.
- Keil, M.; Esch, T.; Divanis, A.; Marconcini, M.; Metz, A.; Ottinger, M.; Voinov, S.; Wiesner, M.; Wurm, M.; Zeidler, J. (2015): Aktualisierung der Landnutzungs- und Landbedeckungsdaten CLC für das Jahr 2012 – „Backdating“ des DLM-DE vom Referenzjahr 2009 zurück auf das Jahr 2006. Texte 36/2015. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Kosztra, B.; Büttner, G.; Hazeu, H.; Arnold, S. (2019): Updated CLC illustrated nomenclature guidelines. Updated by 10/05/2019. Wien: European Environment Agency (EEA/ETC/ULS).
- Kunze, W. (2012): Quo Vadis ATKIS, Perspektiven zur GeoInfoDok 7. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring IV. Genauere Daten – informierte Akteure – praktisches Handeln. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 60: 63-69.
- Meinel, G.; Reiter, D. (2019): Nutzung des Landbedeckungsmodells LBM-DE für das Flächenmonitoring – Bewertung und Ergebnisse. In: Meinel, G.; Schumacher U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77: 169-179.
- Schumacher, U.; Meinel, G. (2009): ATKIS, ALK(IS), Orthobild – Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker, 47-67.



# Datengrundlagen für einen Biodiversitätsflächenindikator auf Bundesebene

*Burkhard Schweppe-Kraft, Ralf-Uwe Syrbe, Sophie Meier, Karsten Grunewald*

## Zusammenfassung

Die Leistung der Ökosysteme zur Erhaltung der biologischen Vielfalt soll als Teil der umweltökonomischen Gesamtrechnung erhoben, bewertet und messbar gemacht werden. Ein Monitoring räumlich expliziter Ökosystembilanzen ermöglicht politische und fachliche Schlussfolgerungen, die ggf. Qualitätsverluste anzeigen und Gegenmaßnahmen begründen können. Als Beobachtungsgröße zu Zustand und Leistungen der Ökosysteme wurde ein Biodiversitätsflächenindikator entwickelt, dessen Datengrundlagen in diesem Beitrag vorgestellt werden. Der Indikator verwendet ein hierarchisches System der Ökosystemklassifizierung und -zuordnung, deren Veränderungen regelmäßig bundesweit beobachtet werden. Dafür genutzt wird eine Kombination aus wiederholt aktualisierten, flächenhaften Landbedeckungsdaten mit nicht flächenkonkreten oder zeitlich bzw. räumlich diskontinuierlich verfügbaren Fachdaten zu den Eigenschaften der Ökosysteme. Diese Datenkombination erlaubt eine vergleichende Bewertung des bundesdeutschen Ökosysteminventars in Fläche und Qualität. Der vorgeschlagene Indikator nutzt kardinale Biotopwertpunkte der Bundeskompensationsverordnung. Die Biotoptypen werden abgeleitet aus dem Landbedeckungsmodell Deutschland und präzisiert durch Fachinformationen aus der Berichterstattung zur EU wie NATURA 2000, Wasser-Rahmenrichtlinie und landwirtschaftlich genutzten Flächen mit hohem Naturschutzwert sowie mithilfe statistischer Flächenerhebungen und der Bundeswaldinventur. Aufgrund der Anwendung von Biotopwertpunkten kann auch eine monetäre Bewertung durchgeführt werden, die auf durchschnittlichen Kosten zur Entwicklung von Biotopen basiert.

**Schlagnvorte:** Ökosystem, Lebensraumtypen, Biotopwerte, Landbedeckungsmodell, Naturkapital

## 1 Einführung

Der hier vorgestellte Indikator ist im Rahmen eines Pilotprojektes<sup>1</sup> des Bundesamtes für Naturschutz zur Entwicklung von Ökosystembilanzen erarbeitet worden. Ökosystembilanzen sollen zukünftig regelmäßiger Bestandteil der Umweltgesamtrechnung werden. Durch die Erfassung und Bilanzierung des Naturkapitals parallel zur Erfassung vom Mensch-gemachten Kapitalbestand und Güterflüssen soll die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung erweitert werden. Auch heute bereits werden Leistungen der Natur

<sup>1</sup> Integration von Ökosystemen und Ökosystemleistungen in die Umweltökonomische Gesamtrechnung. Theoretische Rahmenbedingungen und methodische Grundlagen.

in Teilen der Umweltgesamtrechnung und der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung berücksichtigt, z. B. in der Waldgesamtrechnung (Thünen-Institut 2020b) oder der landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (BMEL 2020). Der Wert der Natur als eigenständiger Produktionsfaktor wird hierbei aber in der Regel nicht deutlich. Außerdem werden im Wesentlichen nur jene Leistungen erfasst, die auf Märkten gehandelt werden. Die Bilanzierung von Ökosystemleistungen soll auch solche Leistungen der Natur erfassen und nach Möglichkeit monetär bewerten, die ohne eine Vermittlung über Märkte der Gesellschaft zugutekommen.

Die Veranlassung zu einer solchen Bilanzierung erwächst unter anderem aus internationalen Vereinbarungen: sowohl die Aichi-Targets der Konvention für die biologische Vielfalt (CBD 2010, Ziel 2) als auch die europäische Biodiversitätsstrategie für 2020 (Ziel 2, Maßnahme 5) fordern von den Nationalstaaten, Ökosystembilanzen zu entwickeln, um Wert und Leistungen der Natur systematisch und umfassend in die volkswirtschaftlichen Rechnungssysteme zu integrieren.

Methodische Hinweise dafür, was unter dem Begriff Ökosystemleistungen im Rahmen der Umweltgesamtrechnung zu verstehen ist und wie Ökosystembilanzen aufgestellt werden sollen, finden sich in der Common International Classification for Ecosystem Services der Europäischen Umweltagentur EEA (2020) und im System for Environmental-Economic Accounts – Experimental Ecosystem Accounts (UN SEEA EEA 2017), das unter dem Dach der Vereinten Nationen entwickelt wurde. Derzeit befinden sich die Vorschläge für die EEA in Revision. Bis 2021 soll ein international verbindlicher Standard für Ökosystem-Bilanzen entwickelt werden.

Die Leistungen der Ökosysteme zur Erhaltung der biologischen Vielfalt werden nach der Common International Classification for Ecosystem Services in die Kategorien Versorgungs-, Regulations- und kulturelle Leistungen eingeteilt (CICES 5.1, EEA 2020). CICES definiert zwei kulturelle Ökosystemleistungen, an die der hier entwickelte Indikator anknüpft: „Merkmale oder Eigenschaften lebender Systeme, die einen Existenzwert“ (Klasse 3.2.2.1) oder einen „Vermächtniswert“ (3.2.2.2) haben. Eine alleinige Fokussierung auf Wildnis, gefährdete Arten und Lebensräume im Sinne der Roten Listen ist dafür nicht zielführend, denn viele Menschen wünschen sich auch die Erhaltung von Arten, die nicht auf Roten Listen stehen. Die Existenz- und Vermächtniswerte der Natur werden also hier breiter gefasst, nämlich im Sinne der internationalen Konvention über die biologische Vielfalt oder des Bundesnaturschutzgesetzes. Beides sind auf demokratischen Prozessen aufbauende gesellschaftlich gültige Regelungen, welche die Präferenzen der Gesellschaft kennzeichnen. Was bei den Bürgern eine positive Präferenz hat, ist im ökonomischen Sinne ein Gut. Wenn dieses Gut von der Natur zur Verfügung gestellt wird, ist es deren ökonomische Leistung.

Viele Ökosystemleistungen lassen sich nur messen, wenn man die Anzahl der Nutznießer dieser Leistungen und den Nutzen selbst quantifizieren kann. Ohne eine relativ kleinteilige räumliche Modellierung ist dies sehr schwierig. Beispiele hierfür sind die klimatische Wirkung von Stadtgrün, die Hochwasserminderung in Auen, landschaftsgebundene Naherholung oder Bestäubungsleistungen. Durch eine möglichst detaillierte räumlich explizite Verarbeitung soll auch eine Analyse von Synergien oder des Konfliktpotenzials zwischen Nutzungen und verschiedenen Ökosystemleistungen ermöglicht werden, z. B. zwischen Landwirtschaft und Trinkwassergewinnung oder Bestäubung und Artenschutz.

Zur Umsetzung werden keine neuen Erhebungen zur Biodiversität verwendet, sondern Daten, die aus bereits bestehenden regelmäßig durchgeführten Untersuchungsprogrammen bundesweit vergleichbar vorliegen. Aufgrund der beiden zuletzt genannten Kriterien „regelmäßig“ und „bundesweit vergleichbar“ wurde zum jetzigen Zeitpunkt darauf verzichtet, die Biotopkartierungen oder andere Spezialdaten der Bundesländer in die Methodik einzubeziehen.

## **2 Flächenhafte Datengrundlage für die räumlich explizite Darstellung von Ökosystemen**

Die räumlich explizite Darstellung von Ökosystemen und ihren Leistungen für die biologische Vielfalt erfolgt auf der Grundlage des vom BKG bereitgestellten „Landbedeckungsmodell Deutschland“ LBM-DE (BKG 2019). Dieser Datensatz kennzeichnet Landnutzung und Landbedeckung mithilfe der dreistelligen Klassifikation des europäischen Systems CORINE Landcover (CLC, UBA 2020a), die allerdings in einer höheren räumlichen Auflösung von mindestens 1 ha alle drei Jahre fortgeschrieben wird (frei verfügbar mit 5 ha Auflösung beim BKG). Dies sind für Deutschland 35 verschiedene Ökosystemtypen, wie z. B. Salzwiesen, Ackerland oder Wald, welche eine Synthese aus Landbedeckungs- und Nutzungstypen darstellen. Im geringer aufgelösten CLC-Datensatz (CLC25), der aus dem LBM-DE abgeleitet wird, kommen noch die Mischklassen 242 und 243 dazu (Hovenbitzer et al. 2015). Die dreistelligen CLC-Klassen wurden zur vereinfachten Kommunikation mit Entscheidungsträgern noch einmal zu fünf Haupt- und 14 Unter-Ökosystemtypen zusammengefasst (Grunewald et al. 2020, Abb. 5).

Der flächenhaft (also durch Polygone) kartierte Datensatz des LBM-DE wurde um bestimmte linienhafte Elemente erweitert, die eine hohe Relevanz für die biologische Vielfalt oder für die Fragmentierung der Landschaft haben. Kleinere Fließgewässer, Hecken, Baumreihen, Steinrücken, Mauern und linienhafte Felsstrukturen, aber auch Straßen und Bahnlinien wurden aus dem Amtlichen Topographischen Informationssystem ATKIS ausgewählt und im GIS durch das Buffer-Werkzeug (Breitenangaben auf der Grundlage der Angaben in ATKIS) zu Polygonen überführt und in den LBM-DE-Datensatz integriert.

Eine weitere Differenzierung bzw. fachliche Unterlegung von LBM-DE wäre überall dort möglich, wo deutschlandweit räumlich-explizite Daten vorhanden sind, die eine zusätzliche Differenzierung eines Ökosystems hinsichtlich seiner Leistung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt erlauben. Diese Voraussetzung ist bei den Gewässern erster Ordnung gegeben, die hinsichtlich ihres ökologischen Zustandes nach der EU-Wasser-rahmenrichtlinie (WRRL) eingestuft sind und bei den Lebensraumtypen nach NATURA 2000, wo eine Einstufung nach Erhaltungszustand existiert. Geplant ist auch eine weitere Differenzierung von Laub-, Nadel- und Mischwäldern abhängig von der potenziellen natürlichen Vegetation. Aktuell sind diese drei weiteren räumlich expliziten Differenzierungen unterhalb der CLC-Klassen noch nicht umgesetzt.

Bei der Berechnung der bundesweiten Werte wurde berücksichtigt, dass sowohl der ATKIS-Datensatz als auch die amtliche Statistik realistischere Werte als das LBM-DE enthalten können. Darauf aufbauend wurden in wenigen Einzelfällen Zu- bzw. Abschläge bei den Flächensummen nach LBM-DE vorgenommen, ohne dass sich dabei Inkonsistenzen bei der Berechnung der Gesamtfläche Deutschlands ergaben. Dieses Vorgehen hat zur Folge, dass ein allein auf Basis von LBM-DE berechneter Wert für die Leistungen aller Ökosysteme von dem des hier vorgestellten Indikators leicht abweicht (Meier et al. in diesem Band). Allerdings sind die Abweichungen minimal und im fachlichen Sinne vertretbar.

### 3 Fachdaten zur weiteren Differenzierung

Die LBM-DE Ökosystem- bzw. Landbeckungsklassen sagen bereits einiges über die Bedeutung der jeweiligen Fläche zur Erhaltung der biologischen Vielfalt aus, bleiben aber aus fachlicher Sicht an der Oberfläche. Zusätzlich ist daher eine Vielzahl von Fachdatenbanken und -bewertungen auf ihre Integrationsfähigkeit getestet worden, die deutschlandweit vergleichbare Daten für eine genauere Einschätzung liefern können.

Neben dem LBM-DE (und den integrierten ATKIS-Daten) wurden hierzu verwendet:

- FFH-Daten aus der Berichterstattung zu NATURA 2000 (BfN 2020a),
- Daten aus der Berichterstattung zur Wasserrahmenrichtlinie (UBA 2020b),
- die Kartierung von landwirtschaftlich genutzten Flächen mit hohem Naturschutzwert (HNV-Kartierung, BfN 2020b),
- Daten des Statistischen Bundesamtes zur Landnutzung und zu den verschiedenen Arten der landwirtschaftlichen Bodennutzung (Destatis 2020 a, b) und
- die Bundeswaldinventur (Thünen 2020a).

Auf der Grundlage dieser Quellen wurden Werte für etwa 300 verschiedene Ökosystemtypen bzw. Zustandsklassen von Ökosystemtypen fixiert, die das gesamte Bundesgebiet abdecken. Sie wurden jeweils bestimmten CLC-Typen aus dem LBM-DE zugeordnet (Grunewald et al. 2020). In Abbildung 1 wird das Verfahren am Beispiel des CLC-Typs 322 „Heiden und Moorheiden“ dargestellt. Diesem werden in einem ersten Schritt die hierzu passenden FFH-Lebensraumtypen und zusätzlich die hochgerechneten Flächen für Bäume und Baumreihen sowie Hecken und Gehölze aus der HNV-Kartierung zugeordnet. Für die letztgenannten Flächen gibt es keinen eigenen CLC-Typ, sodass sie dem ähnlichsten Typ zuordnet werden mussten. Die Summe aus FFH- und HNV-Flächen ist größer als die Fläche des Typs CLC-322 im LBM-DE, sodass der Überhang einem anderen passenden CLC-Typ zugeordnet werden musste. In diesem Fall ist dies die CLC-Klasse 324 „Wald-Strauch-Übergangsstadien“. Sowohl für die FFH-Lebensraumtypen als auch die HNV-Biotop gibt es aufgrund der jeweiligen Fachbewertungen verschiedene Zustandsklassen. Daran setzt eine kardinale Bewertung mit Biotopwerten an, die in Abbildung 1 dargestellt ist.

In die genannten Facherhebungen und -bewertungen der FFH- und Wasserrahmenrichtlinie, der HNV-Kartierung und der Bundeswaldinventur gehen Daten über Vorkommen und Abundanz von Arten ein. Der vorliegende Indikator für die Leistung der Ökosysteme zur Erhaltung der biologischen Vielfalt besteht deshalb nicht nur aus einer Bewertung von Nutzungstypen. Er reflektiert durch die genannten Fachdaten auch Artenerhebungen. Im terrestrischen Bereich sind dies vorwiegend Pflanzenarten. Deren Zusammensetzung lässt jedoch, verbunden mit strukturellen Elementen, auch generelle Schlüsse auf die Lebensraumeignung für Tierarten zu.

Die unterschiedlichen, in den genannten Fachdaten verwendeten relativen Zustandsbewertungen (Infokasten 1) gelten jeweils nur für einen Ökosystemtyp bzw. eine einzelne Gruppe von Ökosystemtypen. Sie erlauben keinen Vergleich zwischen verschiedenen Ökosystemtypen. Das Ziel dieser Studie war es jedoch, ein System zu entwickeln und zu testen, das eine Aussage darüber erlaubt, ob die Leistungen der Ökosysteme für die biologische Vielfalt insgesamt steigen oder fallen. Dazu bedarf es zusätzlich eines Bewertungssystems, das einen Vergleich zwischen unterschiedlichen Ökosystemtypen ermöglicht.



Infokasten 1: Ordinale Zustandsklassen in den verwendeten Datengrundlagen  
(Quelle: eigene Darstellung)

FFH (NATURA2000-Habitats): günstiger, ungünstig-unzureichender, ungünstig-schlechter Erhaltungszustand  
 HNV (wertvolle Biotope in der Agrarlandschaft): äußerst hoher, sehr hoher, mäßig hoher Naturwert  
 WRRL (Bewertung von Gewässern nach der Wasserrahmenrichtlinie): sehr guter, guter, mäßiger, unbefriedigender, schlechter ökologischer Zustand oder ökologisches Potenzial  
 BWI (Bundeswaldinventur): sehr naturnahe, naturnahe, bedingt naturnahe, kulturbetonte und kulturbestimmte Baumartenzusammensetzung (hier zusätzlich noch mit der Bewertung der Altersstufe kombiniert)

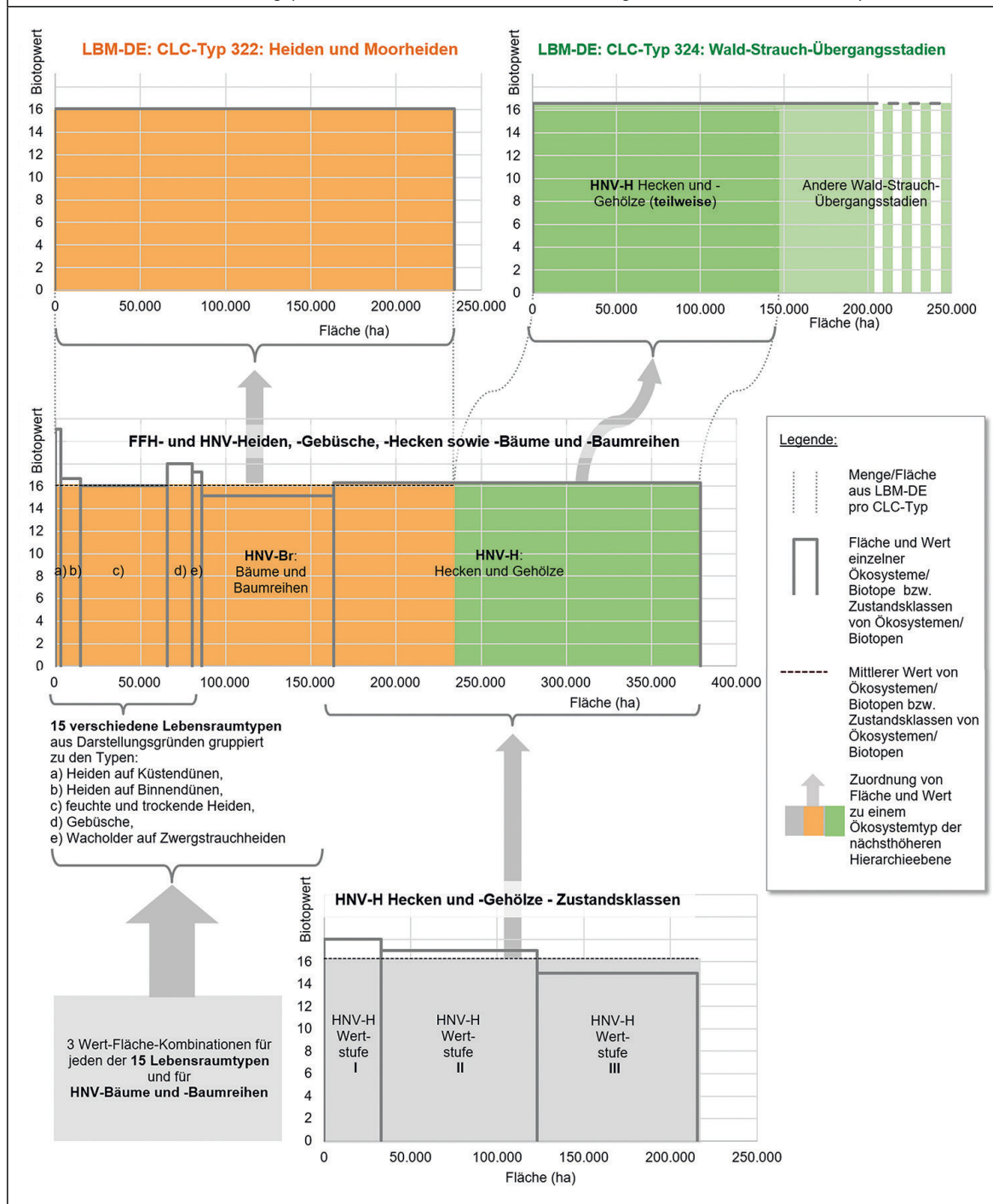


Abb. 1: Zuordnung und Integration von Fachdaten und Fachbewertungen in die CLC-Klassen – Beispiel CLC-Typ 322, Heiden und Moorheiden (Quelle: eigene Darstellung)



## 4 Verwendung von Biotopwertpunkten als Indikator und Grundlage für ein aufbauendes Bewertungssystem

Als Grundlage für die ökosystemübergreifende Bewertung wurden „Biotopwertpunkte“ verwendet. Biotopwertpunkte berücksichtigen Merkmale wie Natürlichkeit, Alter, das Vorkommen gefährdeter Arten und die Gefährdung des Ökosystems selbst. Sie werden in Deutschland häufig eingesetzt, um bei Eingriffen in Natur und Landschaft zu ermitteln, ob der Eingriff durch die Aufwertung oder Neuschaffung anderer Lebensräume ausgeglichen wurde. Biotopwertpunkte können als fachlich begründete Austauschwerte für Ökosysteme angesehen werden und haben eine Preis-ähnliche Funktion, allerdings auf einer nicht-monetären Skala.

Angewandt wurde die Biotopwertliste nach Mengel et al. (2018), die für die Bundeskompensationsverordnung (BKompV) entwickelt und zwischenzeitlich vor allem im Bereich der Küsten und Meere weiter ausdifferenziert wurde. Die Liste von 2018 definiert Biotopwertpunkte für ca. 500 verschiedene Ökosystemtypen. Die Bewertungen reichen von 0 (versiegelte Flächen) bis 24 (intakte Moore, alte naturnahe Wälder). Die aufgeführten Punkte gelten als Mittelwerte, die um maximal drei Punkte erhöht oder verringert werden können, um spezifische Zustände zu berücksichtigen.

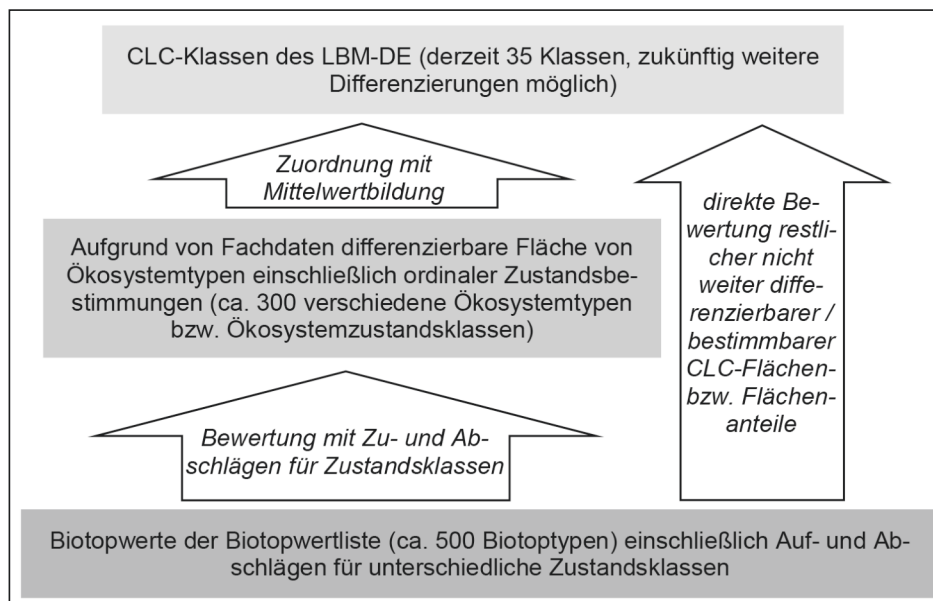


Abb. 2: Verknüpfung von Biotopwerten mit Fachdaten und Aggregation zu bewerteten CLC-Klassen (Quelle: eigene Abbildung)

Die Werte aus dieser Liste wurden jedem der oben genannten ca. 300 verschiedenen Ökosystemtypen bzw. Zustandsklassen von Ökosystemtypen zugeordnet, die auf der Grundlage von LBM-DE-Daten und Facherhebungen hinsichtlich ihrer Flächengröße (für Deutschland) bestimmt werden konnten. Die genannten Abschläge und Zuschläge wurden verwendet, um unterschiedliche Zustandsklassen zu bewerten, falls die Biotopwertliste nicht bereits selbst passende Zustandsklassen enthielt.

Im Ergebnis entstand ein dreistufiges System (Abb. 2) von Wert- und Flächenzuweisungen, ausgehend von derzeit ca. 500 Biotoptypen der Biotopwertliste über die 300 verschiedenen Ökosystem- bzw. Ökosystemzustandsklassen für die deutschlandweite Flächenangaben möglich sind, bis hin zu den CLC-Typen und weiteren potenziell räumlich explizit darstellbaren Untertypen.

### 5 Ergebnisse der Biotopwerte – Summe und Entwicklung nach Hauptökosystemtypen

Abbildung 3 stellt die Beiträge der fünf Hauptökosystemtypen zur Gesamtzahl der Biotopwertpunkte dar, die unter Nutzung der verschiedenen Fachbewertungen (FFH, WRRL etc.) als flächenbasierter Indikator für den Beitrag der verschiedenen Ökosysteme für die biologische Vielfalt verwendet werden.

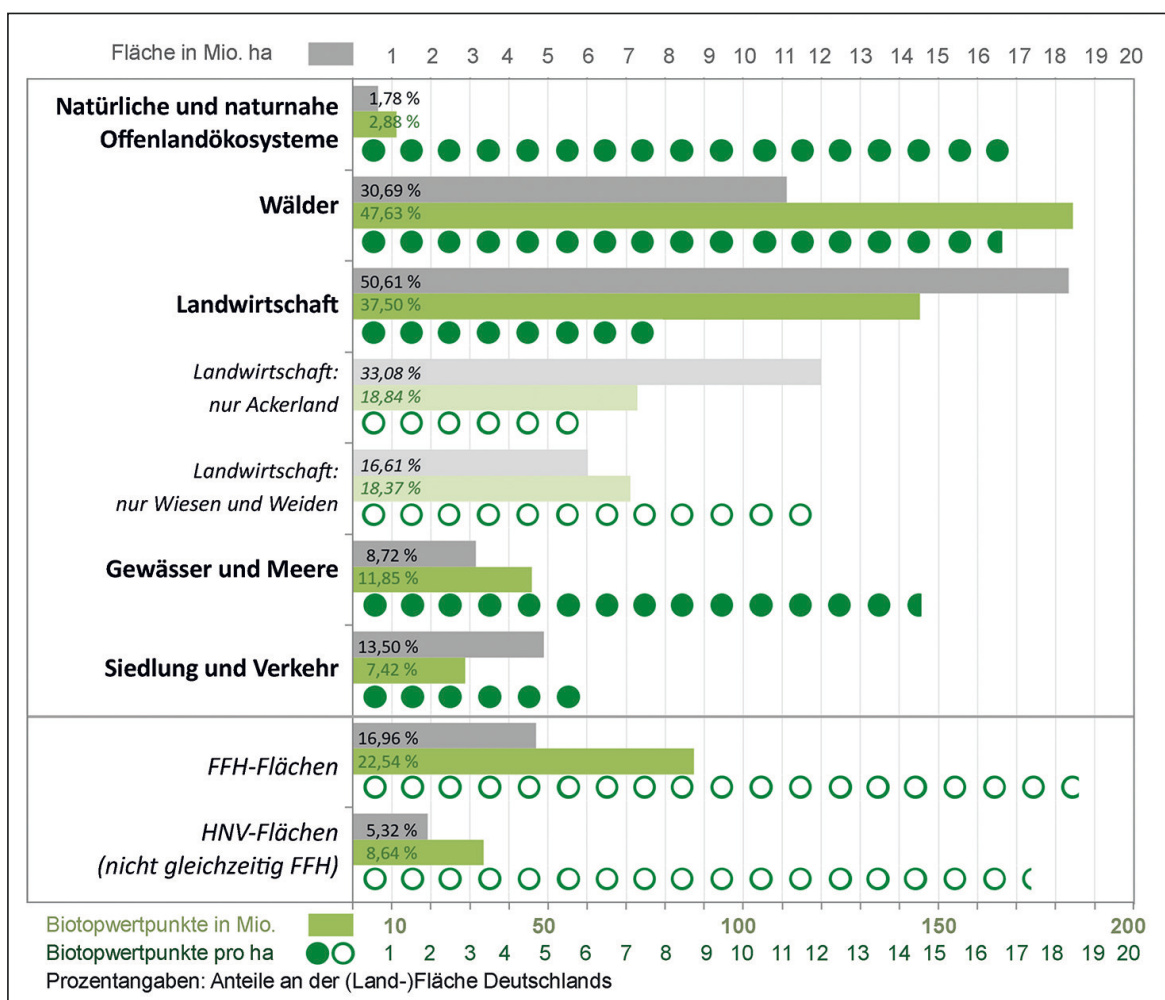


Abb. 3: Anteil der Hauptökosysteme sowie der FFH- und HNV-Biotope an der Fläche und der Summe der Biotopwertpunkte Deutschlands (Quelle: eigene Darstellung)

Die Anteile sind auf die terrestrische Fläche bezogen und addieren sich deshalb mit den marinen Flächen auf 105 %.

Den höchsten Beitrag zur Summe der Biotopwertpunkte erbringen mit 47,6 % die Wälder bei einem Flächenanteil von 30,7 %. Landwirtschaftlich genutzte Flächen (ohne nicht-landwirtschaftlich genutzte HNV-Flächen) kommen bei einem Flächenanteil von 50,6 % immerhin auf einen Anteil an den Biotopwertpunkten von 37,5 %, wobei die Hälfte davon auf Wiesen und Weiden zurückgehen, die nur ca. ein Drittel der landwirtschaftlichen Flächen einnehmen. Extra dargestellt sind die naturschutzfachlich besonders wertvollen FFH- und HNV-Flächen, die den überwiegenden Anteil des Hauptökosystemtyps „naturnahe Offenlandbiotope“ ausmachen, aber mit ihrem größeren Anteil den Wäldern, Gewässern und landwirtschaftlich genutzten Flächen zugeordnet sind. Sie erbringen auf nur 18,3 % der Fläche 31,2 % der Biotopwertpunkte.

## 6 Fazit

### 6.1 Zielerreichung und Weiterentwicklungsmöglichkeiten

In der Studie wurde erstmals ein System entwickelt, dass auf bestehender Datengrundlage durch Integration verschiedener Fachdaten eine fortschreibungsfähige flächendeckende Erfassung der Leistungen der Ökosysteme zur Erhaltung der biologischen Vielfalt ermöglicht. Aufbauend auf dem System der Biotopwertpunkte, das eine Art Währung für den Vergleich und den Austausch unterschiedlicher Biotope darstellt, kann die Leistung für die biologische Vielfalt – falls gewünscht – in einer einzigen Zahl ausgedrückt werden. Durch eine Verknüpfung mit durchschnittlichen Herstellungskosten pro Biotopwertpunkt ist zukünftig auch eine monetäre Bewertung dieser Leistung möglich (Schweppe-Kraft 2009).

Das Ergebnis der Studie zeigt, dass ein solches ökologisch-ökonomisches Bewertungssystem machbar ist. Es ist anzunehmen, dass sich noch bestehende Lücken in den Datengrundlagen u. a. im Bereich weniger wertvoller Biotope in Zukunft durch Einführung des Ökosystem-Monitorings (BfN 2020c) vermindern lassen. Verbunden hiermit sollten Wege gesucht werden, die sehr langen Erhebungsintervalle bei den WRRL-, FFH- und BWI-Daten (6 bzw. 10 Jahre) zwischenzeitlich durch die Erfassung wichtiger Teilindikatoren zu überbrücken. Von den drei gerade genannten Datenquellen konnten aufgrund der Erhebungsintervalle nur bei den FFH-Daten zwei Zeitschnitte verwendet werden. In Zukunft sollten weitere Datenerhebungen und -bestände berücksichtigt werden, auch wenn das verwendete Biotoppunktesystem noch keine Anknüpfungspunkte bietet. Hierzu gehört beispielsweise die Erfassung der Totholzbestände in der BWI oder eine Integration des Vogelmonitorings.

## 6.2 Anschlussfähigkeit an statistische Standards

Das Ziel, Leistungen für die Erhaltung der biologischen Vielfalt zu quantifizieren, ähnelt sehr stark einer sogenannten Biodiversitätsbilanzierung, die im SEEA-EEA (s. Einleitung) als thematische Bilanz vorgesehen ist. Bekannte Systeme für eine solche Biodiversitätsbilanzierung sind der Natural-Capital-Index (NCI) aus den Niederlanden (ten Brink 2007) und der Nature-Index (NI) aus Norwegen (Pedersen et al. 2016). Die Orientierung auf expertenbasierte Einschätzungen (der Biotopwerte), steht der Nutzung in statistischen Systemen nicht entgegen. Auch andere nationale Indizes (s. o.) verwenden Experteneinschätzungen, entweder als Datengrundlage oder als Gewichtungsfaktoren zwischen den Einzelindizes. Als Vorteil kann gesehen werden, dass die Biotopwertpunkte in Deutschland als Regeln für staatliches Handeln normiert wurden, wodurch sie gesellschaftlich legitimiert sind. Auch die Verwendung von Daten aus den europäischen Berichtssystemen kommt der Forderung nach Konsistenz und internationaler Abstimmung entgegen.

Wie stark sich verbleibende Datenunsicherheiten auf die Bewertung der Ökosysteme auswirken, sollte noch im Einzelnen überprüft werden. Insgesamt sollte die Einbeziehung unabhängig voneinander erhobener Datenbestände dazu beitragen, die Fehleranfälligkeit des Systems zu verringern. Auf jeden Fall dürfte es zur Akzeptanz des entwickelten Indikators als statistische Kennziffer beitragen, die Kriterien und Gewichtungen, die hinter den Biotopbewertungen stehen, transparent zu machen.

## 7 Literatur

- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2020a): Nationaler Bericht 2019 gemäß FFH-Richtlinie. Bundesamt für Naturschutz.  
<https://www.bfn.de/themen/natura-2000/berichte-monitoring/nationaler-ffh-bericht.html> (Zugriff: 24.03.2020).
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2020b): High Nature Value Farmland-Indikator – Ein Indikator für Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert in Deutschland.  
<https://www.bfn.de/themen/monitoring/monitoring-von-landwirtschaftsflaechen-mit-hohem-naturwert.html> (Zugriff: 24.03.2020).
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2020c): Ökosystem-Monitoring.  
<https://www.bfn.de/themen/monitoring/oekosystem-monitoring.html> (Zugriff: 25.06.2020).
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2019): Dokumentation. Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland. LBM-DE2018. Stand: 15.2.2019, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Frankfurt (Main), 61 S.
- BMEL – Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (2020): Landwirtschaftliche Gesamtrechnung.  
<https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/landwirtschaftliche-gesamtrechnung/> (Zugriff: 25.06.2020).

- CBD – Convention on Biological Diversity (2010): Strategic plan for biodiversity 2011-2020. [www.cbd.int/sp](http://www.cbd.int/sp) (Zugriff: 18.03.2019).
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2020a): Genesis-Online Datenbank: 33111 Flächen-erhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=themes&levelindex=0&levelid=1585082414828&code=33#abreadcrumb> (Zugriff: 30.06.2020).
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2020b): Genesis-Online Datenbank: 41271 Boden-nutzungshaupterhebung. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=themes&levelindex=0&levelid=1585083058992&code=41#abreadcrumb> (Zugriff: 30.06.2020).
- EEA – European Environmental Agency) (2020): CICES – Towards a common classifica-tion for ecosystem services. <https://cices.eu/> (Zugriff: 24.03.2020).
- EU – Europäische Union (2011): Die Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union/Europäischen Kommission. Biodiversität, Dezember 2011 (DE).
- 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. <https://doi.org/10.3897/oneeco.5.e50648>
- Hovenbitzer, M.; Emig, F.; Happe, K.; Wende, C. (2015): Das neue Landbedeckungsmodell Deutschlands LBM-DE. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 67: 145-154.
- Mengel, A.; Müller-Pfannenstiel, K.; Schwarzer, M.; Wulfert, K.; Strohtmann, T.; von Haaren, C.; Galler, C.; Wickert, J.; Pieck, S.; Borkenhagen, J. (2018): Methodik der Eingriffsregelung im bundesweiten Vergleich. Bundesamt für Naturschutz, Natur-schutz und Biologische Vielfalt Heft 165.
- Pedersen, B.; Nybø, S.; Sæther, S. A. (Hrsg.) (2016): Nature Index for Norway 2015. Ecological framework, computational methods, database and information systems – NINA Report 1226. <https://brage.nina.no/nina-xmlui/handle/11250/2374610> (Zugriff: 01.07.2020).
- Schweppe-Kraft, B. (2009): Natural Capital in Germany – State and Valuation; with special reference to Biodiversity. In: Döring, R: Sustainability, natural capital and nature conservation. Marburg (Metropolis).
- ten Brink, B. (2007): The Natural Capital Index framework (NCI). Zusammenfassung für Beyond GDP, Internationale Konferenz, 19./20.11.2007, Brüssel. [https://ec.europa.eu/environment/beyond\\_gdp/download/factsheets/bgdp-ve-nci.pdf](https://ec.europa.eu/environment/beyond_gdp/download/factsheets/bgdp-ve-nci.pdf) (Zugriff: 01.07.2020).
- Thünen-Institut (2020a): Dritte Bundeswaldinventur 2012. <https://bwi.info/?lang=de> / Johann Heinrich von Thünen-Institut (Zugriff: 30.06.2020).

Thünen-Institut (2020b): Waldgesamtrechnung.

[https://www.thuenen.de/de/wf/zahlen-fakten/waldwirtschaft/waldgesamtrechnung-wgr/erweiterte-forstwirtschaftliche-gesamtrechnung/Johann Heinrich von Thünen-Institut](https://www.thuenen.de/de/wf/zahlen-fakten/waldwirtschaft/waldgesamtrechnung-wgr/erweiterte-forstwirtschaftliche-gesamtrechnung/Johann_Heinrich_von_Thuenen-Institut) (Zugriff: 25.06.2020).

UBA – Umweltbundesamt (2020a): CORINE Land Cover (CLC).

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/corine-land-cover-clc> (Zugriff: 13.07.2020).

UBA – Umweltbundesamt (2020b): Ökologischer Zustand der Fließgewässer.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/oekologischer-zustand-der-fliessgewaesser#oekologischer-zustand-der-flusse-und-bache> (Zugriff: 30.06.2020).

UN SEEA EEA (2017): System of Environmental-Economic Accounting – Experimental Ecosystem Accounting: Technical Recommendations. Final Draft. UNEP/UNSD/CBD.

[https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/Presentations/Training\\_China\\_2017/seea\\_eea\\_tech\\_rec\\_final\\_v3.2\\_16oct2017.pdf](https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/Presentations/Training_China_2017/seea_eea_tech_rec_final_v3.2_16oct2017.pdf) (Zugriff: 14.07.2020).



## **Verfahrensentwicklungen und Indikatoren**



# Strategische Anwendung von Nachhaltigkeitsindikatoren für die Siedlungsentwicklung im Stadt Umland Netzwerk

*Dominik Weiß, Jan Grade, Gottfried Lennartz, Andreas Toschki, Mirko Blinn*

## Zusammenfassung

Konkurrierende Flächenansprüche führen zu Veränderungen in der Landnutzung. Besonders offenkundig werden diese Entwicklungen in Großstädten und ihrem Umland. Gewerbliche und industrielle Tätigkeiten und die Wohnungsnachfrage sind dabei genauso Treiber der Landnutzungsveränderungen wie die Landwirtschaft und die Anforderungen an Umwelt- und Naturschutz. Beeinflusst werden diese Treiber u. a. durch sektorenspezifische Entwicklungstrends und rechtliche Regularien. Nicht selten stehen diese im Widerspruch zueinander und verstärken dadurch bestehende Landnutzungskonflikte. Zunehmende Zersiedlung, Verluste an bedeutsamen Natur- und Landschaftsräumen sowie die stetige Verkleinerung der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind die wesentlichen Folgen. Um den genannten Entwicklungen entgegenzuwirken, ist die interkommunale Abstimmung im stadtreionalen Kontext von großer Bedeutung. Aus diesem Grund haben sich der Rhein-Erft-Kreis und seine 10 Kommunen, zwei Kommunen aus dem Rhein-Kreis Neuss und die Stadt Köln zum Stadt Umland Netzwerk (S.U.N.) zusammengeschlossen. Unter dem Leitbild „zusammenWACHSEN“ sollen neue Siedlungsqualitäten entstehen, die eine nachhaltige Entwicklung der Stadtregion ermöglichen und die Bedürfnisse der Landwirtschaft aufgreifen. Ein wichtiger Baustein für eine bessere Nachhaltigkeit der regionalen Entwicklung ist dabei das gegenseitige Verständnis der jeweiligen Interessen und Ansprüche an die Raumqualität. Mithilfe eines regional abgestimmten Indikatorensets, das diese Interessen abbildet, werden aktuelle Strukturen und Entwicklungen sowie Planungsentwürfe für die Stadt-Land-Region auf unterschiedlichen Skalenebenen im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung bewertet.

**Schlagerworte:** Indikatoren, Flächennutzung, Nachhaltige Regionalentwicklung

## 1 Das Indikatorenset und sein Bezug zu den SDGs

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „Nachhaltiges Agri-Urbanes ZusammenWachsen (NACHWUCHS)“ wurde in einem transdisziplinären Prozess ein Set aus 20 Nachhaltigkeitsindikatoren für die S.U.N.-Region erarbeitet. Diese Indikatoren bilden das Thema der nachhaltigen Flächennutzung in vier Bereichen ab:

- Natur und Landschaft,
- Wohnen und Lebensqualität,

- Wirtschaft und Arbeiten,
- Landwirtschaft in der Stadtregion.

Diese Auswahl repräsentiert die wichtigsten Treiber der Landnutzung für die Region, die neben einem weiteren Bevölkerungswachstum auch einen wirtschaftlichen Strukturwandel durch die beschlossene Energiewende erwartet.

Die Akteure dieser vier Bereiche haben in den bevorstehenden Entwicklungsprozessen individuelle Interessen und bewerten die Qualität der Flächen nach unterschiedlichen Kriterien. „*Wachstum in Balance*“ ist ein Leitsatz, der für die regionale Entwicklung von besonderer Bedeutung ist (Region Köln/Bonn e.V. 2019).



Abb. 1: Motivation und Ziele des regionalspezifischen Indikatorensets (Quelle: Universität Bonn)

In erster Linie zielt die hier entwickelte Indikatorik darauf ab, eine Möglichkeit zu finden, mit der die Entwicklungspfade und Strategien zur Bewältigung des Siedlungsdrucks in der Wachstumsregion beurteilt werden können. Die große Herausforderung hierbei ist, dass die Qualitäten, die die S.U.N.-Region für ihre Bewohner und die ansässigen Unternehmen hat, erhalten und weiterentwickelt werden. Besonderer Wert wird dabei auf die Funktionen und Anforderungen der Landwirtschaft und ihrer Betriebe gelegt. Sie sollen bei der Siedlungsentwicklung in Zukunft stärker berücksichtigt werden.

Üblicherweise sind Nachhaltigkeitsindikatoren bestimmten Themen, Zielen oder Akteursgruppen zugeordnet (Kuhn, Burger o. J.; Bartke 2020). Die hier gewählte Einteilung nach Landnutzungsbereichen unterscheidet sich aber von den bekannten Kategorien und Zielen bei den vielfältigen Indikatorensystemen zur nachhaltigen Entwicklung (z. B. 3-Säulen/Dimensionen der Nachhaltigkeit, Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen (UN SDGs), New Urban Agenda (UN Habitat NUA), Leitbild der Nachhaltigen Europäischen Stadt (Leipzig Charta), Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (DNS), Bertelsmann-Monitor Nachhaltige Kommune/SDG-Indikatoren für Kommunen).

Mit der Konzentration auf die vier Flächennutzungsbereiche ist eben keine umfassende Bewertung aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche im Sinne der genannten globalen und nationalen Nachhaltigkeitskonzeptionen beabsichtigt. Dennoch werden mit diesen regional entwickelten Indikatoren wichtige Ziele und Grundsätze der Nachhaltigkeit berücksichtigt. Tatsächlich haben die entwickelten Nachhaltigkeitsindikatoren einen sehr deutlichen Bezug zu einigen SDGs.

Das Indikatorenset unterstützt generell die Bestrebungen zur Verstärkung einer nachhaltigen Siedlungsplanung. Auch konkrete Teilziele des SDG 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“ werden abgebildet. Der Indikator Erholungsmöglichkeiten misst den Zugang zu Grünflächen und Erholungsräumen und unterstützt das Teilziel „Inklusive und zugängliche Grünflächen und öffentliche Räume gewährleisten“. Umweltfreundliche Mobilität wird über einen Indikator der fußläufigen Nähe zu Haltestellen des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV-Erreichbarkeit) abgebildet, der sowohl für Siedlungen als auch Gewerbegebiete als Ziel vieler Berufspendler von Bedeutung ist.

Ebenso trägt das NACHWUCHS-Indikatorenset im Flächennutzungsbereich Landwirtschaft in der Stadtregion zur Bewertung des Ziels 2 „Kein Hunger“ bei. Die Indikatoren Bodenwertzahl, nutzbare Feldkapazität, Nahrungsmittelversorgung oder Ökologische



Abb. 2: Indikatoren der Nachhaltigen Flächennutzung in Flächennutzungsbereichen und relevante SDGs (Quelle: Universität Bonn)

Leistung machen die Themen Ernährungssicherheit in der Planung bewusst und zeigen an, inwieweit Landwirtschaft nachhaltig ausgerichtet ist. Über den Indikator Ökologische Leistung lassen sich auch Querbezüge zum Ziel 15 herstellen. Dabei geht es um Naturschutz und Artenvielfalt auf der regionalen Ebene. Konkret wird im Indikator Erhaltungszustand Leitarten die Qualität von Lebensräumen für relevante Leitarten abgebildet.

Das Ziel 3 „Gesundheit und Wohlergehen“ wird über die Indikatoren zur stadtnahen und landschaftsbezogenen Erholung untersetzt.

Letztlich ist aus dem Ziel 12 „Nachhaltiger Konsum und Produktion“ das Teilziel 12.2 „Verantwortungsvoller Umgang mit dem Verbrauch der Ressource Land“ ein wichtiges Thema. Das NACHWUCHS-Indikatorenset bietet geeignete Informationen und Bewertungsgrundlagen, um städtebauliche Entwürfe und Siedlungskonzeptionen zu beurteilen. So können gute Beispiele für flächensparende Siedlungsformen entwickelt werden. Ihre Umsetzung wirkt der intensiven Flächeninanspruchnahme entgegen. Ebenso wird mit Ansätzen der kooperativen Landwirtschaft auf Fokusflächen eine nachhaltige regionale Lebensmittelproduktion und Vermarktung angeregt. Dieser Aspekt mit Indikatoren, die den Beitrag von Flächen zur Lebensmittelversorgung messen, hat wiederum Bezüge zum SDG-Ziel 2 „Kein Hunger“.

## 2 Umsetzung und Anwendungsfelder

Fast alle Indikatoren sind auf einem 100 x 100 m-Raster verfügbar und können so auf jede städtebaulich relevante Raumeinheit der Region aggregiert werden. Die Grundlagendaten für diese 20 Indikatoren (Abb. 2) sind überwiegend als „open data“ verfügbar. Die Dokumentation der Datenquellen und Berechnungsregeln erfolgt im Rahmen der BMBF-Forschungsmaßnahme Stadt-Land-Plus (<https://www.zukunftsstadt-stadtlandplus.de/digitalisierung.html>). Die GIS-Plattform wurde technisch als postgres-Datenbank (Server-Datenbank) mit Anbindung an QGIS-Desktop realisiert. Durch die kleinräumige Ebene und die inhaltliche Zusammenstellung des Indikatorensets sind folgende Anwendungsfelder möglich:

### 2.1 Bewertung des Status quo

Um die Nachhaltigkeit der Flächennutzung in der Region zu beschreiben, wurde für die 20 operationalisierten Indikatoren eine einheitliche fünfstufige Skalierung eingeführt. Dadurch soll eine möglichst hohe Vergleichbarkeit und Orientierungsmöglichkeit erreicht werden.

Jeder Indikator kann aus dem 100 m-Raster auf unterschiedliche Ebenen (z. B. Gemeinden oder Ortslagen) aggregiert werden. Auf diese Weise sind direkte raumbezogene Vergleiche möglich, sodass ggf. Handlungsbedarf festgestellt und geeignete Maßnahmen ergriffen werden können, um diese Indikatoren vor Ort zu verbessern.



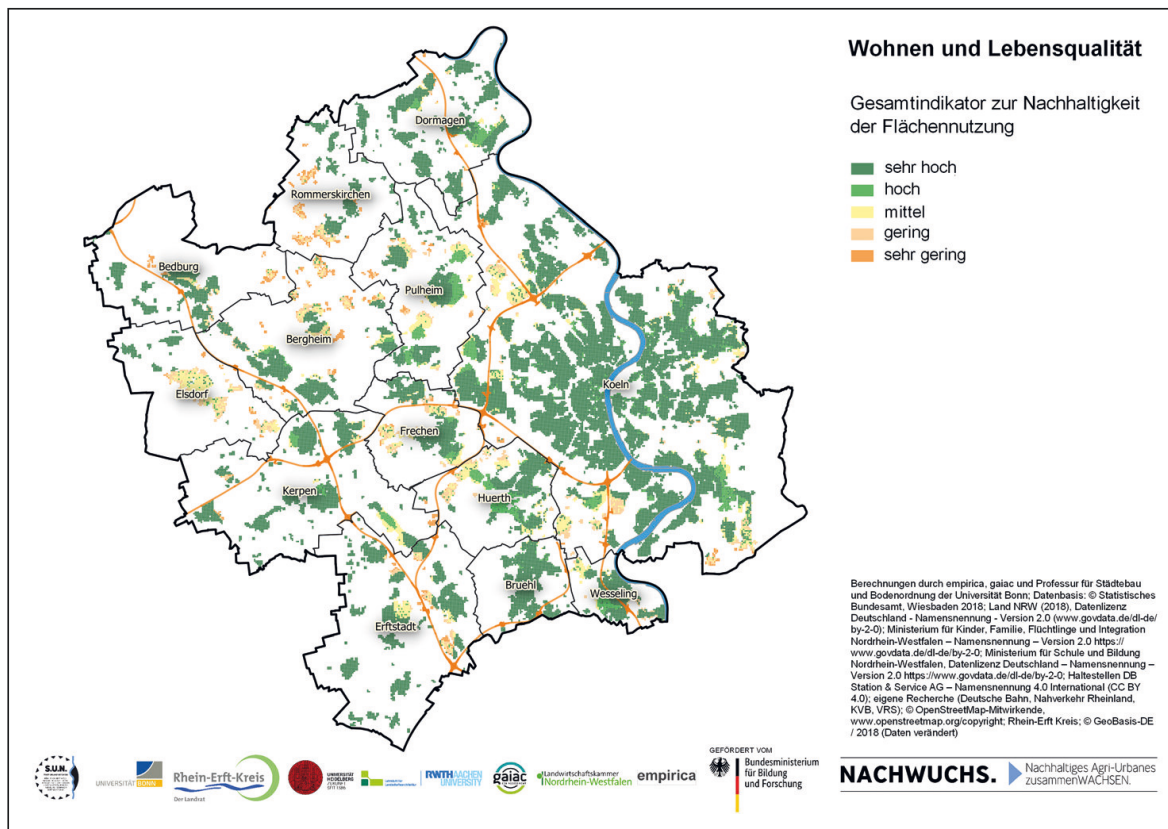


Abb. 3: Status-quo-Bewertung am Beispiel des Gesamtindikators Wohnen und Lebensqualität für die S.U.N.-Region (Quelle: Universität Bonn, empirica ag, gaiaac)

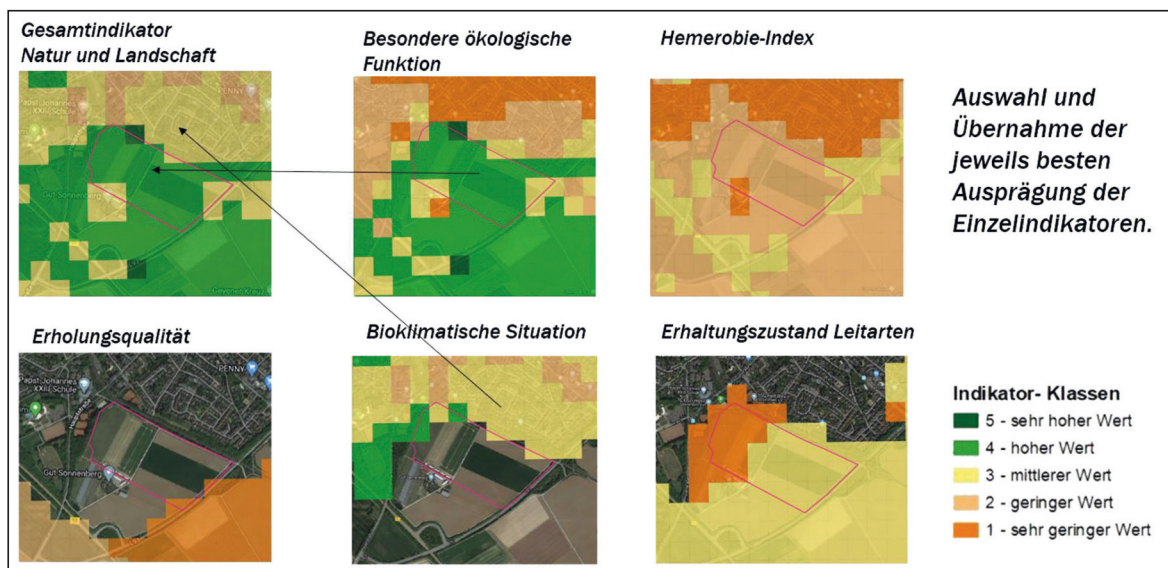


Abb. 4: Bestimmung des Gesamtindikators „Natur und Landschaft“ aus fünf Einzelindikatoren auf den Rasterzellen nach dem Höchstwertprinzip (Quelle: Universität Bonn, gaiaac)

Zur Übersicht werden vier Gesamtindikatoren erzeugt für den Vergleich der vier Flächennutzungsbereiche, die in Bezug auf das jeweils eigene Zielsystem der Nachhaltigkeit durchaus miteinander in Konflikt stehen können. Die Gesamtindikatoren werden jeweils nach dem Höchstwertprinzip bestimmt. Das heißt, die jeweils beste Ausprägung der Einzelindikatoren wird ausgewählt und übernommen.

Dieses Höchstwertprinzip für die zusammengesetzten Gesamtindikatoren ist in Abbildung 4 exemplarisch für den Gesamtindikator Natur und Landschaft dargestellt.

## 2.2 Bewertung von Szenarien

Die historische Entwicklung der Flächennutzung in der Region zeigt eine intensive Überbauung und Versiegelung. Zwar kann eine Bewertung der Nachhaltigkeit dieser bisherigen Entwicklung nicht vorgenommen werden, jedoch bietet das Indikatorenset die Möglichkeit, die Effekte künftiger Entwicklungspfade zu bewerten. Dafür werden

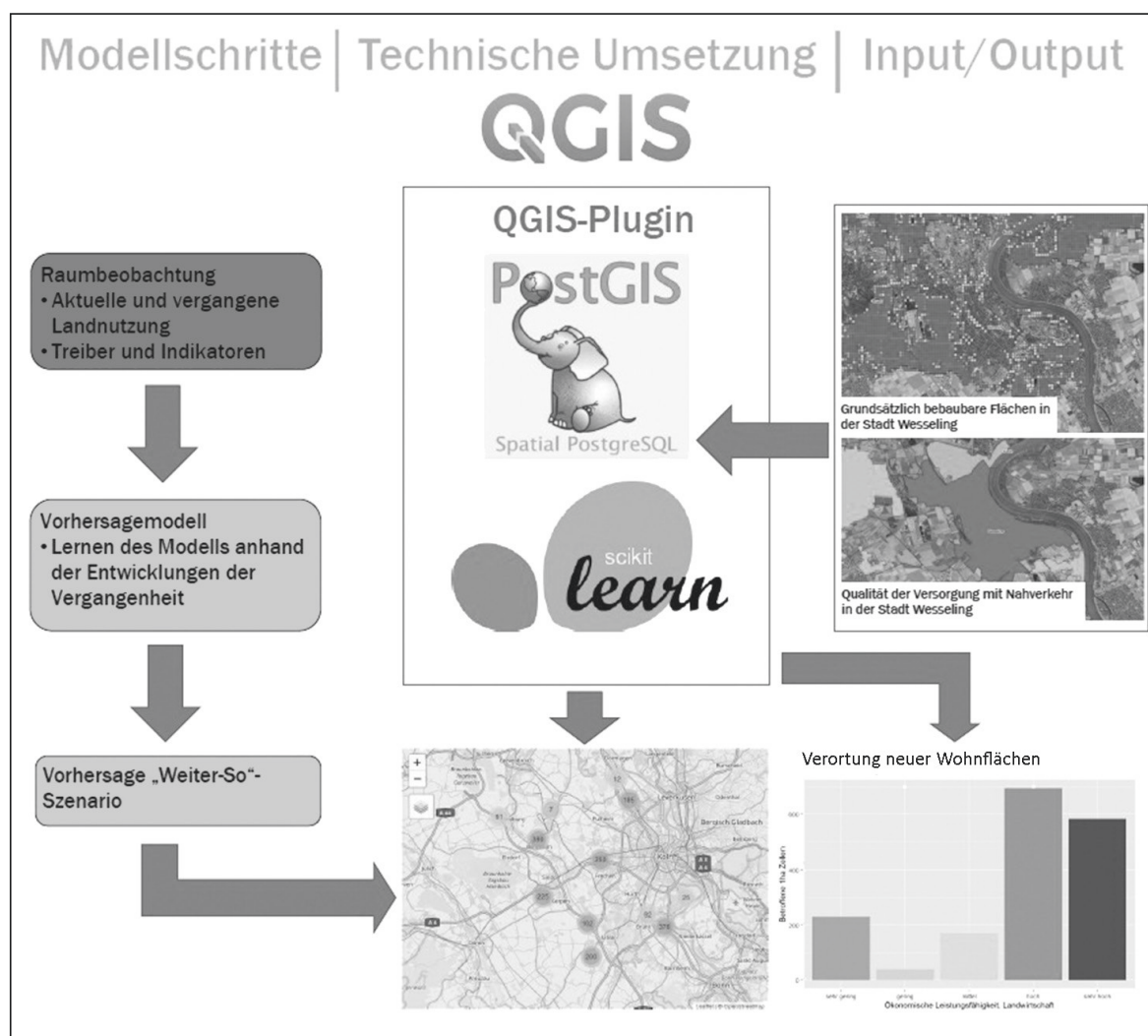


Abb. 5: Simulationsmethodik für das Szenario „Weiter so“ der Flächenentwicklung (Quelle: Universität Bonn)

mithilfe einer GIS-gestützten Flächennutzungsmodellierung verschiedene Szenarien der zukünftigen Weiterentwicklung der Region simuliert. Ausgehend von den Mustern der Siedlungsentwicklung aus der Vergangenheit wird der prognostizierte Siedlungsflächenbedarf in der Region verteilt, um die Auswirkungen des fortschreitenden Siedlungsprozesses deutlich zu machen.

Durch Variation von Annahmen zum Marktverhalten, zu Schutzwirkungen und zur realisierbaren städtebaulichen Dichte werden Szenarien der Siedlungsentwicklung generiert, die Aussagen über die Gestaltung der Teilräume der Region ermöglichen. Dabei sind die Erfordernisse und Besonderheiten der Siedlungsstruktur, der Landwirtschaft, des Freiraums und der Infrastruktur zu berücksichtigen. Das Szenario „Weiter so“ steht für eine Fortsetzung bisheriger Siedlungstrends, während das innovative Szenario „Zusammenwachsen“ neue Dichteleitbilder und agri-urbane Synergien antizipiert, die sich aus den Potenzialen der Region ergeben.

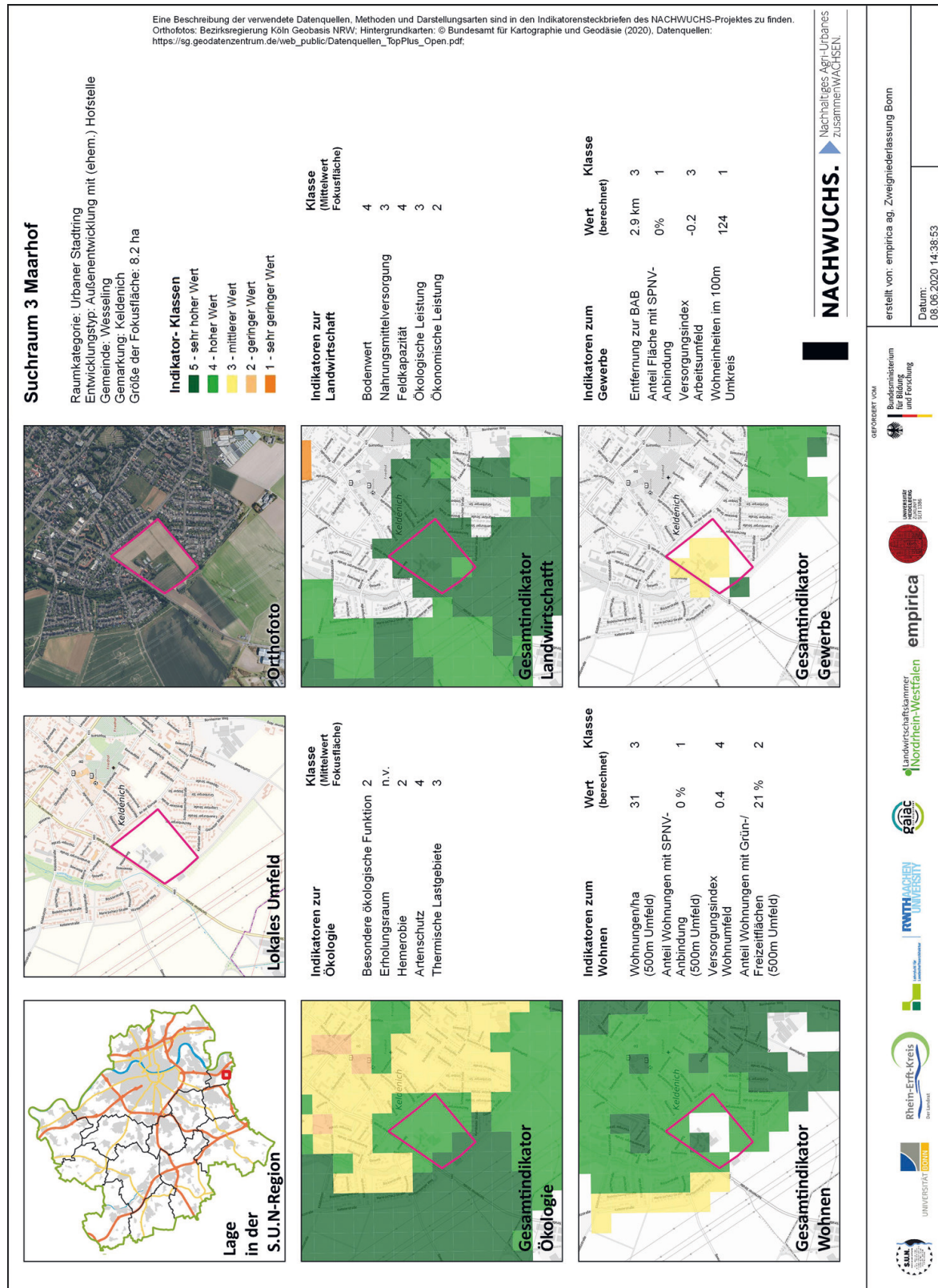
Je nach Szenario ergeben sich mehr oder weniger Rasterzellen, in denen landwirtschaftliche Flächen oder weitere Freiflächen in Wohnbauflächen umgewandelt werden. Ebenso kann zum Beispiel durch die Annahme von zusätzlichen ÖPNV-Haltestellen eine unterschiedlich intensive Entwicklung in unterschiedlichen lokalen Bereichen simuliert werden. Die Nachhaltigkeit einer antizipierten Entwicklung zeigt sich daran, wie die vom Modell umgewandelten Flächen im Indikatorenset bewertet worden sind.

### **2.3 Bewertung von Standorten und Suchräumen**

Im Rahmen der Bauleitplanung stehen Kommunen regelmäßig vor der Aufgabe, Standorte auszuwählen und die Bebauung oder bestimmte Nutzungsintensitäten untereinander abzuwägen. Da insbesondere die landwirtschaftlichen Interessen bislang wenig Raum in diesen Abwägungen finden, wurde mit dem NACHWUCHS-Indikatorenset eine Möglichkeit geschaffen, einen schnellen Überblick über potenzielle Konflikte zu erhalten. Anhand eines Flächensteckbriefes werden die kleinräumig verfügbaren Indikatoren für eine potenzielle Entwicklungsfläche übersichtlich dargestellt (Abb. 6).

Neben allgemeinen Informationen werden aus dem Geoinformationssystem die Einzelindikatoren als Mittelwert für eine individuell digitalisierte Fokusfläche aggregiert. Zudem werden die Gesamtindikatoren angezeigt. So bleibt die Sensibilität für besonders schützenswerte Bereiche (Höchstwertprinzip) erhalten. Fachbehörden und Lokalpolitiker erhalten auf diese Weise eine kompakte Information über einen Entwicklungsstandort aus Sicht der Nachhaltigkeit. Diese Standortbewertung ist als erstes Screening zu verstehen, an die sich eine detaillierte Abwägung aller Belange anschließt. Für diese detaillierte Bewertung bietet die Datenbank direkten Zugriff auf die Primärdaten, welche in die Indikatoren eingeflossen sind.





GEFÖRDERT VON



Abb. 6: Flächensteckbrief mit Indikatorenübersicht (Quelle: Universität Bonn, empirica ag, gaiaC; graphisch angepasst: IÖR)

### 3 Fazit

Das Indikatorenset zur nachhaltigen Flächenentwicklung wurde transdisziplinär mit Experten aus kommunaler Planung, Wirtschaft, Naturschutz und Landwirtschaft entwickelt.

Mit dem Indikatorenset können die Veränderungen abgeschätzt werden, die von der geplanten bzw. erwarteten Siedlungsentwicklung ausgehen. Dabei werden die lokalspezifischen Eigenschaften in Bezug auf Nachhaltigkeit, Eignung und Qualität für bestimmte Flächennutzungen in den vier definierten Flächennutzungsbereichen separat dargestellt. So werden potenzielle Konflikte, die sich aus den verschiedenen Landnutzungsansprüchen ergeben, frühzeitig deutlich und können auf Augenhöhe besprochen und gelöst werden. So können diese Informationen dabei helfen, die Entwicklung der Region so zu gestalten, dass die Lebens- und Umweltqualität erhalten und verbessert werden kann.

### 4 Literatur

- Bartke, S. (2020): Regionale Nachhaltigkeitsziele verfolgen und Nachhaltigkeitsindikatorik. Hintergrundpapier zum Stadt-Land-Plus-Workshop am 17.06.2020.  
[https://www.zukunftsstadt-stadtlandplus.de/files/zukunftsstadt-stadtlandplus/Statusseminare%20Workshops/Querschnittsthemen%20Workshops/Nachhaltigkeitsziele/2020%20Juni%20online/Bartke\\_20200617\\_SLP\\_NH-I\\_WS\\_Bezugspunkte\\_SLP-Verbundvorhaben.pdf](https://www.zukunftsstadt-stadtlandplus.de/files/zukunftsstadt-stadtlandplus/Statusseminare%20Workshops/Querschnittsthemen%20Workshops/Nachhaltigkeitsziele/2020%20Juni%20online/Bartke_20200617_SLP_NH-I_WS_Bezugspunkte_SLP-Verbundvorhaben.pdf) (Zugriff: 22.07.2020).
- Jung Stadt Konzepte (2017): Zukunftskonzept S.U.N. Wettbewerbsbeitrag StadtUmland.NRW.  
[https://www.stadt-umland-netzwerk.de/wp-content/uploads/2017/05/sun\\_erlaeuterungstext.pdf](https://www.stadt-umland-netzwerk.de/wp-content/uploads/2017/05/sun_erlaeuterungstext.pdf) (Zugriff: 26.08.2020).
- Kuhn, S.; Burger, A. (o. J.): Ableitung von wesentlichen Indikatoren für einen nachhaltigen Stadt-Land-Nexus unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes, RUN-Bericht, Arbeitspaket 3.3.  
[https://rural-urban-nexus.org/sites/default/files/RUN%20AP%203.3%20Indikatoren\\_20181012.pdf](https://rural-urban-nexus.org/sites/default/files/RUN%20AP%203.3%20Indikatoren_20181012.pdf) (Zugriff: 22.07.2020).
- Region Köln/Bonn e. V. (2019): Agglomerationskonzept Region Köln/Bonn.  
<https://www.region-koeln-bonn.de/de/themen/integrierte-raumentwicklung/regionale-ebene/agglomerationskonzept/index.html> (Zugriff: 22.07.2020).
- Weiß, D.; Rehorst, F.; Kötter, T. (2019): Nachhaltigkeitsindikatoren für die stadtreionale Entwicklung. In: REAL CORP 2019 Proceedings/Tagungsband.  
[https://repository.corp.at/581/1/CORP2019\\_74.pdf](https://repository.corp.at/581/1/CORP2019_74.pdf) (Zugriff: 22.07.2020).





# Raumstrukturbezogene Bewertung der Alltagsversorgung in Bayern: Methodische Ansätze und empirische Ergebnisse

*Denise Ehrhardt, Daniela Boß, Manfred Miosga, Mark Michaeli*

## Zusammenfassung

Die Erreichbarkeit von Waren und Dienstleistungen des täglichen Bedarfs ist eine grundlegende Bedingung für die Attraktivität des ländlichen Raums. Es bestehen jedoch Defizite bezüglich räumlich differenzierten Wissens zur Versorgungssituation. Der Beitrag stellt einen methodischen Ansatz sowie empirische Ergebnisse einer räumlich differenzierten Betrachtung der Versorgungsstrukturen in Bayern vor, die auf fein aufgelösten Standort- und Bevölkerungsdaten basiert und verschiedene Akteursperspektiven mit einbezieht. Es wird gezeigt, dass kritische Strukturen nicht nur in dünn besiedelten, peripheren Regionen zu finden sind und dass sich die vier untersuchten Angebotsbereiche Lebensmitteleinzelhandel, Grundschulen, hausärztliche Versorgung und Kindertagesbetreuung aufgrund von unterschiedlichen Planungslogiken räumlich unterschiedlich abbilden. Durch die Betrachtung kritischer Strukturen auf Gemeinde- und Ortsteilebene wird deutlich, dass Mitversorgung und Partnerschaften ein wichtiges Thema für die Sicherung der Versorgung darstellen. Das neue differenzierte Raumwissen kann dazu beitragen, in der Praxis Strategien zur Siedlungsentwicklung, zu Mobilitätslösungen und zur Steuerung von Standortprozessen zu entwickeln.

**Schlagerworte:** Versorgung, Raumstruktur, Ländlicher Raum, Bayern

## 1 Einführung

Die Sicherung der flächendeckenden Versorgung der Bevölkerung ist eine zentrale Aufgabe der Kommunen wie der Staatsregierung. Gerade weniger mobile Bevölkerungsgruppen sind auf eine wohnortnahe Erreichbarkeit von Gütern und Dienstleistungen des täglichen Bedarfs angewiesen. Seit Jahrzehnten finden jedoch Prozesse statt, die zu einer Ausdünnung des Versorgungsangebots in der Fläche und zu Unterschieden in der Erreichbarkeit in Teilräumen führen. Untersuchungen zur Versorgungssituation sind einerseits mit hohem Detailgrad auf begrenzte Gebiete ausgerichtet (ILS 2018; Ahlmeyer, Wittowsky 2018) oder andererseits flächendeckend für ganz Deutschland verfügbar, in der Auswertung allerdings auf Vergleiche zwischen siedlungsstrukturellen Kreistypen bzw. Stadt- und Gemeindetypen des BBSR reduziert (Neumeier 2013 und 2014; BBSR 2015). Das Potenzial der zugrundeliegenden, kleinräumig differenzierten Analyse wird dadurch nicht voll ausgeschöpft.

Der vorliegende Beitrag stellt einen methodischen Ansatz vor, der flächendeckend für Bayern Teilräume und räumliche Strukturen aufzeigt, die im Hinblick auf die alltägliche Versorgung der Bevölkerung als kritisch einzuschätzen sind. Neu dabei ist, dass ein differenziertes, gemeindeübergreifendes Bild der Versorgungssituation entsteht, das, anstatt administrativer Einheiten, eine Bewertung anhand von Ortsteilen und Raumstrukturen in den Mittelpunkt stellt. Durch die Spiegelung der GIS-basierten Analysen mit der kommunalen Problemwahrnehmung sowie mit Handlungslogiken von Akteuren der Alltagsversorgung werden verschiedene Perspektiven für die Bewertung der Strukturen beleuchtet. Anknüpfungspunkte für die Sicherung der Alltagsversorgung werden abgeleitet. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse liegt mit dem Forschungsbericht des zugrundeliegenden Projekts „Alltagsversorgung im ländlichen Raum“ (Michaeli et al. 2020) vor, das im Auftrag der Verwaltung für Ländliche Entwicklung Bayern durchgeführt wurde.

## **2 Raum- und Akteurswissen als Basis der Bewertung der Alltagsversorgung in Bayern**

Für die Bewertung der Strukturen wird eine GIS-basierte, räumlich strukturelle Untersuchung (federführend TU München) einer quantitativen Online-Befragung sowie qualitativen Experteninterviews und Workshops mit Akteuren der Alltagsversorgung und der Ländlichen Entwicklung (federführend Universität Bayreuth) gegenübergestellt.

### **2.1 Räumlich strukturelle Untersuchung der Alltagsversorgung**

Die bayernweite Untersuchung basiert auf adressscharfen Standortdaten der Angebotsseite (Grundschulen, Kindertagesbetreuung, Hausarztpraxen, Lebensmitteleinzelhandel) und fein aufgelösten Bevölkerungsdaten (Zensus 2011 im 100 m-Raster). Dem Vorgehen des BBSR (2015) folgend, wird vom Mittelpunkt jeder besiedelten Zensus-Rasterzelle in Bayern die Luftliniendistanz zum nächsten Versorgungsstandort berechnet. Für die Bewertung, ob die Versorgungssituation der Bevölkerung in einer Zensus-Rasterzelle als kritisch einzuschätzen ist, wird nicht die Distanz von 500 m - 1 000 m, die häufig als Zielwert für die Wohnortnahe Versorgung genannt wird (BMVBS 2013: 3) herangezogen, sondern eine erweiterte Luftliniendistanz von 3 km. Der Abbildung einer möglichen Mitversorgung durch Nachbarorte wird damit ein größeres Gewicht eingeräumt als bislang üblich. Als kritisch bzw. potenziell unterversorgt gelten in den weiteren Auswertungen jene Einwohner, die Rasterzellen zuzuordnen sind, die weiter als 3 km vom nächsten Versorgungsstandort entfernt sind. Um die Lesbarkeit und Vergleichbarkeit auf dem bayernweiten Maßstab zu verbessern, wurden die fein aufgelösten Daten auf ein 3 km-Raster aggregiert, wodurch eine einwohnergewichtete Darstellung entsteht (Abb. 1).

Anhand der Datengrundlage werden kritische Strukturen der Alltagsversorgung auf Ortsteilebene, auf kommunaler Ebene sowie flächendeckend für Bayern identifiziert und

Unterschiede zwischen den vier untersuchten Angebotsbereichen aufgezeigt. Durch die Kombination der kleinräumigen Betrachtung mit einer übergeordneten, bayernweiten Auswertung entsteht eine flächendeckende Vergleichbarkeit sowie die Möglichkeit, Einzelfälle von wiederkehrenden Mustern zu unterscheiden. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass mit einem stark vereinfachten Modell gearbeitet wird, das keine tatsächlich vorhandenen Mobilitätslösungen bzw. Qualität der Angebote oder Wahlmöglichkeiten abbildet. Eine ausführliche Diskussion der Grenzen des Ansatzes und weitere Informationen zu den Datengrundlagen sind in Michaeli et al. (2020: 17 ff. und 111) zu finden.

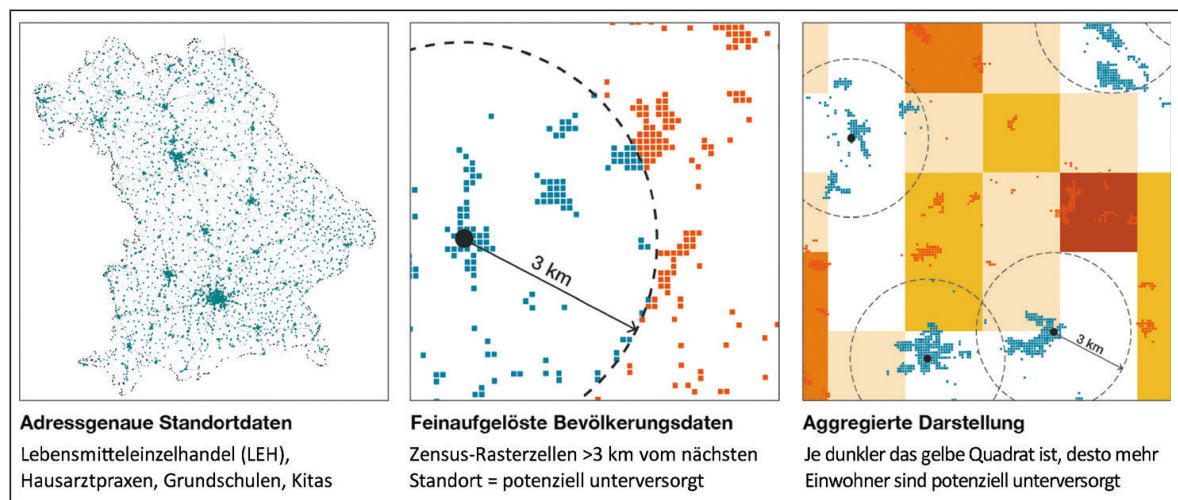


Abb. 1: Vorgehen zur Identifikation kritischer Strukturen in Bayern (Quelle: eigene Darstellung)

## 2.2 Strukturen, Trends und Akteure der Alltagsversorgung

Da Aussagen über den Versorgungsgrad sowie die Versorgungsqualität einer Region nicht ausschließlich an einer strukturellen Perspektive über GIS-basierte Analysen festzumachen sind, werden diesen die Ergebnisse einer quantitativen Online-Befragung in 17 Vertiefungsräumen gegenübergestellt sowie durch Experteninterviews ergänzt und in Workshops mit relevanten Akteuren reflektiert. Im Fokus der quantitativen Online-Befragung steht die Selbsteinschätzung der Kommunen zu den Themenfeldern Qualität der Alltagsversorgung und Versorgungseinrichtungen, ÖPNV und Erreichbarkeiten, Unterversorgung im Hauptort und Ortsteilen, externe Einflüsse auf die Alltagsversorgung und Einschätzung von erwartbaren Entwicklungen. Eine erfreuliche Rücklaufquote von 41,3 % konnte erzielt werden. Da viele Fragen auf die Wahrnehmung oder Einschätzung vergangener, aktueller und zukünftiger Ereignisse abzielten, wird die damit einhergehende subjektive Einfärbung der Antworten durch Kontrollfragen innerhalb des Fragebogens, die eine diskursive Aufladung der Bewertungen anzeigen, so weit wie möglich minimiert. Experteninterviews mit gestaltenden Akteuren und Treibern der Alltagsversorgung geben Aufschluss über Planungslogiken der einzelnen Segmente der Alltagsversorgung sowie über zukünftig erwartbare Trends.

Die quantitative Online-Befragung sowie qualitativen Experteninterviews und Workshops geben vertiefte Einblicke in die strukturbildenden Prozesse der Alltagsversorgung und legen damit den Grundstein für die Verbindung zwischen neuem Raumwissen und qualifizierten Raumstrategien, die für die Bewältigung der Herausforderung in der Praxis wichtig sind.

### **3 Raumstrukturbezogene, differenzierte und gemeindeübergreifende Ergebnisse**

#### **3.1 Kritische Strukturen der Alltagsversorgung in Bayern**

In der bayernweiten Betrachtung des Lebensmitteleinzelhandels (LEH), der hier exemplarisch zur Erläuterung dient, können neben dünn besiedelten, peripheren Gebieten (z. B. Frankenalb) auch in dichter besiedelten Gebieten in der Nähe von Ballungsräumen potenziell unterversorgte Bereiche identifiziert werden (z. B. zwischen Augsburg und München, Abb. 2). Eine fast flächendeckende Versorgung findet man neben den städtisch geprägten Räumen auch in einigen ländlichen, teils peripheren Gebieten. In Teilen des Bayerischen Waldes wird die flächendeckende Versorgung durch eine große Anzahl kleiner Läden erzielt (Abb. 2). In der fränkischen Rhön entwickelt sich die Siedlungsstruktur in größeren Ortsteilen entlang der Talstrukturen, wodurch mit wenigen Versorgungsstandorten eine große Abdeckung erreicht werden kann.

Durch die fein aufgelöste Betrachtung können zwei kritische Struktureigenschaften von Gemeinden identifiziert werden. Rund 50 % der potenziellen Unterversorgung in Bayern entsteht in Gemeinden, die keinen Versorgungsstandort und meist unter 2 000 Einwohner haben. Die andere Hälfte entsteht in Gemeinden, die zwar mindestens einen Versorgungsstandort haben, deren Gemeindefläche aber so groß ist, dass für die Bevölkerung in den Ortsteilen sehr weite Wege entstehen. Dabei handelt es sich häufig um kleine und mittelgroße Städte mit bis zu 20 000 Einwohnern. Auf Ebene der Ortsteile sind primär solche mit unter 1 000 Einwohnern auf Mitversorgung durch Nachbarorte angewiesen. Eine Ausnahme bilden Kindertageseinrichtungen, die häufig schon in Ortsteilen ab 500 Einwohner zu finden sind. In Gebieten mit vorwiegend großen Ortsteilen (z. B. Unterfranken) kann auf diese Weise eine fast vollständige Versorgung in der Fläche erreicht werden.

Die Gegenüberstellung mit der Wahrnehmung der kommunalen Akteure zeigt, dass ein generelles Vorhandensein eines Versorgungsstandorts jedoch nicht unbedingt zur Einschätzung einer guten Versorgung führt. Ein Drittel bis ein Viertel der Gemeinden mit über 3 000 Einwohnern schätzen ihren Kernort (in Abgrenzung zu den Ortsteilen) als unterversorgt ein, obwohl in der strukturellen Untersuchung dort keine Unterversorgung festzustellen ist. Möglicherweise werden einzelne Schließungen oder Standort-



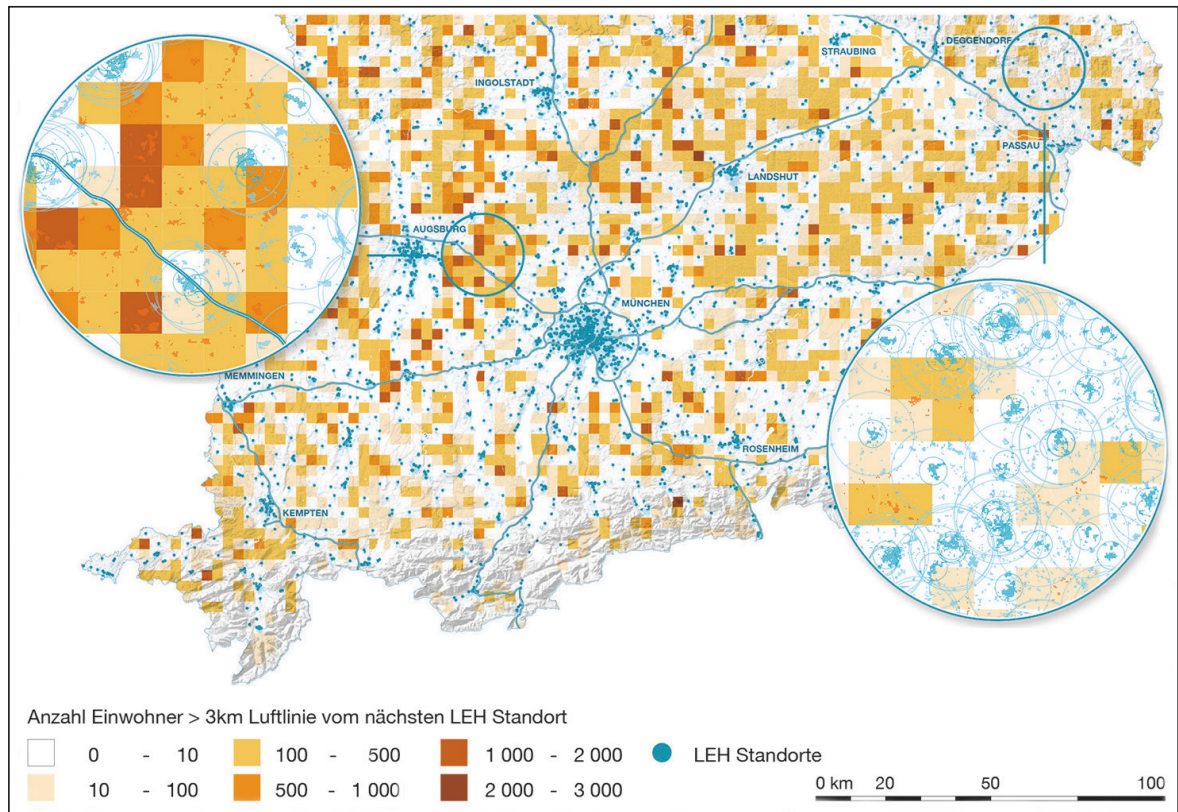


Abb. 2: Muster potenzieller Unterversorgung im LEH (Quelle: eigene Darstellung auf Basis von der Bayerischen Vermessungsverwaltung 2017 (Geobasisdaten), The Nielsen Company GmbH (Standortdaten LEH, Stand 12/2017), Statistisches Bundesamt (Zensus 2011))

verlagerungen als so einschneidend empfunden, dass die bestehende Alltagsversorgung als Unterversorgung kommuniziert wird. Der Zugang zu Angeboten der Alltagsversorgung aus den Ortsteilen ohne PKW wird von ca. 80 % der befragten Gemeinden als eher schwer oder sehr schwer eingeschätzt.

Hinsichtlich der Sicherung von Einrichtungen der Alltagsversorgung sind Einrichtungen der Kinderbetreuung in über 80 % der befragten Kommunen langfristig gesichert und auch der Lebensmitteleinzelhandel ist in über 60 % der befragten Kommunen mittel- bis langfristig gesichert. Höhere Dynamiken und Unsicherheiten zeigen sich in der hausärztlichen Versorgung. 47 % der Kommunen geben an, nicht über eine hausärztliche Versorgung zu verfügen. Bestehende Einrichtungen werden jedoch vorwiegend als mittel- bis langfristig gesichert eingeschätzt. Neuansiedlungen von Versorgungseinrichtungen, Einzelhandelsgeschäften und Dienstleistungsangeboten finden vorwiegend in Gemeinden mit 3 000 - 5 000 bzw. 5 000 - 22 000 Einwohnern statt.

### 3.2 Unterschiedliche Planungslogiken bilden sich räumlich ab

Deutlich wird, dass eine Unterversorgung in einem Angebotsbereich der Alltagsversorgung kein Hinweis auf eine generelle Unterversorgung einer Kommune sein muss.

Kindertagesbetreuung, Grundschulen, LEH und hausärztliche Versorgung weisen unterschiedliche Planungs- und Betriebslogiken auf, unterliegen unterschiedlichen rechtlichen und raumplanerischen Rahmenbedingungen und verfügen über unterschiedliche Dynamiken und Gestaltungskompetenzen. Während die Versorgung mit Grundschulen und Kinderbetreuungseinrichtungen durch staatliche Steuerung erfolgt (Bayerisches Ministerium für Unterricht und Kultus 2018; Jud 2016) unterliegt die Festlegung von Planungsbereichen der hausärztlichen Versorgung der Kassenärztlichen Vereinigung Bayerns (KVB 2016). Der LEH ist hingegen primär privatwirtschaftlich und durch mannigfaltige Akteursstrukturen geprägt, seine Ansiedlungsmöglichkeiten sind durch die Baunutzungsverordnung (BauNVO) auf Bundesebene sowie die Landesplanung (BayLpG) geregelt.

Obwohl bei LEH, Grundschulen und hausärztlicher Versorgung ein ähnlicher Anteil der Bevölkerung (1,1 - 1,3 Mio. Einwohner) innerhalb von 3 km keinen Versorgungsstandort erreicht, sind die Schwerpunkte der Unterversorgung in verschiedenen Regionen in Bayern zu finden. Grundschulen erreichen mit ca. 2 400 Standorten eine ähnlich gute flächige Versorgung wie der LEH mit ca. 5 800 oder die Hausärzte mit ca. 6 600 Standorten. Die räumliche Organisation in Grundschulsprenkeln führt zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Standorte als es im LEH der Fall ist, der nach privatwirtschaftlichen Maßgaben optimiert ist. Gleichzeitig sind vereinzelt Gebiete zu finden, in denen der LEH durch Kleinflächenkonzepte eine bessere Versorgung in der Fläche erzielt als Grundschulen, bei denen aufgrund der vereinheitlichten Bemessung der Klassengrenzen angepasste Lösungen eine Ausnahmeerscheinung bleiben.

#### **4 Diskussion und Anknüpfungspunkte in der Praxis**

Im ländlichen Raum Bayerns wurden sehr unterschiedliche Strukturen identifiziert, für die differenzierte und raumspezifische Sicherungsansätze gefunden werden müssen. Während in vielen Räumen die Förderung oder punktuelle Schaffung von Kleinststandorten einen wesentlichen Beitrag zur flächendeckenden Versorgung der Bevölkerung leisten kann, müssen bei nicht herstellbarer Tragfähigkeit von Zusatzstandorten Mobilitätslösungen gefunden werden, um die Versorgung der Bevölkerung zu gewährleisten. Die jeweilige Siedlungsstruktur, Mindestgrößen von Ortsteilen sowie ein regionaler Blick auf die Versorgung sind grundlegend für die Entwicklung entsprechender Strategien.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Mitversorgung und Partnerschaften zentrale Themen für die Sicherung der Versorgung sind. Es wurde gezeigt, dass in Bayern die Abhängigkeit von Mitversorgung durch größere Orte zunehmend die Realität darstellt. Mit Blick auf weniger mobile Bevölkerungsgruppen sollte die Mitversorgung dieser Räume größere Aufmerksamkeit erhalten und mit organisatorischen Konzepten unterlegt werden. Während die nahräumliche Erreichbarkeit von Angeboten aus peripheren Ortsteilen bereits auf kommunaler Ebene verbessert werden kann, ist bei Abhängigkeit von



benachbarten Städten und Gemeinden ein überkommunaler Blick notwendig. Je nach Angebotsbereich der Alltagsversorgung sind räumliche Zuschnitte und relevante Akteure der Partnerschaften unterschiedlich einzuschätzen. Während die Kindertagesbetreuung interkommunal zwischen ländlichen Kommunen geregelt werden kann, kann es für eine regional abgestimmte Position bezüglich LEH-Entwicklung notwendig sein, die nächstgelegene Stadt mit einzubeziehen. Bezüglich Mobilität kann der Landkreis oder die Regionalplanung ein wichtiger Partner sein. Somit müssen Partnerschaften sowohl akteursbezogen als auch bezüglich des Raumzuschnitts flexibel gehandhabt werden.

Insgesamt kann die Unterstützung von Kommunen und interkommunalen Zusammenschlüssen mit zentral aufbereitetem Raum- und Akteurswissen ein wichtiges Instrument für die Sicherung der Alltagsversorgung in ländlichen Räumen sein. Es kann dazu dienen, passende Handlungsräume zu identifizieren, ortspezifische und regionale Herausforderungen zu benennen und darüber mit lokalen Akteuren in Austausch zu kommen. Die Verknüpfung der datenbasierten Top-Down-Analyse mit der kommunalen oder bürgerschaftlichen Problemwahrnehmung ist auch in der Praxis wichtig. Wie in der Studie festgestellt wurde, unterscheiden sich die beiden Perspektiven teilweise stark. Die strukturelle Perspektive fokussiert auf den Faktor Distanz, während dieser bei der Bottom-Up-Bewertung der Versorgung nur ein, wenn auch wichtiger, Faktor ist. Hier fließen zahlreiche andere Aspekte, wie die Qualität des Angebotes, historische Beziehungsgeflechte zwischen Kommunen oder die Entwicklung des Angebots in den letzten Jahren, ein, womit es zu abweichenden Einschätzungen kommen kann. Es ist daher anzuraten, beide Sichtweisen in die Entwicklung von Sicherungsstrategien mit einfließen zu lassen.

## 5 Fazit und Ausblick

Mit der vorgestellten Untersuchung liegt erstmals für Bayern ein differenziertes Bild der Versorgungsstrukturen für LEH, Grundschulen, Kindertagesbetreuung und hausärztlicher Versorgung vor, welches kritische Strukturen auch unterhalb der Gemeindeebene herausarbeitet. Es wurde gezeigt, dass

- die Betrachtung unterhalb der Gemeindeebene grundlegend ist, um kritische Strukturen sichtbar zu machen,
- nicht nur dünn besiedelte, periphere Räume als kritisch einzuschätzen sind,
- die Mitversorgung von Ortsteilen und ganzen Gemeinden ein zentrales Thema ist, das auf kommunaler sowie interkommunaler Ebene adressiert werden muss,
- verschiedene Perspektiven mit einbezogen werden müssen, um die Versorgungsstrukturen bewerten zu können.

Um in Zukunft noch detaillierteres Raumwissen zu erarbeiten, das auch in der Praxis Anwendung finden kann, muss der Ansatz auf verschiedenen Ebenen erweitert werden.

Relevant sind die regelmäßige Aktualisierung der zugrundeliegenden Datensätze, die verfeinerte Betrachtung der Erreichbarkeit unter Einbeziehung verschiedener Verkehrsmittel sowie die stärkere Integration der Nutzerperspektive. Gerade im Hinblick auf die zukünftigen Herausforderungen der sich immer schneller verändernden Lebensstile, des demographischen Wandels und der Digitalisierung, muss mehr Grundwissen zur aktuellen räumlichen Struktur der Versorgung sowie deren Veränderung aufgebaut werden, um den Wandel aktiv gestalten zu können.

## 6 Literatur

- Ahlmeyer, F.; Wittowsky, D. (2018): Was brauchen wir in ländlichen Räumen? Erreichbarkeitsmodellierung als strategischer Ansatz der regionalen Standort- und Verkehrsplanung. *Raumforschung und Raumordnung*, 76(6), 531-550.
- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2018): Die Grundschule in Bayern: Wie funktioniert das Sprengelprinzip.  
<https://www.km.bayern.de/eltern/schularten/grundschule.html>  
(Zugriff: 14.11.2018).
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2015): Indikatoren zur Nahversorgung: Erreichbarkeit von Gütern und Dienstleistungen des erweiterten täglichen Bedarfs. *BBSR-Analysen Kompakt*, 10/2015.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013): Nahversorgung in ländlichen Räumen. *BMVBS-Online-Publikation*, 02/2013.
- ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (2018): *Daseinsvorsorgeatlas in der Region Göttingen*. Dortmund.
- Jud, M. (2016): Schulsprengel Bayern. Ein Beispiel für ein gelungenes GDI-Projekt. In: DVW Bayern e.V. Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. *Mitteilungen*, 68 (2). 109-121.  
<http://www.dvw.de/sites/default/files/landesverband/bayern/anhang/beitragskontext/2016/jud.pdf> (Zugriff: 14.11.2018).
- KVB – Kassenärztliche Vereinigung Bayerns (2016): *Bedarfsplan der Kassenärztlichen Vereinigung Bayerns*. Stand 1. Dezember 2016.  
<https://www.kvb.de/fileadmin/kvb/dokumente/Praxis/Bedarfsplanung/KVB-Bedarfsplan.pdf> (Zugriff: 14.11.2018).
- Michaeli, M.; Ehrhardt, D.; Miosga, M.; Boß, D. (2020): *Alltagsversorgung im ländlichen Raum – Schlussbericht zum Projekt Stadt und Land Partnerschaften*. München: Technische Universität München und Universität Bayreuth.
- Neumeier, S. (2013): *Modellierung der Erreichbarkeit öffentlicher Apotheken: Untersuchung zum regionalen Versorgungsgrad mit Dienstleistungen der Grundversorgung*. Thünen Working Paper 14.
- Neumeier, S. (2014): *Modellierung der Erreichbarkeit von Supermärkten und Discountern Untersuchung zum regionalen Versorgungsgrad mit Dienstleistungen der Grundversorgung*. Thünen Working Paper 16.

# Wo fehlt Grün? – Defizitanalyse von Grünvolumen in Städten

*Annett Frick, Kathrin Wagner, Thomas Kiefer, Steffen Tervooren*

## Zusammenfassung

Unter urbanem Grün werden durch Vegetation bedeckte Flächen in Städten, wie beispielsweise Parkanlagen, Friedhöfe, Kleingärten, Straßengrün und -bäume, Wald, oft Naturschutzflächen zusammengefasst. Durch den zunehmenden Siedlungsdruck und die damit einhergehenden Stadterweiterungen und Nachverdichtungen werden vielerorts grüne Freiräume beschnitten, versiegelt oder bebaut. Gleichzeitig haben Städte in Zukunft durch den Klimawandel mit einer Zunahme an heißen Tagen zu rechnen. Im Rahmen des Projekts „Wie grün sind bundesdeutsche Städte? – Fernerkundliche Erfassung und stadträumlich-funktionale Differenzierung der Grünausstattung von Städten in Deutschland“ werden unter anderem die räumlichen Defizite der Grünausstattung in Fallstudienstädten untersucht: Wo fehlt Grün und wie lässt sich dies über Indikatoren abbilden? Das Grünvolumen wird aus digitalen Oberflächenmodellen bestimmt. In Verbindung mit dem Versiegelungsanteil und der aus Thermal-Satellitendaten erfassten Oberflächentemperatur wird ein empirischer linearer Zusammenhang ermittelt. Mithilfe des linearen Modells kann dann eine Aussage getroffen werden, wie viel Grünvolumen benötigt wird, um die vorherrschende Oberflächentemperatur um einen gewünschten Betrag zu senken. Flächen mit besonderem Handlungsbedarf werden somit aufgezeigt und können anschließend Eingang in kommunale Planungen und eine nachhaltige Stadtentwicklung finden.

**Schlagworte:** Fernerkundung, Grünvolumen, Oberflächentemperatur, Versiegelung, Defizit

## 1 Einführung

Urbanes Grün hat mehrere wichtige Funktionen wie beispielsweise Erhöhung der Verdunstung, Sauerstoffproduktion, Staub- und Schadstoffbindung sowie Beschattung und Senkung der Temperatur (Bruse 2003; Claßen 2018; Claßen, Völker 2015). Stark versiegelte Gebiete weisen hingegen eine höhere Wärmespeicherung und -abgabe auf (Oke 1982). Mit urbanem Grün kann der starken Erhitzung an zunehmend heißen Tagen effektiv entgegengewirkt werden und somit die gesundheitliche Belastung für die Bevölkerung reduziert werden (Matzarakis 2001; Bowler et al. 2010). Lufttemperaturunterschiede zwischen innerstädtischen Parks und der bebauten Umgebung können nach Spronken-Smith & Oke (1998) bis zu 7 °C betragen. Der mittlere

Temperaturunterschied zwischen innerstädtischen Parks und bebauter Umgebung beträgt entsprechend Meta-Analysen mehrerer Untersuchungen zwischen 1.5 °C - 4 °C (Upmanis et al. 1998; Matzarakis 2001; Bowler et al. 2010). Für Einzelbäume werden Unterschiede von mehr als 15 °C bis sogar 20 °C gegenüber der unmittelbaren Umgebung angegeben (Gill et al. 2007; Speak, Zerbe 2020). Ein Defizit möglicher Kühlung kann entgegen der Situation in stärker begrünten Parks und unter Bäumen durch mangelndes Grünvolumen bei hohem Versiegelungsanteil und hoher Temperatur beschrieben werden. Anhand mehrerer Fallstudienstädte wird der Zusammenhang von Grünvolumen pro Fläche, Versiegelungsanteil und Oberflächentemperatur empirisch ermittelt. Mithilfe des dabei abgeleiteten linearen Modells können nachfolgend Richtwerte für das potenzielle Grünvolumen bestimmt werden, welches notwendig wäre, um eine Absenkung der Oberflächentemperatur um einen gewünschten Wert an sehr heißen Tagen

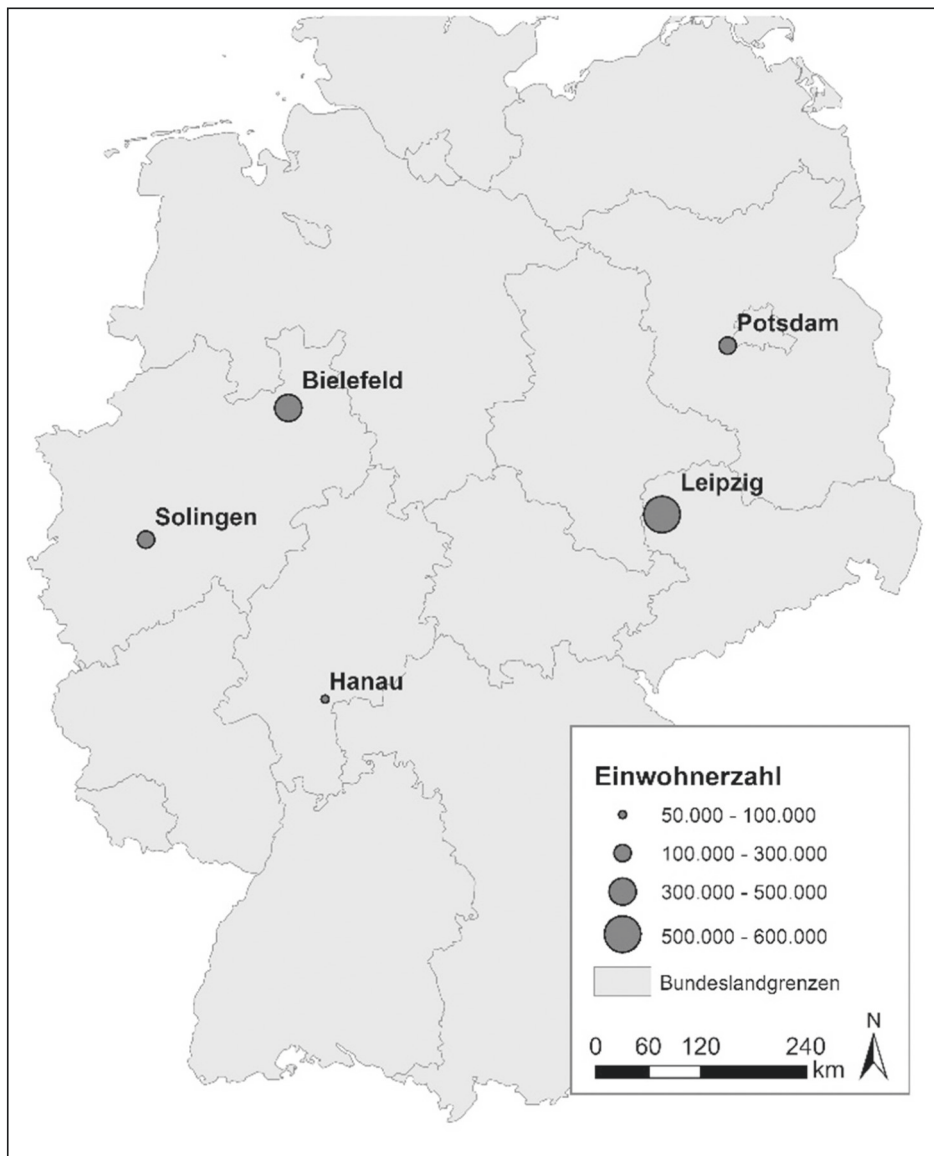


Abb. 1: Lage der Fallstudienstädte (Quelle: eigene Darstellung)

zu erreichen. Die fünf Fallstudienstädte repräsentieren Groß- sowie größere Mittel- und Kleinstädte im Bundesgebiet.

Die folgende Tabelle zeigt die Fallstudienstädte mit der Gesamtflächengröße und der Fläche ihrer Ortslage nach dem ATKIS-Basis-DLM (2015).

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

Fallstudienstadt	Gesamtfläche (ha)	Ortslage (ha)	Einwohnerzahl
Leipzig (SN)	29 782	14 163	560 000
Bielefeld (NRW)	25 861	9 273	341 000
Potsdam (BB)	18 820	5 033	171 000
Solingen (NRW)	8 951	4 299	160 000
Hanau (HE)	7 640	2 651	93 000

## 2 Daten und Methoden

Die Bestimmung des empirischen Zusammenhangs zur Ermittlung des Grünvolumen-defizits erfolgt auf Grundlage der Indikatoren Oberflächentemperatur, Versiegelungsanteil und Grünvolumen pro Fläche, letztere wird auch als Grünvolumenzahl bezeichnet (Schulze et al. 1984). Als Bezugseinheit wird für alle Fallstudienstädte ein einheitliches Raster mit 100 m x 100 m gewählt, für welches die Indikatoren aggregiert werden (Abb. 2).

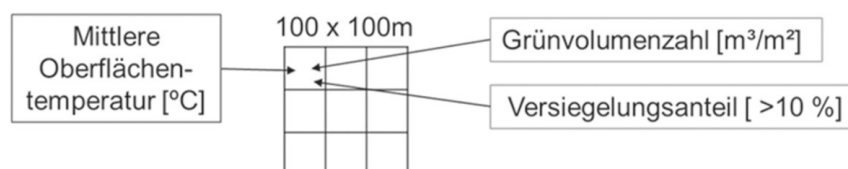


Abb. 2: Darstellung der Indikatorenaggregation (Quelle: eigene Darstellung)

### 2.1 Temperatur

Die Oberflächentemperatur wurde anhand von Landsat 8 OLI Thermaldaten eines sehr heißen Sommertages der Jahre 2018 oder 2019 ermittelt. Die Daten zur Ableitung der Oberflächentemperatur haben eine räumliche Auflösung von 60 m - 100 m und wurden um 10:00 Uhr vormittags aufgenommen. Die Bestimmung der Oberflächentemperatur erfolgt mittels des Single-Channel Algorithmus nach Jiménez-Muñoz et al. (2009) und Jiménez-Muñoz et al. (2014). Die mittlere Oberflächentemperatur wird für jede 100 m-Rasterzelle des Bezugsgitters berechnet.

Für die Fallstudienstädte wurden folgende wolkenfreie, heiße Tage (Maximale Lufttemperatur  $\geq 30$  °C) ausgewählt:

Tab. 2: Übersicht der maximalen Lufttemperatur am heißen Tag (Quelle: Wetterkontor.de)

Fallstudienstadt	Datum	Lufttemperatur Maximum (°C)
Leipzig (SN)	26.07.2019	32
Bielefeld (NRW)	29.06.2019	32
Potsdam (BB)	26.07.2019	31
Solingen (NRW)	04.08.2018	33
Hanau (HE)	24.07.2019	38

## 2.2 Versiegelung

Aktuelle hochaufgelöste RGBI-Orthofotos werden unter Hinzunahme von Trainingsdaten und durch die Einbeziehung von ALKIS, ATKIS und InVeKos-Daten anhand eines Regressionsbaum-Algorithmus mittels der Software Cubist (Quinlan 1992; Quinlan 1993) überwacht klassifiziert. Die prozentuale Versiegelung wird aus dem Anteil pro 100 m-Gitterzelle ermittelt.

## 2.3 Grünvolumen

Das Grünvolumen wird anhand der Klassifikation der hochaufgelösten RGBI-Orthofotos sowie eines digitalen Oberflächenmodells berechnet. Dieses wird mittels Stereo-Matching aus den hochaufgelösten Stereo-Luftbildern oder anhand von Laserscandaten erstellt. Die Berechnung des pixelbasierten Grünvolumens erfolgt analog der Methode aus Frick & Tervooren (2019).

## 2.4 Lineares Modell und Defizitanalyse

Zur Analyse der Daten wurde zunächst jede Stadt einzeln betrachtet (siehe Abschnitt 2.4.1). Hier zeigt sich für alle untersuchten Städte, dass die Abhängigkeit der Temperatur eines Messpunktes von den zugehörigen Grünvolumen- und Versiegelungsgradwerten gut durch einen linearen Zusammenhang beschrieben werden kann. Ausgehend von dieser Erkenntnis wurde anschließend ein vereinheitlichtes lineares Modell über alle Städte gebildet (siehe Abschnitt 2.4.2) mit der Zielsetzung, ein generalisiertes Modell für die Defizitanalyse zu erhalten. Die Ermittlung des empirischen Zusammenhangs erfolgte nur für Gitterzellen mit einem Versiegelungsanteil von mindestens 10 %, da gerade auf abgeernteten Ackerflächen die Oberflächentemperatur an heißen Sommertagen ebenfalls sehr hoch sein kann, diese Bereiche jedoch für die innerstädtische Analyse nicht relevant sind.



### 2.4.1 Betrachtung der Messwerte einer Stadt

Die Messwerte einer Stadt wurden grafisch dargestellt (Abb. 3). Dabei zeigt sich qualitativ das erwartete Verhalten: i) Die lokale Temperatur steigt mit größer werdendem Versiegelungsgrad und ii) sinkt mit steigendem Grünvolumen pro Fläche. Bei der qualitativen Betrachtung der Messwerte ist eine Streuung in den Temperaturmesswerten für Positionen mit vergleichbarem Grünvolumen und Versiegelungsgrad erkennbar. Dies ist darauf zurückzuführen, dass neben den gemessenen Indikatoren Versiegelungsgrad und Grünvolumenzahl weitere, hier nicht erfasste Größen, den tatsächlichen lokalen Temperaturwert beeinflussen. So wirken sich einerseits lokale Eigenschaften der Messorte, wie zum Beispiel Albedo, Art der Versiegelung, Bodenfeuchte und Abschattungseffekte auf die tatsächliche Temperatur aus, aber auch Nachbarschaftswchselwirkungen zwischen verschiedenen Bereichen bzw. Nutzungen, z. B. durch Wind und Konvektion.

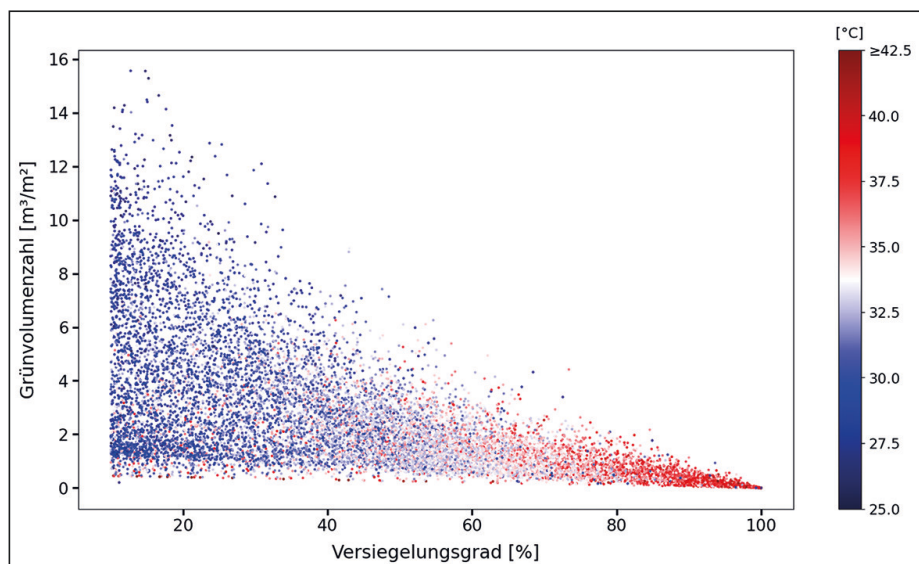


Abb. 3: Verteilung der Messwerte am Beispiel von Bielefeld (Quelle: eigene Darstellung)

Um die Größe dieser Effekte besser abschätzen und deren Einfluss auf das zu bildende, einfache Modell minimieren zu können, wurden die Messwerte zunächst nach Grünvolumenzahl und Versiegelungsgrad geclustert, d. h. Messwerte mit vergleichbaren Werten von Grünvolumenzahl und Versiegelungsgrad wurden zu einer Gruppe zusammengefasst. Hierfür wurde der gesamte erfasste Bereich des Grünvolumens pro Fläche und des Versiegelungsgrades gleichmäßig in Zellen aufgeteilt (Abb. 4).

Danach wurden die Messwerte in die Zellen sortiert. Der Mittelwert der Temperatur aller Messwerte einer Zelle wird dabei als repräsentativ für diese Zelle genommen und dem Versiegelungsgrad und der Grünvolumenzahl dieser Zelle (genauer deren Mittelpunkt) zugeordnet (Abb. 5).

Die Schwankung (Standardabweichung) der Temperaturwerte innerhalb einer Zelle dient als Maß für den Einfluss der nicht erfassten Effekte (Abb. 6).

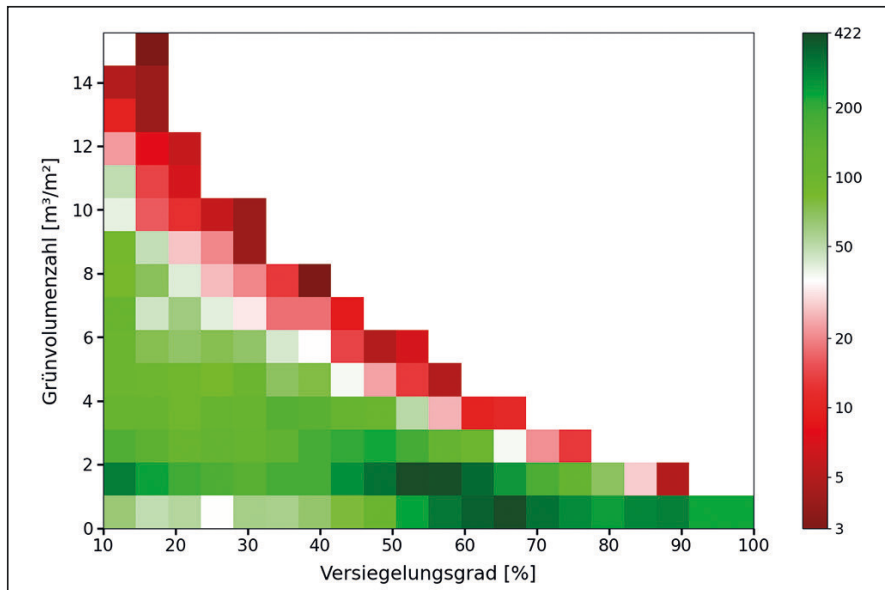


Abb. 4:  
Anzahl der  
Messwerte pro  
Zelle am  
Beispiel von  
Bielefeld  
(Quelle: eigene  
Darstellung)

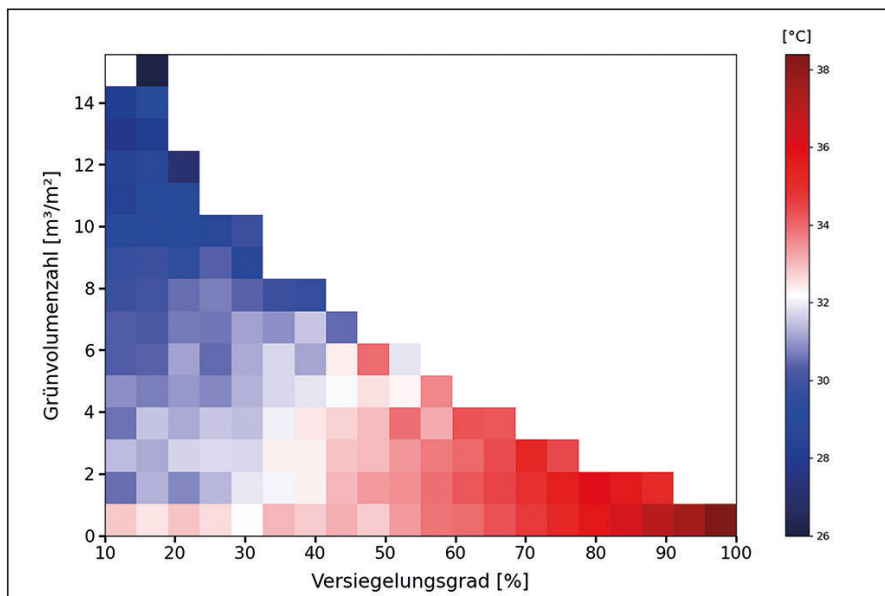


Abb. 5:  
Mittelwert der  
Oberflächen-  
temperatur in  
den Zellen am  
Beispiel von  
Bielefeld  
(Quelle: eigene  
Darstellung)

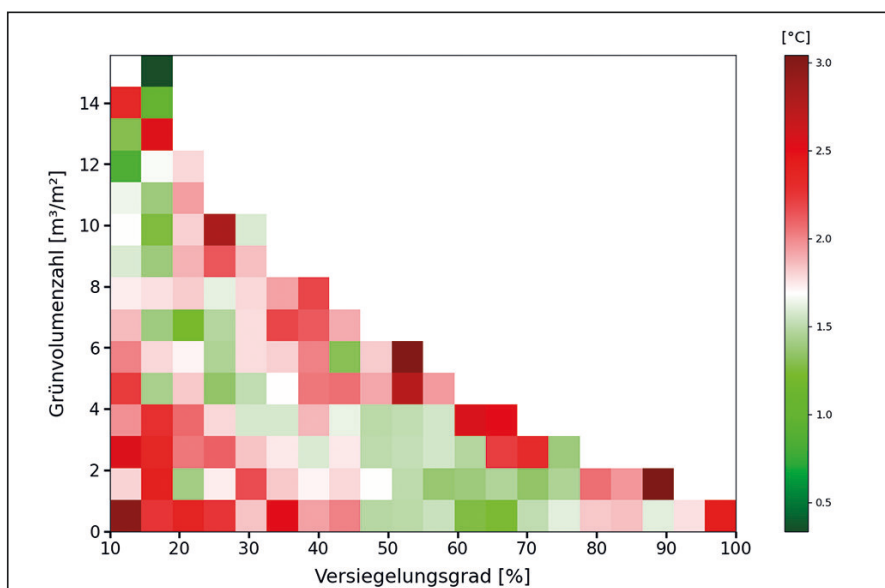


Abb. 6:  
Standard-  
abweichung der  
Oberflächen-  
temperatur in  
den Zellen am  
Beispiel von  
Bielefeld  
(Quelle: eigene  
Darstellung)

Messungen, deren Temperatur eine Abweichung von der Zelltemperatur größer als die 2,5-fachen Standardabweichung der übrigen Messwerte haben, wurden als statistische Ausreißer verworfen. Zellen mit weniger als 3 Messwerten wurden aufgrund zu geringer Datengrundlage ebenfalls ausgeschlossen. Die Anzahl der Zellen beträgt in dieser Studie 20 in Richtung der Versiegelungsgradachse und 15 in Richtung der Grünvolumenzachse. Die Wahl dieser Werte erfolgte nach der Maxime, dass die Zellen einerseits eine ausreichende Größe aufweisen, um genügend Messwerte zu enthalten, andererseits sollten die Zellen nicht zu groß sein, damit nicht Messwerte mit zu stark unterschiedlichen Werten für Grünvolumenzahl bzw. Versiegelungsgrad in eine Zelle gruppiert werden.

Nach Analyse der so erhaltenen Einteilung der Messwerte wurde ein lineares Modell der Form  $T(s, gv) = T_0 + c_s * s - c_g * g$  zur Beschreibung der Temperatur  $T$  einer Zelle in Abhängigkeit ihres Versiegelungsgrades  $s$  und der Grünvolumenzahl  $g$  gewählt. Dabei sind  $T_0$ ,  $c_s$  und  $c_g$  die freien Parameter des Modells, welche über einen Fitprozess für jede Stadt einzeln empirisch bestimmt wurden.

#### 2.4.2 Erstellung des generalisierten linearen Modells

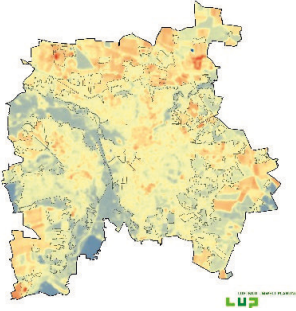
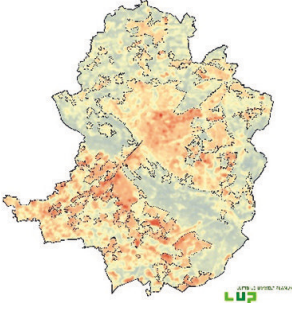
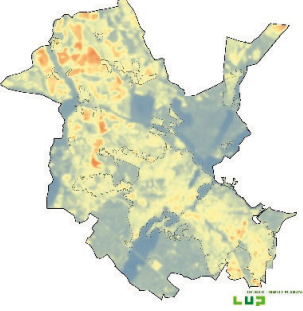
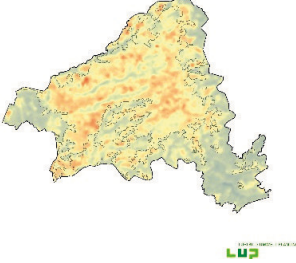
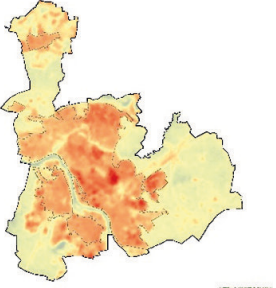
Auf Grundlage der vorausgegangenen Analyse der Städte, bei der sich die Annahme eines linearen Modells in allen Fällen als hinreichend genau herausstellte, wurde im zweiten Schritt aus der Gesamtheit der Daten ein einheitliches lineares Modell berechnet. Dafür wurde das lineare Modell  $T(s, gv) = T_0 + c_s * s - c_g * g$  erneut an die in Zellen zusammengefassten Messwerte angepasst. Dieses Mal aber simultan für alle Städte mit der Randbedingung, dass die Fitparameter  $c_s$  und  $c_g$  für alle Städte identisch sind. Anschließend wurden die optimalen Werte für  $c_s$  und  $c_g$  bestimmt, so dass der maximale Wert für den mittleren Fehler des Fit über alle Städte minimal ist.


### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Temperatur

Die Ergebnisse zeigen für alle Fallstudienstädte erhöhte Oberflächentemperaturen von 0.4 °C bis 3 °C in den Ortslagen im Vergleich zum gesamten Stadtgebiet. Im Vergleich ist auch das langjährige Mittel der Oberflächentemperatur des Sommerhalbjahres angegeben, das aus Landsat-Daten von 1984-2017 berechnet wurde.

Tab. 3: Ergebnisübersicht zur Oberflächentemperatur (Quelle: eigene Darstellung)

Leipzig	26.07.2019	
Bielefeld	29.06.2019	
Potsdam	26.07.2019	
Solingen	04.08.2018	
Hanau	24.07.2019	

Ortslage  
 Gesamtgebiet  
**Oberflächentemperatur [°C]**  
  
 47  
 15

Tab. 4: Ergebnisübersicht zur Oberflächentemperatur eines heißen Tages (Quelle: eigene Bearbeitung)

	Mittlere Oberflächentemperatur (°C)			
	Gesamtgebiet		Ortslage	
	Heißer Tag	Langjähriges Mittel	Heißer Tag	Langjähriges Mittel
Leipzig	30.4	22.8	30.8	23.9
Bielefeld	31.3	20.9	33.8	22.7
Potsdam	27.8	21.9	29.1	23.4
Solingen	30.5	21.6	31.9	23.5
Hanau	33.0	23.1	36.1	26.3

### 3.2 Versiegelung

Der Versiegelungsanteil ist erwartungsgemäß in den Ortslagen erhöht. Besonders Potsdam und Leipzig weisen einen größeren Anteil an unversiegelten Flächen auf, insbesondere durch Wasser und Wald.

Tab. 5: Ergebnisübersicht zur Versiegelung (Quelle: eigene Bearbeitung)

	Versiegelung 2017/2018 (%)	
	Gesamtgebiet	Ortslage
Leipzig	22	40
Bielefeld	22	52
Potsdam	13	36
Solingen	28	53
Hanau	22	54

### 3.3 Grünvolumen

Die Grünvolumenzahl, als Maß des Grünvolumens pro Fläche, spiegelt bei Potsdam den geringeren Anteil Versiegelung bei einem größerem Anteil Grünvolumen in der Ortslage wider. Hanau und Bielefeld zeigen hingegen ein geringeres Grünvolumen in der Ortslage, während es im Gesamtgebiet deutlich über dem Durchschnitt der Fallstudienstädte liegt ( $4.64 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ).

Tab. 6: Ergebnisübersicht zur Grünvolumenzahl (Quelle: eigene Bearbeitung)

	Grünvolumenzahl (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) 2017/2018	
	Gesamtgebiet	Ortslage
Leipzig	2.40	2.01
Bielefeld	4.08	1.96
Potsdam	4.75	3.18
Solingen	5.56	2.58
Hanau	6.43	1.64

### 3.4 Lineares Modell und Defizitanalyse

In der Einzelanalyse der Städte ergeben sich für die Fitparameter  $c_s$  und  $c_g$  Werte im Bereich von 0.0259 °C/% bis 0.0618 °C/% bzw. von 0.2208 °C/(m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) bis 0.5504 °C/(m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>). Die Werte für  $T_0$  variieren erwartungsgemäß aufgrund der unterschiedlichen Absolutwerte der Städte an den gewählten heißen Tagen und liegen zwischen 28.9 °C und 33.2 °C. Der Standardfehler der Regression liegt zwischen 0.366°C und 0.75 °C. Generell zeigen die Messwerte in Zellen mit kleinem Versiegelungsgrad (< ~20 %) und geringer Grünvolumenzahl (< ~3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) stärkere Schwankungen als Zellen mit hohem Versiegelungsgrad oder Zellen mit hoher Grünvolumenzahl. Dies lässt sich damit begründen, dass die lokale Temperatur für Zellen mit geringem Versiegelungsgrad und kleiner Grünvolumenzahl stärker durch andere, in dieser Analyse nicht erfasste Größen beeinflusst wird. Tabelle 7 zeigt eine detaillierte Auflistung der Fitwerte für alle untersuchten Städte. Für das generalisierte Modell erhält man mit dieser Vorgehensweise das Ergebnis

$$T = T_0 + 0.0351^\circ\text{C} * s[\%] - 0.4016^\circ\text{C} * g \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right] \quad (1)$$

mit einer für jede Stadt individuellen Bezugstemperatur  $T_0$ , welche im Fitprozess bestimmt wird (Tab. 7). Zu betonen ist, dass das generalisierte Model (1) einen Gültigkeitsbereich besitzt, welcher in etwa durch den Bereich der Versiegelungsgrade und Grünvolumenzahlen geben ist, der im Rahmen dieser Studie abgedeckt wurde und somit Grundlage des Modells (1) bildet. Dieser Gültigkeitsbereich kann näherungsweise mittels dieser Bedingungen beschrieben werden:

$$10 \lesssim s[\%] \leq 100 \quad (2)$$

$$0 \lesssim g \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right] \lesssim 18.5 * (1 - s [\%] / 100)$$

Obwohl der Fit des generalisierten Modells an die Daten einer einzelnen Stadt aufgrund der festen Werte für  $c_s$  und  $c_g$  i. A. eine höhere mittlere Abweichung als der zuvor in der Einzelanalyse bestimmte individuelle lineare Fit hat, ist dennoch der maximale Wert für die Standardabweichung der Regression über alle Städte mit 0.76 °C nur unerheblich größer als der maximale Wert der Standardabweichung im Fall der Einzelanalyse (0.75 °C).



Tab. 7: Vergleich Einzelanalyse und generalisiertes Modell (Quelle: eigene Bearbeitung)

Stadt	Fit des linearen Modells in der Einzelanalyse				Fit des generalisierten linearen Modells			
	Werte der Fitparameter			Standard- fehler der Regres- sion	Werte der Fitparameter			Standard- fehler der Regres- sion
	$T_0$	$c_s$	$c_g$		$T_0$	$c_s$	$c_g$	
°C	°C/%	°C/(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	°C	°C	°C/%	°C/(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	°C	
Bielefeld	30,962	0,062	0,301	0,563	32,445	0,035	0,402	0,741
Hanau	33,229	0,033	0,450	0,745	32,944	0,035	0,402	0,758
Leipzig	30,601	0,026	0,550	0,366	29,857	0,035	0,402	0,446
Potsdam	28,862	0,034	0,288	0,481	29,238	0,035	0,402	0,603
Solingen	30,343	0,044	0,221	0,464	31,518	0,035	0,402	0,758

Das generalisierte Modell ermöglicht nun auch eine Anwendung auf weitere, hier nicht untersuchte Städte. Beispielsweise wird in einer Stadt an einem heißen Tag in einem bestimmten Bereich mit gegebener Grünvolumenzahl  $g_{ist}$  und Versiegelungsgrad  $s_{ist}$  eine lokale Maximaltemperatur  $T_{ist}$  gemessen. Gleichzeitig soll die Temperatur zukünftig unter gleichen meteorologischen Bedingungen auf einen gewünschten Sollwert  $T_{soll}$  begrenzt werden. Unter der Annahme der Gültigkeit des Modells ergeben sich somit aus Gleichung (1) die Beziehungen

$$T_{ist} = T_0 + 0.0351^{\circ}\text{C} * s_{ist}[\%] - 0.4016^{\circ}\text{C} * g_{ist}[\text{m}^3/\text{m}^2]$$

$$T_{soll} = T_0 + 0.0351^{\circ}\text{C} * s_{soll}[\%] - 0.4016^{\circ}\text{C} * g_{soll}[\text{m}^3/\text{m}^2]$$

mit dem gesuchten Sollwert der Grünvolumenzahl  $g_{soll}$  und einer i. A. unbekanntem Bezugstemperatur  $T_0$ . Hieraus folgt nun unmittelbar der Zusammenhang

$$g_{soll} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right] = g_{ist} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right] + 2.49 * (T_{ist}[\text{°C}] - T_{soll}[\text{°C}])$$

für den gesuchten Sollwert der Grünvolumenzahl  $g_{soll}$  bzw. die Abschätzung

$$\Delta g \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right] = 2.49 * (T_{ist}[\text{°C}] - T_{soll}[\text{°C}]) \quad (3)$$

für das Grünvolumendefizit  $\Delta g = g_{soll} - g_{ist}$ . Es sei betont, dass die mithilfe dieser Gleichung ermittelten Werte noch die Gültigkeitsbedingungen des Modells (Gleichung 2) erfüllen sollten. Des Weiteren sei bemerkt, dass in der Praxis eine Vergrößerung des Grünvolumens möglicherweise sogar einen stärkeren als den von Gleichung (3) vorhergesagten Effekt hat, wenn durch die Zunahme des Grünvolumens gleichzeitig eine Reduktion des Versiegelungsgrades einhergeht, denn Formel (3) wurde unter der Annahme eines konstant bleibenden Versiegelungsgrades hergeleitet.

In Abbildung 7 ist eine Beispielanwendung für Hanau dargestellt. Hierbei wird die mittlere Oberflächentemperatur des heißen Tages für das gesamte Stadtgebiet bestimmt

(32 °C) und diese dann nachfolgend als Beschränkung für die Defizitanalyse verwendet. Das heißt, soll in allen Gitterzellen die Maximaltemperatur von 32 °C an einem heißen Sommertag nicht überschritten werden, muss je nach Versiegelungsgrad ein bestimmtes Grünvolumen vorhanden sein.

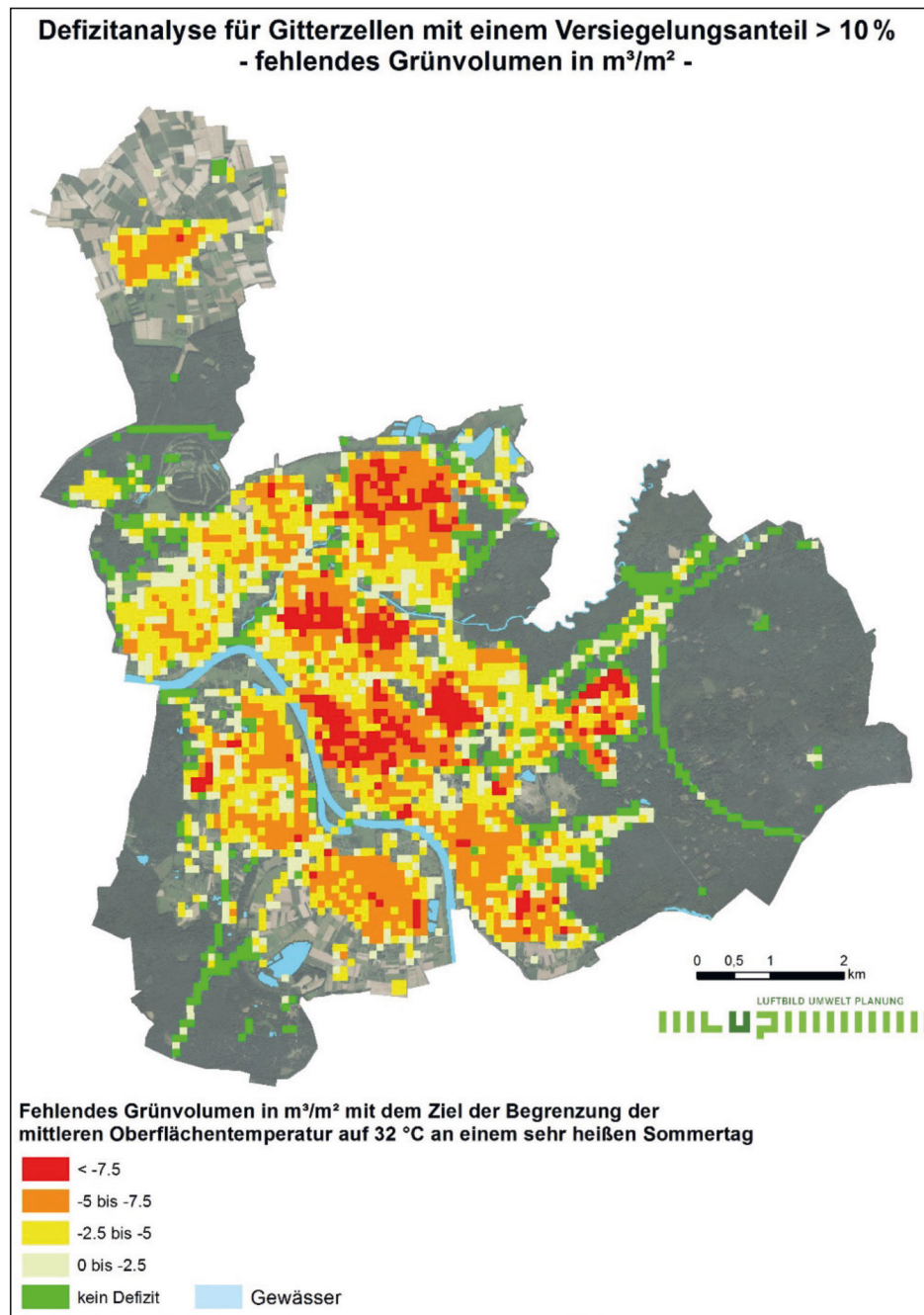


Abb. 7: Grünvolumendefizit für Hanau (Quelle: eigene Darstellung)

## 4 Ergebnisse in der Anwendung für Stadtplanung und Klimaschutz

Nachhaltige Siedlungsentwicklung und -bewirtschaftung hat sich gerade auch in städtischen Lebensräumen neben Aspekten der Erhaltung von Lebensgemeinschaften zunehmend mit Klimafitness bzw. Resistenzfähigkeit von Siedlungen gegenüber dem Klimawandel zu beschäftigen, u. a. mit ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Hitzestress. Eine in diesem Sinne nachhaltige Siedlungsentwicklung und qualifizierte Standorterfassung kann durch die hier vorgestellten Indikatoren gut untersetzt werden, weil sie eine einfache Referenz zur Standardisierung der Ermittlung eines Grünvolumensolls mit einer breiten Anwendbarkeit für Deutschland zur Verfügung stellen. Die Ableitung ist von Behörden und Politik leicht umzusetzen.

Die Kombination von qualitativen mit den hier vorgestellten quantitativen Indikatoren, die Vulnerabilitäten (Alter der Bevölkerung, siehe Abb. 8) räumlich differenziert mit standörtlichen Resistenzen (Grünvolumen/Versiegelung) zusammenbringen, erlauben z. B. Stadtplanung und Politik die Steuerung der Siedlungsentwicklung im Sinne einer Erhöhung der Klimafitness der städtischen Lebensgemeinschaft. Damit kann im Sinne der Aufgabe der Planung das Vorsorgeprinzip standörtlich und bevölkerungsstrukturell differenziert umgesetzt und begründet werden (entspr. §§ 1, 1a, 136, 171a BauGB). Defizite (z. B. „alte“ > 65 Jahre und damit „hitzeempfindliche Bevölkerung“ im Bereich städtischer Wärmeinseln; entspr. Abb. 8 – s. u.) können anhand realer Verhältnisse benannt und gezielt mit städtebaulichen Maßnahmen beseitigt werden, z. B. durch Begrünungsprogramme, Beschattung, Umbau- und Umgestaltung von Gebäuden. Kritische Hitzestresszonen lassen sich genau ansprechen. Der Mehrwert gegenüber bisherigen Möglichkeiten liegt in der individuell-standörtlichen Adressierung von Maßnahmen auf Basis der hohen Datenauflösung, womit ein Ressourceneinsatz zur Klimaanpassung sparsam und kleinteilig konfigurierbar umsetzbar wird. Gleichzeitig verbessert die rechnerische Ableitung von Zielwerten die Begründung von Maßnahmen und Vergleichen. Eine Abfolge von Maßnahmen nach Wichtigkeit, z. B. beginnend bei besonders ungünstigen Bedingungen, ist anhand realer stadtspezifischer Daten möglich und steigert damit absehbar schnell die Lebensqualität.

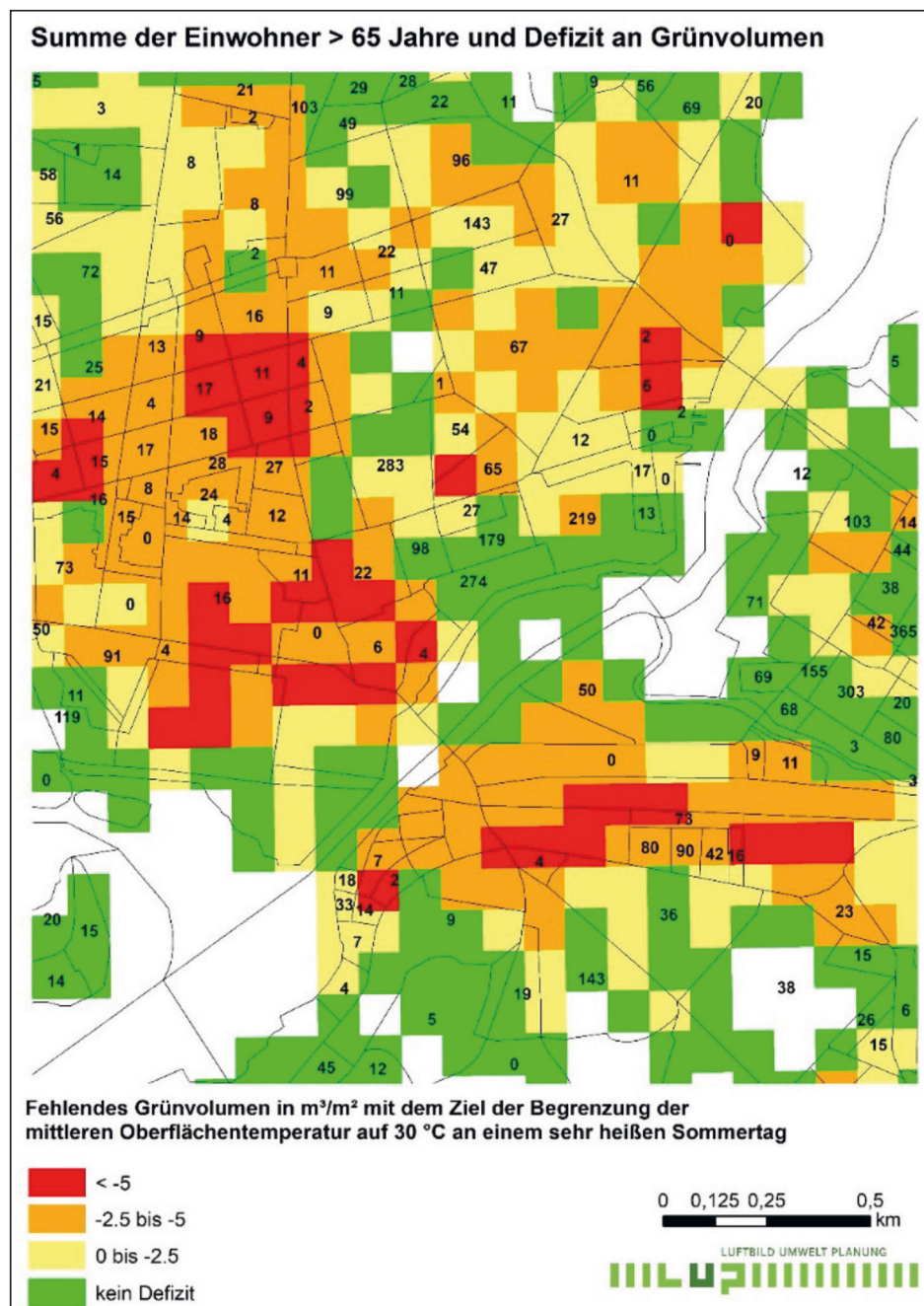


Abb. 8: Grünvolumendefizit in Zusammenhang mit hitzesensiblen Bevölkerungsteilen für einen Ausschnitt in Potsdam (Quelle: eigene Darstellung)

## 5 Fazit

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Zusammenhang der Indikatoren Grünvolumen, Versiegelungsanteil und Oberflächentemperatur. Mit erhöhtem Versiegelungsanteil und gleichzeitig reduziertem Grünvolumen gehen höhere Oberflächentemperaturen in den Ortslagen der Fallstudienstädte einher. Durch die Erstellung eines gemittelten linearen Modells auf Basis dieser Indikatoren können defizitäre Bereiche herausgestellt



und mit sozialer Statistik auf Blockebene verschnitten werden. Dadurch können in der kommunalen Planung, insbesondere im Hinblick auf Klimaanpassungsmaßnahmen bei zunehmend heißeren Sommern, prioritäre Handlungsbereiche aufgezeigt und begründet werden. Weitere Nutzungsmöglichkeiten in der Kommunalplanung ergeben sich beispielsweise in Bezug zu Grünerreichbarkeit für die Bevölkerung an heißen Tagen. Hervorzuheben ist die gute Übertragbarkeit der Methodik auf andere Städte.

## 6 Literatur

- Bowler, D. E.; Buyung-Ali, L. M.; Knight, T. M.; Pullin, A. S. (2010): Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. In: *Landscape and Urban Planning* 97 (3): 147-155.
- Bruse, M. (2003): Stadtgrün und Stadtklima: Wie sich Grünflächen auf das Stadtklima auswirken. In: *LÖBF-Mitteilungen* 2003 (1): 66-70.
- Claßen, T. (2018): Urbane Grün- und Freiräume – Ressourcen einer gesundheitsförderlichen Stadtentwicklung. In: Baumgart, S.; Köckler, H.; Ritzinger, A.; Rüdiger, A. (Hrsg.): *Planung für gesundheitsfördernde Städte*: 297-313.
- Claßen, T.; Völker, S. (2015): Stadtgrün & Stadtblau im Dienste der Gesundheit? Zur wiederentdeckten Rolle intakter grüner und blauer Infrastruktur für eine gesundheitsförderliche Stadtentwicklung. In: *RaumPlanung* 180 (4), Themenheft „Grüne Infrastruktur in urbanen Räumen“: 46-53.
- 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: *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis* (2019) 3: 6.  
<https://doi.org/10.1007/s41651-019-0030-5>
- Gill, S. E. J. F.; Handley, A. R. E.; Pauleit, S. (2007): Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. In: *Built Environment* 33.1: 115-133.
- Jiménez-Muñoz, J. C.; Cristòbal, J.; Sobrino, J. A.; Sòria, G.; Ninyerola, M.; Pons, X. (2009): „Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat thermal-infrared data“. In: *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing* 47.1: 339-349.
- Jiménez-Muñoz, J. C.; Sobrino, J. A.; Skokovic, D.; Mattar, C.; Cristóbal, J. (2014): „Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data“. In: *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 11.10: 1840-1843.
- Matzarakis, A. (2001): Die thermische Komponente des Stadtklimas. Freiburg. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg 6.
- Oke, T. R. (1982): The energetic basis of the urban heat island. In: *Quart. J. R. Met. Soc.* 108: 1-24.
- Schulze, H.-D.; Pohl, W.; Großmann, M. (1984): Gutachten: Werte für die Landschafts- und Bauleitplanung: Bodenfunktionszahl, Grünvolumenzahl. – Schriftenreihe der Behörde für Bezirksangelegenheiten. Naturschutz und Umweltgestaltung Freie Hansestadt Hamburg. 9. 1. Aufl. Christians. Hamburg.

- Speak, A.; Zerbe, S. (2020): Zum Einfluss von Bäumen und Oberflächenbelag auf das Mikroklima innerstädtischer Freiflächen. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 52 (08): 378-384.
- Spronken-Smith, R. A.; Oke, T. R. (1998): The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. In: *Int. J. Remote Sensing* 19: 2084-2104.
- Quinlan, R. (1992): Learning with continuous classes. In: *Proceedings of the 5th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence*, Hobart, Australia: 16-18; 343-348.
- Quinlan, R. (1993): Combining instance based and model based learning. In: *Proceedings of the Tenth International Conference on Machine Learning*, Amherst, MA, USA: 236-243.



**Neue Daten – neue Chancen**



# Verbesserung der Informationslage zur Flächennutzung mittels aktueller und zukünftiger Fernerkundungsdaten

Marion Pause, Anke Hahn, Angela Lausch

## Zusammenfassung

Die Umweltfernerkundung hat in den vergangenen zwei Jahrzehnten enorme Fortschritte erzielt und bietet Potenzial zur Erweiterung behördlicher Geodatenbestände und vielfältiger Anwendung. Insbesondere abbildende Hyperspektraldaten und Thermaldaten bieten die Möglichkeit für die Bereitstellung neuer thematische Informationen (GIS-Layer). Ein zentrales Einsatzgebiet ist die Analyse, Visualisierung und Bereitstellung von Informationen zu den Wirkungsketten grüner und blauer Infrastruktur in Landschaften und Siedlungen. Der Beitrag vermittelt einen Überblick zu Anwendungen, Aspekten und Anforderungen an die Akquise von Hyperspektraldaten und Thermaldaten.

**Schlagworte:** Hyperspektraldaten, Thermaldaten, Landmanagement, Klimaanpassung, GI/BI-Monitoring

## 1 Einführung

Die Fernerkundung der Landoberfläche hat in den vergangenen zwei Jahrzehnten enorme Fortschritte erzielt. Diese Fortschritte sind sichtbar i) in der Entwicklung und Bereitstellung neuer Sensortechnologien, ii) im *Open Access* zu kontinuierlichen Zeitreiheninformationen sowie iii) in der Verfügbarkeit wissenschaftlich basierter *proof-of-principle* Ergebnisse hinsichtlich der Anwendungsmöglichkeiten. Herausragende Anwendungspotenziale zeigen sogenannte abbildende Hyperspektraldaten (abbildende Spektroskopie, HS) und abbildende Thermaldaten (Thermografie, TIR) für die Bereitstellung von Informationen zum Zustand und der raum-zeitlichen Dynamik von Landschaften, Vegetation und Siedlungsgebieten (urban und dörflich). Ein zentrales Anwendungsbeispiel im Kontext der Klimaanpassung unserer Landschaften und Siedlungen ist die beobachtungsbasierte (nicht modelliert) räumlich explizite Visualisierung (Monitoring) der bodennahen Lufttemperatur mittels Thermaldaten. Damit werden GI/BI-Wirkungsketten (GI: grüne Infrastruktur, photosynthetisch aktive Vegetation; BI: blaue Infrastruktur, Wasserflächen) sichtbar und können somit zur weiteren Kommunikation und Bewertung von Landschaften aufbereitet werden. GI/BI-Wirkungsketten sind von zentraler Bedeutung für den Erhalt vielfältiger Funktionen unserer Landschaften (z. B. Bodenspeicherkapazität) und Siedlungen (z. B. Kühlung und Sauerstoffproduktion) und können als Planungsgrundlage dienen. Darüber hinaus kann mittels HS-Daten die Objektidentifikation (z. B. Materialien von Dachflächen, Baumarten) und Klassifikation

(z. B. Vegetations- und Biotopklassifikation) verbessert werden, um beispielsweise funktionale Zusammenhänge zwischen Pflanzengemeinschaften auf Privatgrundstücken und deren Effekt auf die Siedlungstemperatur messbar abzubilden (Abb. 1). Man kann die Ökosystemdienstleistung kleinräumig dokumentieren, wie beispielsweise die folgenden Fragen adressieren: Welchen Einfluss haben Agroforstsysteme auf das lokale Klima und den Biotopverbund? Welchen Beitrag liefert ein bestimmter Siedlungsbereich zur Temperaturregulierung im Stadtgebiet?

In den folgenden Kapiteln soll ein Überblick zu folgenden Aspekten vermittelt werden:

- Welchen konkreten Beitrag können HS- und TIR-Daten für ein nachhaltiges Flächenmanagement liefern?
- Welche Daten stehen zur Verfügung und was ist bei deren Akquise zu beachten?
- Welche Ansätze für ein Monitoring sind aktuell denkbar?

Akteure umweltrelevanter Bereiche (Stadt- und Regionalplanung, Land- und Forstwirtschaft, Klima, Landschaftspflege, Wasserversorgung, Energie, Wirtschaft, öffentliche Hand) sowie die interessierte Öffentlichkeit können auf individuelle Weise von den neuen Fernerkundungsdaten profitieren und sollen durch das Aufzeigen von Beispielen in diesem Beitrag angesprochen werden.

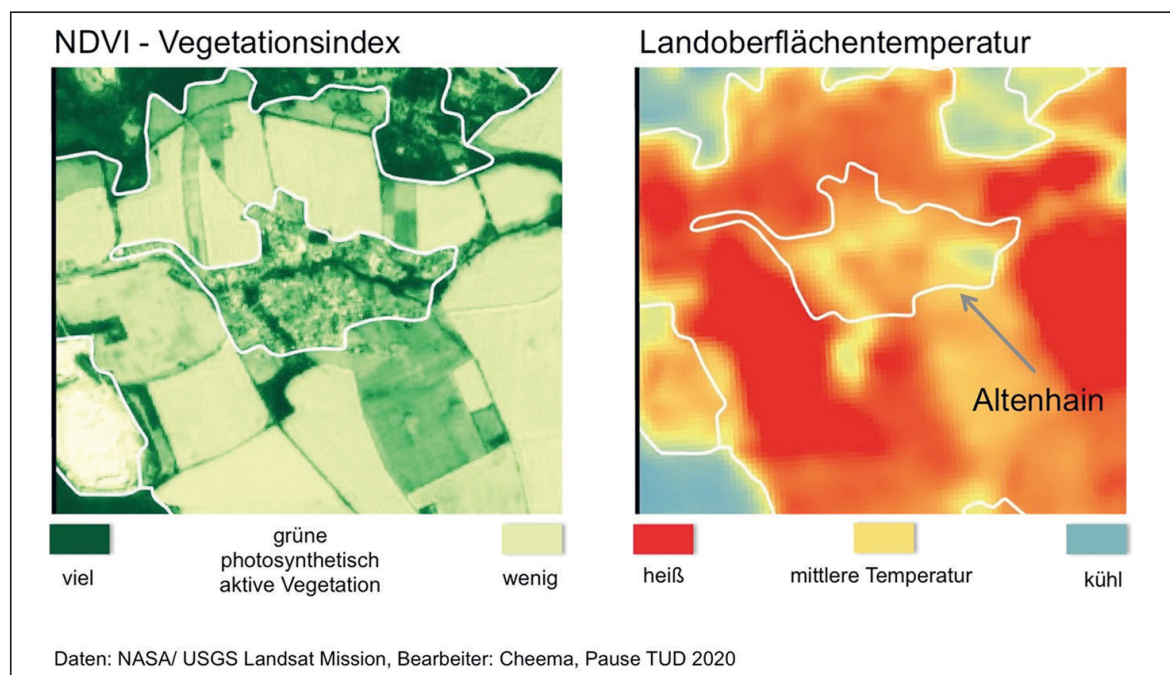


Abb. 1: Exemplarische Visualisierung der GI/BI-Wirkungsketten anhand von Landsat-8-Satellitendaten, 31.7.2018 über dem Ortsteil Altenhain der Gemeinde Trebsen in Sachsen. Links: Darstellung des Vegetationsindex NDVI, Rechts: Darstellung der räumlichen Muster der Landoberflächentemperatur. Das kühlere Band (in Gelb markiert) durch die Ortschaft Altenhain ist bedingt durch den Bachlauf der Eller und dem angrenzenden Vegetationsband.

## 2 Beitrag Abbildender Hyperspektraldaten und Thermaldaten zum Flächenmonitoring

Im Folgenden sind ausgewählte Einsatzgebiete für HS- und TIR-Daten zusammengestellt. Die Auswahl orientiert sich an der Eignung für ein nachhaltiges Flächenmanagement im Zuge der Klimaanpassung und Erhöhung der biologischen Vielfalt unserer Landschaften und Siedlungen.

Primäre HS-Einsatzgebiete sind:

- Ökosystem-Bilanzierung und Ableitung von Biodiversitätsflächenindikatoren, z. B. in kleinräumigen Fokusgebieten und Siedlungen, Quartieren (Abb. 1)
- Qualitatives und quantitatives Monitoring von Stadtgrün (z. B. Einzelbäume zählen, beobachten und die Art ableiten)
- Monitoring des Stresszustandes von Vegetation (Stadtgrün, Bäume, Parkanlagen) (Lausch et al. 2016)
- Bewertung der Eignung von Stadtgrün im Zuge des Klimawandels
- Ermittlung und Monitoring von Maßnahmen zur Erhöhung und Sicherung biologischer Vielfalt (Cavender-Bares et al. 2020; Lausch et al. 2016)
- Lokalisierung und Monitoring funktionaler grüner Infrastruktur in Ortslagen und in der Landschaft (z. B. Hecken- und Wegbepflanzungen, Agroforstsystem) (Degerickx et al. 2020)
- Monitoring von Wasserflächen und Lokalisierung von potenziellen neuen Wasserflächen im Zuge der Klimaanpassung von Landschaften (Prosek et al. 2020)
- Ableitung von Wasserqualität
- Vegetationswassergehalt, z. B. für die Ermittlung der Waldbrandgefahr
- Bewertung der Photosyntheseleistung einer Landschaftseinheit zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Neutralität
- Ableitung von Bodeneigenschaften (Bodenfeuchte, Verfestigung, Verdichtungsgrad) in Städten (Vegetationzustand ist Proxy für Bodeneigenschaften und Verdichtungsgrad) (Lausch et al. 2019a)
- Ableitung des Versiegelungsgrads im urbanen Raum

Primäre TIR-Einsatzgebiete sind:

- Räumlich explizite Erfassung, Visualisierung und vergleichende Bewertung der Landoberflächentemperatur, z. B.
  - in Ortslagen zur Lokalisierung von Hitzeinseln
  - in der Landschaft zur Lokalisierung von Bereichen mit hohem Verlust an Bodenfeuchte

- Defizitanalyse zu grüner Infrastruktur in Siedlungen zur Temperaturregulierung
- Monitoring von Indikatoren der Bodenfeuchte (Wang et al. 2018) und Evapotranspiration (Anderson et al. 2012), z. B.
  - für das Landmanagement zur Sicherung der Grundwasserneubildung in Einzugsgebieten (Sun, Schulz 2015)
  - für das Design alternativer landwirtschaftlicher Nutzungsarten wie Agroforstsysteme
  - Verringerung der Bodendegradation

In den Kapiteln 2.1 und 2.2 sind spezifische Eigenschaften und Anforderungen an die Akquise und Analyse von HS- und TIR-Daten zusammengefasst. Insbesondere sind Unterschiede von flugzeug- und satellitenbasierten Datenprodukten aufgezeigt, da deren Berücksichtigung entscheidend für ein zielführendes Monitoring ist. Für zahlreiche Anwendungen verbessert die Kombination verschiedener Fernerkundungsbeobachtungen (physikalische Signale) die Ableitung thematischer Informationen, da dabei Synergien und Komplementaritäten gezielt in Algorithmen berücksichtigt werden können. Landnutzungs- und Vegetationsklassifikationen, basierend auf HS-Daten, können beispielsweise die Interpretation von TIR-Daten hinsichtlich Temperatur und Bodenfeuchte unterstützen.

## 2.1 Vorüberlegungen: Hyperspektraldaten

### 2.1.1 Datenverfügbarkeit

Das Satellitensegment für die regelmäßige Bereitstellung abbildender Hyperspektraldaten befindet sich bei den internationalen Erdbeobachtungsprogrammen im Aufbau. Einen aktuellen Missions- und Anwendungsüberblick bieten Lausch et al. (2019b) und Transon (2018). Die technischen Herausforderungen an die Bereitstellung zuverlässiger Signal-Rausch-Verhältnisse der großen Anzahl von Spektralkanälen (mehrere hundert spektrale Bänder) und der damit verbundenen Kalibrationsprozesse von HS-Daten waren u. a. wesentlicher Entwicklungsgegenstand der vergangenen zwei Dekaden. Im Rahmen des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus zählt CHIME-Mission (*Copernicus Hyperspectral Imaging Mission*) zu den *High Priority Candidates* (Rast et al. 2019) und soll die Datenbasis für umweltrelevante Aufgaben und Entscheidungen unterstützen.

Für 2021 ist der Start der ersten deutschen HS-Satellitenmission EnMAP geplant (Guanter et al. 2015). EnMAP-Daten werden kostenfrei zur Verfügung stehen und können beispielsweise kostenfrei in der Software QGIS mit dem *open source plugin* EnMAP-Box bearbeitet werden. EnMAP-Daten liefern Beobachtungen spektraler



Signaturen von 420 - 2 450 nm und bieten eine räumliche Auflösung von 30 m x 30 m, d. h. es werden räumlich integrierte spektrale Eigenschaften und deren zeitliche Veränderungen in einer Raumeinheit von 30 m x 30 m erfasst. Aufgrund der hohen Anzahl einzelner Spektralkanäle können Informationen, z. B. über die Zusammensetzung verschiedener Objektklassen oder auch Artenzusammensetzung (Vegetation), abgeleitet werden und zeitlich dokumentiert werden. Aufgrund der räumlichen Auflösung von 30 m x 30 m können mit den EnMAP-Daten keine einzeln stehenden Pflanzen oder Gehölze detektiert oder gezählt werden. Die spektralen Signaturen der EnMAP-Daten erlauben die Bereitstellung neuer Informationsprodukte zu Wasserqualität (z. B. durch die Identifikation von Wasserinhaltsstoffen, Bestimmung des Chlorophyllgehaltes als Proxy für Eutrophierung), Bodenfeuchte und Vegetationswassergehalt.

Neben dem Satellitensegment stehen der behördlichen Anwendung zahlreiche flugzeuggetragene abbildende Hyperspektralsensoren zur Verfügung, welche beispielsweise an verschiedenen deutschen Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft (UFZ, GFZ, DLR) und der Hochschule Anhalt (Institut für Geoinformation und Vermessung) umfangreich und vielfältig auf verschiedenen Flugzeugen eingesetzt werden (Brosinsky et al. 2014; Lausch, Pause 2009; Ulrich et al. 2019).

### 2.1.2 Anforderungen an die Akquise von HS-Daten

HS-Daten zählen zu den optischen Fernerkundungsdaten und beinhalten die Erfassung der an der Erdoberfläche (Zielobjekt) reflektierten Sonnenstrahlung. Prinzipiell sind HS-Daten mit RGB-/CIR-Luftbildern und multispektralen Satellitendaten (z. B. Landsat, Sentinel-2) vergleichbar. Das entscheidende Abgrenzungsmerkmal der HS-Daten liegt in der signifikant höheren Anzahl einzelner Spektralkanäle und der damit verbundenen detaillierteren Erfassung der spektralen Signatur („spektraler Fingerabdruck“) von Objekten der Landoberfläche (z. B. Einzelbäume, Grünland, Boden, Wasseroberflächen, Dachflächen). Die Qualität der vom Sensor registrierten Strahlungsinformation ist dabei stark wetter- und tageszeitabhängig und variiert zwischen den Spektralbereichen (RGB – rot, grün, blau, NIR – nahes Infrarot, SWIR – kurzwelliges Infrarot). Die SWIR-Datenerfassung erfolgt mit einem technisch separaten Sensor, welcher über eine Kühlung verfügt und aufgrund seines Gewichts derzeit noch nicht für UAV-Anwendungen zur Verfügung steht. Damit erfordert die Aufzeichnung des Spektrum von 400 - 2 500 nm zwei individuelle Sensoren, welche i. d. R. geometrisch co-registriert werden, um dem Anwender final einen Datensatz bereitzustellen. Ideale Aufnahmezeitfenster liegen um die Mittagszeit und sollten bei Zeitreihenanalysen möglichst in ähnlichen Zeitfenstern liegen. Damit gewährleistet man optimale Signal-Rausch-Verhältnisse und Vergleichbarkeit.

Bei der Durchführung von HS-Befliegungskampagnen können während der Kampagnenplanung die exakte Anzahl und Lage der spektralen Bänder und die räumliche Auflösung

des finalen HS-Datensatzes geplant werden. Hierfür empfiehlt sich die Kampagnenplanung unter Einbindung eines erfahrenen Operateurs – dieser bedient i. d. R. die Sensorik im Flugzeug – um eine ideale HS-Datengrundlage für die Ableitung thematischer Informationen zu gewährleisten. Beim Einsatz von HS-Sensorik auf UAV ist zu berücksichtigen, dass insbesondere in den favorisierten Mittagsstunden eine höhere Thermik die Datenqualität durch Turbulenzen negativ beeinflussen kann. Somit sind Octocopter gegenüber Flächenflügler – UAVs besser geeignet, da diese Turbulenzen besser ausgleichen.

## 2.2 Vorüberlegungen: Thermaldaten

### 2.2.1 Datenverfügbarkeit

Die Ermittlung der Landoberflächentemperatur aus frei verfügbaren Satellitendaten (z. B. Landsat) ist in Wissenschaft, Forschung und akademischer Ausbildung mittlerweile ein Routineprozess und bietet Anwendungspotenzial für ein nachhaltiges und klimaangepasstes Landmanagement. Perspektivisch zeigen sogenannte hyperspektrale Thermaldaten ein weitreichendes Anwendungspotenzial (Manolakis et al. 2019). Neben der eigentlichen Ermittlung der Temperatur der Landoberfläche oder der bodennahen Atmosphäre ermöglichen thermale Signaturen ebenfalls oder in Ergänzung zu den HS-, RGB- oder Multispektraldaten eine Objektdifferenzierung. Der praktische Einsatz von TIR-Daten ist bisher maßgeblich im militärischen Bereich und in der Lagerstätten erkundung zu finden. Beispielsweise verfügt die Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR) über einen hyperspektralen TIR-Sensor (AISA OWL), mit welchem 100 Thermalkanäle erfasst werden können, um z. B. Wassereigenschaften in Seen oder Bodeneigenschaften abzuleiten.

### 2.2.2 Anforderungen an die Akquise von TIR-Daten

Bei der Akquise von TIR-Daten ist zu berücksichtigen, dass diese im Vergleich zu RGB- oder HS-Daten über geringere räumliche Auflösungen verfügen (z. B. Landsat 8, TIR-Pixel 100 m x 100 m). Die Ursache liegt in der geringeren Energiedichte im TIR-Spektrum und der damit verbundenen erforderlichen zeitlich längeren Signalintegration, welche sich wiederum in geringeren räumlichen Auflösungen auswirkt. Bei der Durchführung von Flugzeugkampagnen hat man auch hier Möglichkeiten für die Optimierung von Einstellungen der Sensorik („spectral and spatial binning“) und Flugparametern (z. B. Flughöhe, Flugeschwindigkeit) und kann damit z. B. für Untersuchungsgebiete und spezifische Fragestellungen räumliche Auflösungen von wenigen Metern erzielen. Für die Umrechnung der thermalen Strahldichten in Celsiustemperaturen benötigt man den Emissionsgrad des jeweiligen Objektes für den spezifischen TIR-Kanal. Für die

Klassifikation der Objekte können dazu wiederum HS-, RGB- oder Multispektraldaten verwendet werden. Es gibt beispielsweise auch Ansätze, welche den NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) für die Ableitung von Emissivitäten verwenden (Avdan, Jovanovska 2016).

Die Festlegung des Befliegungszeitfensters im Tagesgang ist abhängig von der Zielgröße. Für die Ableitung von Bodenfeuchteinformationen empfehlen sich die frühen Morgenstunden oder Nachtaufnahmen. Damit gewährleistet man ein TIR-Signal, welches maßgeblich die Bodeneigenschaften (Landoberfläche) repräsentiert. Für die Lokalisierung von urbanen Hitzeinseln oder die Analyse der Temperaturregulierung in Bezug zu GI/BI-Elementen innerhalb von Siedlungen können verschiedene Aufnahmezeitpunkte innerhalb eines Tages sinnvoll sein.

### **3 Dateneinbindung für eine nachhaltige Flächenentwicklung**

HS und TIR bieten einen hohen Informationsgehalt, welcher bereits verfügbare Geodatenbestände (z. B. Digitale Geländemodelle, RGB-/CIR-Luftbilder) hervorragend ergänzt. Von großem Wert ist die Möglichkeit, einen Datensatz (z. B. von einer HS- oder TIR-Befliegung) für unterschiedliche Fragestellungen einzusetzen und damit mehrere Endverbraucher zu unterstützen. Insbesondere für die anstehenden Aufgaben im Kontext von Klimaschutz, Klimaanpassung und Erhöhung biologischer Vielfalt bieten HS- und TIR-Daten neue Informationen für die Identifikation, Monitoring, Planung, Bewertung und Dokumentation erforderlicher Maßnahmen.

Denkbar ist beispielsweise, Befliegungskampagnen in besonders gefährdeten Gebieten (z. B. aufgrund von Baumsterben, Überhitzung) und unter Einbindung verschiedener Akteure durchzuführen und Prozessketten für die Datenprozessierung bis zur Bereitstellung neuer thematischer Layer zu erproben.

Überlegenswert ist auch die Entwicklung einer *Citizen-Science*-Komponente zur Unterstützung der Inwertsetzung der Fernerkundungsdaten. Beispielsweise könnten durch Verknüpfung mit individuellen Informationen über Vegetationszustände, Arten und Pflegemaßnahmen thematische Layer der breiten Öffentlichkeit interaktiv zugänglich gemacht werden und das Bewusstsein für die Wirkung individuellen Handelns im übergeordneten Raummaßstab veranschaulicht werden.

### **4 Fazit**

Die Bereitstellung flächendeckender neuer Fernerkundungsdaten (Rasterdaten) und daraus abgeleiteter thematischer Layer in den behördlichen Datenportalen bietet hohes und vielfältiges Anwendungspotenzial. Zentrale potenzielle Datensätze sind dabei abbildende Hyperspektral- und Thermaldaten. Für den bestehenden Bedarf in der

Bewusstseinsbildung, bei Wissensgenerierung und -transfer über Funktionen von GI/BI zur Regulierung der Landoberflächentemperatur und der damit verbundenen nachhaltigen Landnutzung und Umweltschutz (z. B. Stabilisierung des Bodenwasserhaushalts) sind Visualisierungen und thematische Informationen aus HS- und TIR-Daten ein effektives Werkzeug zur Kommunikation und Planung.

## 5 Literatur

- Anderson, M.C.; Allen, R. G.; Morse, A.; Kustas, W. P. (2012): Use of Landsat thermal imagery in monitoring evapotranspiration and managing water resources. *Remote Sens. Environ.* 122: 50-65.  
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.025>
- Avdan, U.; Jovanovska, G. (2016): Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *J. Sensors* 2016.  
<https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Brosinsky, A.; Lausch, A.; Doktor, D.; Salbach, C.; Merbach, I.; Gwilym-Margianto, S.; Pause, M. (2014): Analysis of Spectral Vegetation Signal Characteristics as a Function of Soil Moisture Conditions Using Hyperspectral Remote Sensing. *J Indian Soc Remote Sens* 42: 311-324.  
<https://doi.org/10.1007/s12524-013-0298-8>
- Cavender-Bares, J.; Gamon, J. A.; Townsend, P. A. (Eds.) (2020): *Remote Sensing of Plant Biodiversity*. Springer International Publishing, Cham.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-33157-3>
- Degerickx, J.; Hermy, M.; Somers, B. (2020): Mapping Functional Urban Green Types Using High Resolution Remote Sensing Data. *SUSTAINABILITY* 12.  
<https://doi.org/10.3390/su12052144>
- Guanter, L.; Kaufmann, H.; Segl, K.; Foerster, S.; Rogass, C.; Chabrillat, S.; Kuester, T.; Hollstein, A.; Rossner, G.; Chlebek, C.; Straif, C.; Fischer, S.; Schrader, S.; Storch, T.; Heiden, U.; Mueller, A.; Bachmann, M.; Hostert, P.; van der Linden, S.; Leitão, P.; Rabe, A.; Doerffer, R.; Krasemann, H.; Xi, H.; Mauser, W.; Hank, T.; Locherer, M.; Rast, M.; Staenz, K.; Sang, B. (2015): The EnMAP Spaceborne Imaging Spectroscopy Mission for Earth Observation. *Remote Sens.* 7: 8830-8857.  
<https://doi.org/10.3390/rs70708830>
- Lausch, A.; Baade, J.; Bannehr, L.; Borg, E.; Bumberger, J.; Chabrillat, S.; Dietrich, P.; Gerighausen, H.; Glässer, C.; Hacker, J. M.; Haase, D.; Jagdhuber, T.; Jany, S.; Jung, A.; Karnieli, A.; Kraemer, R.; Makki, M.; Mielke, C.; Möller, M.; Mollenhauer, H.; Montzka, C.; Pause, M.; Rogass, C.; Rozenstein, O.; Schnullius, C.; Schrod, F.; Schrön, M.; Schulz, K.; Schütze, C.; Schweitzer, C.; Selsam, P.; Skidmore, A. K.; Spengler, D.; Thiel, C.; Truckenbrodt, S. C.; Vohland, M.; Wagner, R.; Weber, U.; Werban, U.; Wollschläger, U.; Zacharias, S.; Schaepman, M. E. (2019a): Linking Remote Sensing and Geodiversity and Their Traits Relevant to Biodiversity – Part I: Soil Characteristics. *Remote Sens.* 11: 2356.  
<https://doi.org/10.3390/rs11202356>

- Lausch, A.; Baade, J.; Bannehr, L.; Borg, E.; Bumberger, J.; Chabrilliat, S.; Dietrich, P.; Gerighausen, H.; Glässer, C.; Hacker, J. M.; Haase, D.; Jagdhuber, T.; Jany, S.; Jung, A.; Karnieli, A.; Kraemer, R.; Makki, M.; Mielke, C.; Möller, M.; Mollenhauer, H.; Montzka, C.; Pause, M.; Rogass, C.; Rozenstein, O.; Schmillius, C.; Schrodtt, F.; Schrön, M.; Schulz, K.; Schütze, C.; Schweitzer, C.; Selsam, P.; Skidmore, A. K.; Spengler, D.; Thiel, C.; Truckenbrodt, S. C.; Vohland, M.; Wagner, R.; Weber, U.; Werban, U.; Wollschläger, U.; Zacharias, S.; Schaepman, M. E. (2019b): Linking Remote Sensing and Geodiversity and Their Traits Relevant to Biodiversity – Part I: Soil Characteristics. *Remote Sens.* 11.  
<https://doi.org/10.3390/rs11202356>
- Lausch, A.; Bannehr, L.; Beckmann, M.; Boehm, C.; Feilhauer, H.; Hacker, J. M.; Heurich, M.; Jung, A.; Klenke, R.; Neumann, C.; Pause, M.; Rocchini, D.; Schaepman, M. E.; Schmidlein, S.; Schulz, K.; Selsam, P.; Settele, J.; Skidmore, A. K.; Cord, A. F. 2016. Linking Earth Observation and taxonomic, structural and functional biodiversity: Local to ecosystem perspectives. *Ecol. Indic.* 70: 317-339.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.022>
- Lausch, A.; Erasmi, S.; King, D. J.; Magdon, P.; Heurich, M. (2016): Understanding Forest Health with Remote Sensing-Part I – A Review of Spectral Traits, Processes and Remote-Sensing Characteristics. *Remote Sens.* 8: 1029.  
<https://doi.org/10.3390/rs8121029>
- Lausch, A.; Pause, M. (2009): Skalenspezifische hyperspektrale Fernerkundung mit dem Airborne Imaging Spectrometer for Application (AISA-EAGLE/HAWK 400-2500nm). *DGPF Tagungsband 18*: 287-294.
- Manolakis, D.; Pieper, M.; Truslow, E.; Lockwood, R.; Weisner, A.; Jacobson, J.; Cooley, T. (2019): Longwave Infrared Hyperspectral Imaging Principles, progress, and challenges. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.* 7: 72-100.  
<https://doi.org/10.1109/MGRS.2018.2889610>
- Prosek, J.; Gdulova, K.; Bartak, V.; Vojar, J.; Solsky, M.; Rocchini, D.; Moudry, V. (2020): Integration of hyperspectral and LiDAR data for mapping small water bodies. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 92.  
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102181>
- Rast, M. (2019): Copernicus Hyperspectral Imaging Mission for the Environment – Mission Requirements Document.
- Sun, L.; Schulz, K. (2015): The Improvement of Land Cover Classification by Thermal Remote Sensing. *Remote Sens.* 7: 8368-8390.  
<https://doi.org/10.3390/rs70708368>
- Transon, J. (2018): Survey of Hyperspectral Earth Observation Applications from Space in the Sentinel-2 Context. *Remote Sens.* 8: 1-32.  
<https://doi.org/10.3390/rs10020157>
- Ulrich, C.; Bannehr, L.; Hupfer, M.; Schulze, M. (2019): Entwicklung von Indizes zur Ableitung der Eisenkonzentration verockerter Fließgewässer mittels hyperspektraler VNIR- und SWIR-Daten. *Publ. der Dtsch. Gesellschaft für Photogramm. Fernerkundung und Geoinf. e. V.*: 558-571.

Wang, Y.; Peng, J.; Song, X.; Leng, P.; Ludwig, R.; Loew, A. (2018): Surface Soil Moisture Retrieval Using Optical/Thermal Infrared Remote Sensing Data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*: 1-10.  
<https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2817370>



# Anwendungsszenarien von Geomassendaten zur Modellierung von Grünvolumen und Solarflächenpotenzial

*Martin Behnisch, Markus Münzinger, Hanna Poglitsch, Bruno Willenborg, Thomas H. Kolbe*

## Zusammenfassung

Der Runde Tisch GIS e. V. hat im Jahr 2019 im Zuge einer Ausschreibung die Verwendung von Geomassendaten intensiv unterstützt, indem Pilotanwender aus verschiedenen Anwendungsbereichen aufgefordert wurden, auf Basis von Daten des Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) in Bayern mögliche Anwendungsszenarien zu skizzieren und darauf aufbauend im Rahmen einer einjährigen Projektarbeit zu untersuchen. In diesem Beitrag wird das Projekt „Solarpotenzialanalyse und Web-Visualisierung von 3D-Geomassendaten am Beispiel der Stadtregion München“ vorgestellt. Im Ergebnis wurde eine automatisierte GIS-basierte Methodik angewandt und getestet, die eine realitätsgetreue Erfassung und ein künftiges Monitoring des urbanen Grünbestandes ermöglicht. Zudem wurde ein Analysewerkzeug für die großflächige Bestimmung des Solarpotenzials für Dächer und Fassaden auf Basis von semantischen 3D-Stadtmodellen eingesetzt. Durch wiederkehrende Anwendung dieses Analysewerkzeuges können simulierte Testrechnungen aufgebaut werden, um Möglichkeiten der Zielerreichung hin zu einem klimaneutralen Energiesystem zu überprüfen. Die Ergebnisse der Grünmodellierung und der Solarpotenzialanalyse werden in einem browser-basierten 3D-Webclient visualisiert und können damit auch interaktiv betrachtet und ausgewertet werden.

**Schlagerworte:** Solarpotenzialanalyse, Gebäudeintegrierte Photovoltaik, Urbanes Grünmonitoring, 3D-Geomassendaten, CityGML

## 1 Ausgangssituation

Ein Teil der von den Landesvermessungsverwaltungen erstellten Geodatenbestände wird mit dem Begriff Geomassendaten charakterisiert, da es sich üblicherweise um große und komplexe Datenmengen handelt. Zu den Geomassendaten gehören beispielsweise die folgenden Datenprodukte: Digitale Orthophotos (z. B. DOP20 mit 20 cm Bodenauflösung), Digitale Geländemodelle mit bis zu einem Meter Auflösung (DGM1), prozessierte Laserscandaten aus Befliegungen, Digitale Oberflächenmodelle mit Farbwerten (z. B. DOM40) sowie Gebäudemodelle (LoD1, LoD2). Geomassendaten verfügen über ein großes Anwendungspotenzial und sind in Deutschland zunehmend auch

als Open Data verfügbar (z. B. in Thüringen, Nordrhein-Westfalen, Hamburg u. a.). Sie unterstützen die Möglichkeit der flächendeckenden Raumanalyse (z. B. auf städtischer Ebene), verfügen über eine Metadatenbeschreibung und unterliegen definierten Aktualisierungsroutinen. Zudem ergeben sich durch die Kombination verschiedener Geomassendaten neue Ansatzpunkte für die Analyse und Visualisierung dreidimensionaler Daten sowie zur Detektion von Veränderungen und Unterschieden (thematisch, räumlich und zeitlich). Zentrale Bedeutung erlangen in diesem Kontext auch Fernerkundungsdaten, die sowohl eine Analyse von Farbwerten als auch Reflexionen ermöglichen und wichtige Grundlagendaten für Smart City-Ansätze generieren.

Das Projekt „Solarpotenzialanalyse und Web-Visualisierung von 3D-Geomassendaten am Beispiel der Stadtregion München“ ist eines von fünfzehn Pilotprojekten, welches im Jahr 2019 vom Runden Tisch GIS e. V. zusammen mit dem LDBV ausgewählt wurde, um anhand eines Anwendungsszenarios die stärkere Nutzung von Laserscandaten, Digitalen Oberflächenmodellen und Gebäudemodellen zu befördern und künftigen Anwendern performante und praxisorientierte Verarbeitungs-, Analyse-, und Visualisierungsmöglichkeiten vorzustellen. Der hier vorliegende Beitrag widmet sich der strukturierten und nachvollziehbaren Darstellung des Anwendungsszenarios, welches die Problematik aufgreift, dass aktuell kein Analysewerkzeug existiert, welches die Verschattung der umliegenden Bebauung, der Vegetation und des Geländes in 3D berücksichtigt. Im Ergebnis werden Nutzungsmöglichkeiten für gebäudeintegrierte Photovoltaik (BIPV) gebäudescharf modelliert und zusätzlich Anknüpfungspunkte für ein Monitoring des Grünvolumens und der Grünausstattung geschaffen.

## 2 Verwendete Daten

Die vorgestellte Methodik basiert auf bereits erhobenen und standardmäßig verfügbaren Geomassendaten der Landesvermessungen der Bundesländer. Die Eingangsdaten unterscheiden sich sowohl in ihrer Ausprägung als auch im Dateiformat und werden in diesem Kapitel näher charakterisiert. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verwendeten Daten.

Der Workflow ist für die flächendeckende Berechnung in größeren Analysegebieten konzipiert. Im Rahmen des Projekts wurden die Erstellung des Baummodells und die Strahlungsanalyse für das gesamte Stadtgebiet München mit einer Fläche von 310 km<sup>2</sup> durchgeführt. Aufgrund ihrer Größe werden die Eingangsdaten kachelweise abgegeben. Für München umfasst das Stadtgebiet insgesamt 383 Kacheln mit einer Gesamtgröße von 115 GB.

Zur Durchführung der Solaranalyse unter Berücksichtigung von Bäumen und dem Gelände als Verschattungsobjekten soll das bisher rein aus Gebäuden bestehende Stadtmodell mit den zusätzlichen Komponenten angereichert werden. Als Zielschema dient CityGML. Dabei handelt es sich um ein Format zur Speicherung und zum Austausch

von 3D-Stadtmodellen, bei dem neben der Geometrie auch die semantischen und topologischen Eigenschaften modelliert werden. Dadurch eignen sich 3D-Stadtmodelle im CityGML-Schema als Datenintegrationsplattform für Geoanalysewerkzeuge und sind nicht nur für Visualisierungszwecke, sondern auch für Planung und Simulation nutzbar (Kolbe 2009; OGC 2012).

Tab. 1: Eingangsdaten und ausgewählte Merkmale (Quelle: eigene Berechnungen)

Datensatz	Dateiformat	Größe einer Kachel 1 km x 1 km (Ø)	Dimension	Auflösung
3D-Gebäudemodell (LoD2)	CityGML	13 MB	3D	
DGM 1	TIFF	~1 MB	2,5D	1 m
DOP 20	TIF	65 MB	2D	0,2 m
LiDAR-Punktwolke	LAS	215 MB	3D	4 Pkt./m <sup>2</sup>

Das Digitale Geländemodell (DGM) beschreibt die Geländeoberfläche durch ein regelmäßiges Gitter von Punkten mit dreidimensionalen Koordinatenangaben. Für München liegt ein hochaufgelöstes DGM mit einem Punktabstand von 1 m vor. Dieser Datensatz kann direkt in CityGML konvertiert und in das Stadtmodell integriert werden.

Zum urbanen Baumbestand liegen keine flächendeckenden dreidimensionalen Daten vor, weshalb aus den vorhandenen Informationen ein neuer Datensatz erzeugt wird. Als Grundlage für die Modellierung des urbanen Baummodells dient eine LiDAR-Punktwolke. LiDAR ist eine aktive Fernerkundungstechnik, bei der die Oberflächenform eines Geländes inklusive der sich darauf befindlichen Objekte abgetastet wird, indem für jeden ausgesendeten Laserpuls durch die Laufzeitmessung die Distanz vom Sensor zur Erdoberfläche gemessen wird. Mit diesem Verfahren kann die Höhe des Geländes und von Objekten auf dem Gelände erfasst werden. Gegenüber anderen Fernerkundungstechniken bieten LiDAR-Daten den Vorteil, dass durch die Fähigkeit der Strahlen durch die oberste Schicht der Baumkronen zu penetrieren die dreidimensionale Struktur des Kronendachs charakterisiert werden kann (Vauhkonen et al. 2014). In Kombination mit den spektralen Informationen aus dem Digitalen Orthophoto und dem 3D-Gebäudemodell kann der urbane Baumbestand in der Punktwolke klassifiziert und modelliert werden.

Als Digitale Orthophotos (DOP) werden entzerrte und georeferenzierte Luftbilder bezeichnet. Orthophotos werden hinsichtlich ihrer spektralen Ausprägung in Echtfarbenbilder und multispektrale Bilder eingeteilt. Echtfarbenbilder beinhalten die Kanäle Rot, Grün und Blau. Multispektrale Bilder zeichnen sich in unserem Fall durch einen zusätzlichen Infrarotkanal aus. Der Infrarotkanal hat speziell für die Berechnung von Vegetationscharakteristika wie dem „Normalized Difference Vegetation Index“ (NDVI) große Bedeutung, der die Trennung von vegetationslosen (z. B. versiegelten) und vegetationsbestandenen Flächen ermöglicht. Ein Kriterium für die Eignung von Orthophotos

ist, dass sie aus Sommerbefliegungen stammen, die Bäume also unabhängig von der Baumart belaubt sind.

### 3 Vorgehensweise

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise zur Nutzung von Geomassendaten im Kontext der Abschätzung der urbanen Grünausstattung sowie der Quantifizierung von Nutzungspotenzialen für BIPV vorgestellt. Der vorgestellte Ansatz gliedert sich in zwei getrennt voneinander zu betrachtende Teilbereiche. Einerseits die flächendeckende Erfassung und parametrisierte Modellierung des urbanen Baumbestands auf Basis der LiDAR-Punktwolke sowie die Solarpotenzialanalyse mit semantischen 3D-Stadtmodellen.

#### 3.1 Modellierung des urbanen Baumbestands für semantische 3D-Stadtmodelle

Die Erstellung des Baummodells ist ein Beispiel dafür, wie durch die Kombination verschiedener bereits vorhandener Datensätze ein Mehrwert geschaffen werden kann (Münzinger 2018). Ziel des vorgestellten Workflows ist es, den urbanen Baumbestand in der Punktwolke zu klassifizieren und in Einzelbäume zu segmentieren. Für die erkannten Einzelbäume werden aus der Punktwolke Parameter bestimmt, die eine realitätsnahe Modellierung ermöglichen.

Gebäude sind das prägendste Element im urbanen Raum. Durch das 3D-Gebäudemodell im Level of Detail 2 (LoD2) sind bereits Informationen über die Lage von Gebäuden sowie die Dachform und -höhe vorhanden. Durch eine Verschneidung der Punktwolke mit dem 3D-Gebäudemodell können in der Punktwolke Dachpunkte identifiziert und gefiltert werden.

Nach dem Entfernen der Gebäude enthält die Punktwolke hauptsächlich Bäume und kleinere anthropogene Objekte. Zur Trennung dieser ist die Kombination der geometrischen Informationen aus der Punktwolke mit den spektralen Merkmalen aus dem Orthophoto hilfreich. Dafür wird aus der Punktwolke das normalisierte Digitale Oberflächenmodell (nDOM) berechnet, welches die konkreten Objekthöhen enthält. Zur Berechnung des nDOM wird die Punktwolke anhand des DGM 1 normalisiert und anschließend jeder Zelle der Wert des höchsten Laserpunktes innerhalb dieser Zelle zugewiesen. Mithilfe einer Watershed-Segmentierung werden auf dem nDOM Segmente gebildet, die sich an die Baumkronenform annähern. Für diese Segmente werden verschiedene geometrische und spektrale Metriken berechnet anhand derer der urbane Baumbestand klassifiziert wird.

Voraussetzung für die realitätsgetreue Modellierung der Baumkronen ist eine erfolgreiche Segmentierung des Bestandes in einzelne Bäume. Analog zu bereits etablierten

Verfahren aus den Forstwissenschaften werden hierzu die Position und Höhe einzelner Baumspitzen detektiert und ausgehend von den ermittelten Baumspitzen anschließend die zugehörige Baumkrone abgeleitet (Koch et al. 2014).

Anhand der abgeleiteten zweidimensionalen Baumsegmente erfolgt die Klassifikation der Einzelbäume in der Punktwolke. Für die geometrische Modellierung der Bäume in CityGML werden für jeden Baum die Baumhöhe, die Stammhöhe, der Kronendurchmesser und die Lage des Baumes bestimmt. In der vorgestellten Arbeit werden die modellierten Bäume in das Stadtmodell integriert und als Verschattungsobjekte bei der Solaranalyse berücksichtigt. Die Klassifikation des urbanen Baumbestandes in der Punktwolke ermöglicht zeitgleich aber auch die Bestimmung des urbanen Grünvolumens und Aussagen zur urbanen Grünausstattung.

### **3.2 Cloud-basierte Solarpotenzialanalyse auf Basis von semantischen 3D-Stadtmodellen**

Semantische 3D-Stadtmodelle auf Basis des OGC<sup>1</sup>-Standards CityGML stellen eine ideale Basis für urbane Analysewerkzeuge dar. Sie bilden die geometrischen, visuellen, semantischen und topologischen Aspekte von Stadt- und Landschaftsobjekten in ein offenes Datenmodell ab, das als Basis für verschiedenste Analysewerkzeuge genutzt werden kann (Kolbe 2009; OGC 2012; Biljecki 2015). Zudem ist heute eine Reihe von Open-Source-Softwarewerkzeugen<sup>2</sup> für das Datenmanagement, die Datenhaltung und Visualisierung von CityGML-Stadtmodellen verfügbar, die die Entwicklung von Analysewerkzeugen stark vereinfachen.

Das im Projekt verwendete Analysewerkzeug berechnet die solare Einstrahlung auf Fassaden und Dächern eines LoD2-Gebäudemodells. Dabei können beliebige Features des 3D-Stadtmodells als 3D-Verschattungsobjekte in die Analyse mit einbezogen werden. In diesem Beispiel wurden die Gebäude, das Vegetationsmodell (siehe 3.1) und das umliegende Gelände berücksichtigt. Im Nahbereich wird ein hochaufgelöstes Geländemodell (DGM1) verwendet. Zur Modellierung der Verschattung durch Berg- und Tallagen in einem Umgriff von 20 km um das Untersuchungsgebiet wird ein aus dem DGM1 abgeleitetes Geländemodell mit einer Gitterweite von 25 m (DGM 25) genutzt.

In der Analyse werden die direkte und diffuse solare Einstrahlung einbezogen, die reflektierte Strahlung wird nicht berücksichtigt. Für die direkte Strahlung werden die Sonnenstände im Betrachtungszeitraum in einem stündlichen Intervall in der 3D-City-Database<sup>1</sup> als Punkte um das Stadtmodell herum modelliert. Für die diffuse Strahlung wird analog eine künstliche Hemisphäre aus Punkten erzeugt. Dieses Solarmodell wird anschließend mit 22-jährigen Mittelwerten der solaren Einstrahlung aus dem NASA-Projekt Surface

<sup>1</sup> Open Geospatial Consortium

<sup>2</sup> <https://www.3dcitydb.org>



Meteorology and Solar Energy (SSE) kalibriert, um die lokalen meteorologischen und klimatischen Gegebenheiten abzubilden. Als Berechnungsgrundlage auf den Gebäuden wird ein Raster aus Samplingpunkten erzeugt. Die Verschattungsanalyse wird auf Grundlage des Solarmodells und der Samplingpunkte in 3D mit einem Ray-Casting-Ansatz durchgeführt. Dabei bleibt die logische Verknüpfung der Samplingpunkte mit den semantischen Einheiten des Stadtmodells (Gebäude, Dach- und Wandflächen) erhalten, wodurch die Analyseergebnisse in verschiedenen Zeitschritten pro Gebäude, Wand- sowie Dachfläche aggregiert und persistent bei den zugehörigen Stadtmodellobjekten als generische Attribute gespeichert werden können. Dadurch werden Analysen auf Basis von bekannten Realweltobjekten möglich, beispielsweise pro Wandfläche, Gebäude oder Stadtviertel. Weiterhin werden aus den Ergebnissen Gebäudetexturen zur Visualisierung der Strahlungssummen erzeugt. Das Tool ist in Java implementiert und wird als Docker Image bereitgestellt, um ausreichende Skalierbarkeit für die Verarbeitung von 3D-Geomassendaten in der Cloud zu gewährleisten. Der gesamte Analyseworkflow mit den verwendeten Werkzeugen ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt (Willenborg et al. 2018; Yao et al. 2018).

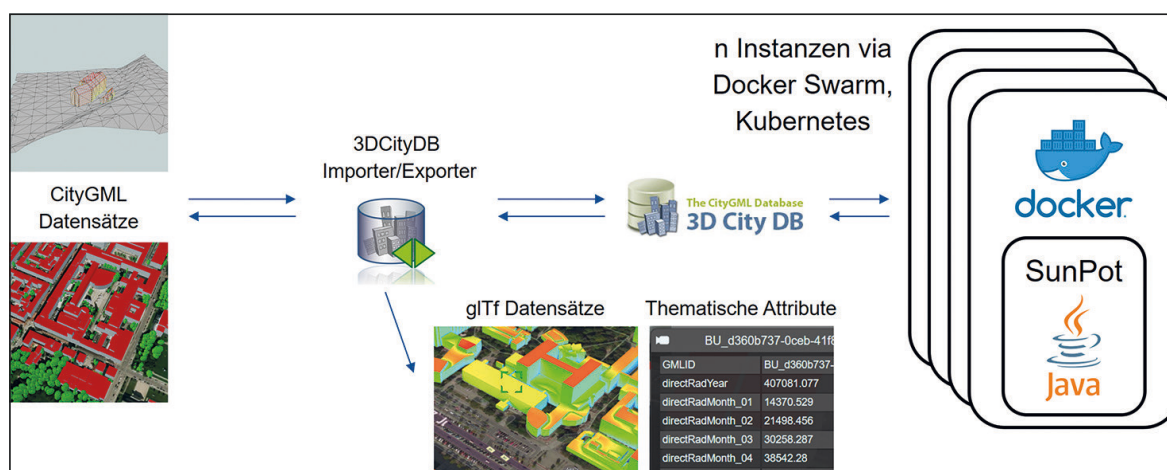


Abb. 1: Workflow der Solarpotenzialanalyse: Alle Datensätze werden in eine 3DCityDB Instanz importiert. Das Simulationstool bezieht die benötigten Daten aus dieser DB und legt die Ergebnisse dort ab. Anschließend können die Ergebnisse als CSV, CityGML-Datei, oder in verschiedene Visualisierungsformaten (kml, glTF) exportiert werden. (Quelle: eigene Bearbeitung)

## 4 Ausgewählte Ergebnisse

Die dargestellten Vorgehensweisen aus der Geoinformatik dienen der Modellierung der urbanen Grünausstattung – und hier insbesondere der Identifikation von sogenannten Verschattungselementen. Ferner kann das theoretische Flächenpotenzial für BIPV bestimmt werden sowie das solare Ertragspotenzial an Dächern und Fassaden quantifiziert werden.



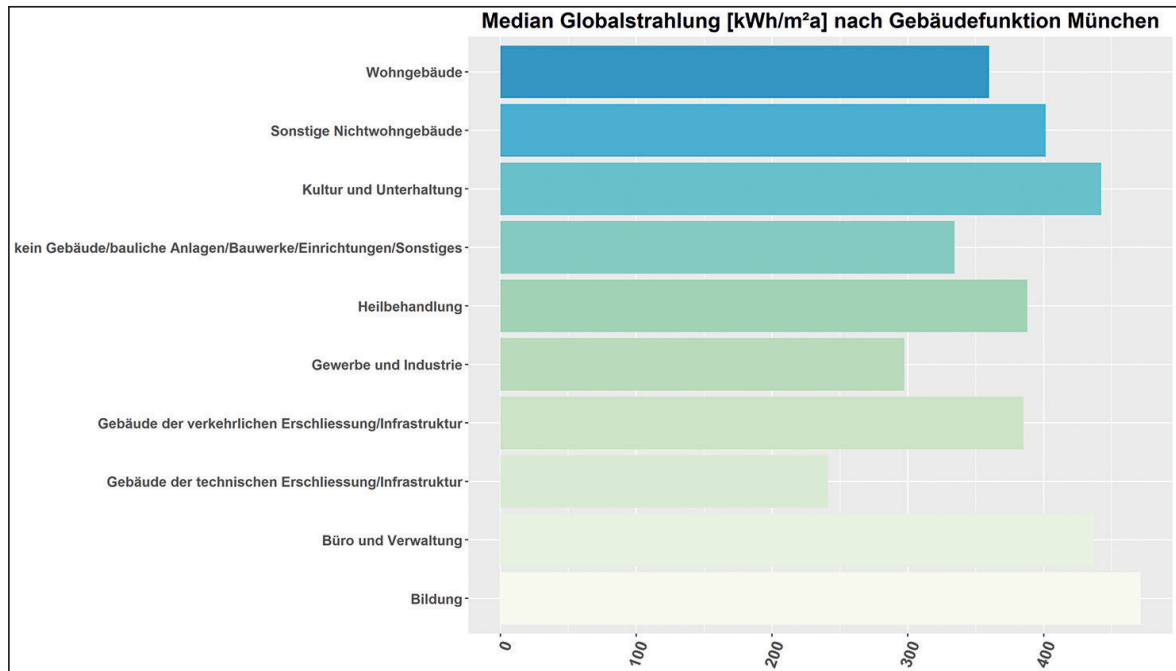


Abb. 2: Median der jährlichen BIPV-Potenziale (kWh/m²a) für unterschiedliche Gebäudefunktionen in der Stadt München (Quelle: eigene Berechnungen)

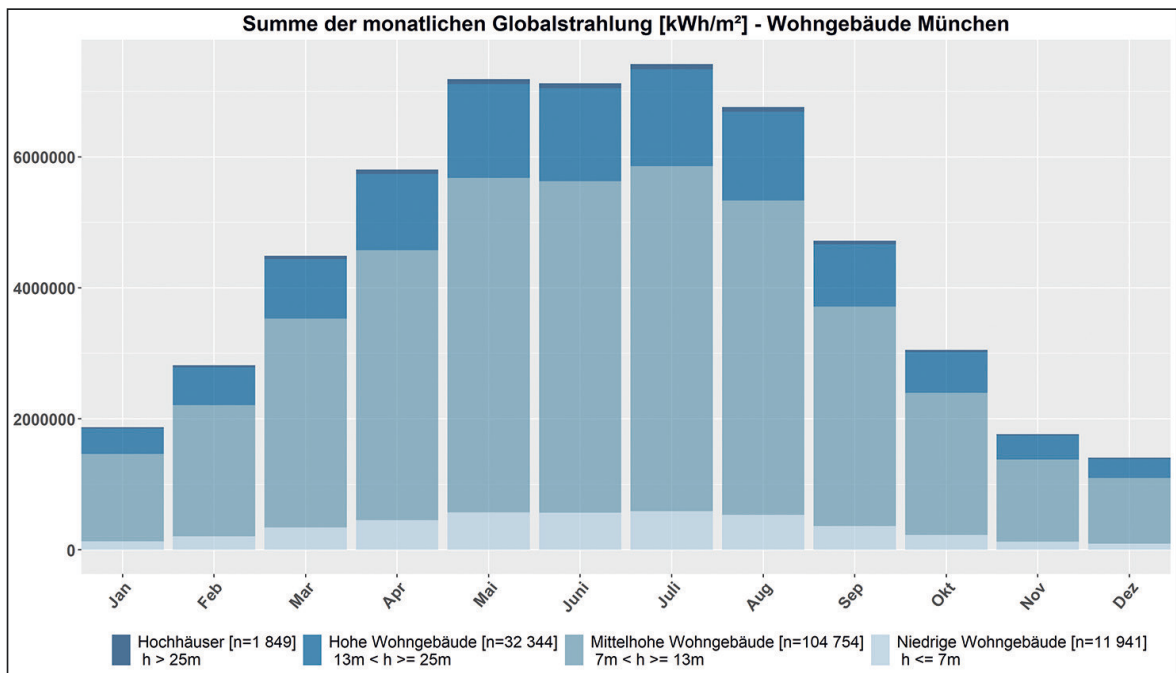


Abb. 3: Summe der monatlichen Globalstrahlung (kWh/m²) in München differenziert nach vier Typen der Wohnbebauung (Quelle: eigene Berechnungen)

Insgesamt enthält der LoD2-Datensatz der Stadt München 321 899 Gebäudeobjekte. Aus dem erstellten Baummodell werden ca. 2,15 Mill. Verschattungsobjekte abgeleitet und bei der Solareinstrahlungsanalyse mit berücksichtigt. Die Stadt München verfügt über ein theoretisches Dachflächenpotenzial von 50,13 km² sowie über ein theoretisches Fassadenpotenzial von 121,97 km². In Summe ergibt sich eine Gesamtpotenzialfläche

von 172,11 km<sup>2</sup>. Für den gesamten Gebäudebestand beträgt das Verhältnis von Dach- zu Fassadenfläche etwa 1:2,5. Der solare Gesamtertrag beziffert sich den Berechnungen zur Folge auf 107 557 331 kWh/m<sup>2</sup>a.

Abbildung 2 illustriert die Ausdifferenzierung verschiedener Gebäudefunktionen<sup>3</sup> in Bezug auf ihre typischen jährlichen Gesamterträge. Dargestellt ist der Median der Globalstrahlung in kWh/m<sup>2</sup>a.

Speziell große Gebäude, wie z. B. Produktionsgebäude, Hallen, Bildungseinrichtungen und Öffentliche Gebäude, eignen sich zur gebäudeintegrierten Photovoltaik sowohl in Bezug auf das theoretische Flächenpotenzial als auch in Bezug auf den modellierten solaren Gesamtertrag besonders gut.

Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für die Darstellung der monatlichen Globalstrahlung (kWh/m<sup>2</sup>) in Bezug auf unterschiedliche Höhenklassen der Wohnbebauung. Die größten Erträge erzielen sicherlich auch anzahlbedingt mittelhohe Wohngebäude (n = 104 754). Dabei ist zu berücksichtigen, dass viele Wohngebäude in der Regel sehr individuell gestaltet sind und aufgrund von Fenster- und Türanteilen nicht über große, zusammenhängende Flächen verfügen. Von Bedeutung ist in diesem Kontext auch der Schutz hochwertiger Bestandsgebäude sowie Fragestellungen der Denkmalpflege.

## 5 Visualisierung mittels 3D-Webclient

Für die Visualisierung des Vegetationsmodells und der Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse wurde der browser-basierte Open Source 3D-CityDB-Web-Map-Client genutzt. Der 3D-Webclient implementiert verschiedene Erweiterungen des virtuellen Globus CesiumJS, einer Open-Source-Software für die plattformübergreifende Visualisierung von dreidimensionalen geographischen Inhalten mit JavaScript und WebGL. Die wichtigste neue Funktionalität ist die Unterstützung und Verwaltung von konfigurierbaren Datenlayern, um Visualisierungs-Mashups zu erstellen, die aus digitalen Geländemodellen, Bilddaten sowie aus gekachelten 3D-Visualisierungsmodellen in Formaten wie KML, CZML, glTF, 3DTiles oder Punkten bestehen.

Der Nutzer kann über eine grafische Oberfläche interaktiv Layer ein- und ausblenden, hinzufügen, entfernen oder bearbeiten. Weiterhin können thematische Informationen zu den dargestellten Objekten über verschiedene Datenquellen, wie z. B. Google Spreadsheet oder PostgREST, einer REST-API-Implementierung für PostgreSQL-Datenbanken, eingebunden und bei Selektion eines Objekts in Form einer Tabelle angezeigt werden (Yao et al. 2018). Abbildung 4 zeigt eine Webclientvisualisierung mit den Ergebnissen aus diesem Projekt.

<sup>3</sup> Gebäudefunktion werden nach ALKIS-Objektartenkatalog Bayern geführt.

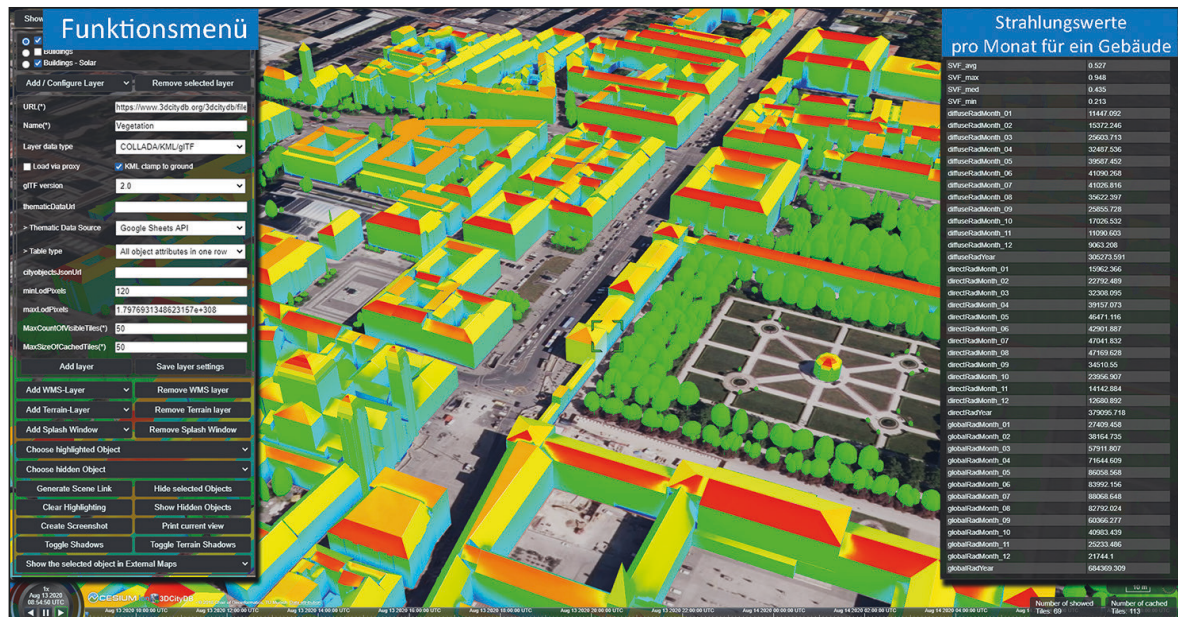


Abb. 4: Visualisierung des Vegetationsmodells und der Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse im 3D-CityDB-Webclients vom Münchner Odeonsplatz mit Blick Richtung Norden: Die solare Einstrahlung ist als Textur auf den LoD2-Gebäuden über eine Farbskala von blau (wenig Einstrahlung) bis rot (viel Einstrahlung) dargestellt. Links im Bild ist das Funktionsmenü zu sehen, rechts ist die Tabelle mit den generischen Attributen zur solaren Einstrahlung des ausgewählten Gebäudes eingeblendet. (Quelle: eigene Bearbeitung)

Es existiert weiterhin eine (noch) nicht quelloffene Version des Webclients, die interaktive, beliebig komplexe Abfragen mit diesen Sachattributen ermöglicht. So können im Browser z. B. alle Gebäude mit einer bestimmten Nutzungsart selektiert werden, die eine für PV-Module hinreichende solare Einstrahlung aufweisen.

## 6 Schlussfolgerungen

Durch die Verfügbarkeit von hochgenauen Geomassendaten konnte ein Vegetationsmodell und eine Solarpotenzialanalyse für das gesamte Münchner Stadtgebiet realisiert werden.

Die genutzten 3D-Daten schaffen insofern einen Mehrwert im Vergleich zu bestehenden Workflows, da diese oft mit weniger bzw. Daten von geringerer Qualität auskommen müssen. Erst die Kombination verschiedener Datensätze (Punktwolken, Luftbilder, Geländemodelle, Stadtmodelle) erlaubt die Erstellung des hier gezeigten Baummodells mit hohem Detailgrad, das hilft die Aussagekraft der Solarpotenzialanalyse zu verbessern. Durch den freien Zugang zu Geomassendaten können bestehende Analysewerkzeuge ohne zeitaufwändige Datenerfassung eingesetzt werden. Weiterhin werden durch die große räumliche Ausdehnung der Daten belastbarere Fallstudien möglich. Der Umgang mit Geomassendaten birgt allerdings auch große Herausforderungen, insbesondere was die Gestaltung von Workflows und die Skalierbarkeit von einzelnen Anwendungen

angeht. Teilweise waren sehr umfangreiche, zeitaufwändige Anpassungen an Workflows und Softwarewerkzeugen notwendig, um die automatisierte und performante Verarbeitung der großen Datenmengen umzusetzen. Einen wesentlichen Beitrag bei der Realisierung von skalierbaren Lösungen können Cloudtechnologien, wie z. B. Softwarecontainer, leisten.

Bei der Bewertung der aus der Solarpotenzialanalyse abgeleiteten exemplarischen Kennziffern ist zu berücksichtigen, dass der LoD2-Datensatz weder Informationen zur Fassadengestaltung enthält noch Dachfenster oder Auskragungen wie Dachüberstände modelliert. Durch Abschlagsrechnungen mittels bereits erprobter Kennziffern lassen sich in Zukunft weitere Annäherungen an die tatsächlich verfügbare Fläche, die tatsächliche Modulfläche, das Ertragspotenzial, den erzielbaren elektrischen Jahresenergieertrag sowie die jährliche Volllaststundenzahl realisieren (Eggers et al. 2020). Detailanalysen zum solaren Ertrag sind für spezifische Wand- als auch Fassadenflächen vorstellbar, aber auch für Teilmengen des Gebäudebestands (z. B. nach Gebäudefunktion oder nach morphologischen Eigenschaften). Darüber hinaus lassen sich die bauteilbezogenen Erträge für spezifische Himmelsausrichtungen auswerten. Sogenannte Crowd-Sourcing-Ansätze (Howe 2010) könnten zusätzlich helfen, um durch Auswertung von umfangreichem Bildmaterial neue Kennziffern zur Ausgestaltung von Fassaden und Dächern zu gewinnen.

Auf Basis der Berechnungen für die Stadt München zeigt sich nach erster Einschätzung ein enormes Potenzial für die gebäudeintegrierte Photovoltaik, um auf lokaler Ebene entscheidende Beiträge hin zu einem zukünftigen klimaneutralen Energiesystem zu leisten. Um die Zielerreichung einem Monitoring zu unterziehen, bedarf es künftig der Auswahl geeigneter Indikatoren und Messgrößen. In Bezug auf das erstellte Vegetationsmodell ergeben sich aus Sicht der Autoren verschiedene Verwertungsmöglichkeiten. Sei es, um die urbane Grünausstattung innerhalb einer Stadt wiederkehrend zu beobachten und zu bewerten (z. B. Ableitung von Messgrößen zum urbanen Grünvolumen oder der Grünerreichbarkeit), oder um Städte in ihrer Grünausstattung untereinander zu vergleichen. Darüber hinaus wäre zu prüfen, inwieweit das hier vorgestellte Vegetationsmodell geeignet ist, um stadtklimatische Untersuchungen oder Untersuchungen zur Lärmausbreitung in Städten zu qualifizieren. Es ergeben sich darauf aufbauend weitere Anknüpfungspunkte für die räumliche Planung, die digitale Umweltplanung, den Aufbau von urbanen Simulationsmodellen sowie für die Unterstützung von raumbezogenen Transformationsansätzen.



## 7 Literatur

- Biljecki, F.; Stoter, J.; Ledoux, H.; Zlatanova, S.; Cöltekin, A. (2015): Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4): 2842-2889.
- Eggers, J.-B.; Behnisch, M.; Eisenlohr, J.; Poglitsch, H.; Phung, W. F.; Münzinger, M.; Ferrara, C.; Kuhn, T. E. (2020): PV-Ausbauerfordernisse versus Gebäudepotenzial: Ergebnis einer gebäudescharfen Analyse für ganz Deutschland. Eingereichter Konferenzbeitrag zum PV-Symposium 2020 (im Druck).
- Howe, J. (2010): Weblog von Jeff Howe. <http://crowdsourcing.typepad.com/>
- Koch, B.; Kattenborn, T.; Straub, C.; Vauhkonen, J. (2014). Segmentation of Forest to Tree Objects. In Maltamo, M.; Næsset, E.; Vauhkonen, J. (Hrsg.): *Forestry Applications of Airborne Laser Scanning*, Bd. 27: 89-112. Dordrecht: Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8663-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8663-8_5)
- Kolbe, T. H. (2009): Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In: Lee, J.; Zlatanova, S. (eds): *3D Geo-Information Sciences, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Berlin Heidelberg: Springer: 15-31.
- Münzinger, M. (2018): Erkennung und parametrisierte Modellierung des urbanen Baumbestandes aus LIDAR-Punktwolken zur Integration in 3D-Stadtmodellen im CityGML-Schema. Masterarbeit an der Fakultät Umweltwissenschaften, Professur für Kartographische Kommunikation, Technische Universität Dresden.
- OGC – Open Geospatial Consortium (2012): Open Geospatial Consortium. City Geography Markup Language (CityGML). Encoding Standard 2.0. <https://www.ogc.org/standards/citygml> (Zugriff: 19.08.2020).
- Vauhkonen, J.; Maltamo, M.; McRoberts, R. E.; Næsset, E. (2014). Introduction to Forestry Applications of Airborne Laser Scanning. In Maltamo, M.; Næsset, E.; Vauhkonen, J. (Hrsg.): *Forestry Applications of Airborne Laser Scanning*, Bd. 27: 1-16. Dordrecht: Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8663-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8663-8_1)
- Willenborg, B.; Sindram, M.; Kolbe, T. H. (2017): Applications of 3D City Models for a better Understanding of the Built Environment. In: Behnisch, M.; Meinel, G. (eds): *Trends in Spatial Analysis and Modelling, Geotechnologies and the Environment*, Berlin, Heidelberg: Springer International Publishing: 167-191.
- Yao, Z.; Nagel, C.; Kunde, F.; Hudra, G.; Willkomm, P.; Donaubauer, A.; Adolphi, T.; Kolbe, T. H. (2018): 3DCityDB – a 3D Geodatabase Solution for the Management, Analysis, and Visualization of Semantic 3D City Models based on CityGML. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 3 (5): 1-26.

## Förderhinweis

Die vorgestellten Ergebnisse und Vorgehensweisen stehen in engem Kontext zum Förderprojekt „Standard-BIPV“, Förderkennzeichen 0324063, vom BMWi gefördert.





# Analyse der ÖPNV-Versorgung mittels offener Fahrplandaten – Potenziale, Herausforderungen und Lösungsansätze

*Sujit Kumar Sikder, Nico Ehrig, Hendrik Herold, Gotthard Meinel*

## Zusammenfassung

Auf der Basis öffentlich und frei verfügbarer Fahrplandaten stellt dieser Beitrag ein Konzept für einen kleinräumigen Indikator (1 km<sup>2</sup>-Raster) zur ÖPNV-Versorgung vor. Grundlage dieser Studie sind Fahrplandaten des öffentlichen Personenverkehrs im digitalen Austauschformat General Transit Feed Service (GTFS). Mithilfe dieser Daten können ÖPNV-Haltestellen verortet und die Bedienfrequenzen der angebotenen Verkehrsmittelarten ermittelt werden. Die Untersuchung erfolgt am Beispiel des Mitteldeutschen Verkehrsverbundes (MDV), welcher die Großstädte Leipzig und Halle, Mittel- und Kleinstädte sowie ländliche Gebiete umfasst. Für die Datenanalyse wird die räumliche Verteilung mittels GINI und Moran's I nach Siedlungsstrukturtypen untersucht.

**Schlagerworte:** ÖPNV-Versorgung, Fahrplandaten, GTFS, Monitoring

## 1 Einführung

Die Qualität eines Wohnstandortes wird maßgeblich durch grundlegende Angebote hinsichtlich Mobilität, Arbeit, Versorgung, Bildung und Erholung bestimmt. Die Bereitstellung eines umfassenden öffentlichen Verkehrsangebots ist neben der Unterstützung einer nicht-motorisierten aktiven Mobilität (Fuß- und Radwege) ein Ziel von nachhaltiger Siedlungsentwicklung (Koszowski et al. 2019). Kleinräumige Informationen sind dabei eine Voraussetzung für die Quantifizierung und Analyse des bestehenden Angebots und der Konzeptualisierung der Zusammenhänge mit anderen relevanten Indikatoren (Bevölkerungsdichte, Bebauungsdichte, Landnutzungstyp usw.) im Rahmen der räumlichen Planung und Transformation (Sikder et al. 2018; Hartmann et al. 2016).

Bisherige wissenschaftliche Studien wurden auf unterschiedlichen Maßstabsebenen und in unterschiedlichen Kontexten durchgeführt und haben dabei verschiedenste Herausforderungen hinsichtlich der Datenverfügbarkeit, dem Datenzugang, der Datenkomplexität und Datenunsicherheiten aufgezeigt. Die steigende Verfügbarkeit offener und standardisierter Daten bietet zahlreiche neue Potenziale für verschiedene Stakeholder, insbesondere kommunale sowie private Akteure.

Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsdienstleistungen kann räumlich sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Das betrifft sowohl die Dichte der Haltestellen als auch deren

Bedienhäufigkeit (Saghapour et al. 2016). Auch die angebotenen Verkehrsmittelarten (S-Bahn, Straßenbahn, Bus) haben einen erheblichen Einfluss auf die Versorgungsqualität. Der Beitrag zeigt die Ergebnisse einer explorativen Analyse auf Basis öffentlich verfügbarer Fahrplandaten und schlägt den kleinräumig berechenbaren Indikator „Bedienfrequenz“ für ein zukünftiges Monitoring der ÖPNV-Versorgung vor.

## 2 Datenstruktur und -aufbereitung

Grundlage dieser Studie ist eine Analyse von digital bereitgestellten Fahrplandaten des öffentlichen Personenverkehrs im GTFS-Datenformat. Dieses Format wurde 2006 von Google entwickelt und hat sich in den letzten Jahren zum internationalen Standard für den Austausch von Transitdaten etabliert (Roush 2012). Es wird dabei auch in Deutschland von immer mehr Verkehrsbetrieben und -verbänden zur Veröffentlichung ihrer Fahrplandaten verwendet. Daneben stehen zahlreiche verfügbare Daten des Individualverkehrs, wie z. B. App-Daten, Mobiltelefone, Chipkarte als Fahrkarte.

GTFS-basierte Daten werden im Verkehrsbereich bereits vielfach verwendet. Beispiele sind die Analyse von Verspätungen im öffentlichen Verkehr (Raghothama et al. 2016), Echtzeit-Visualisierungen von Verkehrsbewegungen (Sulis et al. 2018) sowie Multimodalitätsanalysen (Antrim, Barbeau 2013). Erste Echtzeitsysteme, wie z. B. TransVIS (Brosi, Bast 2014), sind ebenfalls verfügbar.

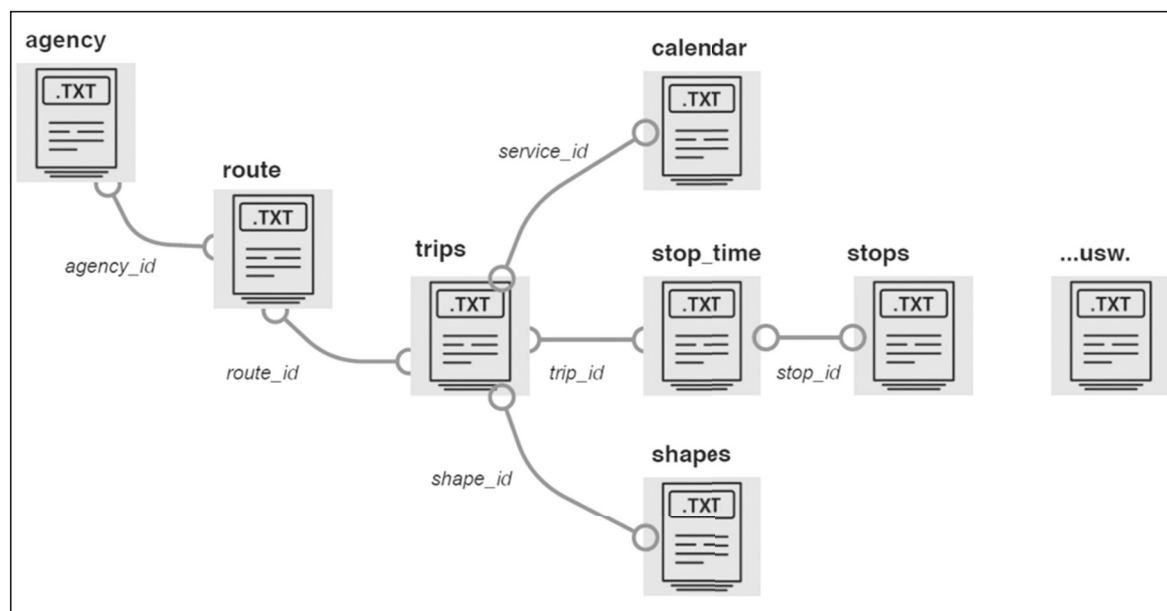


Abb. 1: Struktur des Datenformates GTFS – General Transit Feed Service  
(Quelle: eigene Abbildung)

Ein Standard-GTFS-Feed enthält mehrere Textdateien, die statische Fahrpläne für den öffentlichen Nahverkehr und damit verbundene räumliche Informationen – wie Geolokationen von Bahnhöfen und Routen – enthalten (Abb. 1). Umfassendes Wissen über

die ÖPNV-Bedienfrequenzen für ein bestimmtes Versorgungsgebiet kann durch Datenextraktion bzw. einen Mining-Ansatz unter Berücksichtigung der relationalen Struktur von GTFS generiert werden.

Die ÖPNV-Bedienfrequenzen können mit der aggregierten Anzahl von Abfahrten in einem Raster unter Berücksichtigung aller Stationen sowie zeitlicher und räumlicher Filterungen berechnet werden (Kujala et al. 2018). Dabei werden fußläufige Einzugsgebiete, z. B. durch Pufferung der Stationen mit 300 m, berücksichtigt. Die Art des Verkehrsmittels kann zusätzlich mit Faktoren gewichtet werden (z. B. Bus: 1, Straßenbahn: 3 und S-Bahn: 5).

### 3 Datenanalyse, Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen erfolgten am Beispiel des Mitteldeutschen Verkehrsverbundes (MDV), welcher Teile der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen abdeckt. Er umfasst die Großstädte Leipzig und Halle, Mittel- und Kleinstädte sowie ländliche Gebiete. Mithilfe des GTFS-Datensatzes erfolgte die Verortung der Haltestellen, die Darstellung der Bedienhäufigkeit und der angebotenen Verkehrsmittelarten. Zum Vergleich wurden diese Verkehrsdaten mit Bevölkerungsrasterdaten im 1 Kilometer-Gitter des letzten Zensus 2011 (Destatis 2020a) normalisiert und auf verschiedenen räumlichen Ebenen aggregiert, um ihre Verteilung zu untersuchen. Dabei wurde zuerst die Ungleichverteilung mittels Gini-Koeffizient (Destatis 2020b) und anschließend die räumliche Autokorrelation mittels der Messgröße Moran's I (Gangodagamage et al. 2008) berechnet und bewertet. Abschließend wurden besonders auffällige Bereiche miteinander verglichen.

#### 3.1 Verteilung der Haltestellen

Die Haltestellen werden auf Basis der Geo-Koordinaten und Attribute der MDV-GTFS generiert. Insgesamt existieren 4 756 Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel im Untersuchungsgebiet (Abb. 2).

Den Großteil der Haltestellen bilden mit mehr als 88 Prozent Bushaltestellen. Mit großem Abstand folgen Straßenbahnhaltestellen, welche ca. 8 Prozent der Haltestellen ausmachen. Diese sind jedoch nur in den Großstädten Leipzig und Halle (einschl. Überlandstrecken, z. B. über die Kreisstadt Merseburg nach Bad Dürrenberg) sowie in der Kreisstadt Naumburg vorhanden. Eine Übersichtskarte zeigt die räumliche Verteilung der ÖPNV-Haltestellen im Untersuchungsgebiet (Abb. 2).

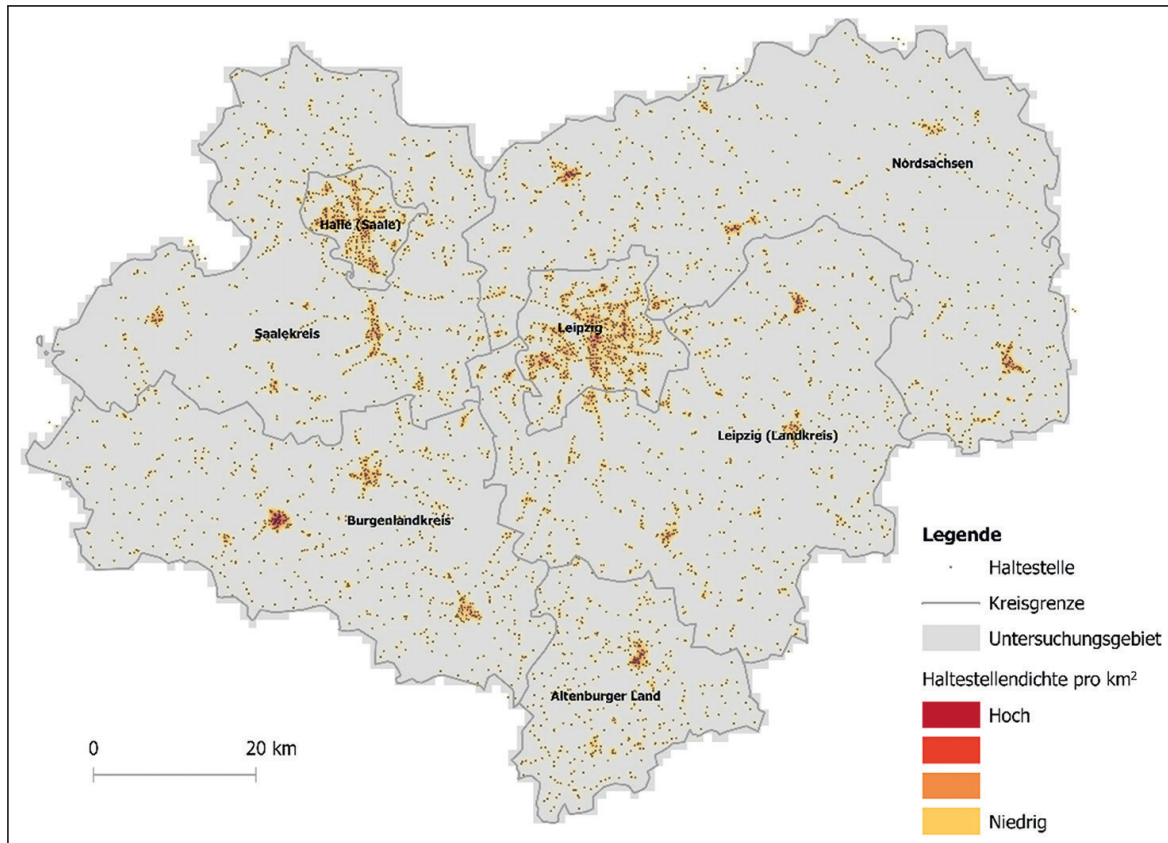
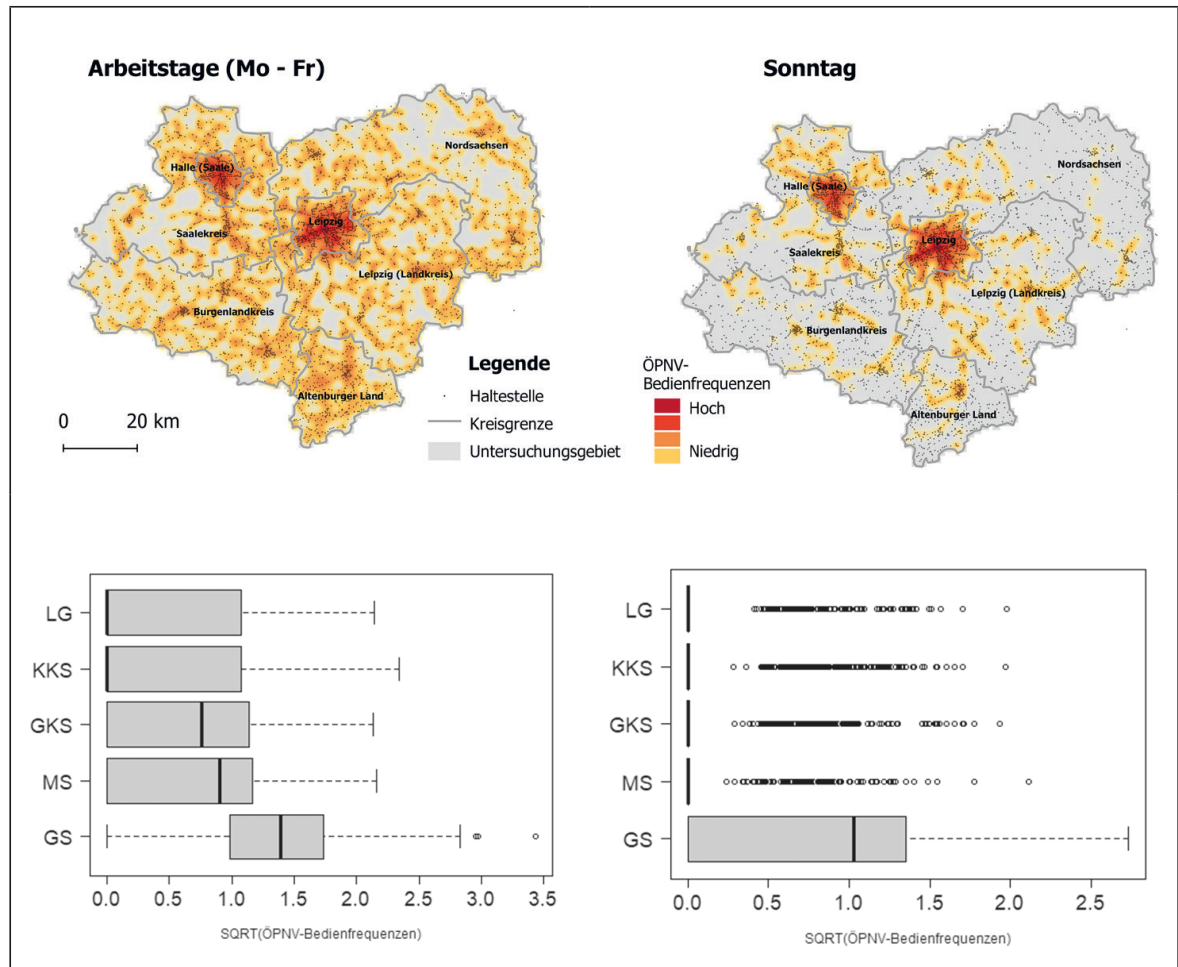


Abb. 2: Übersicht der ÖPNV-Haltestellen im Untersuchungsgebiet (Datengrundlage: eigene Bearbeitung auf 1 km<sup>2</sup>-Rasterbasis, MDV-GTFS: 2019, BKG: 31.12.2018 und Destatis 2020a; Karte: S. Sikder, © IOER 2020)

### 3.2 Verteilung der ÖPNV-Bedienfrequenzen

Zur Analyse der Verteilung der ÖPNV-Bedienfrequenzen für einen bestimmten Standort wurde in einem 1 km<sup>2</sup>-Raster mit den Abfahrtsfrequenzen gerechnet. Dabei wurden zwei Zeitrahmen (Vormittag 06:00-09:00 Uhr und Nachmittag 14:00-17:00 Uhr) gewählt, um für jede Rasterzelle einen Wert während der Arbeitstage (Montag-Freitag) sowie am Wochenende zu generieren (Abb. 3).

Die Streubreite der ÖPNV-Bedienfrequenzen liegt zwischen Null in Gebieten ohne Zugang zum ÖPNV-Netz und dem höchsten Wert von 353 (Leipziger Hauptbahnhof am Samstagnachmittag) in drei Stunden (14:00-17:00 Uhr), welche für eine hochfrequente Versorgung mit hochwertigen Verkehrsmitteln (z. B. S-Bahn und Straßenbahn) sowie Verbindungsmöglichkeiten zum Fernverkehrsnetz (z. B. ICE und Fernbus) steht. Erwartungsgemäß zeigt das Wochenende niedrigere ÖPNV-Bedienfrequenzen als die Arbeitstage. Generell zeigt der Sonntagvormittag die geringste Bedienfrequenz im Untersuchungsgebiet.



GS: Großstadt, MS: Mittelstadt, GKS: Große Kleinstadt, KKS: Kleine Kleinstadt, LG: Landgemeinde

Abb. 3: ÖPNV-Bedienfrequenzen jeweils am Vormittag (06:00-09:00): Dichtekarte (Heatmap) und Boxplot nach Siedlungsstrukturtypen (Datengrundlage: eigene Bearbeitung auf 1 km<sup>2</sup>-Rasterbasis, MDV-GTFS Daten vom 06.05.2019 bis 12.05.2019, BKG: 31.12.2018 und Destatis 2020a; Karte: S. Sikder, © IOER 2020).

Vor allem an Wochenenden ist die Ungleichverteilung der Bedienfrequenzen hoch. Dabei stellt sich die Ungleichverteilung in den Großstädten geringer dar als im restlichen Untersuchungsgebiet. Besonders die Kleinstädte haben eine sehr ungleiche Verteilung der ÖPNV-Versorgung, wobei die Ungleichverteilung in den kleinen Kleinstädten innerhalb der Arbeitstage geringer ausfällt. Ähnlich fällt die Ungleichverteilung in den Landgemeinden aus.

Insgesamt weist die Auswertung der Werte darauf hin, dass die ÖPNV-Bedienfrequenzen stark vom Siedlungsstrukturtyp abhängig sind. Abbildung 4 zeigt eine vergleichende Analyse der räumlichen Verteilung der ÖPNV-Versorgung in der Stadt Leipzig jeweils vormittags an Arbeitstagen und Sonntagen. Es zeigt sich eine signifikante Variabilität in der räumlichen Verteilung der ÖPNV-Bedienfrequenzen (z. B. gibt es an Sonntagen eine etwas geringere Bedienungshäufigkeit in den westlichen Stadtteilen und peripheren Stadtteilen im Nordosten und Südosten).



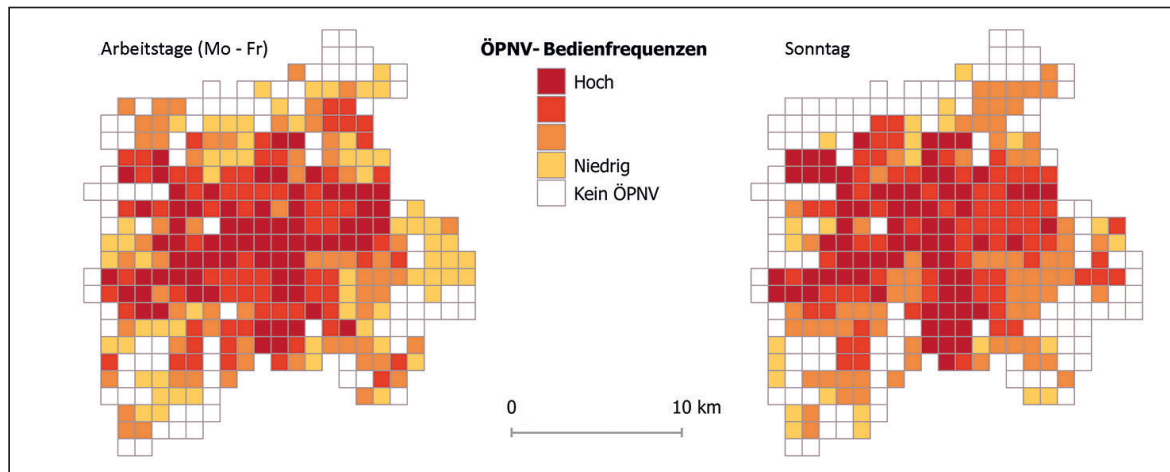


Abb. 4: ÖPNV-Bedienfrequenzen, normalisiert durch klassifizierte Einwohnerstatistik, in Leipzig jeweils am Vormittag: Dichtekarte auf 1 km<sup>2</sup>-Rasterbasis (Datengrundlage: eigene Bearbeitung, MDV-GTFS Daten vom 06.05.2019 bis 12.05.2019, BKG: 31.12.2018 und Destatis 2020a; Karte: S. Sikder, © IOER 2020).

### 3.3 Ungleichverteilung und räumliche Autokorrelation

#### 3.3.1 Räumlicher Vergleich des Gini-Koeffizienten





































Der Gini-Koeffizient zeigt die Ungleichheit einer Verteilung an, wobei der Wert ,0' die absolute räumliche Gleichverteilung und ,1' die maximale Ungleichverteilung darstellt. Der Gini-Koeffizient zeigt, dass die Verteilung der ÖPNV-Bedienfrequenzen außerhalb der Großstädte sehr ungleich ausfällt (Tab. 1), wobei diese am Sonntagvormittag am größten ist (0,86). Die Großstadt Leipzig zeigt relativ niedrige und recht ähnliche Gini-Werte an allen Tagen (d. h. weitgehende Gleichverteilung).

#### 3.3.2 Räumliche Autokorrelation mit Messgröße Moran's I

Die Messgröße Moran's I stellt das gesamte räumliche Muster in den folgenden Kategorien dar: Stark geclustert (+1), dispers (-1) oder zufällig (0). Der Moran's I ist im gesamten Untersuchungsgebiet relativ einheitlich, mit Minimalwerten von 0,23 und Maximalwerten von 0,51 (Tab. 1). Im Vergleich zu den anderen Raumkategorien ist die Stärke der Clusterbildung in der Großstadt Leipzig während der Arbeitstage leicht erhöht. Dies kann ein Hinweis auf eine lokale Variation der funktionalen Verflechtung von Wohnen und Arbeiten sein.



Tab. 1: Moran's I und Gini-Koeffizient (Quelle: eigene Berechnungen)

Tag	Moran's I			Gini-Koeffizient		
	UG*	UG* ohne GS*	Leipzig	UG*	UG* ohne GS*	Leipzig
AT V	 0.32	 0.23	 0.47	 0.58	 0.59	 0.36
AT N	 0.30	 0.30	 0.46	 0.57	 0.58	 0.36
SA V	 0.48	 0.33	 0.49	 0.77	 0.79	 0.39
SA N	 0.48	 0.33	 0.51	 0.74	 0.76	 0.39
SO V	 0.50	 0.32	 0.50	 0.84	 0.86	 0.44
SO N	 0.47	 0.33	 0.49	 0.76	 0.78	 0.39

UG\* = Untersuchungsgebiet; GS\* = Großstädte, AT = Arbeitstag, SA = Samstag, SO = Sonntag, V = Vormittag, N = Nachmittag; Eingebettete Säulendiagramme zeigen das jeweilige Quantil

Erwartungsgemäß werden die ÖPNV-Bedienfrequenzen im Untersuchungsgebiet sehr stark durch die beiden Großstädte beeinflusst. Sie stellen in der Analyse des gesamten Untersuchungsgebietes stets die größten Cluster, beeinflussen aber auch die umliegenden Städte und Gemeinden. Orte mit direktem Anschluss ans ÖPNV-Netz der Großstädte oder S-Bahn-Anschluss zu den Großstädten weisen erwartungsgemäß erhöhte ÖPNV-Bedienfrequenzen auf.

## 4 Offene Fahrplandaten – ein Fazit

Mit den offenen digitalen Daten wurden ein Indikator zur ÖPNV-Bedienfrequenz am Beispiel des MDV GTFS-Daten berechnet. Da der Datensatz verschiedene Raumtypen von Großstädten bis zu Landgemeinden abdeckt, wo sowohl unterschiedliche Mobilitätsbedürfnisse vorherrschen als auch die Akzeptanz des ÖPNV verschieden ausfällt, kann sich die ÖPNV-Versorgung sehr unterschiedlich darstellen. Zudem gibt es in größeren Städten häufiger ein Straßenbahnnetz bzw. Anschluss an ein S-Bahn-Netz, was die ÖPNV-Versorgungsqualität eines Untersuchungsgebietes stark beeinflusst.

Es hat sich gezeigt, dass neben dem großen Potenzial auch ein erheblicher Aufwand zur Datenaufbereitung, Analyse und Berücksichtigung von Unsicherheiten, z. B. durch die im Grenzbereich fehlenden grenzüberschreitenden Routeninformationen oder die unterschiedlichen Zeitbezüge der hier verwendeten GTFS- und Einwohnerdaten, notwendig ist.

Die räumlichen Verknüpfungs- und Attributinformationen zu den Abfahrten können mit anderen räumlichen Informationen für das Monitoring kombiniert werden. Die so aufbereiteten Informationen bieten ein umfangreiches Analysepotenzial für Forschung und Planungspraxis, wobei auch verkehrswissenschaftliche Fakten beachtet werden sollten.

## 5 Literatur

- Antrim, A.; Barbeau, S. J. (2013): The many uses of GTFS data – opening the door to transit and multimodal applications. Location-Aware Information Systems Laboratory, University of South Florida, 4.
- Brosi, P.; Bast, H. (2014): Real-time movement visualization of public transit data. Master's Thesis, University of Freiburg, Freiburg im Breisgau.
- Destatis (2020a): Ergebnisse des Zensus 2011 zum Download – erweitert. Stand: 2018. <https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html> (Zugriff: 12.04.2020).
- Destatis (2020b): Gini-Koeffizient. <https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html> (Zugriff: 13.08.2020).
- Gangodagamage C.; Zhou X.; Lin H. (2008): Autocorrelation, Spatial. In: Shekhar S., Xiong H. (Hrsg.): Encyclopedia of GIS. Springer.
- Hartmann, A.; Meinel, G.; Hecht, R.; Behnisch, M. (2016): A workflow for automatic quantification of structure and dynamic of the German building stock using official spatial data. In: ISPRS International Journal of Geo-Information 5: 142.
- Koszowski, C.; Gerike, R.; Hubrich, S.; Götschi, T.; Pohle, M.; Wittwer, R. (2019): Active Mobility: Bringing Together Transport Planning, Urban Planning, and Public Health. Towards User-Centric Transport in Europe. Springer.
- Kujala, R.; Weckström, C.; Darst, R. K.; Mladenović, M. N.; Saramäki, J. (2018): A collection of public transport network data sets for 25 cities. In: Scientific data 5: 180089.
- Raghothama, J.; Shreenath, V. M.; Meijer, S. A. (2016): Analytics on public transport delays with spatial big data. In: Proceedings of the 5th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Analytics for Big Geospatial Data, 28-33.
- Roush, W. (2012): Welcome to google transit: How (and why) the search giant is remapping public transportation. Community Transportation.
- Saghapour, T.; Moridpour, S.; Thompson, R. G. (2016): Public transport accessibility in metropolitan areas: A new approach incorporating population density. In: Journal of Transport Geography, 54, 273-285.
- Sikder, S. K.; Herold, H.; Meinel, G. (2018): Halten sie die Augen nach einer Ladestation offen! – Die e-Ladestations-Infrastruktur in Deutschland: Eine räumliche Analyse. In: AGIT Journal für Angewandte Geoinformatik 4: 218-227.
- Sulis, P.; Manley, E.; Zhong, C.; Batty, M. (2018): Using mobility data as proxy for measuring urban vitality. In: Journal of Spatial Information Science: 137-162.

# Digitale Bodenrichtwerte – Datenlage, Analysepotenzial und ausgewählte Ergebnisse zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung

*Gotthard Meinel, Denis Reiter, Ulrich Walz, Jörg Hennesdorf*

## Zusammenfassung

Die Siedlungsentwicklung wird entscheidend durch die regional und lokal sehr unterschiedlichen Bodenrichtwerte geprägt. Der Bodenpreis spiegelt die lagespezifische Wertschätzung für eine bauliche Nutzung wider, zu der u. a. die Verkehrsanbindung, die Nachbarschaft, die Wohn- und Geschäftslage sowie die Umwelteinflüsse zählen (Hendricks 2017, 24 f.). Bodenrichtwerte basieren auf Durchschnittswerten von Verkäufen der letzten Zeit und werden durch Gutachterausschüsse für Grundstückswerte in Kartenform veröffentlicht. Inzwischen stehen diese Daten in einigen Bundesländern in Form von digitalen downloadbaren Geodaten bereit, teilweise sogar in verschiedenen Zeitschnitten. In diesem Beitrag wird nach einer Darstellung der bundesweiten Datenlage das Potenzial dieser Daten für die raumwissenschaftliche Forschung vorgestellt, eine Verarbeitungsmethodik beschrieben und die Entwicklung der Bodenrichtwerte differenziert nach BBSR-Raumtypen für eine bauliche bzw. landwirtschaftliche Nutzung am Beispiel von zwei Bundesländern vorgestellt.

**Schlagnworte:** Bodenrichtwert, Bodenrichtwertinformationssystem, Geodaten, Nutzungsarten, BBSR-Stadt- und Gemeindetypen

## 1 Einführung

Bodenrichtwerte (BRW) sind Durchschnittswerte des aktuellen Bodenpreises, der aus Grundstückverkäufen der letzten zwei Jahre abgeleitet wird. Grundlage für deren Berechnung ist die amtliche Kaufpreissammlung, die von Gutachterausschüssen geführt wird. Dieser Beitrag soll die aktuelle Bodenrichtwert-Datenlage darstellen und erste Analysepotenziale dieser Daten für ausgewählte Bundesländer und Fragestellungen hinsichtlich der Siedlungs- und Freiraumentwicklung aufzeigen.

Da Einzelgrundstückspreise aus Datenschutzgründen nicht öffentlich einsehbar sind, werden sie innerhalb gleicher Nutzungsarten zum Bodenrichtwert zusammengefasst. Bodenrichtwerte müssen nach BauGB (2017a) für jedermann einsehbar veröffentlicht werden. Darüber hinaus kann Jedermann bei der zuständigen Stelle Auskunft über die Bodenrichtwerte verlangen. Diese Einsicht ist aber teilweise noch immer nicht kostenfrei. Die Bereitstellung der erhobenen Daten erfolgt in Bodenrichtwertkarten mit Zonen gleicher Bodenrichtwerte. Nach einem Nutzungsartenkatalog für

Bodenrichtwerte werden die Hauptklassen Bauflächen (z. B. Wohnbau, gemischte Baufläche, gewerbliche Baufläche oder Sonderbaufläche), Flächen der Landwirtschaft oder Forstwirtschaftliche Flächen (z. B. Acker, Grünland, Sonderkulturen, forstwirtschaftliche Flächen) sowie sonstige Flächen (z. B. Kleingärten, Sportflächen, Friedhöfe, Wasserflächen, Abbauland) unterschieden (BMVBS 2011). Außerdem werden Angaben zum Entwicklungszustand gemacht (baureifes Land, Rohbauland, Bauerwartungsland). Bodenrichtwerte sind mindestens zum 31. Dezember eines jeden zweiten Kalenderjahres flächendeckend zu ermitteln (§ 196 Absatz 1 BauGB).

Zunehmend werden die Bodenrichtwerte in landeseinheitlichen Datensätzen (Bodenrichtwertdateien) bereitgestellt. Die BRW-Datenmodelle basieren dabei auf dem „Vernetzten Bodenrichtwertinformationssystem“ (VBORIS), dem Vorschlag der AdV-Projektgruppe für einen bundesweiten Standard. Dieser ist in die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung erlassenen Richtlinie zur Ermittlung von Bodenrichtwerten eingeflossen. Letztere stellt aber nur eine Handlungsempfehlung dar, von der die Bundesländer abweichen können. So unterscheiden sich Art, Umfang und Datenkosten von Bundesland zu Bundesland teilweise erheblich. Einen sehr guten gesamtdeutschen Überblick zu Bodenrichtwerten bietet das Bodenrichtwertinformationssystem für Deutschland (BORIS-D<sup>1</sup>) als Teil des Portals *Gutachterausschüsse ONLINE*, welches seit 2019 zur Verfügung steht. Obwohl dort noch für Hessen und das Saarland der Vermerk „Richtwerte stehen nicht zur Verfügung“ hinterlegt ist, können die Daten auch dort inzwischen über die Geoportale dieser Länder eingesehen werden.

## 2 Datenlage

Inzwischen gibt es nahezu flächendeckend kostenfreie Onlineportale, in denen Bodenrichtwerte angezeigt werden (Tab. 1). Teilweise ist auch ein Zugang über WMS-Dienste möglich. Vielfach werden dort aber nur die jeweils aktuellen Werte und keine Zeitreihen gezeigt. Einige Bundesländer bieten auch einen kostenpflichtigen Zugang zu Daten an (WFS-Dienste oder Shapes), mit denen der Nutzer eigene Untersuchungen durchführen kann. Die Kostenaufstellung ist z. T. undurchsichtig, da die Daten in der Regel über die Gutachterausschüsse bezogen werden müssen. Die Kosten können bis zu mehrere hundert Euro in einem einzigen Bundesland betragen, von denen oft jedes eine eigene Kostenregelung hat. In der Praxis ist daher die Erstellung eines flächendeckenden Länderdatensatzes für derartige Bundesländer aufwändig und teuer. In anderen Bundesländern sind Gesamtdatensätze verfügbar, die Kosten dafür können aber bis über 10.000 € betragen (z. T. wird auch pro Bodenrichtwertzone abgerechnet). Einige Bundesländer bieten ein Abonnement-Modell an, in dem der Nutzer jährlich ein Entgelt für die Nutzungsrechte bezahlt. Die Kosten bewegen sich dabei im Rahmen von 500 € bis 2.000 € pro Jahr.

<sup>1</sup> <https://www.bodenrichtwerte-boris.de/borisde/?lang=de>

Tab. 1: Übersicht über die digitalen Bodenrichtwert-Datenangebote der Bundesländer  
(Quelle: eigene Darstellung)

Bundesland	Datenbezug	Datenformat	Zeitreihe	Online-Ansicht
Nordrhein-Westfalen	Open Data	Shape	Vorhanden	Vorhanden
Thüringen	Open Data	WMS, WFS, Shape	Vorhanden	Vorhanden
Berlin	Open Data	WMS, WFS	Vorhanden	Vorhanden
Hamburg	Open Data	CSV, WMS	Vorhanden	Vorhanden
Brandenburg	Einzelkauf	WMS, WFS	Vorhanden	Vorhanden
Mecklenburg-Vorpommern	Einzelkauf	WMS, WFS	Vorhanden	Vorhanden
Hessen	Einzelkauf	Shape	k. A.	Vorhanden
Sachsen	Abonnement	CSV, WMS	Vorhanden	Vorhanden
Sachsen-Anhalt	Abonnement	WMS	k. A.	Vorhanden
Bremen	Abonnement	WMS, Shape	k. A.	Nicht vorhanden
Niedersachsen	Abonnement	WMS, Shape	k. A.	Nicht vorhanden
Rheinland-Pfalz	Abonnement	k. A.	k. A.	Vorhanden
Bayern	abhängig vom jeweiligen Gutachterausschuss			Nur für ausgewählte Objekte
Saarland	k. A.	k. A.	k. A.	Vorhanden
Schleswig-Holstein	k. A.	k. A.	k. A.	Vorhanden
Baden-Württemberg	k. A.	k. A.	k. A.	Nur für ausgewählte Objekte

Die visuelle Darstellung der Bodenrichtwerte über BORIS-D ermöglicht eine erste Information, ob überhaupt für das gewünschte Bundesland Geometriedaten verfügbar sind. In einigen Bundesländern können vor dem Kauf auch Testdaten heruntergeladen werden, um Datenstruktur und -umfang besser einschätzen zu können. Teilweise werden aber auch keine Angaben gemacht, in welchem Format die Daten geliefert werden und ob auch Zeitreihen verfügbar sind.

Bundesweit betrachtet ist die aktuelle Datenlage daher als noch weiter verbesserungswürdig einzuschätzen, auch wenn einige Länder bereits mit gutem Beispiel vorangehen. Da derzeit abgesehen von den Stadtstaaten Berlin und Hamburg die digitalen Geodaten der Bodenrichtwerte nur für die Flächenländer Nordrhein-Westfalen und Thüringen flächendeckend, kostenfrei und in Zeitreihen verfügbar sind, wurden diese Bundesländer für die nachfolgenden Untersuchungen ausgewählt. Damit werden zwei bezüglich des Verdichtungsgrades und der Entwicklungsdynamik höchst unterschiedliche Bundesländer in den Blick genommen.



### 3 Datenstruktur und Untersuchungsmethodik

Prinzipiell sind die Geodaten der Bodenrichtwerte dank des zugrundeliegenden VBORIS-Datenmodells sehr ähnlich aufgebaut, können jedoch durch Anpassungen der Bundesländer abweichen. Die Abgrenzung der Zonen erfolgt anhand des Nutzungsartenkataloges der Bodenwertrichtlinie (BMVBS 2011). Im ländlichen Raum sind die Nutzungsarten Landwirtschaft bzw. Forstwirtschaft dominierend und die entsprechenden BRW-Zonen innerhalb der Gemeinde nicht differenziert. Die BRW-Zonen der Bebauung sind in den downloadbaren Geometriedaten nur Überlagerungsflächen und nicht als redundanzfreie eigene Ebene in den Shape-Files abgelegt, was die Weiterverarbeitung – z. B. flächengewichtete Analysen – erheblich erschwert. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Kleinteiligkeit der Zonen in einem innerstädtischen Kerngebiet. Die Auswertung erfolgte hier aggregiert auf Gemeindeebene anhand der BBSR Raumtypen: dem Stadt- und Gemeindetyp<sup>2</sup>, welcher sich an der Bevölkerungszahl und der



Abb. 1: Beispielhafte Darstellung von Bodenrichtwertzonen (violett) und Preisen (€/m<sup>2</sup>) abgebildet auf Hausumringen (HU-DE) (grau) in der Kölner Innenstadt (Quelle: Oberer Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land NRW; Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern)

<sup>2</sup> <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp.html?nn=2544954>



zentralörtlichen Funktion orientiert bzw. dem Lagetyp<sup>3</sup>, der die Zentralität der Orte widerspiegelt. Die Aggregation der Bodenrichtwerte erfolgte anhand der vorliegenden Nutzungsart.

Zwischen den BRW-Daten von Nordrhein-Westfalen und Thüringen gibt es einige Unterschiede im Datenaufbau. Diese betreffen u. a. Mischklassen wie *Gewerbe-/Industriegebiete*, die in NRW häufig sind, in Thüringen dagegen jedoch nicht vorkommen. Darüber hinaus unterscheiden sich die beiden Bundesländer bei der Darstellung von Kleingärten, Sportanlagen und Freizeitgrünflächen, die in Thüringen als eigene Klassen verwendet, in NRW aber den umliegenden Nutzungen zugeschlagen werden. Um die Vergleichbarkeit herzustellen, wurden die Nutzungsarten für die Auswertungen wie folgt generalisiert: *Gewerbe und Industrie, Landwirtschaft, Sonderflächen, Wald und Forst* sowie *Wohn- und Mischbebauung*.

## 4 Entwicklung des Bodenrichtwerts

Um das Analysepotenzial der Daten aufzuzeigen, sollen hier einige Ergebnisse der Entwicklung der Bodenrichtwerte für die ausgewählten Bundesländer differenziert nach BBSR-Typen vorgestellt werden (Reiter 2019). Auffällig ist zuerst der gewaltige Wertunterschied zwischen den untersuchten Bundesländern, der fast den Faktor 10 erreicht: Während der Gesamtdurchschnitt aller Bodenrichtwerte in NRW bei 440 € bis 450 € im betrachteten Zeitraum liegt, bewegen sich die Werte in TH zwischen 50 € bis 55 € (Abb. 2 und 3). Insgesamt ist seit 2011 eine deutliche Tendenz zu steigenden Bodenrichtwerten festzustellen. Insbesondere in großen und/oder zentralen Städten und Gemeinden werden Steigerungen von deutlich über 20 % erreicht. Bei der Betrachtung einzelner Nutzungsartenklassen sind teilweise Werte von über 100 % Steigerung zu verzeichnen.

### 4.1 Bodenrichtwertentwicklung nach Stadt- und Gemeindetyp

In NRW steigt der Bodenrichtwert in allen Gemeindetypen an, wobei die stärkste Steigerung in Großstädten und die geringste in den Landgemeinden festzustellen ist. Allerdings gibt es in NRW nur drei Landgemeinden, weshalb die Tendenz nicht statistisch zuverlässig angegeben werden kann. Das Mittelfeld bilden die Klein- und Mittelstädte, die alle eine sehr ähnliche Entwicklung aufweisen. Interessant ist, dass die kleinen Kleinstädte mit einer Steigerung von 17 % auf dem Niveau der größeren Mittelstädte liegen, die größeren Kleinstädte jedoch deutlich darunter liegen mit nur 11 % im Mittel.

<sup>3</sup> [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumb Beobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/Raumtypen2010\\_vbg/Raumtypen2010\\_LageSied.html?nn=2544954](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumb Beobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/Raumtypen2010_vbg/Raumtypen2010_LageSied.html?nn=2544954)

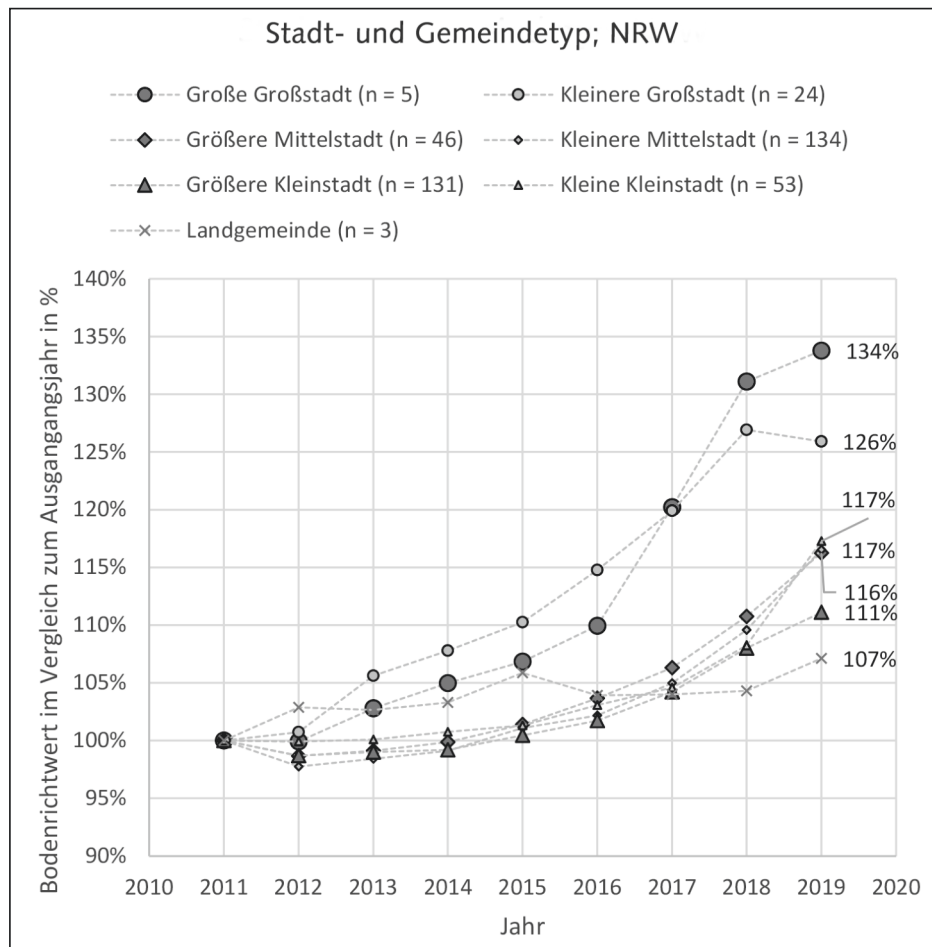


Abb. 2: Bodenrichtwertentwicklung für alle vorhandenen Nutzungsarten nach Stadt- und Gemeindetyp in Nordrhein-Westfalen (Quelle: eigene Darstellung)

In Thüringen stellt sich die Entwicklung differenzierter dar. Die höchste Steigerung im betrachteten Zeitraum weisen hier – anders als in NRW – die Landgemeinden auf. Diese machen deutlich mehr als die Hälfte aller Gemeinden Thüringens aus. Danach folgen die Großstädte (große Großstädte existieren nicht nach BBSR-Typik in Thüringen). Die größeren Mittelstädte erleben im aktuellen Zeitschnitt eine deutliche Trendwende, genauso wie die kleinen Kleinstädte. Allerdings ist hier mit nur zwei größeren Mittelstädten (Gera und Weimar) die Fallzahl klein und die Tendenz nicht statistisch verlässlich. Bei den kleinen Kleinstädten ist die Trendwende auf extreme Bodenrichtwertsteigerungen in etwa 1/3 der zugehörigen Gemeinden zurückzuführen. Schließt man Gemeinden mit einer Bodenrichtwertzunahme von >30 % zwischen 2016 und 2018 aus, erhält man ein Endergebnis von 91 %, was sehr gut zum restlichen Entwicklungsverlauf passt. In den kleineren Mittelstädten und größeren Kleinstädten fällt der Bodenrichtwert im Untersuchungszeitraum deutlich ab (um 14 % bzw. 9 %).

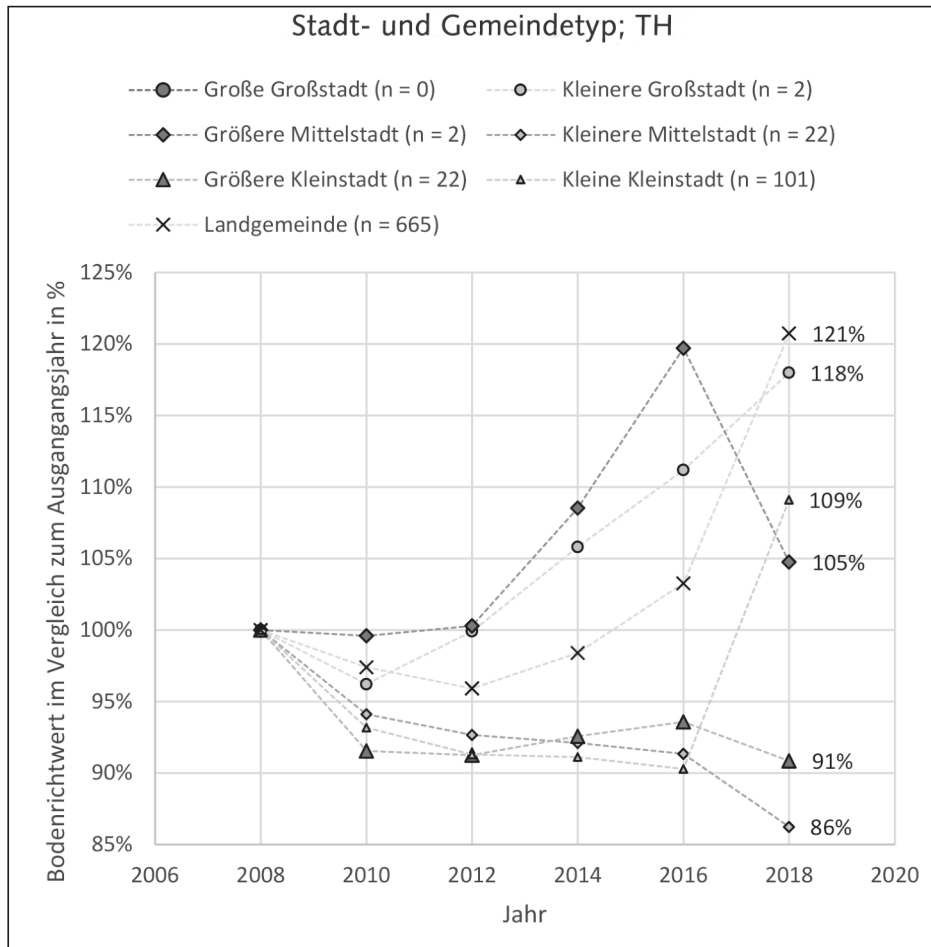


Abb. 3: Bodenrichtwertentwicklung nach Stadt- und Gemeindetyp in Thüringen (Quelle: eigene Darstellung)

## 4.2 Bodenrichtwertentwicklung von Landwirtschaftsflächen

Auch die Entwicklung des Bodenrichtwertes auf Flächen landwirtschaftlicher Nutzung (Ackerland und ackerfähiges Grünland) ist von besonderem Interesse (Abb. 4 und 5). Hier wurde nach BBSR-Lagetyp differenziert und die Werteentwicklung in absoluten Preisen (€/m<sup>2</sup>) dargestellt. Es zeigte sich, dass die Bodenrichtwerte für Landwirtschaftsflächen unabhängig von deren Lage kontinuierlich sowohl in Nordrhein-Westfalen als auch in Thüringen steigen. Zentrale Lagen erzielen dabei deutlich höhere Werte als periphere. Teilweise verdreifachte sich in NRW der Preis in weniger als 10 Jahren. Dabei entwickelten sich die Werte in zentralen Lagen weniger dynamischer als in peripheren.

Auch in Thüringen sind die Bodenrichtwerte für Landwirtschaftsflächen generell steigend. Allerdings sind hier die absoluten Werte deutlich niedriger und erreichen nur 1/3 der Werte von NRW. Auch hier sind die zentralen Lagen durch ihre Nähe zu Siedlungsflächen deutlich begehrter als die dezentralen, auch wenn die Unterschiede geringer ausfallen. Diese Entwicklung führt zu einem stetigen Verlust von Ackerflächen in

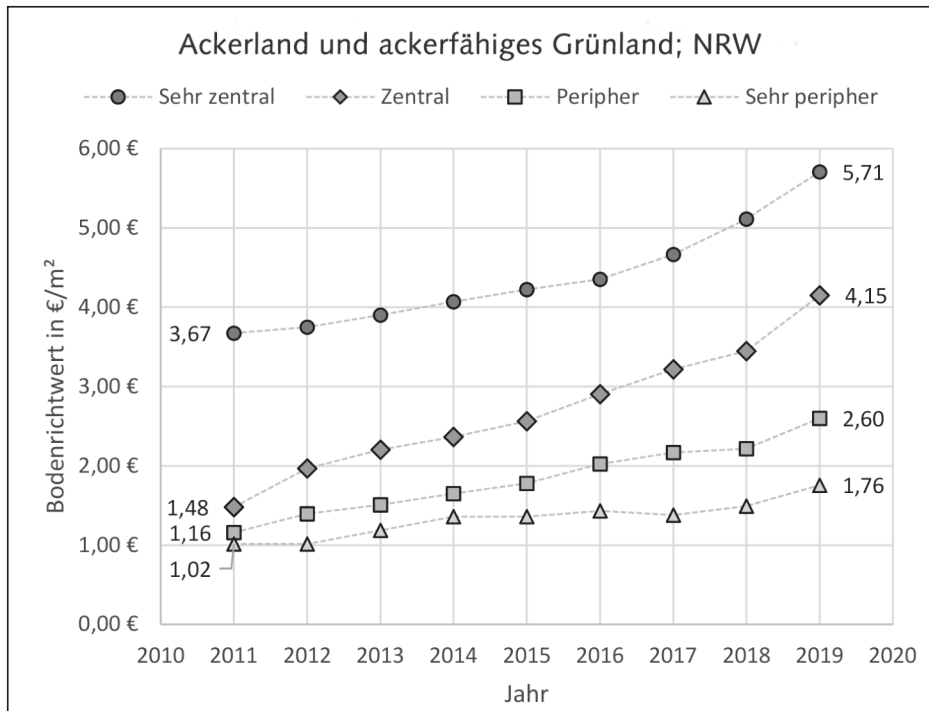


Abb. 4: Bodenrichtwertentwicklung auf Flächen landwirtschaftlicher Nutzung in Nordrhein-Westfalen (Quelle: eigene Darstellung)

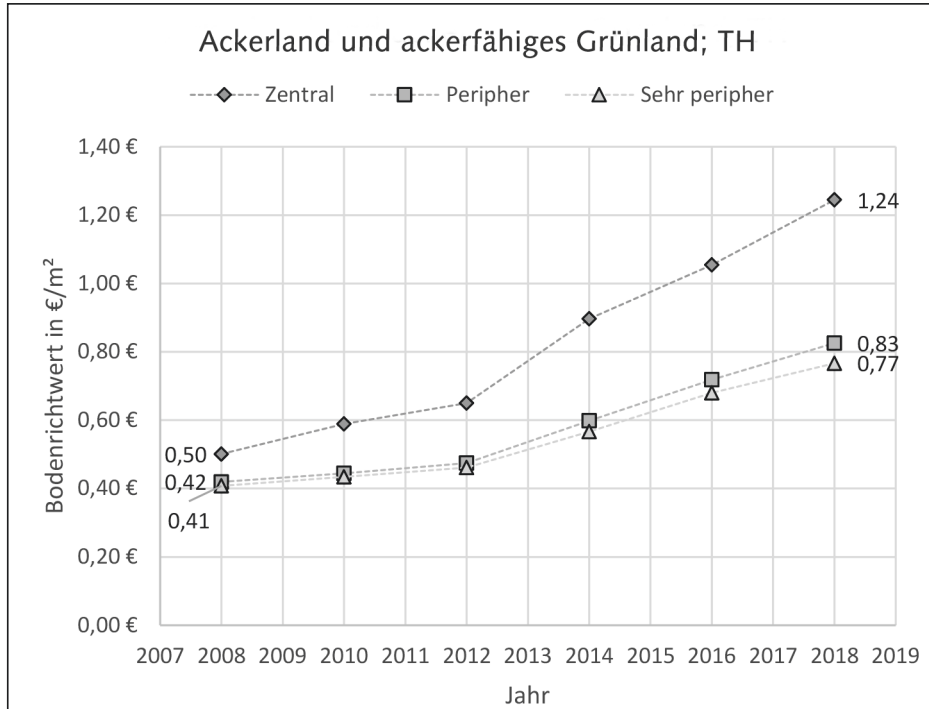


Abb. 5: Bodenrichtwertentwicklung auf Flächen landwirtschaftlicher Nutzung in Thüringen (Quelle: eigene Darstellung)

Deutschland. Dieser betrug in den letzten 20 Jahren über 1 Mio. Hektar (Quelle: IÖR-Monitor: <https://monitor.ioer.de/?rid=3518>). Vertiefte Untersuchungen zur Entwicklung der landwirtschaftlichen Bodenmärkte finden sich beispielsweise bei Tietz (2018).

## 5 Fazit und Ausblick

Die Verfügbarkeit GIS-analysefähiger Bodenrichtwerte hat sich in den letzten Jahren deutlich verbessert. So bieten erste Bundesländer derartige Daten flächendeckend an. Teilweise sind die Daten auch schon für frühere Jahre verfügbar, so dass Entwicklungsanalysen im räumlichen Kontext möglich sind. Zu wünschen wäre allerdings, dass die Daten entsprechend der VBORIS-Modellbeschreibung noch weiter vereinheitlicht werden.

Die Analyse flächendeckender Bodenrichtwerte differenziert nach Raumtypen ermöglicht ein besseres Verständnis und Erklärungsmuster für Raumentwicklungstendenzen. Durch den Raumbezug der Daten ist eine kombinierte Verarbeitung mit anderen Geodaten möglich. So wurden in Reiter (2019) z. B. Bodenrichtwerte mit Flächendaten und Indikatoren des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) kombiniert analysiert. Mit den ortsscharfen Bodenrichtwerten sind Analysen zum Einfluss von Siedlungsdichten, Lärmbelastungen oder Wohnumlandqualitäten auf den Bodenwert im Siedlungsraum (Wohnen, Gewerbe) möglich. Darüber hinaus können z. B. auch Fragen des Einflusses von naheliegenden Naturschutzgebieten auf die Bodenrichtwerte untersucht werden. Damit können Ursachen und Zusammenhänge von raum- und umweltrelevanten Entwicklungsprozessen wie Zersiedelung oder Zerschneidung zukünftig detaillierter untersucht und möglicherweise auch Steuerungsoptionen aufgezeigt werden. Im Zuge der Umsetzung der Novellierung des Grundsteuergesetzes (GrStG 2019) wird der Bodenwert einen fundamentalen Bedeutungsgewinn erfahren. So ist damit zu rechnen, dass sich auch der freie Zugriff auf Bodenrichtwertdaten in den nächsten Jahren noch einmal erheblich verbessern wird. Das ist eine gute Nachricht für die Raumforschung, ermöglichen doch flächendeckende Geodaten der Bodenrichtwerte eine bessere Einschätzung von Raumstrukturen und deren Veränderung sowie Erklärungsmuster für lokale und regionale Entwicklungen der Siedlungsflächen.

## 6 Literatur

AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2015): Datenmodell für den Betrieb eines vernetzten Bodenrichtwertinformationssystems (VBORIS) der Gutachterausschüsse für Grundstückswerte in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland.  
[www.adv-online.de](http://www.adv-online.de) <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Weitere-Produkte/VBORIS/> (Zugriff: 06.07.2020).

- BauGB – Baugesetzbuch (2017a): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634).  
<https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/> (Zugriff: 06.07.2020).
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2010): Raumtypen 2010: Lage.  
[https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/Raumtypen2010\\_vbg/Raumtypen2010\\_LageSied.html?nn=2544954](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/Raumtypen2010_vbg/Raumtypen2010_LageSied.html?nn=2544954) (Zugriff: 05.07.2020).
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2015): Stadt- und Gemeindetyp 2015.  
<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp.html?nn=2544954> (Zugriff: 05.07.2020).
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Richtlinie zur Ermittlung von Bodenrichtwerten (Bodenrichtwertrichtlinie – BRW-RL). – Bundesanzeiger, (24), 597-609.  
<https://www.reguvis.de/fileadmin/BIV-Portal/Bildervorschlaege/PDF/Bodenrichtwertrichtlinie.pdf> (Zugriff: 06.07.2020).
- GrStG – Grundsteuergesetz (Novellierung 2019): [https://www.gesetze-im-internet.de/grstg\\_1973/BJNR109650973.html](https://www.gesetze-im-internet.de/grstg_1973/BJNR109650973.html) (Zugriff: 05.07.2020).
- Hendricks, A. (2017): Bodenrichtwertermittlung. Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie der Universität der Bundeswehr, Heft 93: 244 S.
- Reiter, D. (2019): Digitale Bodenrichtwerte – Datenlage, Bedeutung und Analysemöglichkeiten, Bachelorarbeit, HTW Dresden, 68 S., unveröffentlicht.
- Tietz, A. (2018): Der landwirtschaftliche Bodenmarkt – Entwicklung, Ursachen, Problemfelder, In: Wertermittlungsforum 36 (2): 54-58.



## **Autorenverzeichnis**



## Autorenverzeichnis

**Werner Ackermann**

PAN Planungsbüro für angewandten  
Naturschutz GmbH  
Rosenkavalierplatz 8  
81925 München  
E-Mail: werner.ackermann@pan-gmbh.com

**Dr. Elisabeth Angenendt**

Universität Hohenheim  
FG Landwirtschaftliche Betriebslehre  
Schwerzstr. 44  
70599 Stuttgart  
E-Mail: Elisabeth.Angenendt@uni-hohen-  
heim.de

**Prof. Dr. Enno Bahrs**

Universität Hohenheim  
FG Landwirtschaftliche Betriebslehre  
Schwerzstr. 44  
70599 Stuttgart  
E-Mail: bahrs@uni-hohenheim.de

**Dr. Martin Behnisch**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: M.Behnisch@ioer.de

**Prof. Dr. Claudia Bieling**

Universität Hohenheim  
FG Gesellschaftliche Transformation und  
Landwirtschaft  
Schloss Museumsflügel (430b)  
70599 Stuttgart  
E-Mail: claudia.bieling@uni-hohenheim.de

**Johannes Blechschmidt**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: J.Blechschmidt@ioer.de

**Mirko Blinn**

Universität Bonn  
Institut für Geodäsie und Geoinformation  
Professur für Städtebau und Bodenordnung  
Nußallee 1  
53115 Bonn  
E-Mail: blinn@igg.uni-bonn.de

**Daniela Boß**

Forschungskolleg Franken am Institut für  
Fränkische Landesgeschichte der  
Universitäten Bamberg und Bayreuth  
Marktplatz 1  
95349 Thurnau  
E-Mail: Daniela.Boss@uni-bayreuth.de

**Dr. Jana Bovet**

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
GmbH – UFZ  
Wissenschaftliche Referentin  
Department Umwelt- und Planungsrecht  
Permoserstr. 15  
04318 Leipzig  
E-Mail: jana.bovet@ufz.de

**Uwe Brösdorf**

wittig brösdorf architekten  
Freie Architekten  
Luppenstr. 5a, Hofgebäude  
04177 Leipzig  
E-Mail: ub@wbarchitekten.de  
E-Mail: info@bda-sachsen.de

**Niklas Effenberger**

Universität Hohenheim  
FG Gesellschaftliche Transformation und  
Landwirtschaft  
Schloss Museumsflügel (430b)  
70599 Stuttgart  
E-Mail: niklas.effenberger@uni-hohenheim.de

**Denise Ehrhardt**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Nachhaltige Entwicklung von  
Stadt und Land  
Archistr. 21  
80333 München  
E-Mail: denise.ehrhardt@tum.de

**Nico Ehrig**

Technische Universität Dresden  
Institut für Kartographie  
Helmholtzstr. 10  
01069 Dresden  
E-Mail: nico.ehrig@mailbox.tu-dresden.de

**Horst Fehrenbach**

ifeu – Institut für Energie- und  
Umweltforschung Heidelberg  
Fachbereichsleiter  
Wilckensstr. 3  
69120 Heidelberg  
E-Mail: horst.fehrenbach@ifeu.de

**Marit Firlus**

Universität Hohenheim  
FG Gesellschaftliche Transformation und  
Landwirtschaft  
Schloss Museumsflügel (430b)  
70599 Stuttgart  
E-Mail: marit.firlus@uni-hohenheim.de

**Stefan Frerichs**

BKR Aachen NOKY & SIMON –  
Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner,  
Landschaftsarchitekt  
Kirberichshofer Weg 6  
52066 Aachen  
E-Mail: frerichs@bkr-ac.de

**Dr. Annett Frick**

LUP Luftbild Umwelt Planung GmbH  
Bereichsleitung Fernerkundung  
Große Weinmeisterstr. 3a  
14469 Potsdam  
E-Mail: annett.frick@lup-umwelt.de

**Daniel Fuchs**

PAN Planungsbüro für angewandten  
Naturschutz GmbH  
Rosenkavalierplatz 8  
81925 München  
E-Mail: daniel.fuchs@pan-gmbh.com

**Jan Grade**

empirica AG  
Büro Bonn  
Kaiserstraße 29  
53113 Bonn  
E-Mail: grade@empirica-institut.de

**Dr. Karsten Grunewald**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: K.Grunewald@ioer.de

**Anke Hahn**

Technische Universität Dresden  
Fakultät Umweltwissenschaften  
Professur Fernerkundung  
Helmholtzstr. 10  
01062 Dresden  
E-Mail: anke.hahn@tu-dresden.de

**Karl Hamacher**

BKR Aachen NOKY & SIMON –  
Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner,  
Landschaftsarchitekt  
Kirberichshofer Weg 6  
52066 Aachen  
E-Mail: hamacher@bkr-ac.de

**Jörg Hennersdorf**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: J.Hennersdorf@ioer.de

**Univ.-Prof. Dr. Sascha Henninger**

Technische Universität Kaiserslautern  
Fachbereich Raum- und Umweltplanung  
Lehrinheit Physische Geographie  
Pfaffenbergstr. 95  
67663 Kaiserslautern  
E-Mail: sascha.henninger@ru.uni-kl.de

**Dr. Hendrik Herold**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: H.Herold@ioer.de

**Dominik Hinteregger**

SAVVY Group GmbH  
Plinganserstr. 150  
81369 München  
E-Mail: dominik.hinteregger@web.de

**Philipp Holz**

Deutsches Institut für Urbanistik  
Forschungsbereich Infrastruktur, Wirtschaft  
und Finanzen  
Zimmerstr. 13 - 15  
10696 Berlin  
E-Mail: holz@difu.de

**Dr. Mathias Jehling**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: M.Jehling@ioer.de

**Dr. Till Jenssen**

Ministerium für Umwelt, Klima und  
Energiewirtschaft Baden-Württemberg  
Referent  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart  
E-Mail: tilljenssen@gmx.net  
E-Mail: till.jenssen@um.bwl.de

**Dr. Jasmin Jossin**

Deutsches Institut für Urbanistik  
Forschungsbereich Infrastruktur, Wirtschaft  
und Finanzen  
Zimmerstr. 13  
10696 Berlin  
E-Mail: jossin@difu.de

**Jobst Jungehülsing**

Bundesministerium für Ernährung und  
Landwirtschaft  
Leiter Referat 423 „Bodenmarkt“  
Französische Str. 2  
10117 Berlin  
E-Mail: jobst.jungehuelising@bmel.bund.de

**Alexandra Juszcak**

Bezirksregierung Düsseldorf  
Dezernat 32 - Regionalentwicklung  
Cecilienallee 2  
40474 Düsseldorf  
E-Mail: alexandra.juszcak@brd.nrw.de

**Univ.-Prof. Dr. Andreas Koch**

Universität Salzburg  
Department of Geography and Geology  
Leiter der AG Sozialgeographie  
Heilbrunnerstr. 34  
5020 Salzburg / Österreich  
E-Mail: andreas.koch@sbg.ac.at

**Stefan Köninger**

Region FrankfurtRheinMain  
Abt. Planung  
Poststr. 16  
60329 Frankfurt am Main  
E-Mail: Koeninger@region-frankfurt.de

**Univ.-Prof. Dr. Thomas H. Kolbe**

Technische Universität München  
Fakultät Bau Geo Umwelt  
Lehrstuhl für Geoinformatik  
Arcisstr. 21  
80333 München  
E-Mail: thomas.kolbe@tum.de

**Dr. Angelika Krehl**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: A.Krehl@ioer.de

**Dr. Tobias Krüger**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: T.Krueger@ioer.de

**PD Dr. habil. Angela Lausch**

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
GmbH – UFZ  
Department Landschaftsökologie  
Permoserstr. 15  
04318 Leipzig  
E-Mail: angela.lausch@ufz.de

**Dr. Gottfried Lennartz**

gaiac – Forschungsinstitut für  
Ökosystemanalyse und -bewertung  
an der RWTH Aachen Universität  
Terrestrische Ökologie  
Kackertstr. 10  
52072 Aachen  
E-Mail: lennartz@gaiac-eco.de

**Dr. Elisabeth Marquard**

Biologin  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
GmbH – UFZ  
Department Ökonomie  
Permoserstr. 15  
04318 Leipzig  
E-Mail: lisa.marquard@ufz.de



**Sophie Meier**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: S.Meier@ioer.de

**Dr. Gotthard Meinel**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: G.Meinel@ioer.de

**Prof. Mark Michaeli**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Nachhaltige Entwicklung von  
Stadt und Land  
Archisstr. 21  
80333 München  
E-Mail: michaeli@tum.de

**Prof. Dr. Manfred Miosga**

Universität Bayreuth  
Geographisches Institut  
Abt. Stadt- und Regionalentwicklung  
Universitätsstr. 30  
95447 Bayreuth  
E-Mail: manfred.miosga@uni-bayreuth.de

**Markus Münzinger**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: M.Muenzinger@ioer.de

**Dr. Timo Munzinger**

Deutscher Städtetag  
Referat Stadtentwicklung und Städtebau  
Dezernat Stadtentwicklung, Bauen, Woh-  
nen, Verkehr  
Gereonstr. 18-32  
50670 Köln  
E-Mail: timo.munzinger@staedtetag.de

**Dr. Marion Pause**

Technische Universität Dresden  
Fakultät Umweltwissenschaften  
Professur Fernerkundung  
Helmholtzstr. 10  
01062 Dresden  
E-Mail: marion.pause@tu-dresden.de

**Oliver Peters**

Deutsches Institut für Urbanistik  
Forschungsbereich Infrastruktur, Wirtschaft  
und Finanzen  
Zimmerstr. 13 - 15  
10696 Berlin  
E-Mail: opeters@difu.de

**Hanna Poglitsch**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: H.Poglitsch@ioer.de

**Daniel Reißmann**

Umweltbundesamt  
Fachgebiet I 3.5 Nachhaltige  
Raumentwicklung, Umweltprüfungen  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
E-Mail: Daniel.Reissmann@uba.de

**Denise Reiter**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: D.Reiter@ioer.de

**Hannah Reith**

Bezirksregierung Düsseldorf  
Dezernat 32 – Regionalentwicklung  
Cecilienallee 2  
40474 Düsseldorf  
E-Mail: Hannah.Reith@brd.nrw.de

**Christoph Schützmann**

Region FrankfurtRheinMain  
Abt. Planung  
RegFNP-Gesamtplanung und Fortschreibung  
Poststr. 16  
60329 Frankfurt am Main  
E-Mail: schuetzmann@region-frankfurt.de

**Dr. Burkhard Schweppe-Kraft**

Bundesamt für Naturschutz  
FG I 2.1 – Recht, Ökonomie und  
naturverträgliche, regionale Entwicklung  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
E-Mail: Burkhard.Schweppe-Kraft@BfN.de

**Prof. Dr.-Ing. Stefan Siedentop**

Institut für Landes- und  
Stadtentwicklungsforschung gGmbH  
Wissenschaftlicher Direktor  
Brüderweg 22-24  
44135 Dortmund  
E-Mail: stefan.siedentop@ils-forschung.de

**Dr. Sujit Kumar Sikder**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: S.Sikder@ioer.de

**André Simon**

BKR Aachen NOKY & SIMON –  
Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner,  
Landschaftsarchitekt  
Kirberichshofer Weg 6  
52066 Aachen  
E-Mail: simon@bkr-ac.de

**Christian Sponagel**

Universität Hohenheim  
FG Landwirtschaftliche Betriebslehre  
Schwerzstr. 44  
70599 Stuttgart  
E-Mail: christian.sponagel@uni-hohenheim.de

**Dr. Stefanie Stenzel**

Bundesamt für Naturschutz  
FG II 1.3 – Monitoring  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
E-Mail: stefanie.stenzel@bfn.de

**Dr. Ralf-Uwe Syrbe**

Leibniz-Institut für ökologische  
Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: R.Syrbe@ioer.de

**Dr. Hannes Taubenböck**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum  
Georisiken und zivile Sicherheit  
Oberpfaffenhofen  
Münchener Str. 20  
82234 Weßling  
E-Mail: Hannes.Taubenboeck@dlr.de

**Steffen Tervooren**

Landeshauptstadt Potsdam  
Untere Naturschutzbehörde  
Bereich Umwelt und Natur  
Helene-Lange-Str. 6-7  
14461 Potsdam  
E-Mail: Steffen.Tervooren@rathaus.potsdam.de

**Dr. Andreas Toschki**

gaiac – Forschungsinstitut für  
Ökosystemanalyse und -bewertung  
an der RWTH Aachen Universität  
Terrestrische Ökologie  
Kackertstr. 10  
52072 Aachen  
E-Mail: toschki@gaiac-eco.de

**Kathrin Wagner**

LUP Luftbild Umwelt Planung GmbH  
Große Weinmeisterstr. 3a  
14469 Potsdam  
E-Mail: kathrin.wagner@lup-umwelt.de

**Prof. Dr. habil. Ulrich Walz**

Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Dresden  
Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie (LUC)  
Professur Landschaftsökologie  
Pillnitzer Platz 2  
01326 Dresden  
E-Mail: ulrich.walz@htw-dresden.de

**Dr. Dominik Weiß**

Universität Bonn  
Institut für Geodäsie und Geoinformation  
Professur für Städtebau und Bodenordnung  
Nußallee 1  
53115 Bonn  
E-Mail: weiss@igg.uni-bonn.de

**Bruno Willenborg**

Technische Universität München  
Fakultät für Luftfahrt, Raumfahrt und  
Geodäsie  
Lehrstuhl für Geoinformatik  
Arcisstr. 21  
80333 München  
E-Mail: b.willenborg@tum.de

# IÖR Schriften

Herausgegeben vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.

- 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
- 69 Gotthard Meinel, Daniela Förtsch, Steffen Schwarz, Tobias Krüger (Hrsg.)  
**Flächennutzungsmonitoring VIII**  
**Flächensparen – Ökosystemleistungen – Handlungsstrategien**  
Dresden 2016, ISBN 978-3-944101-69-9

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 immer nicht gelungen ist, die Flächenneuanspruchnahme von der wirtschaftlichen Entwicklung zu entkoppeln. 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 Zersiedelung und der Landschaftszerschneidung wirksam zu begegnen. Dazu werden aktuelle Ergebnisse aus Wissenschaft und Praxis vorgestellt, die auf dem Dresdner Flächennutzungssymposium 2020 präsentiert und diskutiert wurden.

Der vorliegende Band fokussiert auf die Themen Flächenpolitik, Flächenmanagement, Flächenmonitoring, SDG-Indikatoren, Ökosystemmonitoring sowie neue Analysenmöglichkeiten durch neue Daten.

Das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung veröffentlicht innerhalb der Reihe IÖR-Schriften mittlerweile den 12. Band zum Thema „Flächennutzungsmonitoring“ ([www.ioer.de/publikationen/ioer-schriften](http://www.ioer.de/publikationen/ioer-schriften)).

