Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung

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

Flächennutzungsmonitoring XI

Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün

RHOMBOS

IÖR Schriften Band 77 · 2019

IÖR Schriften

Herausgegeben vom
Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung

RHOMBOS-VERLAG BERLIN

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Impressum

Herausgeber der Publikationsreihe IÖR Schriften

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

Verlag

RHOMBOS-VERLAG
Kurfürstenstraße 15/16
10785 Berlin
E-Mail: verlag@rhombos.de
Homepage: https://rhombos.de
VK-Nr. 13597

Druck: dbusiness.de GmbH, Berlin

Printed in Germany

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier Bio TOP 3

© 2019 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: Diskussion zur Flächeninanspruchnahme;
Fotomontage: U. Schinke, IÖR 2019; Fotos: S. Schwarz, IÖR; R. Vigh, IÖR

Satz/DTP: Natalija Leutert

ISBN: 978-3-944101-77-4

IÖR Schriften Band **77 · 2019**

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

Flächennutzungsmonitoring XI

Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün

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 benötigten Waldflächen zur CO_2-Minderung. Außerdem führt die anhaltende Zersiedelung zu erhöhten Infrastrukturkosten und Verkehrsaufwendungen; neue Verkehrstrassen zerschneiden die Landschaft mit einhergehendem Verlust an Biodiversität. In Europa und speziell in Deutschland ist der ungeminderte Flächenverbrauch auf weiter steigende Wohnflächenansprüche, neue Industrie- und Gewerbegebiete sowie Infrastrukturprojekte zurückzuführen.

Inzwischen setzt sich die Erkenntnis durch, dass Bodenschutz durch Verzicht auf neue Siedlungs- und Verkehrsflächen mit der einhergehenden Bodenversiegelung auch Klima- und Landschaftsschutz ist. Darum geht kein Weg daran vorbei, noch 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, genügend genau und verlässlich beschrieben werden. Das ist eine Grundvoraussetzung zielgenauer Steuerungsinstrumente zur Senkung der Flächeninanspruchnahme.

Hier kommen nun alte und neue Geodaten ins Spiel, denn nur auf deren Grundlage sind die notwendigen Informationen berechenbar. Dabei steigen die Anforderungen an Qualität und Verfügbarkeit raumbezogener Daten- und Informationsangebote, die immer genauer, aktueller und frei verfügbar sein sollten. Aus Wissenschaft und Praxis wird aber auch immer stärker die Kennzeichnung von statistischen Unsicherheiten in den Daten, Indikatorwerten und Zeitreihen gefordert. Neben neuen und weiterentwickelten amtlichen Geobasisdaten spielen 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 halbautomatischen Erfassung von Landschaftsveränderungen gearbeitet als Informationsgrundlage für die amtliche Vermessung zur Aktualisierung ihrer Geodatenmodelle. Auch städtisches Grün kann heute mithilfe von Satellitenbilddaten viel genauer als bisher klassifiziert und in Zustand und Veränderung abgebildet werden.

Derartige neue Entwicklungen vorzustellen und mit der Praxis zu diskutieren, ist das Ziel des alljährlichen Dresdner Flächennutzungssymposiums (DFNS). Der vorliegende Band vereint Beiträge der 11. Auflage dieser Veranstaltungsreihe, die vom 08. April bis 09. April 2019 stattfand und folgende Themen behandelte: internationale und nationale Entwicklungen in der Flächenpolitik, Flächenmanagement, Flächenmonitoring und -analysen, Bodenversiegelung, Indikatoren und Methoden, smarte Datenerhebung. Einen besonderen Schwerpunkt bildet diesmal das Grün in der Stadt.

Die Präsentationen des Symposiums sind unter *http://11dfns.ioer.info/programm/* zu finden. Darunter befinden sich auch neue Entwicklungen und Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (www.ioer-monitor.de). Diese kostenfreie wissenschaftliche Dienstleistung des Leibniz-Institutes für ökologische Raumentwicklung ermöglicht die kartographische Visualisierung, die statistische Analyse sowie den Vergleich von inzwischen 85 Indikatoren zur Flächennutzung und damit eng zusammenhängender Themen. Die Indikatorwerte sind auf allen relevanten administrativen Ebenen bis zu Gemeinden sowie als hochauflösende Rasterkarten verfügbar. Die Zeitreihen gehen bis ins Jahr 2000 zurück.

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 Themenfeld.

Die Herausgeber

Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch und Tobias Krüger

Dresden, August 2019

Inhaltsverzeichnis

Raumbeobachtung und Flächenverbrauch – internationale Erfahrungen

Wie kann der Flächenverbrauch begrenzt werden? Erfahrungen aus der Schweiz
Anna M. Hersperger, Silvia Tobias 3

Flächeninanspruchnahme in Österreich: Zahlen – Fakten – Empfehlungen
Eliette Felkel, Cornelia Krajasits 11

Copernicus-Dienste für die Überwachung von Landbedeckungsänderungen in Europa
Magdalena Steidl, Jürgen Weichselbaum, Tobias Langanke, Christian Schleicher 21

Flächenpolitik

Aktuelle Trends des Flächenverbrauchs und Kontingentierung von Flächensparzielen auf kommunaler und regionaler Ebene
Gertrude Penn-Bressel 31

Begrenzung der Flächenneuinanspruchnahme in Bayern – Empfehlung zu einem ganzheitlichen Politikansatz
Manfred Miosga 41

Flächeninanspruchnahme in bundesrelevanten Strategien – am Beispiel von Freiraumverbünden und Erneuerbaren Energien
Gerold Janssen, Sebastian Bartel, Franziska Wolff 51

Je schneller, desto besser? – Chancen und Risiken beschleunigter Verfahren in der Bauleitplanung
Mathias Jehling, Juliane Albrecht, Christian Schaser 65

Flächenmanagement

Flächenmanager Regionalplanung – Zur Wirksamkeit von regionalen Steuerungsansätzen für eine flächensparende Siedlungsentwicklung
Nina Wahrhusen 79

Nachhaltiges Flächenmanagement – Ein Ansatz für einen Gesamtbewertungsprozess vor Erstellung neuer Flächen außerhalb bestehender Siedlungen
Thilo Sekol 87

Auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Flächennutzung in der Stadt und ihrem Umland – Ergebnisse des EU-Projektes LUMAT
Bernd Siemer, Karl Eckert, Uwe Ferber 99

Auswirkungen und Steuerung der Flächeninanspruchnahme im Stadt-Land-Nexus der Metropolregion Nürnberg
Andrea Früh-Müller, Otmar Seibert, Markus Meyer *107*

Wie bauen wir die „Stadt der kurzen Wege"? Ein Leitfaden für die integrierte Entwicklung von Quartieren
Christian Scheler *117*

Flächenmanagement bei der DB Netz AG – Nachhaltige Strategie und ganzheitliche Immobilienbetrachtung
Christian Günster *129*

Flächenanalysen

Die Sozial-Raumwissenschaftliche Forschungsdateninfrastruktur SoRa – Potenziale und Implementierung
Stefan Jünger, Loren Mucha, Gotthard Meinel *139*

Entwicklung der Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Deutschland – auf Grundlage des ATKIS Basis-DLM
Laura Göhler, Ulrich Walz, Tobias Krüger *149*

Stadt-Land-Dualismus als Faktor erhöhter Flächeninanspruchnahme und angespannter Wohnungsmärkte?
Björn Braunschweig *159*

Nutzung des Landbedeckungsmodells LBM-DE für das Flächenmonitoring – Bewertung und Ergebnisse
Gotthard Meinel, Denis Reiter *169*

Bodenversiegelung

Entwicklung der Bodenversiegelung in Berlin – Methodik und Ergebnisse
Leilah Haag *183*

Versiegelung im Stadtraum flächenscharf berechnen – Herausforderungen einer GIS-basierten Analyse
Christopher Barron *191*

Entwicklung der Nutzungsintensität baulich geprägter Siedlungsflächen in Deutschland
Tobias Krüger, Martin Schorcht, André Hartmann *199*

Stadtgrün

One size fits all? Die Qualität von Stadtgrün aus der Nutzerperspektive
Karsten Rusche, Stefan Fina *211*

Satellitengestützte Vermessung von städtischem Grün in deutschen Städten
Julia Tenikl, Michael Wurm, Matthias Weigand, Jeroen Staab, Inken Müller, Hannes Taubenböck *221*

Nutzung künstlicher Neuronaler Netze zur Detektion von Stadtgrün
Amelie Haas *229*

Wissen zum Stadtgrün durch neue Datenzugänge verbessern
Kerstin Krellenberg, Martina Artmann, Robert Hecht, Celina Stanley *237*

Stadtklima

Multiskalige Erfassung und Prognose des Stadtklimas
Ronald Queck, Björn Maronga, Valeri Goldberg *245*

Zur thermischen Wirkung von Dachbegrünung in Höhe des Straßenniveaus
Uta Moderow, Susan Thiel, Valeri Goldberg, Astrid Ziemann, Christian Bernhofer *255*

Thermische Exposition von Fußgängern im Dresdner Stadtteil Gorbitz im Sommer 2018: Auswertung von Fußgänger-Messungen und Modellsimulationen
Astrid Ziemann, Valeri Goldberg, Benjamin Richter, Christian Bernhofer *265*

Indikatoren und Methoden

Der neue UBA-Umweltatlas und der Baustein „Bauen, Wohnen, Haushalte“
Daniel Eichhorn, Alexander Neuberger *277*

Wirkungsabschätzung von Flächenbelegungen in Ökobilanzen: Arbeitsstand einer Methodenentwicklung
Daniel Reißmann, Horst Fehrenbach *287*

Aufbau interkommunaler Geoportale für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung – technische Umsetzungsmöglichkeiten zur Verankerung eines Stadt-Land-Management-Werkzeuges in der Region
Matthias Pietsch, Matthias Henning, Susan Milatz *297*

Pole der Unerreichbarkeit in Deutschland
Martin Behnisch, Martin Schorcht, Hanna Poglitsch, Denis Reiter *305*

Smarte Datenerhebung

Die Planet-Konstellation – Kleinstsatelliten für ein automatisiertes Landbedeckungs-Monitoring
Rainer Malmberg, Jörg Ullrich, Michaela Zschunke, Sabine Rogge.....*315*

SmartRain – Aufbau eines Bürgermessnetzes zur Bestimmung und Analyse lokaler Niederschlagsverteilungen
Pierre Karrasch, Robert Krüger, Matthias Müller, Jacob Mendt, Stefan Hennig.....*323*

Unter vier Augen – Erkenntnisse aus einer Eyetracking-Studie zum IÖR-Monitor
Lisa Eichler.....*331*

Autorenverzeichnis.....*337*

Raumbeobachtung und Flächenverbrauch – internationale Erfahrungen

Wie kann der Flächenverbrauch begrenzt werden? Erfahrungen aus der Schweiz

Anna M. Hersperger, Silvia Tobias

Zusammenfassung

Schon lange ist der hohe Flächenverbrauch in der Schweiz ein wichtiges Thema, insbesondere weil die besiedelbare Fläche knapp ist. In den letzten 10 bis 15 Jahren erhielt die Thematik durch das starke Bevölkerungswachstum weitere Dringlichkeit. Das revidierte Raumplanungsgesetz, das am 1. Mai 2014 in Kraft trat, ist konsequent auf die Schaffung kompakter Siedlungen und die bessere Nutzung brachliegender oder ungenügend genutzter Flächen innerhalb bestehender Baugebiete ausgerichtet. Kantone und Gemeinden werden dabei stärker als bisher in die Pflicht genommen. Auch die nationalen Grundlagen für den Kulturlandschutz werden derzeit überarbeitet, erhalten aber auch Kritik, gerade aus Landwirtschaftskreisen.

Für die Gemeindeebene identifizierten wir in unserer Forschung folgende wichtige raumplanerische Strategien, um kompakte Siedlungen zu erreichen: das Bauen auf Grund von Gestaltungsplänen, ein angepasstes Vorgehen im Umgang mit Nutzungsziffern, die Festlegung von sinnvollen Siedlungsgebieten in kommunalen Nutzungsplanungen und, wenn nötig, Rückzonungen. Kombinationen aus Regulierung, Verhandlung und aktiver Bodenpolitik ergeben die in den Schweizer Gemeinden beobachtete Vielfalt von Ansätzen, um den Flächenverbrauch zu begrenzen. Eine herausragende Rolle spielt die Kontinuität der kommunalen politisch-raumplanerischen Strategie, welche oft an individuelle Akteure gebunden ist. Obwohl auf allen Ebenen viel Erfahrung vorhanden ist, wird die Raumplanung weiterhin auf innovatives und kontinuierliches Engagement aller Akteure angewiesen sein.

1 Flächennutzung in der Schweiz

Die beträchtliche Flächeninanspruchnahme – auch als Flächenverbrauch bezeichnet – ist in der Schweiz ein schon lange erkanntes und gewichtiges Thema, denn das nutzbare Land ist in der kleinen, gebirgigen Schweiz ein begrenztes Gut. Die 42 000 km^2 Landesfläche bestehen zu 25,3 % aus Hochgebirgen und Seen (übrige Naturräume), zu 31,3 % aus Wald, zu 35,9 % aus Landwirtschaftsland und zu 7,5 % aus Siedlungs- und Infrastrukturflächen. Die Siedlungsentwicklung findet fast ausschließlich auf Landwirtschaftsland statt, denn die Waldfläche ist durch das Waldgesetz geschützt und die übrigen Naturräume lassen sich aus technischen Gründen nicht besiedeln (BfS 2015a). Pro Tag verschwinden 9,7 ha Landwirtschaftsland und gleichzeitig wachsen die Siedlungen

um 6,7 ha. Heute sind fünf Prozent der Fläche der Schweiz als Bauzonen ausgeschieden, davon fast die Hälfte als Wohnzonen. 95 % der Bevölkerung leben innerhalb der Bauzonen.

Ein wichtiger Grund für die Siedlungsausdehnung ist das Bevölkerungswachstum. Im Jahre 2000 zählte die Schweiz 7,2 Millionen Einwohner, heute sind es 8,4 Millionen und für das Jahr 2045 prognostiziert das Bundesamt für Statistik gut 10 Millionen Einwohner im Mittleren Szenario (BfS 2015b). Problematischer sind allerdings die räumliche Streuung der Siedlungen sowie der Flächenbedarf pro Einwohner und Arbeitsplatz. Insgesamt hat sich die Zersiedelung seit 1950 mehr als verdoppelt (Schwick et al. 2010). Die Folgen sind eine zerstückelte, stark verstädterte Landschaft mit immer weniger Freiflächen. Im Mittelland ist vom Genfersee bis zum Bodensee eine konturlose Agglomeration entstanden, in der die Ortsgrenzen vielerorts kaum mehr ersichtlich sind. Angesichts des erwarteten zukünftigen Bevölkerungswachstums ist die Steuerung der Siedlungsentwicklung eine große Herausforderung an die Raumplanung. Ein Lichtblick ist allerdings, dass in den letzten Jahren die Siedungsfläche weniger stark stieg als die Bevölkerung (ARE 2018).

Eine ebenso große Herausforderung stellt das Bauen außerhalb der Bauzonen dar. Seit den 1990er Jahren sind die Regelungen zur Trennung von Bau- und Nichtbaugebiet immer weiter aufgeweicht worden, indem fortlaufend Ausnahmen erlaubt wurden. Heute stehen ca. 600 000 Bauten, oder 24 % aller Bauten, außerhalb der Bauzone; über 191 000 davon sind Wohnhäuser.

2 Die Raumplanung in der Schweiz

Die schweizerische Raumplanung ist durch wenige, einfache Grundsätze geprägt: Die schweizerische Bundesverfassung spricht im Artikel 75 der Raumplanung die Aufgabe zu, für eine zweckmäßige und haushälterische Bodennutzung zu sorgen. Diese Forderung steht in direktem Bezug zur Tatsache, dass das nutzbare Land in der Schweiz ein stark begrenztes Gut ist. Um dem Gebot der haushälterischen Bodennutzung zu genügen, sind Siedlungen konzentriert anzulegen. Sie sollen in räumlich zusammenhängenden, vom Nichtbaugebiet klar abgegrenzten und auf das Notwendige beschränkten Bauzonen zusammengefasst werden.

Der Bund gibt mit dem Eidgenössischen Raumplanungsgesetz (RPG) den gesetzlichen Rahmen vor. Zudem kann er Sachpläne und Konzepte erlassen zur Koordination raumwirksamer Sektoralpolitiken (z. B. Verkehr, Luftfahrt, Energie, Kulturlandschutz). Die eigentliche Planungsgewalt liegt bei den Kantonen und Gemeinden. Das wichtigste Planungsinstrument der Kantone ist der Richtplan, das wichtigste Instrument der Gemeinden ist der Nutzungsplan. Die Schweizer Raumplanung ist stark vom Föderalismus und

der direkten Demokratie geprägt. Es bestehen vielfältige Möglichkeiten der Mitbestimmung durch die Bevölkerung.

3 Aktuelle Entwicklungen auf Bundesebene

In den vergangenen zehn Jahren rückte die Raumplanung stark ins Licht der Politik. Das Stimmvolk hat in verschiedenen Abstimmungen die Begrenzung des Siedlungsflächenwachstums und einen besseren Kulturlandschutz gefordert. Seit 2014 hat die Schweiz ein revidiertes Raumplanungsgesetz. Dieses ist konsequent auf die Schaffung kompakter Siedlungen und die bessere Nutzung brachliegender oder ungenügend genutzter Flächen innerhalb des bestehenden Baugebiets ausgerichtet. Kantone und Gemeinden werden dabei stärker in die Pflicht genommen. Im Jahr 2016 trat zudem das Zweitwohnungsgesetz in Kraft. Es soll den Anteil der Zweitwohnungen beschränken und so die ausufernde Bebauung in den Tourismusorten verhindern. Derzeit läuft die parlamentarische Arbeit an einer weiteren Überarbeitung des Raumplanungsgesetzes, bei der es insbesondere um die Regelung des Bauens außerhalb der Bauzonen geht.

Auch der Sachplan Fruchtfolgeflächen (FFF) ist in Überarbeitung. Der Bund zeigt in Sachplänen, wie er seine raumwirksamen Aufgaben in einem bestimmten Sach- oder Themenbereich wahrnimmt. Der Sachplan FFF dient dem Erhalt der produktivsten Landwirtschaftsböden und gibt einen landesweiten Mindestumfang von 438 560 ha langfristig zu sichernden FFF vor (EJPD, EVD 1992). Jeder Kanton muss mit einem vorgegebenen Kontingent an FFF zum landesweiten Ziel beitragen und dafür im Richtplan die FFF räumlich festlegen. Das Hauptziel dieses Sachplans ist die Ernährungssicherung der Bevölkerung in Zeiten gestörter Zufuhr; zusätzlich wird auch die nachhaltige Nutzung der Ressource Boden angestrebt.

Die Kantone schätzen den Sachplan als wichtiges raumplanerisches Instrument für den Kulturlandschutz. Allerdings können einige Kantone wegen des starken Siedlungsdrucks ihr FFF-Kontingent nur noch knapp halten und sehen sich durch die FFF in der zukünftigen Siedlungsplanung stark eingeschränkt. Bei der aktuellen Überarbeitung geht es sowohl um eine Stärkung als auch um eine Flexibilisierung des Sachplans (UVEK 2018). Einerseits soll an den FFF-Kontingenten festgehalten werden. Andererseits sollen die Kantone untereinander mit FFF-Kontingenten handeln können, um mehr Planungsspielraum zu erhalten. Letzteres setzt jedoch flächendeckende und einheitlich erhobene Bodendaten voraus, woran es in der Schweiz bislang fehlt.

Die FFF sind vergleichbar mit „landwirtschaftlichen Vorranggebieten“ wie sie einige deutsche und österreichische Bundesländer kennen (Leuthard, Tobias 2018). Doch im Gegensatz zu Deutschland und Österreich sind die Schweizer FFF Ausdruck eines nationalen Interesses, was ihnen bei Planungsentscheiden ein hohes Gewicht verleiht. Eine wesentliche Stärke des Sachplans FFF gegenüber landwirtschaftlichen Vorrangflächen in

anderen Ländern ist die Vorgabe eines Mindestumfangs und die Pflicht zur Kompensation von FFF. Wenn ein Kanton infolge von Bauvorhaben sein FFF-Kontingent nicht mehr einhalten könnte, müssen die verbrauchten FFF zwingend durch Neuausscheidungen kompensiert werden.

4 Revision der kantonalen Richtpläne

Im Richtplan definiert der Kanton seine Planungsabsichten und stimmt sie mit den Vorhaben des Bundes und der Gemeinden ab. Die Revision des Raumplanungsgesetzes führte dazu, dass die Kantone ihre Richtpläne überarbeiten mussten, um die Siedlungsentwicklung besser zu steuern. Die Richtplanung stellt das Siedlungsgebiet für die nächsten 20 bis 25 Jahre und die Bauzonendimensionierung für die nächsten 15 Jahre sicher. Bestehen heute zu große Bauzonen, müssen sie gemäß dem revidierten Raumplanungsgesetz verkleinert werden. Die Kantone wurden aufgefordert, die Richtpläne entsprechend anzupassen und vom Bundesrat bis Ende April 2019 genehmigen zu lassen. Die meisten Kantone verfügen heute (Mai 2019) über einen genehmigten Richtplan.

Bei der Überarbeitung stellte zum Beispiel der Kanton Graubünden auf Grund von Bevölkerungsszenarien fest, dass 67 der 108 Gemeinden überdimensionierte Bauzonen haben. Betroffen sind insbesondere Tourismusgemeinden und ländliche Regionen, in denen man mit stagnierenden oder sinkenden Bevölkerungszahlen rechnet. Für jede Gemeinde wurde das Auszonungspotenzial vom Kanton provisorisch festgelegt. Nun muss der nächste Schritt, die Aufhebung der zu großen Bauzonen, ebenso konsequent angegangen werden. Am Beispiel des Kantons Graubünden zeigt sich aber auch der Widerstand der Gemeinden. Der erste Vorschlag für den angepassten Richtplan wurde insbesondere von ländlichen Regionen kritisiert, weil sie wegen der Verkleinerung der Bauzonen keine Entwicklungsmöglichkeiten mehr sahen. Damals hätten 80 Gemeinden ihre Bauzonen verkleinern müssen. Nach eingehenden Verhandlungen sind es noch 67 Gemeinden. Möglich machte dies unter anderem eine optimistischere Einschätzung der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung, die sich neu auf das maximal zulässige und nicht auf das mittlere Szenario bezieht. Aushandlungen sind eine Realität in der schweizerischen Raumplanung und Ausloten der Grenzen ebenso. Allein für den Bündner Richtplan sind 2 000 Anträge aus der Bevölkerung eingegangen, die von der Verwaltung gebündelt und im Mitwirkungsbericht beantwortet wurden.

5 Raumplanung in den Gemeinden

Die wichtigste Ebene der schweizerischen Raumplanung bilden die Gemeinden. Die Gemeinden haben zum Teil viel Erfahrung in der Nutzungsplanung und etliche sind schon seit den 1950er Jahren diesbezüglich aktiv. Die komplexen und vielfältigen natur-

räumlichen und sozioökonomischen Begebenheiten fördern lokale Lösungen und werden vom Föderalismus weiter begünstigt. Als Folge sind in der Schweiz die kommunalen raumplanerischen Organisationsformen und das Instrumentarium sehr vielfältig.

Da bisher eine Übersicht fehlte, wurde im Jahr 2014 eine schweizweite Umfrage dazu durchgeführt (Kaiser et al. 2016). In der Umfrage wurden die Gemeinden nach ihren Organisationsstrukturen und raumplanerischen Maßnahmen gefragt. In 60 % der Gemeinden ist der Gemeindeschreiber oder die Gemeindeschreiberin für die Raumplanung zuständig, während 40 % der Gemeinden eine Verwaltungseinheit haben, die sich um die Raumplanung kümmert. Der Gemeindeschreiber ist der administrative Hauptverantwortliche in einer Gemeinde. 60 % der Gemeinden sind so klein oder so schlank organisiert, dass sie die Aufgaben der Raumplanung dieser einen Person übertragen. Diese Gemeinden greifen für ihre Planungen oft auf die Unterstützung durch private Planungsbüros zurück, sowohl für technische als auch für beratende Aufgaben. Hingegen sind in vielen Gemeinden verschiedene Mitwirkungsverfahren üblich und mehr als ein Drittel der Gemeinden setzt anspruchsvolle kooperative Planungsverfahren ein. Die Bevölkerung hat viel zu sagen in der kommunalen Flächennutzungsplanung. In nur 12 % der Gemeinden bestimmt die Exekutive über die Nutzungsplanung. In allen anderen bestimmt die Bevölkerung direkt in der Gemeindeversammlung oder per Abstimmung an der Urne, oder indirekt über ein städtisches Parlament mit.

5.1 Gemeinden mit nachhaltiger Siedlungsentwicklung

Schon länger beschäftigt uns die Frage, wie es einzelnen Gemeinden gelang, sich positiv, im Sinne einer zunehmend dichten und kompakten Siedlung zu entwickeln. Wir wählten für unser Forschungsprojekt Gemeinden, die über eine gewisse Zeit eine Zersiedlungsabnahme erlebten und berücksichtigten zudem verschiedene Gemeindetypen. Anschließend führten wir in diesen Gemeinden Interviews durch, um die wichtigsten Prozesse zu verstehen. Zehn Gemeinden wurden als gute Beispiele in dem Buch „Zersiedelung messen und bekämpfen“ portraitiert (Schwick et al. 2018).

In den untersuchten Gemeinden spielten vier Maßnahmen eine besonders wichtige Rolle bei der Bekämpfung von Zersiedelung und Flächenverbrauch. Diese sind Rückzonungen (Wechsel der Designation von der Bauzone zurück in die Landwirtschaftszone), angepasstes Vorgehen im Umgang mit den Nutzungsziffern, Festlegung eines angepassten Siedlungsgebietes und das Bauen aufgrund von Gestaltungsplänen.

Die Untersuchungen zeigten aber auch, dass die Maßnahmen sinnvoll in den Kontext eingebettet werden müssen, um erfolgreich zu sein. Insbesondere die naturräumlichen Gegebenheiten sind wichtig, in dem sie das einfach zu bebauende Bauland verknappen. Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung sowie der Boden- und Immobilienmarkt sind ebenfalls prägend. Fast trivial ist die Aussage, dass in einem wirtschaftlich dynamischen

Umfeld viel mehr Möglichkeiten bestehen, um auf die Flächennutzung einzuwirken als in einem stagnierenden oder gar schrumpfenden Umfeld. Weiter sind die Interessen der Grundeigentümer wesentlich für die angestrebten Erfolge (Cathomas, Hersperger 2018). Diese sind sehr divers: Während die einen Grundeigentümer den größtmöglichen Gewinn anstreben, wollen andere beispielsweise ein Haus zum Eigengebrauch bauen oder ihre Parzelle für die nächste Generation erhalten.

Die Maßnahmen müssen zudem eingebettet sein in die kommunale Raumplanungspraxis. Die Beispiele haben gezeigt, dass die Kontinuität der raumplanungspolitischen Strategie eine sehr wichtige Rolle spielt und dass sie oft an individuelle Akteure gebunden ist. Langjährige leitende Raumplanungsmitarbeiter konnten in verschiedenen Fällen einen großen Einfluss auf das positive Ergebnis in Bezug auf den Flächenverbrauch ausüben.

5.2 Langjähriges Engagement am Beispiel der Stadt Baden

Anhand des Beispiels der Stadt Baden soll gezeigt werden, wie eine positive Entwicklung durch das Zusammenspiel von verschiedenen Aspekten ermöglicht wurde. In Baden sind die Möglichkeiten zur Siedlungsausdehnung durch die Topographie und den hohen Waldanteil seit jeher limitiert. Verschiedene nationale und internationale Unternehmen haben hier ihren Sitz und sie nahmen durch ihre wirtschaftliche und bauliche Tätigkeit erheblichen Einfluss auf die Siedlungs- und Verkehrsentwicklung. Sie tun das auch heute noch. Die über die Jahre meist dynamische Wirtschaft führte schon früh zu relativ hohen Bodenpreisen und das wiederum fördert die bauliche Verdichtung. Die Siedlungsfläche hat zwar seit 1990 immer noch langsam zugenommen, aber die Flächeninanspruchnahme seit längerem abgenommen. Von der langen Tradition guter Raumplanung in Baden zeugen zahlreiche Leitbilder und Berichte. Wichtig erwies sich auch, dass Baden schon 1960 die Ausnützungsziffern abschaffte und sich die Stadt seither weniger um die Einschränkung der Ausnützung, sondern vor allem um den Erhalt der siedlungsinternen Grünflächen und damit der Siedlungsqualität kümmert.

Schon früh begann Baden mit Gestaltungsplänen zu arbeiten. Diese Pläne erlauben dem Bauherren mehr Bauvolumen für Projekte von hoher Qualität mit entsprechenden Freiflächen. Im ehemaligen Industriequartier Baden Nord wurden mit zahlreichen Gestaltungsplänen und einem behördenverbindlichen Entwicklungsrichtplan große Gebiete in moderne Wohn- und Arbeitsgebiete umgenutzt.

Gestaltungspläne werden in ähnlicher Weise in vielen anderen Gemeinden eingesetzt. Ihre Anwendung bedingt den Dialog zwischen Kanton, Gemeinden, Investoren und Öffentlichkeit, fördert diesen Dialog aber auch. Allerdings brauchen Gestaltungspläne viel Zeit und Ressourcen, weshalb kleinere Gemeinden oft nicht in der Lage sind, ihren Part in den entsprechenden Verhandlungen zu spielen.

6 Fazit und künftige Herausforderungen

Die Schweizer Raumplanung hat durchaus Erfolge zu verzeichnen. Ein wichtiger Fortschritt ist, dass die Raumplanung und die Begrenzung von Siedlungsgebieten heute ganz oben auf der politischen Agenda stehen. Erfolge stellen sich insbesondere bei den Gemeinden und Kantonen ein, welche bei der Umsetzung von Strategien für das Management des Flächenverbrauchs die eigene Geschichte berücksichtigen. Die daraus resultierende Vielfalt an Ansätzen fördert zudem planerische Innovationen.

Allerdings ist die Raumplanung in der Schweiz neben der Beschränkung des Siedlungswachstums mit folgenden Herausforderungen konfrontiert: dem Erhalt der Qualität bei Innenentwicklungen, ein Thema, das sehr viel Fingerspitzengefühl verlangt; dem Planen in funktionalen Räumen, das hoffentlich den Flächenverbrauch reduzieren kann; der zunehmenden Divergenz zwischen Metropolitanregionen und dem Berggebiet bezüglich Bevölkerungsentwicklung und baulicher Entwicklung und schließlich dem Bauen außerhalb der Bauzonen.

Aktuell wird im Parlament im Rahmen der Zweiten Revision des Raumplanungsgesetzes über den „Planungs- und Kompensationsansatz" heftig debattiert. Dieser verpflichtet die Kantone einerseits zur Planung der räumlichen Entwicklung im Gebiet außerhalb der Bauzonen, andererseits bietet er ihnen auch großen Gestaltungsspielraum für die Regelung des Bauens außerhalb der Bauzonen. Die Fachleute aus Raumplanung und Landschaftsschutz sind sehr skeptisch, denn die Landwirtschaft selbst ist ein starker Treiber des Bauens außerhalb der Bauzonen. Dabei geht es nicht nur um die Abfederung des Strukturwandels durch Nebenerwerbe, sondern auch um neue Ökonomiebauten für eine rationelle und witterungsunabhängige Bewirtschaftung (Masthallen, Gewächshäuser).

Wichtiger als Maßnahmen und Strategien sind aber die Akteure. Damit sind alle gefordert. Wir sollen nicht nur auf die Instrumente und Maßnahmen vertrauen, sondern ihre Anwendung aktiv mitgestalten. Die aufgezeigten Erfahrungen geben Hoffnung und zeigen Wege in eine positive Zukunft auf.

7 Literatur

ARE – Bundesamt für Raumentwicklung (2018): Trends und Herausforderungen Zahlen und Hintergründe zum Raumkonzept Schweiz. Bern.

BfS – Bundesamt für Statistik (2015a): Die Bodennutzung in der Schweiz. Auswertungen und Analysen. Neuchâtel.

BfS – Bundesamt für Statistik (2015b): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2015-2045. Neuchâtel.

Cathomas, G.; Hersperger, A. M. (2018): Akteure im Kontext des Wandels von Flächennutzungen. In: Behnisch, M.; Kretschmer, O.; Meinel, G. (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung: 213-228.

EJPD – Eidg. Justiz- und Polizeidepartement; EVD – Eidg. Volkswirtschaftsdepartement (1992): Sachplan Fruchtfolgeflächen: Festsetzung des Mindestumfangs der Fruchtfolgeflächen und deren Aufteilung auf die Kantone. Bern: Materialien zur Raumplanung.

Kaiser, N.; Rudolf, S.; Berli, J.; Hersperger, A.; Kienast, F.; Schulz, T. (2016): Raumplanung in den Schweizer Gemeinden: Ergebnisse einer Umfrage. Birmensdorf: WSL Berichte 42.

Leuthard, J.; Tobias, S. (2018): Instrumente zum Schutz des Kulturlandes: Ein Vergleich der Schweiz mit ausgewählten europäischen Ländern. Birmensdorf: WSL Berichte 65.

Schwick, C.; Jaeger, J.; Bertiller, R.; Kienast, F. (2010): Zersiedelung der Schweiz – unaufhaltsam? Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung. Bern: Haupt Verlag, Bristol-Reihe.

Schwick, C.; Jaeger, J.; Hersperger, A.; Cathomas, G.; Muggli, R. (2018): Zersiedelung messen und begrenzen: Massnahmen und Zielvorgaben für die Schweiz, ihre Kantone und Gemeinden. Bern: Haupt Verlag, Bristol-Reihe.

UVEK – Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (2018): Überarbeitung/Stärkung des Sachplans Fruchtfolgeflächen.

Flächeninanspruchnahme in Österreich: Zahlen – Fakten – Empfehlungen

Eliette Felkel, Cornelia Krajasits

Zusammenfassung

Das dynamische Bevölkerungswachstum und die wirtschaftliche Dynamik führen in Österreich zu einer starken Flächeninanspruchnahme für Siedlungszwecke. Das Thema einer nachhaltigen Siedlungs- und Freiraumentwicklung nimmt daher im Österreichischen Raumentwicklungskonzept (ÖREK) 2011 einen hohen Stellenwert ein. Die Implementierung von Flächensparen und Flächenmanagement wurde dabei als relevante Aufgabe festgeschrieben, acht Empfehlungen geben einen politisch und institutionenübergreifend abgestimmten Orientierungsrahmen. Zu den empfohlenen Maßnahmen zählen die effizientere und widmungskonforme Nutzung von Flächen, die Mobilisierung von Bauland („aktive Bodenpolitik"), die Förderung von flächensparendem Bauen, Revitalisierungs- und Recyclingmaßnahmen von Flächen und baulichen Strukturen. Und nicht zuletzt soll ein umfassendes Flächenmonitoring als Unterstützung für eine nachhaltige Siedlungs- und Freiraumentwicklung aufgebaut werden.

Im ÖROK-Atlas (*www.oerok-atlas.at*) werden seit 2016 laufend österreichweite Darstellungen zum Thema „Flächeninanspruchnahme und Siedlungsentwicklung" bereitgestellt. Die ausgewählten Indikatoren zum gewidmeten Bauland zeigen ausgeprägte regionale Unterschiede, die stark von der Größe des Dauersiedlungsraums, der Bevölkerungsdichte, der Wirtschaftsstruktur bzw. topografischen und/oder siedlungsstrukturellen Gegebenheiten beeinflusst werden. Eine Analyse zur Entwicklung der Baulandreserven (des gewidmeten, nicht bebauten Baulandes) zeigt für den Zeitraum 2014 bis 2017 in allen Regionen Österreichs einen leichten Rückgang.

1 Aktuelle Zahlen zur Flächeninanspruchnahme

In den Jahren 2016-2018 wurden in Österreich im Schnitt täglich 11,8 Hektar an Flächen für Bau- und Siedlungszwecke in Anspruch genommen. Seit dem Jahr 2013 ist ein sinkender Trend zu beobachten, allein gegenüber der Periode 2015-2017 betrug der Rückgang der Neuinanspruchnahme rund neun Prozent.

Große Unterschiede sind bei der Entwicklung der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen zwischen städtischen und ländlichen Gebieten zu erkennen. Während in Wien die Inanspruchnahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen pro Person sinkt, steigt sie in den anderen Landesteilen an.

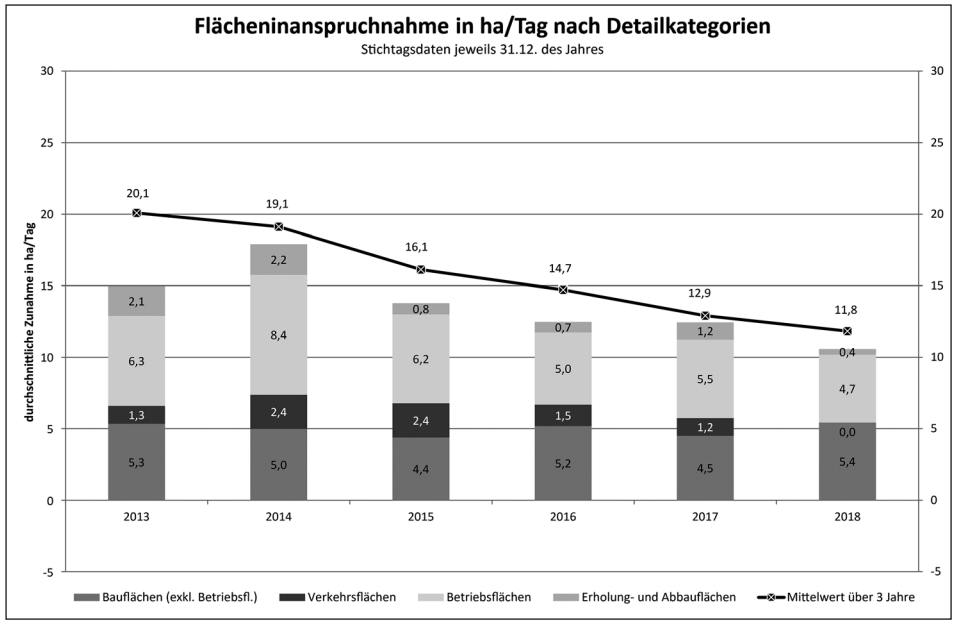


Abb. 1: Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr in Österreich 2013-2018 [ha/Tag] (Quelle: Umweltbundesamt)

Eine weitere Flächeninanspruchnahme und Zersiedelung hat erhebliche ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Auswirkungen. Dementsprechend nimmt die nachhaltige Siedlungs- und Freiraumentwicklung in der österreichischen Raumentwicklungspolitik einen hohen Stellenwert ein.

2 Raumordnung und Raumentwicklung in Österreich

Die Raumordnung verfügt in Österreich in Anbetracht der vergleichsweisen geringen räumlichen und bevölkerungsmäßigen Landesgröße über ein komplexes und stark ausdifferenziertes Planungssystem. Im Unterschied zu anderen europäischen Staaten gibt es in Österreich keine Rahmenkompetenz des Bundes. Die Kompetenzen für Raumordnung und Raumplanung sind auf Bund, Länder, Städte und Gemeinden verteilt, die raumbezogenen Aufgaben und Planungen werden von den verschiedenen Ebenen der Gebietskörperschaften im Sinne des Subsidiaritätsprinzips wahrgenommen. In Österreich fällt die Gesetzgebung zur örtlichen Raumplanung und damit zur Flächenwidmung in die Kompetenz der Länder, die Umsetzung erfolgt – unter behördlicher Aufsicht durch die Länder – in den Gemeinden (Örtliche Entwicklungskonzepte, Flächenwidmung).

Diese zersplitterte und gleichzeitig stark hierarchische Struktur und kompetenzrechtliche Aufgabenverteilung sowie der Charakter der Raumordnung als Querschnittsmaterie macht eine enge Abstimmung zwischen den Gebietskörperschaften, den Fachplanungen

sowie anderen den Raum beeinflussenden Akteuren notwendig. Um der Notwendigkeit der stärkeren Zusammenarbeit zu entsprechen, wurde im Jahr 1971 die Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) in Form eines permanenten, gemeinsamen Organs von Bund, Ländern, Städten und Gemeinden unter Einbeziehung der Wirtschafts- und Sozialpartner gegründet und dient seither den Mitgliedern als Plattform für Kooperation und Koordination in Fragen der Raumordnung und Regionalentwicklung. Als operative Einheit wurde eine Geschäftsstelle eingerichtet.

3 Flächeninanspruchnahme als Thema der ÖROK

3.1 Flächensparen als Handlungsauftrag im Österreichischen Raumentwicklungskonzept (ÖREK) 2011

Im aktuellen Österreichischen Raumentwicklungskonzept (ÖREK) 2011 wird der Handlungsbereich „Flächensparen und Flächenmanagement implementieren" als strategischer Ankerpunkt formuliert. Zur Umsetzung wurde eine ÖREK-Partnerschaft mit dem Titel „Flächensparen, Flächenmanagement & aktive Bodenpolitik" eingesetzt, deren Arbeit in einer politischen Empfehlung „Flächensparen, Flächenmanagement und aktive Bodenpolitik" (ÖROK-Empfehlung Nr. 56) mündete. Von der politischen Konferenz der ÖROK beschlossen, dient sie seither als Orientierungsrahmen für die Umsetzung auf allen Ebenen in der Raumordnung und Raumplanung.

3.2 Die ÖROK-Empfehlung „Flächensparen, Flächenmanagement & aktive Bodenpolitik"

Der sorgsame Umgang mit Grund und Boden zählt zu den wesentlichen Anliegen einer zukunftsorientierten Siedlungsentwicklung, wobei in Österreich die bestehenden Möglichkeiten zur Bewältigung des Bodenbedarfes bei weitem nicht ausgeschöpft werden.

Mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit der Siedlungsentwicklung und die Bewältigung des Wachstums sicherzustellen, wurden von der genannten ÖREK-Partnerschaft acht Empfehlungen formuliert, die die konsequente Anwendung des bestehenden Instrumentariums, die stärkere Priorisierung des Flächensparens und die Berücksichtigung der Bodenqualität (Bodenfunktionen) bei planungsbezogenen Interessenabwägungen ebenso zum Ziel haben wie die Verbesserung der Qualität der Datengrundlagen. Nicht zuletzt wird auch darauf Bezug genommen, dass der sorgsame Umgang mit Grund und Boden in allen planungsrelevanten Fach- und Rechtsmaterien entsprechend den Zielen des ÖREK 2011 Eingang finden muss.

Folgende acht Empfehlungen wurden formuliert:

- Flächensparen und Flächenmanagement gelten als zentrales planerisches Anliegen und als öffentliches Interesse.
- Verbesserte Umsetzung und Praxisrelevanz unter stärkerer Berücksichtigung des öffentlichen Interesses sind besonders bei der Widmungspraxis anzustreben.
- Überörtliche Raumordnung als wesentliche Planungsebene soll verstärkt langfristige Planungsstrategien und umsetzungsorientierte Projekte entwickeln, in denen ordnungs- und entwicklungspolitische Maßnahmen in Kooperation mit den Gemeinden kombiniert werden.
- Wirkungsvolle örtliche Raumplanung ergibt sich durch Konkretisierung und Verdichtung der zentralen Instrumente des Flächenmanagements.
- Abgestimmte Maßnahmen zur Baulandmobilisierung mit dem Ziel der Eingrenzung der Flächeninanspruchnahme und der effizienten Flächennutzung sind vorzusehen.
- Leerstandsmanagement, Mobilisierung gewerblicher und industrieller Brachen sowie Innenverdichtung sind durch Sensibilisierungsaktivitäten sowie finanzielle bzw. rechtliche Maßnahmen zu realisieren.
- Erstellung aktueller Informations- und Datengrundlagen.
- Etablierung von Flächensparen als fachmaterienübergreifender Grundsatz mit dem Ziel, dieses Thema in allen boden- und flächenrelevanten Fach- und Rechtsmaterien durchgängig zu berücksichtigen.

3.3 Indikatoren im ÖROK-Atlas

Die Empfehlung Nr. 7 zielt darauf ab, die statistischen Erhebungen und Auswertungen der Flächeninanspruchnahme und Flächennutzung (weiter) zu intensivieren. Dabei sollen sowohl die durch Bauland- und Verkehrsflächenwidmungen in Anspruch genommenen Flächen als auch Baulandreserven, der Gebäudeleerstand und gewerblich-industrielle Brachflächen berücksichtigt werden. Der Aufbau eines Flächenmonitorings soll dazu beitragen, eine kontinuierliche, aber auch gebietskörperschaftes-übergreifende Analyse und Diskussion zu ermöglichen.

Auf Ebene der ÖROK wurde diese Empfehlung mit der Integration des Themas in den ÖROK-Atlas (*www.oerok-atlas.at*) als zentrales Element einer systematischen Raumbeobachtung umgesetzt. Um eine österreichweite Darstellung der Baulandentwicklung zu ermöglichen, wurden die unterschiedlichen Widmungskategorien (lt. Raumordnungsgesetzen der Länder) nach der bestmöglichen Vergleichbarkeit zusammengefasst (siehe *https://www.oerok-atlas.at/#indicator/70*, Zuordnung der Widmungsarten).

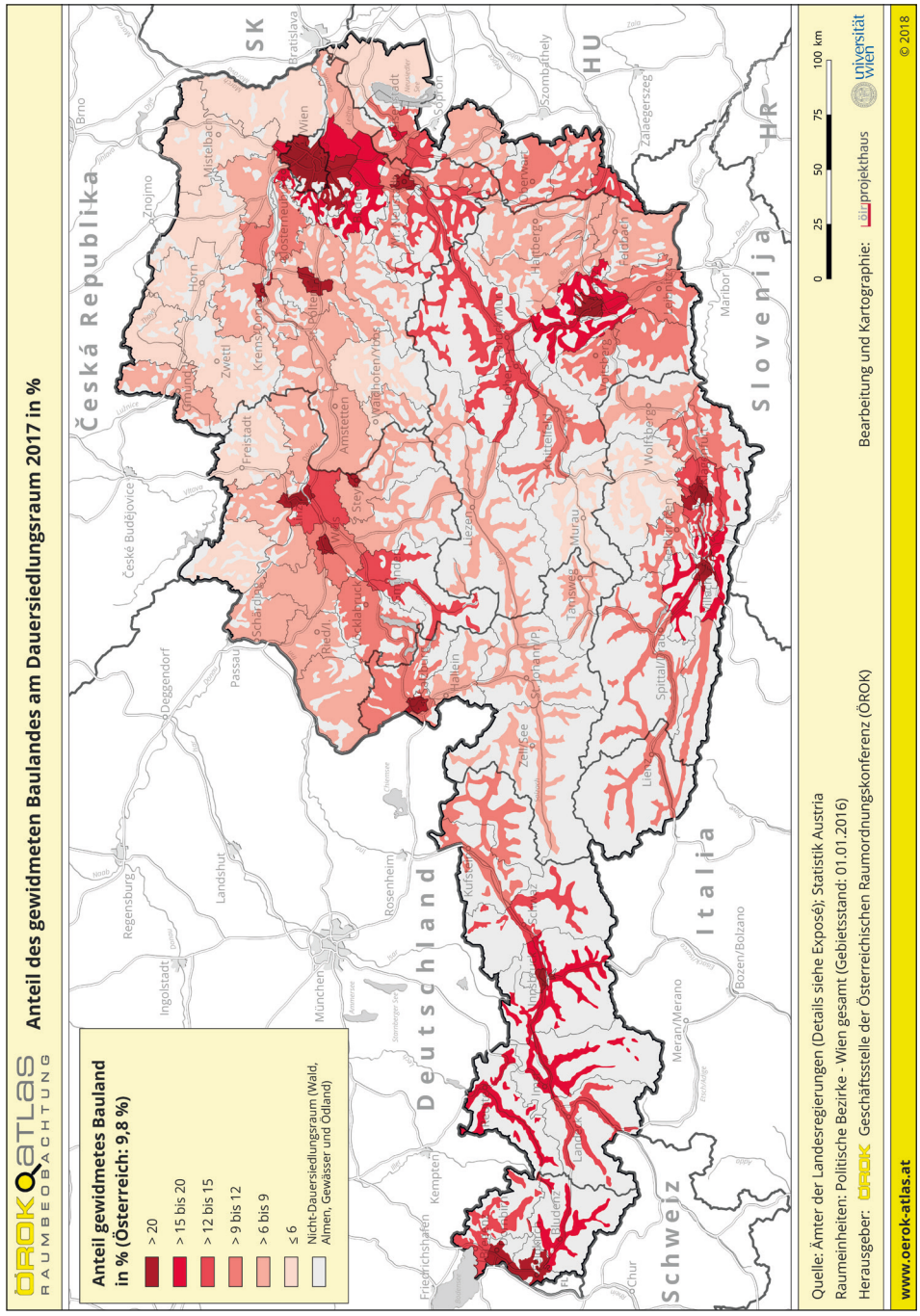


Abb. 2: Anteil des gewidmeten Baulandes am Dauersiedlungsraum nach politischen Bezirken in Österreich 2017 [%] (Quelle: www.oerok-atlas.at)

Damit konnte ein laufendes Monitoring zur Flächeninanspruchnahme durch die Betrachtung der Widmungskategorien für vorrangig bauliche Nutzungsformen aufgebaut werden, womit für alle Bundesländer auf der Ebene der politischen Bezirke vereinheitlichte Datensätze zum gewidmeten Bauland und zum gewidmeten, aber nicht bebauten Bauland (den Baulandreserven) zur Verfügung stehen.

Im Jahr 2017 waren in Österreich rund 318 000 Hektar bzw. knapp unter 10 Prozent des Dauersiedlungsraums für vorrangig bauliche Nutzungsformen gewidmet. Nach Bundesländern aufgeschlüsselt wird für Wien mit rund 46 Prozent der höchste Wert ausgewiesen, gefolgt von Vorarlberg und Tirol mit rund 20 Prozent bzw. 14 Prozent. Den niedrigsten Wert weist Niederösterreich mit 7,7 Prozent auf. Werte von über 20 Prozent weisen aufgrund ihrer Struktur die großen Landeshauptstädte und Statutarstädte sowie Bezirke mit hoher Bevölkerungsdichte auf. Überdurchschnittlich hohe Anteile (15-20 Prozent) werden in vielen Stadtumlandregionen sowie in alpinen Bezirken mit geringem Dauersiedlungsraum erreicht. Flächenbezirke mit geringer Bevölkerungsdichte und/oder hohem Anteil an Dauersiedlungsraum weisen die niedrigsten Anteile auf.

Laut Definition umfasst der Dauersiedlungsraum den für Landwirtschaft, Siedlung und Verkehrsanlagen verfügbaren Raum. Der Dauersiedlungsraum besteht aus einem Siedlungsraum mit den Nutzungskategorien städtisch geprägte Flächen, Industrie- und Gewerbeflächen und aus einem besiedelbaren Raum mit den Nutzungskategorien Ackerflächen, Dauerkulturen, Grünland, heterogene landwirtschaftliche Flächen, Abbauflächen und den künstlich angelegten nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen (z. B. städtische Grünflächen, Sport- und Freizeitflächen).

Der Dauersiedlungsraum ist für Österreich insofern eine wichtige Bezugsgröße, weil ein großer Teil der Staatsfläche alpines Gebiet ist, das keine Bebauung zulässt und es bei der Berücksichtigung der Gesamtfläche daher zu falschen Rückschlüssen kommen kann.

Während die Daten zum gewidmeten Bauland von den Ländern auf Basis der Meldung der Gemeinden zur Verfügung gestellt werden, wurde für das „Gewidmete nicht bebaute Bauland (Baulandreserven)“ von der ÖROK eine eigene Auswertung bei der Umweltbundesamt GmbH in Auftrag gegeben.

Unter Berücksichtigung der bebauten Baulandflächen aller Widmungskategorien für bauliche Nutzungsformen (d. h. inkl. Wohnen, Betriebe, Sonstiges) entfallen in Österreich auf eine Einwohnerin/einen Einwohner (EW) durchschnittlich 269 m² bebautes Bauland.

Der Indikator folgt zum Teil gegenläufig der regionalen Bevölkerungsdichte (je höher die Dichte, desto geringer die Fläche je EinwohnerIn) sowie topografischen und siedlungsstrukturellen Rahmenbedingungen (u. a. Beschränkung aufgrund des zur Verfügung stehenden Dauersiedlungsraumes) und schlägt sich in einem „Ost-West-Gefälle“ nieder. Den höchsten Bundesländerwert mit 477 m² je EW erreicht das Burgenland, gefolgt

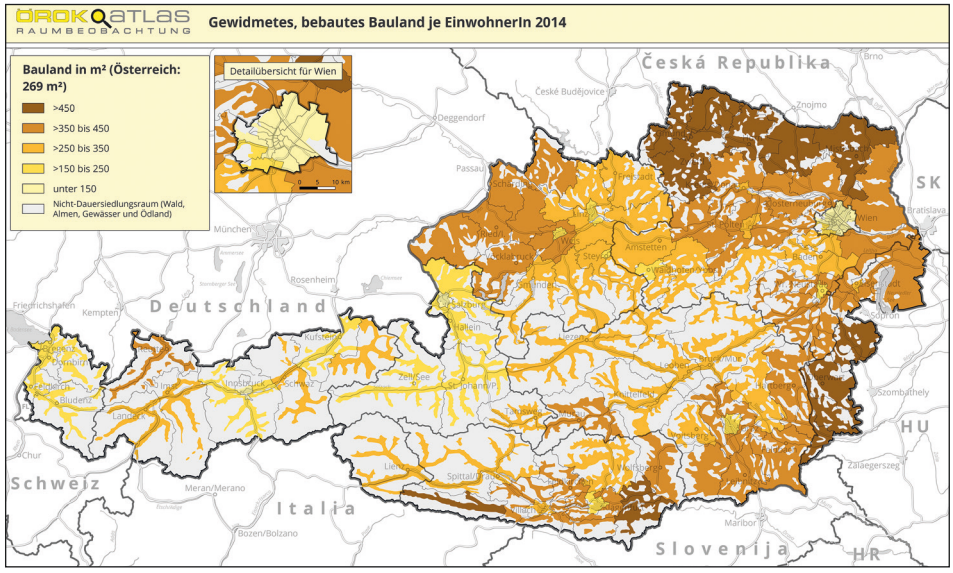


Abb. 3: Gewidmetes, bebautes Bauland je EinwohnerIn nach politischen Bezirken in Österreich 2014 [m²] (Quelle: www.oerok-atlas.at)

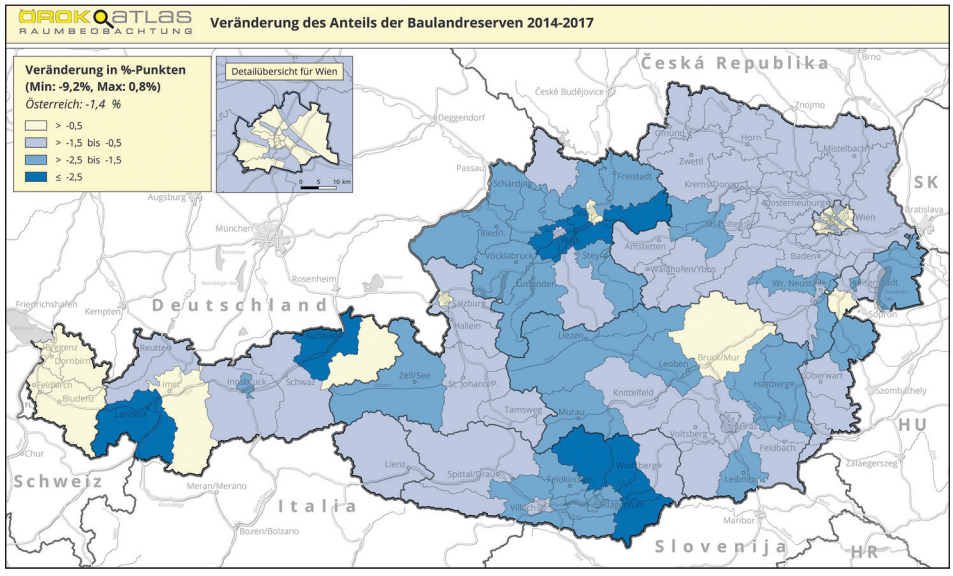


Abb. 4: Veränderung der Baulandreserven nach politischen Bezirken in Österreich 2014-2017 [%] (Quelle: www.oerok-atlas.at)

von Niederösterreich mit rd. 372 m² je EW. Niedrige Werte werden für Salzburg, Tirol und Vorarlberg ausgewiesen; in Wien liegt der niedrigste Wert bei lediglich 79 m² je EW.

Die Erhebungen zu den Baulandreserven für das Jahr 2014 haben gezeigt, dass über ein Viertel (26,6 %) der gewidmeten Baulandfläche in Österreich nicht bebaut ist. Das Phänomen stellt einerseits einen Vorrat für zukünftige Bauvorhaben dar, andererseits birgt es die Problematik der Zersiedelung in sich. Das (südliche) Burgenland, Teile der Steiermark und Niederösterreichs – oftmals Abwanderungsgebiete – weisen besonders hohe Baulandreserven auf.

Als Startpunkt für einen Zeitreihenvergleich wurden die Daten für 2017 erneut erhoben und mit den Werten für 2014 in Beziehung gesetzt.

Es zeigt sich in Gesamtösterreich eine Stagnation bzw. ein leichter Rückgang der Baulandreserven. Das bedeutet, dass bei Neubauvorhaben vermehrt auf bereits gewidmetes Bauland zurückgegriffen wird.

4 Fazit und Ausblick

Vielerorts werden in Österreich konkrete Maßnahmen zur Eindämmung der Flächeninanspruchnahme gesetzt. So zum Beispiel nahm das Bundesland Vorarlberg mit einer Novellierung des Raumordnungsgesetzes vom 1.3.2019 eine Reduzierung der Flächeninanspruchnahme in den Fokus: Die Bedeutung von Innenentwicklung und Verdichtung wird betont, Widmungsbeschränkungen werden eingeführt (Befristung bei Neuwidmungen) und erstmals können Vorbehaltsflächen für den gemeinnützigen Wohnbau ausgewiesen werden.

Darüber hinaus werden in einigen Bundesländern über die Anwendung von Vertragsraumordnung, der Inanspruchnahme der Möglichkeiten der Baulandumlegung oder der Gründung eines Bodenfonds verstärkt Versuche unternommen, eine nachhaltige Siedlungsentwicklung zu unterstützen. Auch über die Ausgestaltung der Wohnbauförderungsgesetze konnten in einigen Ländern Impulse für flächensparendes Bauen gesetzt werden. Die Anwendung von Kriterien wie Bauen im Ortskern, die Berücksichtigung von Lagekriterien in Bezug auf den öffentlichen Verkehr oder die Nähe zu Infrastruktureinrichtungen ist weit verbreitet.

Viele Gemeinden haben die Problematik – nicht zuletzt aufgrund der hohen Folgekosten für die Schaffung und Aufrechterhaltung der Infrastruktur – erkannt und agieren im Sinne einer nachhaltigen Flächenentwicklung. Die nächsten Jahre werden zeigen, ob die vielen Initiativen auch im Großen zu einer messbaren Reduzierung der Flächeninanspruchnahme führen.

5 Literatur

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2011): Österreichisches Raumentwicklungskonzept ÖREK 2011. Wien.

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2015): 14. Raumordnungsbericht. Analysen und Berichte zur räumlichen Entwicklung Österreichs 2012-2014. Wien.

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2017): ÖROK-Empfehlung Nr. 56: „Flächensparen, Flächenmanagement & aktive Bodenpolitik". Ausgangslage, Empfehlungen & Beispiele. Wien.

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2018): 15. Raumordnungsbericht. Analysen und Berichte zu räumlichen Entwicklung Österreichs 2015-2017. Wien.

ÖROK-Atlas (2019): http://www.oerok-atlas.at (Zugriff: 23.05.2019).

Umweltbundesamt (2015): Gewidmetes, nicht bebautes Bauland. Im Auftrag der ÖROK.

Umweltbundesamt (2019): https://www.umweltbundesamt.at/aktuell/presse/lastnews/news2019/news_190306 (Zugriff: 14.06.2019).

Copernicus-Dienste für die Überwachung von Landbedeckungsänderungen in Europa

Magdalena Steidl, Jürgen Weichselbaum, Tobias Langanke, Christian Schleicher

Zusammenfassung

Das europäische Umweltbeobachtungsprogramm Copernicus stellt freie Daten über Zustand und Veränderung der Landoberfläche, der Atmosphäre, der Ozeane und für sicherheitsrelevante Anwendungen zur Verfügung. Basierend auf Satellitendaten und bodengestützten Messnetzen wird damit eine Datenbasis geschaffen, um drängende Fragen zum Status und der Entwicklung der Umwelt in Europa zu beantworten (EEA 2015). Bereits im Jahr 2006 wurde im Rahmen des Projektes „GMES Fast Track Service Precursor on Land Monitoring" der erste europaweite, hochauflösende Datensatz der Bodenversiegelung (High Resolution Layer (HRL) Imperviousness) von der Europäischen Umweltagentur in Auftrag gegeben und von einem Konsortium europäischer Firmen erstellt (Weichselbaum et al. 2007). Dieser Datensatz erhöht die geometrische Auflösung des in den 1990er Jahren etablierten CORINE-Land-Cover-Datensatzes um ein Vielfaches. Seit dem werden die hochauflösenden Landbedeckungsdaten im Rahmen der „Copernicus Land Monitoring Services (CLMS)" regelmäßig aktualisiert.

1 Einführung

Der Datensatz der Bodenversiegelung (HRL Imperviousness) konnte Fragen in Bezug auf die Zu- bzw. Abnahme der versiegelten Flächen in Europa erstmals beantworten und wurde seit dem Jahr 2006 in einem dreijährigen Rhythmus erneuert (Gangkofner et al. 2010). Zur Erfassung weiterer bodenbezogener Faktoren wurden zusätzliche Datensätze der Bewaldung (HRL Forest) und im Jahr 2015 zwei weitere der Wasser- und Feuchtflächen (HRL Water & Wetness) und der Grünflächen (HRL Grassland) dem HRL-Portfolio hinzugefügt.

Für die Aktualisierung für das Referenzjahr 2015 wurden erstmals Copernicus-Sentinel-1- und -2-Daten verwendet. Aufgrund der damit einhergehenden höheren Auflösung und der höheren quantitativen Verfügbarkeit dieser Satellitendaten konnte die Qualität und thematische Genauigkeit erheblich verbessert werden.

2 High Resolution Layers für Europa

2.1 Eingangsdaten

Mit den HRL 2015 ist Copernicus in die Ära der multitemporalen und multisensorischen Satellitenbildverarbeitung eingetreten. Im Gegensatz zu früheren Auswertungen, die vorwiegend mono- bzw. bi-temporale Zeitpunkte für die Auswertung berücksichtigten, wurden Daten der hochauflösenden optischen Sensoren mit weitgehend ähnlichen Eigenschaften aus Copernicus-Satellitenmissionen wie Sentinel-2A und „Contributing Missions" (HR_IMAGE_2015; inkl. IRS/SPOT) sowie zusätzliche Sensoren für längere Zeiträume (Landsat) eingesetzt (Tab 1). Erstmals in der kontinentalen Copernicus-Landüberwachung wurden zudem je nach thematischer Fragestellung auch hochauflösende SAR-Daten (Synthetic Aperture Radar) der Mission Sentinel-1, die 2014 gestartet wurde, europaweit genutzt. Sehr hochauflösende Satellitendaten (VHR_IMAGE_2015) dienten zusätzlich im Wesentlichen für die Validierung der Produkte, aber auch als Referenz zur Dichteabschätzung von versiegelten Flächen (Steidl et al. 2018; Schleicher, Weichselbaum 2016).

Tab. 1: Verwendete Erdbeobachtungsdaten bei der HRL-Produktion und -Validierung (Quelle: eigene Bearbeitung)

Datensatz und Quelle	Kurzbeschreibung	Mission
Hochauflösende Bilddaten (für Kartierung)		
HR_IMAGE_2015 (CSCDA)	Two high-resolution coverages of EEA39 within vegetation season 2014-2015	SPOT-5, Resourcesat-2, Sentinel-2A
DWH_MG2_CORE_01 (CSCDA)	2 Optical HR Pan EU coverages (IMAGE2012)	IRS-P6/Resourcesat-1, IRS-P6/ Resourcesat-2, SPOT-4, SPOT-5, RapidEye constellation
DWH_MG2_CORE_02/ DAP_MG2-3_01 (CSCDA)	2 Optical HR Pan EU coverages each (IMAGE2009)	IRS-P6/Resourcesat-1, SPOT-4, SPOT-5
Sentinel 2A	Worldwide time-series coverage of multi spectral high resolution image data from 2014 up to now.	ESA Sentinel 2
Sentinel 1A/B	Worldwide time-series coverage of high resolution SAR data from 2015 up to now.	ESA Sentinel 1
Landsat (USGS)	Worldwide time-series coverage of multi spectral high resolution image data	Landsat-8
Sehr hochauflösende Bilddaten (für Referenzierung und Validierung)		
VHR_IMAGE_2015	very high resolution image coverage 2014-2016	Pleiades A/B, GeoEye-1, World-View-2/-3, Deimos-2, Dubaisat-2

Referenz- und Zusatzdaten, wie bestehende LC/LU-Daten (z. B. historische HRL und CORINE Land Cover sowie Produkte aus den lokalen (hot-spot) Copernicus-Produktserien wie Urban Atlas, Riparian Zones und Natura2000, dienten als wichtige Informationsquelle für die lokale Kalibrierung und Plausibilisierung der HRL-Produkte.

Um dynamische Landbedeckungsveränderungen in Zukunft noch zuverlässiger zu erfassen, werden für die Aktualisierung der HRL auf das Referenzjahr 2018 das gesamte S1/S2-Datenarchiv in der vollen Auflösung von 10 m für die hochautomatisierten Auswertungen genutzt (Vergleich zwischen 20 m und 10 m Auflösung am Beispiel für versiegelte Flächen in Abb. 1).

Die Ergebnisse dieser Auswertung (HRL 2018) werden flächendeckend für Europa ab Frühjahr 2020 zur Verfügung stehen und mit ihrer verbesserten Qualität auch zunehmend für nationale und regionale Anwendungen interessant.

2.2 Technische Spezifikationen und Anwendung

2.2.1 High Resolution Layer Imperviousness

Die wichtigste Anforderung des Datensatzes zur Versiegelungsdichte ist, zuverlässige und konsistente Informationen über die zeitliche Veränderung der Versiegelung und der Versiegelungsdichte zu liefern. Auf diese Weise kann u. a. die Europäische Kommission bei der Bewertung der städtischen Entwicklungen und der Entwicklung der Wissensbasis über die ökologische Nachhaltigkeit von städtischen Gebieten unterstützt werden.

Im Allgemeinen sind bebaute Gebiete dadurch gekennzeichnet, dass die ursprüngliche natürliche Erdoberfläche durch eine künstliche, undurchlässige Landbedeckung ersetzt wird. Der Datensatz zu Bodenversiegelung bildet den Grad der Undurchlässigkeit in Prozent (0 %-100 %) ab. Dabei wird der Undurchlässigkeitsgrad durch eine automatische Klassifizierung auf der Grundlage des mithilfe einer Referenzdatenbank kalibrierten NDVI erzeugt (s. u.). Die dafür verwendete Methode setzt die inverse Korrelation zwischen Vegetationsdichte und dem Versiegelungsgrad, unter Berücksichtigung der Effekte durch offenen Boden oder Wasserflächen, voraus (Gillies et al. 2003).

Der Datensatz zu Bodenversiegelung wurde das erste Mal im Jahr 2006 von einem Konsortium europäischer Unternehmen europaweit als hochauflösender Datensatz mit einer Auflösung von 20 m und 100 m produziert. Seit 2012 werden die hochauflösenden Bodenbedeckungsdaten im Rahmen der CLMS regelmäßig aktualisiert, was eine Reproduktion des Übergangs zwischen den jeweiligen Zeitpunkten ermöglicht. Diese Veränderung zwischen zwei Zeitpunkten (meist Zunahme, selten Abnahme) steht auch jeweils als eigener Datensatz zur Verfügung.

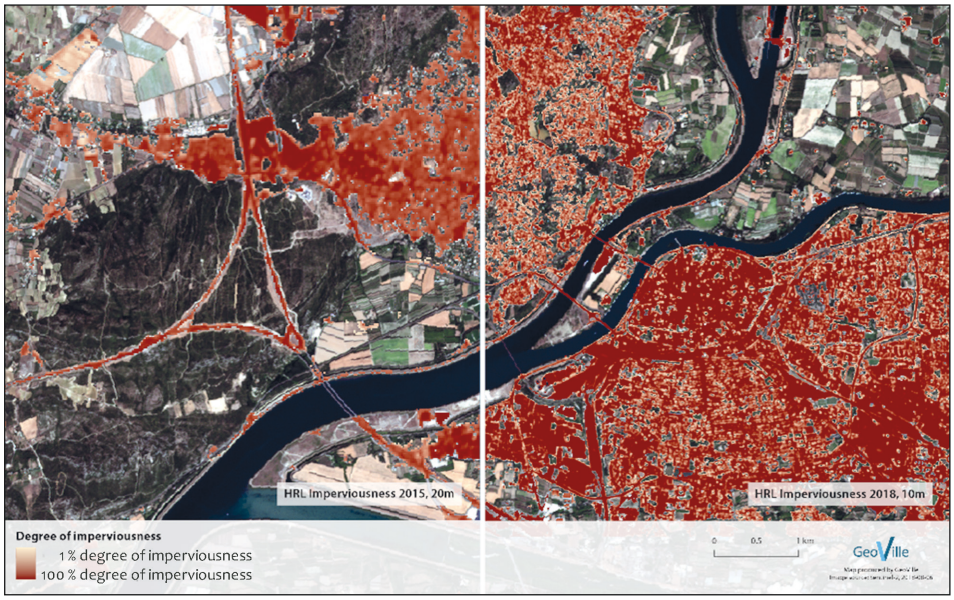


Abb. 1: Vergleich zwischen dem HRL Imperviousness 2015 mit 20 m und dem HRL Imperviousness 2018 (in Produktion) mit 10 m räumlicher Auflösung (Quelle: EEA/GeoVille)

Seit 2015 erfolgt die Ableitung des Datensatzes zur Versiegelungsdichte auf Basis einer Zeitserienanalyse in Form saisonaler Datenpakete. Um zuverlässigere Aussagen vor allem über Änderungen der Versiegelungsdichte treffen zu können, wurde eine eigene unabhängige Referenzdatenbank auf Basis von VHR-Daten erstellt, die die Grundlage für die Kalibrierung der Dichteinformation bildet.

Tab. 2: Produkte und Spezifikationen für HRL-Versiegelungsdichte (Quelle: eigene Bearbeitung)

Produkt	Verfügbare Referenzjahre	Projektion	Auflösung	Genauigkeit	Klassen
Degree of Imperviousness	2006/2009/ 2012/2015	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	90 %	Versiegelungsdichte 1-100 %
Degree of Imperviousness change	0609/0912/ 1215/0612	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	90 %	Änderung der Versiegelungsdichte zwischen zwischen zwei Referenzjahren in Prozent
Imperviousness change classified	0609/0912/ 1215/0612	LAEA ETRS89/ national	20 m	90 %	Änderung der Versiegelungsdichte zwischen zwei Referenzjahren in Klassen unterteilt

2.2.2 High Resolution Layer Forest

Das HRL-Waldprodukt setzt sich zusammen aus Datensätzen für Waldbedeckungsdichte und Blatttypinformation (Nadel- oder Laubwald), welche in Abhängigkeit des Produktes, soweit wie möglich der FAO- (Food and Agriculture Organisation) Walddefinition entsprechen.

Der Datensatz für Wald wurde europaweit in 20 m Auflösung erstmals im Jahr 2012 als zweites Produkt neben der Versiegelungsdichte im Rahmen der CLMS produziert. Per Definition beinhaltet das Walddichteprodukt Informationen bezüglich der Baumkronendichte in Prozent (0 %-100 %) auf der Erdoberfläche und mit dem Blatttypprodukt eine Differenzierung zwischen Nadel- oder Laubwald. Seit der Produktion 2015 stammen diese Informationen aus multispektralen hochauflösenden Satellitendaten (Sentinel-2 und Landsat 8) unter Verwendung von VHR-Satellitendaten als Referenz für die Dichtebestimmung. Vergleichbar mit dem Versiegelungsprodukt bildet die Information zur Veränderung zwischen den Zeitpunkten wieder einen wesentlichen Bestandteil des Produktes.

Tab. 3: Produkte und Spezifikationen für HRL Wald (Quelle: eigene Bearbeitung)

Produkt	Verfügbare Referenzjahre	Projektion	Auflösung	Genauigkeit	Klassen
Tree cover density (TCD)	2012/2015	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	90 %	Waldbedeckungsdichte 1-100 %
Dominant Leaf Type (DLT)	2012/2015	LAEA ETRS89/ national	20 m	90 %	Dominanter Blatttyp: Laubwald; Nadelwald
Forest Type (FTY)	2012/2015	LAEA ETRS89	20 m/100 m	-	Waldtyp: Laubwald; Nadelwald, weitgehend entsprechend der FAO Definition
Tree cover density change (TCDC)	1215	LAEA ETRS89	100 m	-	Walddichteänderung zwischen zwischen zwei Referenzjahren
Dominant Leaf Type Change (DLTC)	1215	LAEA ETRS89	20 m	-	Blatttypwechsel zwischen zwei Referenzjahren
Forest Additional Support Layer (FADSL)	2012/2015	LAEA ETRS89	20 m	-	Bäume im städtischen Kontext und Bäume, die überwiegend für landwirtschaftliche Zwecke genutzt werden.

2.2.3 High Resolution Layer Grassland

Auch das Grünlandprodukt setzt sich aus mehreren Layern zusammen. Im Sinne dieses Produkts wird Grünland definiert als ein von Gräsern dominierter Bereich, wobei der Anteil der Gräser mindestens 30 % beträgt und welcher auch andere nicht-hölzerne Pflanzen, wie zum Beispiel Moose, Farne und Kräuter, umfassen kann. Neben natürlichem und halbnatürlichem Grünland ist auch kultiviertes Grünland inkludiert.

Im Jahr 2015 wurde der Datensatz für Grünland europaweit mit einer Auflösung von 20 m und 100 m, basierend auf einer Zeitserie aus Satellitendaten, produziert. Neben dem Hauptdatensatz Grünland beinhaltet HRL Grünland auch Informationen bezüglich der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Grünland in Prozent (0 %-100 %) sowie einen Indikator, der die Anzahl der Jahre seit dem letzten Umbruch (Pflügen) abbildet. Der binäre Grünlanddatensatz basiert auf einer Zeitreihenanalyse von optischen und SAR-Daten (Sentinel-1/-2) aus dem Referenzjahr 2015 (+/- 1 Jahr). Historische Daten (HR_IMAGE_2012) wurden verwendet, um weitere Sekundärprodukte für Experten zu generieren.

Tab. 4: Produkte und Spezifikationen für HRL Grassland (Quelle: eigene Bearbeitung)

Produkt	Verfügbare Referenzjahre	Projektion	Auflösung	Genauigkeit	Klassen
Grassland Layer (GRA)	2015	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	85 %	Binärere Information über alle Nicht-Grasflächen und Grasige/ nicht verholzte Vegetation
Grassland Vegetation Probability Index (GRAVPI)	2015	LAEA ETRS89	20 m	-	Index der die Wahrschinlichkeit für Grünland angibt
Grassland Vegetation Probability Index (PLOUGH)	2015	LAEA ETRS89	20 m	-	Anzahl der Jahre seit dem letzten Pflügen über einen Zeitraum von 6 Jahren

2.2.4 High Resolution Layer Water & Wetness

In diesem Datensatz wird das Vorkommen von Wasser und der Feuchtigkeitsgrad im physikalischen Sinne angezeigt, unabhängig von der tatsächlichen Vegetationsdecke. Somit ist der HRL Water & Wetness nicht auf eine bestimmte Bodendeckungsklasse und deren relative Häufigkeit beschränkt. In dieser Form wurde der Datensatz europaweit mit einer Auflösung von 20 m und 100 m erstmalig für das Jahr 2015 produziert. Das Hauptprodukt liefert Informationen zur Landbedeckung mit permanentem Wasser, temporärem Wasser, permanenter Feuchtigkeit, temporärer Feuchtigkeit und den Trocken-

bereichen. Als zusätzliches Expertenprodukt dient ein Index, welcher die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Wasser und Feuchtigkeit anzeigt.

Die Hauptanforderung des Datensatzes zu Wasser- und Feuchtflächen ist die Erzeugung eines kombinierten Feuchtigkeits- und Wasserprodukts, das für den Zeitraum von 2009 bis 2015 Informationen über das Auftreten von Feucht- und Wasseroberflächen liefert. Um Wasser und Feuchtigkeit über einen Zeitraum von 7 Jahren kontinuierlich zu bewerten, wurden die hochauflösenden Satellitendaten von 2012 und 2009 verwendet und durch zusätzliche multitemporale (saisonale) EO-Daten von Sentinel-2 und Landsat ergänzt.

Tab. 5: Produkte und Spezifikationen für HRL Water & Wetness (Quelle: eigene Bearbeitung)

Produkt	Verfügbare Referenzjahre	Projektion	Auflösung	Genauigkeit	Klasse
Wetness/Water layer (WAW)	2015	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	80-85 % (depending on the class)	Kombinierte thematische Informationen über Wasser und Feuchtflächen für den Zeitraum 2009-2015
Water and Wetness Probability index (WWPI)	2015	LAEA ETRS89	20 m	-	Auftreten von Wasser und/oder Feuchtflächen (mit gesättigter Bodenfeuchte) über einen signifikanten Zeitraum des Jahres über mehrere Jahre hinweg

3 Ausblick

Die Produktion der High Resolution Layers für Europa wird zurzeit im Auftrag der EEA von verschiedenen europäischen Firmen durchgeführt. Für diese Aktualisierung wird zum ersten Mal eine umfassende Zeitserienanalyse angewandt, die das gesamte Sentinel-1- und Sentinel-2-Datenarchiv der Jahre 2017 und 2018 und z. T. auch 2019 in der vollen Auflösung von 10 m für die hochautomatisierten Auswertungen nutzt, um insbesondere dynamische Landbedeckungsveränderungen noch besser zu erfassen. Die Ergebnisse dieser Auswertung (HRL 2018) werden flächendeckend für Europa ab Frühjahr 2020 zur Verfügung stehen und mit ihrer verbesserten Qualität auch zunehmend für nationale und regionale Anwendungen interessant werden. Weiterführende Informationen zu den Spezifikationen sowie der direkte Zugriff auf die Daten via Web-Interface und als physische Dateien werden über das Datenportal der Europäischen Umweltagentur angeboten (*https://land.copernicus.eu/pan-european*).

4 Literatur

EEA – European Environment Agency (2015): The European Environment – State and Outlook 2015: Synthesis Report, Copenhagen.

Gangkofner, U.; Weichselbaum, J.; Kuntz, S.; Brodsky, L.; Larsson, K.; De Pasquale, V. (2010): Update of the European High-resolution Layer of Built-up Areas and Soil Sealing 2006 with Image 2009 Data. In: 30th EARSeL Symposium 2010: Remote Sensing for Science, Education and Culture.

Gillies, R. R.; Box, J. B.; Symanzik, J.; Rodemaker, E. J. (2003): Effects of urbanization on the aquatic fauna of the Line Creek watershed, Atlanta – a satellite perspective. In: Remote Sensing of Environment, 86: 411-422.

Schleicher, C.; Weichselbaum, J. (2016): Copernicus Land Monitoring – hochauflösende Daten zur Bodenversiegelung in Europa. In: AGIT-Journal für Angewandte Geoinformatik, 2-2016, Salzburg.

Steidl M.; Schleicher, C.; Weichselbaum, J. (2018): New Generation of Copernicus High Resolution Layer Imperviousness based on Time Series Analysis. 2nd Mapping Urban Areas from Space 2018. In: MUAS 2018 Conference, Frascati, Italy.

Weichselbaum, J.; Gangkofner, U.; Hoffmann, C. (2007): GMES Fast Track Precursor delivers European high resolution information on built-up areas. In: Proceedings of Erdas User Group Meeting, Fürstenfeldbruck.

Flächenpolitik

Aktuelle Trends des Flächenverbrauchs und Kontingentierung von Flächensparzielen auf kommunaler und regionaler Ebene

Gertrude Penn-Bressel

Zusammenfassung

Die Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlungen und Verkehr („*Flächenverbrauch*") ist nach wie vor ein wichtiger Indikator der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Die neusten Trends aus der Flächenerhebung 2017 werden dargestellt und diskutiert. Die Erfassung der Flächennutzung ist in einigen Bundesländern auch 2017 immer noch durch Umstellungen der Erhebungsmethodik geprägt. Die Auswirkungen auf den Indikator Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche werden dargestellt.

Die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie verfolgt das Ziel, den Flächenverbrauch auf unter 30 Hektar pro Tag zu begrenzen. Zur sicheren Zielerreichung müsste das Flächensparziel auf alle relevanten Akteure auf der Ebene von Bund, Ländern, Regionen oder Kommunen verteilt (kontingentiert) werden. Diese Kontingente wären dann entweder der Ausgangspunkt für Ziele der Raumordnung oder für die Erstzuteilung von handelbaren Zertifikaten. In diesem Beitrag wird aus gegebenem Anlass die Kontingentierung des Flächenverbrauchs auf Kommunen und Regionen eines Bundeslandes in mehreren Varianten berechnet und diskutiert.

1 Einführung

Die Bundesregierung hat im Rahmen der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 den „*Flächenverbrauch*" – d. h. die Neuinanspruchnahme bzw. den Zuwachs von Flächen für Siedlungen und Verkehr – bis zum Jahr 2020 auf 30 Hektar pro Tag zu reduzieren (BReg 2002, 99) und bis zum Jahr 2030 auf weniger als 30 Hektar pro Tag (Ziel „30 Minus X", BReg 2016a, 38).

Im Integrierten Umweltprogramm des BMUB wurde für das Jahr 2030 ein Ziel von 20 Hektar pro Tag in den Blick genommen (BMUB 2016, 82). Dieser Wert liegt auf einem Pfad, der bis zum Jahr 2050 geradewegs zu einem Null-Flächenverbrauch führt. In ihrem Klimaschutzplan 2050 hat die Bundesregierung das Ziel ins Auge gefasst, bis zum Jahr 2050 einen Netto-Null-Flächenverbrauch zu erreichen (BReg 2016b, 67/68), d. h. jede Neuinanspruchnahme von Flächen durch Siedlungen und Verkehr sollte durch eine Renaturierung an anderer Stelle kompensiert werden. Dies steht im Einklang mit der Ressourcenstrategie der Europäischen Kommission (No Net Land Take in 2050) (COM 2011 (571), Chapter 4.6) und trägt auch zu den UN Sustainable Development Goals bei,

insbesondere zu SDG 15.3: „by 2030 … strive to achieve a land degradation-neutral world“ (UN 2015). Das Umweltbundesamt hat in 5-Jahres-Schritten Zwischenziele formuliert, um den Fortschritt auf dem Wege zur Zielerreichung im Jahr 2050 überprüfen zu können.

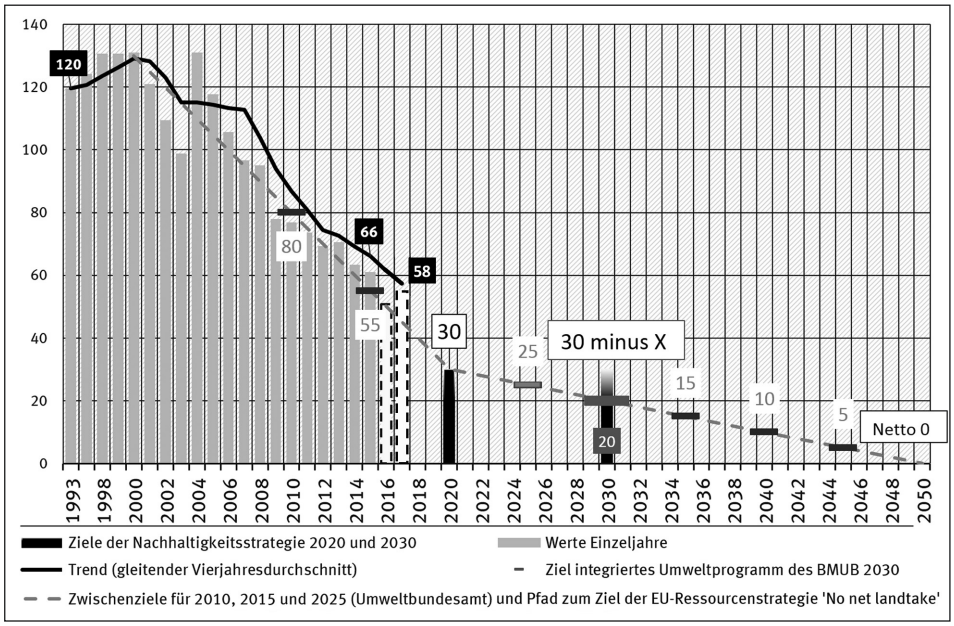


Abb. 1: Täglicher Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland (Datenquelle: Destatis; Darstellung: UBA)

Vergleicht man diese Ziele mit der tatsächlichen Entwicklung des Flächenverbrauchs, so stellt man fest, dass der Flächenverbrauch seit dem Jahr 2000 rückläufig ist. Damals erreichte er einen Höchstwert von 130 Hektar pro Tag. Dabei halten die Werte der Einzeljahre die o. g. Zwischenziele bisweilen ein oder unterschreiten sie sogar, z. B. im Zeitraum von 2009 bis 2012. Hingegen überschreitet der 4-Jahresdurchschnitt des Flächenverbrauchs den Zielkorridor regelmäßig um mindestens 5 Hektar pro Tag, meist sogar um mehr als 10 Hektar pro Tag.

Für des Jahr 2017 lag sowohl der Einzelwert wie auch der 4-Jahres-Mittelwert leicht unter 60 Hektar pro Tag, also knapp doppelt so hoch wie der Zielwert für das Jahr 2020. Vor diesem Hintergrund erscheint es unwahrscheinlich, dass das 30-Hektar-Ziel der Bundesregierung bis zum Jahr 2020 noch erreicht werden kann.

2 Qualität der Daten der Flächenerhebung 2017

Die Messung des bundesweiten Indikators „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ ist allerdings seit dem Jahr 2003 dadurch erschwert, dass immer wieder einzelne Bundesländer Umstellungen der Erhebungsmethodik vornahmen, die letztlich einer Verbesserung der Erfassung der unterschiedlichen Flächennutzungstypen dienen sollen. Im Jahr der Umstellung kann dies aber dazu führen, dass erstmalig Flächen in die Siedlungs- und Verkehrsfläche aufgenommen werden, die schon seit längerer Zeit diese Nutzung aufweisen, oder dass Flächen aus der Siedlungs- und Verkehrsfläche ausscheiden, die schon seit längerer Zeit eine andere Nutzung aufweisen. Es kommt also in der Statistik zu einer scheinbaren Zu- oder Abnahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche, die in diesem Jahr keiner realen Nutzungsänderung entspricht.

Im Jahr 2016 erfolgte dann eine bundesweite Umstellung der Erhebungsgrundlage vom Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) zum Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS), das mit einer umfassenden Neuklassifizierung aller Flächennutzungstypen einherging. Zudem wurden in einigen Ländern Neuvermessungen vorgenommen, um veraltete Informationen zur Flächennutzung zu aktualisieren und auch die Qualität der Flächengeometrie zu erhöhen. Über die Auswirkungen der großen Umstellung 2016 wurde bereits auf dem 10. DFNS berichtet (Penn-Bressel 2018, 57).

Leider stellte sich anlässlich der Flächenerhebung 2017 heraus, dass dieser Umstellungsprozess im Jahr 2016 nicht abgeschlossen werden konnte, sondern in vier Bundesländern weiter andauerte. Folgende Sachverhalte bewirkten im Jahr 2017 eine Verfälschung des Indikators *„Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche“:*

- Mecklenburg-Vorpommern: Militärische Übungsgelände und Schutzflächen waren 2016 zunächst in Gänze den Flächen besonderer funktionaler Prägung (Siedlung) zugeordnet worden und erst 2017 wurde dies überprüft und korrigiert. Die Teile des militärischen Übungsgeländes, die nicht baulich geprägt waren (z. B. durch Kasernen, Werkstätten etc.), wurden 2017 aus der Siedlungs- und Verkehrsfläche wieder herausgenommen, so dass die Siedlungsfläche scheinbar abnahm.
- Thüringen: Neuvermessungen und Neuzuordnung von Flächen (zur Verbesserung der Qualität des ALKIS): Durch Nacherfassung von Siedlungsflächen, die bereits vor 2017 vorhanden, jedoch noch nicht registriert waren, kam es 2017 scheinbar zu einer erheblichen Zunahme der Siedlungsfläche. Hingegen führte die Neuzuordnung der Verkehrsflächen zu einer scheinbaren Abnahme der Verkehrsfläche.
- Nordrhein-Westfalen: Neuzuordnung von ehemaligen Verkehrsflächen (u. a. Verkehrsbegleitflächen, Böschungen, Gewässerränder) zur Vegetation, was mit einer scheinbaren Abnahme der Verkehrsflächen einherging.

- Rheinland-Pfalz: Neuvermessungen von Verkehrsflächen, u. a. Neuzuordnungen von landwirtschaftlichen Wegen zur Vegetation, was ebenfalls zu einer scheinbaren Abnahme der Verkehrsflächen führte.

Der Indikator „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche für ein Einzeljahr wird berechnet, indem vom Bestand der Siedlungs- und Verkehrsfläche zum Ende eines Jahres der Bestand der Siedlungs- und Verkehrsfläche zum Ende des Vorjahres subtrahiert und die Differenz durch die Zahl der Tage des Jahres dividiert wird.

Da in Thüringen durch Nacherfassung von Siedlungsflächen, die schon längere Zeit Siedlungsflächen gewesen waren, die Siedlungsfläche scheinbar stark zunimmt obwohl die reale Änderung der Siedlungsfläche im Jahr 2017 deutlich geringer war, verfälscht dies den Indikator „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche" für das Jahr 2017, der dadurch höher ausfällt als durch die reale Entwicklung gerechtfertigt. Deshalb hat das Statistische Bundesamt (StaBA) bei der Berechnung des Indikators für das Jahr 2017 dieses übermäßige Wachstum der Siedlungsflächen (ca. 83 % des Zuwachses der Siedlungsflächen in Thüringen) herausgerechnet. Entsprechend hat StaBA für Mecklenburg-Vorpommern die scheinbare Abnahme der Siedlungsfläche infolge der Neubewertung der militärischen Übungsplätze kompensiert.

In den Bundesländern, in denen die Verkehrsfläche aufgrund von Neuvermessung oder Neuzuordnung abzunehmen scheint, konnte der Effekt dieser Maßnahmen nicht so genau quantifiziert werden. Die Daten zur Verkehrsfläche wurden daher für die Berechnung des Indikators nur insoweit korrigiert, als die Verkehrsfläche in diesen Bundesländern nicht abnehmen sollte. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Korrekturen bei der Indikatorberechnung:

Tab. 1: Korrekturen bei der Berechnung des Indikators Siedlungs- und Verkehrsfläche (Quelle: Destatis, 2018, ergänzt am 03.04.2019)

Umstellungsbedingte Korrekturen bei der Berechnung des Indikators 2017		
Bundesland	**Siedlungsfläche**	**Verkehrsfläche**
Mecklenburg-Vorpommern	Plus 3 043 Hektar	
Thüringen	Minus 9 466 Hektar	Plus 171 Hektar
Nordrhein-Westfalen		Plus 682 Hektar
Rheinland-Pfalz		Plus 493 Hektar

Mit diesen Korrekturen für bekannte Artefakte im Jahr 2017 konnte der Indikator zum Flächenverbrauch näher an die tatsächliche Entwicklung herangeführt werden.

3 Ansätze zur Kontingentierung von Flächensparzielen für Kommunen und Regionen

In Bayern wurde ein Volksbegehren durch die Grünen angestoßen mit dem Ziel, das Flächensparen in der Raumordnung verbindlich zu etablieren. Es wurde in Anlehnung an eine Veröffentlichung der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU 2009) eine Obergrenze für den Flächenverbrauch in Bayern von 5 Hektar pro Tag ins Auge gefasst. Das Volksbegehren wurde vom Bayerischen Verfassungsgerichtshof mit der Begründung gestoppt, das 5-Hektar-Ziel sei zu unkonkret für einen Volksentscheid, weil der Bürger nicht erkennen könne, was dieses Ziel für seine Heimatgemeinde bedeute und deshalb nicht wissen könne, worüber er abstimmt. An das UBA wurde in der Folge die Frage herangetragen, welche Möglichkeiten es gibt, das 5-Hektar-Ziel auf die bayerischen Gemeinden zu verteilen. Dazu wurden folgende Überlegungen angestellt:

- Der Flächenverbrauch in Bayern betrug im Jahr 2016 9,8 Hektar pro Tag. Ein 5-Hektar-Ziel wäre somit eine Reduktion um knapp 50 %.
- Das 5-Hektar-Ziel kann nicht vollständig an die Gemeinden für ihre Bauleitplanung verteilt werden. Es müssen Reserven für Vorhaben des Bundesverkehrswegeplans, der Landesplanung, der Regierungsbezirke und Landkreise, privater Träger sowie für Baugenehmigungen im Außenbereich nach § 35 BauGB vorgehalten werden.
- Aus Analysen in ausgewählten Gemeinden im Rahmen des Modellversuchs „Handel mit Flächenzertifikaten“ ergab sich, dass im Mittel nur rund 65 % des Flächenverbrauchs durch Bebauungspläne der Gemeinden verursacht wird, in kleinen Gemeinden nur 55 % und in größeren Städten bis zu 88 %. Für Bayern ergibt sich daraus ein aktueller Flächenverbrauch verursacht durch die Gemeinden mit ihrer Bauleitplanung von rund 3 m² pro Einwohner und Jahr in kleinen Gemeinden unter 3 000 Einwohnern (Abb. 2).
- Je größer die Gemeinde desto geringer ist der Pro-Kopf-Flächenverbrauch.
- In der Diskussion mit Kommunen im Rahmen des Modellversuchs zum Handel mit Flächenzertifikaten zeigte sich, dass von verschiedenen Möglichkeiten, Flächenkontingente auf Kommunen zu verteilen, eine Kontingentierung nach Einwohnerzahl noch die höchste Akzeptanz aufwies.
- Da jedoch der Pro-Kopf-Flächenverbrauch mit zunehmender Einwohnerzahl sinkt, kommt realistischer Weise nur eine Kontingentierung mit degressivem Bevölkerungsschlüssel infrage.

Dabei sollte allen Kommunen im Mittel die gleiche Anstrengung zum Flächensparen (Reduktion um ca. 50 %) abverlangt werden. Daraus ergibt sich eine SOLL-Kurve für den künftigen Flächenverbrauch durch die Gemeinden (Abb. 2), die zusätzlich folgende Bedingungen erfüllt:

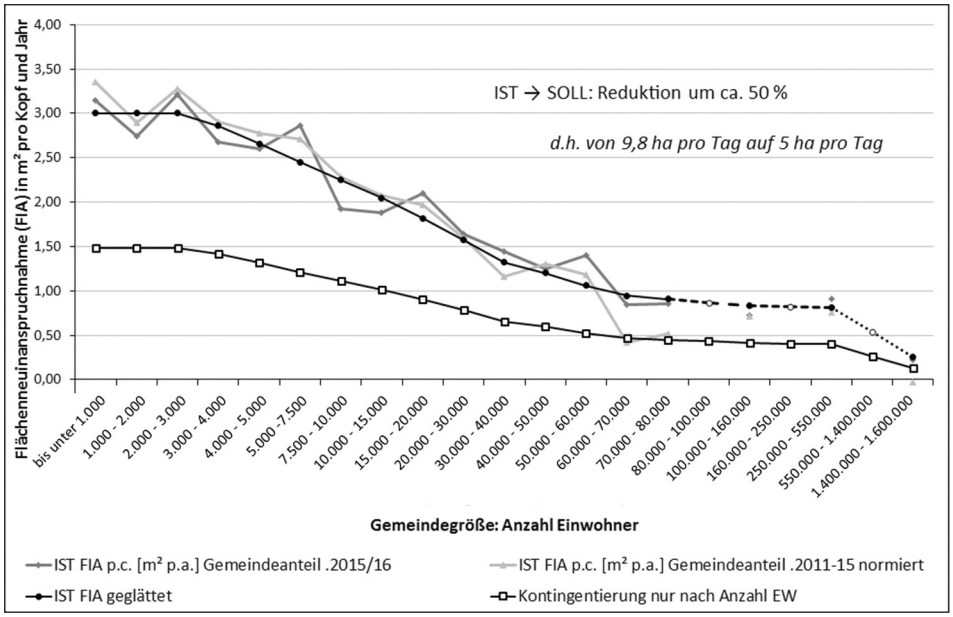


Abb. 2: Flächenneuinanspruchnahme (FIA) pro Einwohner in bayerischen Gemeinden im Jahr 2016 in m² pro Einwohner und Jahr und Ziel für künftigen Flächenverbrauch (Gemeindeanteil) (Datenquelle: LfStat Bayern, 2018; eigene Berechnungen)

- Obwohl große Kommunen pro Kopf weniger Fläche verbrauchen als kleine, soll jeder zusätzliche Einwohner der Kommune ein zusätzliches Kontingent einbringen (keine negativen Einwohnergleichwerte).
- Die resultierende Kurve sollte möglichst glatt aussehen (Kundenwunsch).

Die Bedingung, dass alle Gemeindetypen im Mittel gleich viel (rund 50 %) einsparen sollen, konnte damit im Ergebnis natürlich nicht strikt eingehalten werden.

Des Weiteren wurde der Wunsch geäußert, bei der Kontingentierung auch den raumordnerischen Handlungsbedarf (LEP 2018) zu berücksichtigen, d. h. es sollte zwischen prosperierenden und benachteiligten Kommunen in prosperierenden und benachteiligten Regionen differenziert werden. Hierzu wurden vier Typen von Kommunen unterschieden, nämlich Kommunen in Regionen ohne jeglichen Handlungsbedarf „00“, Kommunen in Regionen mit Handlungsbedarf für die gesamte Region „11“, Kommunen ohne Handlungsbedarf in Regionen, die teilweise Handlungsbedarf aufweisen „0“ und Kommunen mit Handlungsbedarf in Regionen mit teilweisem Handlungsbedarf „1“. Die Kontingentierung wurde so gestaltet, dass Kommunen des Typs „11“ pro Einwohner 50 % mehr Fläche verbrauchen dürfen als Kommunen des Typs „00“, Kommunen des Typs „0“ 20 % mehr und Kommunen des Typs „1“ 40 % mehr (Abb. 3). Im Ergebnis würde dies dazu führen, dass Kommunen ohne Handlungsbedarf ihren Flächenver-

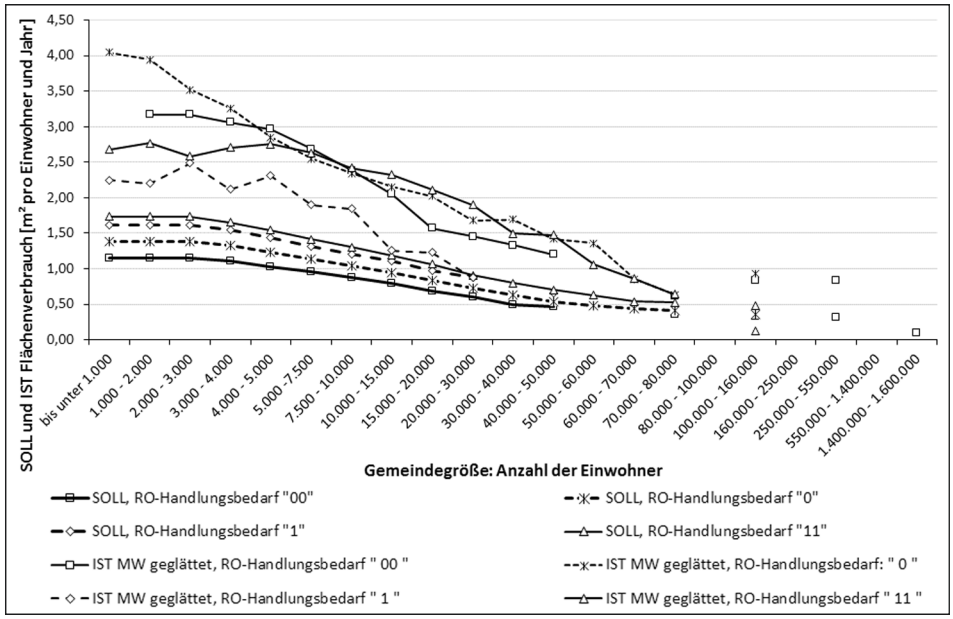


Abb. 3: Flächenverbrauch in 2016 in Kommunen mit unterschiedlichem raumordnerischen Handlungsbedarf und Vorschlag für Kontingentierung (Datenquelle: LfStat Bayern, 2018 und LEP, 2018; eigene Berechnungen)

brauch um bis zu 65 % reduzieren müssten, während Kommunen mit Handlungsbedarf den Flächenverbrauch maximal um 50 % oder 30 % oder gar nicht reduzieren müssten.

Kleine Gemeinden schlagen gerne vor, dass nicht nach Einwohnern kontingentiert werden solle sondern nach der verfügbaren (Frei-)Fläche. Im Ergebnis würde dies bedeuten, dass kleine Gemeinden 20 % mehr Fläche verbrauchen dürften als heute, während größere Städte ihren ohnehin geringen Flächenverbrauch pro Einwohner um bis zu 90 % reduzieren müssten. Hingegen würde eine Kontingentierung nach Maßgabe der vorhandenen Siedlungs- und Verkehrsfläche zu ähnlichen Resultaten für das Flächensparen führen wie eine Kontingentierung nach Bevölkerung, allerdings mit einem Bonus für sehr kleine Gemeinden (Abb. 4).

Die Diskussion zur Kontingentierung findet in Bayern derzeit sowohl in Fachkreisen als auch im politischen Raum statt. Ob diese Überlegungen zur Kontingentierung in Bayern praktische Auswirkungen zeitigen werden, bleibt abzuwarten.

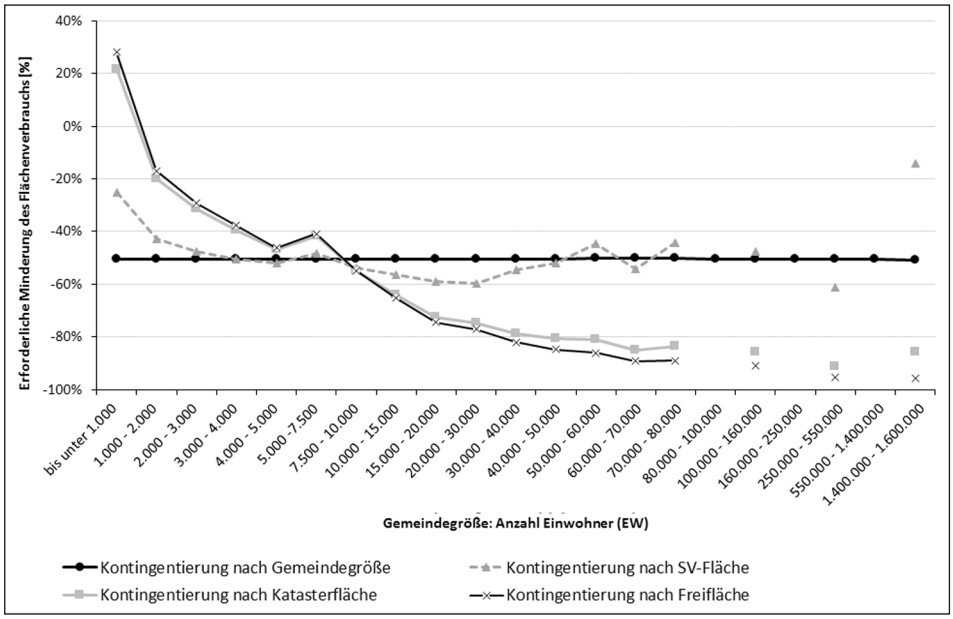


Abb. 4: Reduktion des Flächenverbrauchs in 2016 in Kommunen wenn nach vorhandener Freifläche oder Katasterfläche kontingentiert würde statt nach Einwohnern (= Gemeindegröße) (Datenquelle: LfStat Bayern 2018; eigene Berechnungen)

4 Fazit

Die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie verfolgt nach wie vor das Ziel, den Flächenverbrauch zu verringern, allerdings hat die Bundesregierung derzeit keine konkreten Maßnahmen ins Auge gefasst, um dieses Ziel tatsächlich zu erreichen. Zur Anwendung von Instrumenten, die einen substantiellen Beitrag zum Flächensparen leisten könnten, wie z. B. die Abschaffung der Entfernungspauschale oder die Einführung einer Zersiedelungsabgabe auf neu ausgewiesenes Bauland, gibt es derzeit auf Bundesebene keine politische Initiative. Auch der kommunale Handel mit Flächenzertifikaten, der unter Leitung des Umweltbundesamtes im Rahmen eines bundesweiten Modellversuchs erfolgreich erprobt wurde, wird derzeit – soweit erkennbar – im bundespolitischen Raum nicht weiterverfolgt, obwohl dieses Instrument eine sichere Zielerreichung ermöglichen würde und seine Einführung in der gesetzgeberischen Kompetenz des Bundes läge.

Im Gegenteil wurden auf Bundesebene in der letzten Legislaturperiode neue potentiell zersiedlungsfördernde Instrumente eingeführt wie das Baukindergeld und der – bis Ende 2019 befristete – § 13b BauGB, der die Ausweisung neuer Baugebiete im Außenbereich erleichtert. Beide Instrumente sollten angeblich der Linderung der Wohnungsnot dienen. Wie allerdings die Auswertung der Praxisauswirkungen zeigt, wird sowohl das Baukindergeld als auch der § 13b BauGB vor allem in kleinen Gemeinden und ländlichen Regionen eingesetzt, wo in der Regel kein Mangel an Wohnraum besteht und der

Neubau von Wohnungen – angesichts der Leerstände in Ortskernen – für die nachhaltige Siedlungsentwicklung eher kontraproduktiv ist.

Der zweite sichere Weg zur Zielerreichung, nämlich die Raumordnung, liegt in der Kompetenz der Länder. Das einzige Bundesland, das bislang ernsthaft versucht hat, dieses Instrument zum Flächensparen einzusetzen (Nordrhein-Westfalen), hat diese Bemühungen allerdings – nach einer Wahl mit Regierungswechsel – auf Druck sowohl der Wirtschaft als auch der Kommunen wieder aufgegeben.

Allerdings ist das Flächensparen nicht der einzige Umweltbelang, der im letzten Jahrzehnt in der Bundes- und Landespolitik gegenüber sozialen und ökonomischen Belangen (z. B. Wohnungsnot und Wohnkosten, Bauwirtschaft) ins Hintertreffen geriet. Dem Klimaschutz ist es mit Blick auf die Kosten für Verbraucher (Strompreise, Mieten) und den Interessen z. B. der Braunkohle- oder Autoindustrie (inklusive deren Beschäftigungseffekte) nicht viel besser ergangen. Auch hier ist der Elan der Anfangszeit deutlich erlahmt. Dabei hätte die Klimapolitik durchaus auch das Flächensparen unterstützen können, denn Klimaziele sind schwerlich zu erreichen, wenn die Zersiedelung in der Peripherie weiter anhält, wodurch immer neue Verkehre erzeugt und mehr Heizflächen in neuen Gebäuden geschaffen werden.

Umso interessanter ist daher die Entwicklung, dass durch ein Volksbegehren in Bayern das Flächensparen neue Fürsprecher erhalten hat ebenso wie nun auf Bundesebene der Klimaschutz durch Schülerproteste neuen Rückenwind bekommt. Die Politik auf Landes- und Bundesebene hat nolens volens diese Impulse aufgegriffen. Ob daraus aber wirklich eine konsistente, zielorientierte und mit langem Atem betriebene Politik entsteht – also eine Nachhaltigkeitspolitik die diesen Namen verdient – werden die nächsten Jahre zeigen.

5 Literatur

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Bauen, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2016): Den ökologischen Wandel gestalten – Integriertes Umweltprogramm 2030. Bundesministerium für Umwelt, Bauen, Naturschutz und Reaktorsicherheit: 82. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/integriertes_umweltprogramm_2030_bf.pdf (Zugriff: 06.06.2019).

BReg – Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Die Bundesregierung: 99. https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/418646/a9a177234880a228ae90b08106175dce/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung-data.pdf?download=1 (Zugriff: 06.06.2019).

BReg – Bundesregierung (2016a): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016. Die Bundesregierung: 38.
https://www.bundesregierung.de/Content/Infomaterial/BPA/Bestellservice/Deutsche_Nachhaltigkeitsstrategie_Neuauflage_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (Zugriff: 06.06.2019).

BReg (2016b): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung: 67-68.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (Zugriff 06.06.2019)

COM – COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS (2011 (571)): Roadmap to a Resource Efficient Europe, Chapter 4.6.
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011DC0571&from=EN (Zugriff: 06.06.2019).

Destatis (2018, jährlich): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. Fachserie 3, Reihe 5.1. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, mit Ergänzung zum Indikator Fläche vom 03.04.2019.
https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Publikationen/Downloads-Flaechennutzung/bodenflaechennutzung-2030510177004.html;jsessionid=9C6102676B1D1EB0B87EB7EA44720A73.internet731?nn=207576 (Zugriff: 06.06.2019).

KBU – Kommission Bodenschutz im Umweltbundesamt (2009): Flächenverbrauch einschränken – jetzt handeln; Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt, Dessau, Dezember 2009.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/e6e82d01.pdf (Zugriff: 06.08.2019).

LEP – Landesentwicklungsprogramm (2018): Verordnung über das Landesentwicklungsprogramm Bayern (LEP) vom 22. August 2013, geändert durch Verordnung vom 21. Februar 2018.

LfStat Bayern – Bayerisches Landesamt für Statistik (2018, jährlich): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung sowie Fortschreibung des Bevölkerungsstandes, jeweils Bestand zum 31.12.
https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online/data?operation=statistikAbruftabellen&levelindex=0&levelid=1564490466770&index=2 (Zugriff: 30.07.2019)
https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online/data?operation=abruftabelleAbrufen&selectionname=12411-001&levelindex=1&levelid=1564490231117&index=3 (Zugriff: 30.07.2019).

Penn-Bressel, G. (2018): Flächenverbrauch in Deutschland und Vorschlag für einen möglichen Indikator für „Land Degradation Neutrality". In Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X: Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren, Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 76: 57.

UN – United Nations (2015): Sustainable Development Goal 15. Target 15.3.
https://sustainabledevelopment.un.org/sdg15 (Zugriff: 06.06.2019).

Begrenzung der Flächenneuinanspruchnahme in Bayern – Empfehlung zu einem ganzheitlichen Politikansatz

Manfred Miosga

Zusammenfassung

Mit dem Volksbegehren „Betonflut eindämmen" hat in Bayern im Jahr 2017 eine neue Dynamik in die Debatte um die Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme Einzug gehalten. Der Koalitionsvertrag der neuen Regierungskoalition aus CSU und Freien Wählern sieht vor, den Flächenverbrauch auf 5 ha/Tag als Richtgröße im Landesplanungsgesetz zu verankern (Bayerischer Koalitionsvertrag 2018). In der Folge ist eine lebhafte Debatte darüber entstanden, wie diese Richtgröße nun wirksam werden kann und ob bzw. in welcher Form sie auf die Kommunen als individuelle Richtwerte heruntergebrochen werden kann. Dabei darf nicht übersehen werden, dass auch solche individuellen Richtwerte Teile einer schlüssigen Gesamtstrategie sein müssen und dass Aspekte wie landesplanerische Funktionszuweisungen, regional- und strukturpolitische Entwicklungsziele sowie die Gewährleistung der kommunalen Selbstverwaltungskompetenz berücksichtigen.

1 Flächenneuinanspruchnahme in Bayern – wo liegen die Probleme?

Das Volksbegehren „Betonflut eindämmen", das im Jahr 2017 mit großem Erfolg von einem Bündnis aus grünen und linken Parteien, Naturschutzverbänden und zivilgesellschaftlichen Initiativen initiiert wurde (*www.betonflut-eindaemmen.de*), hat einen großen Zuspruch in der Bevölkerung erzeugt. In kurzer Zeit konnten die für die Beantragung eines Volksbegehrens erforderlichen Unterschriften sogar in fast doppelter Anzahl eingereicht werden. Es setzte einen deutlichen Kontrapunkt zu den zahlreichen landesplanerischen Deregulierungsschritten der vorangegangenen Jahre (Miosga 2015), die sich insbesondere in einer Aufweichung des Anbindegebots niedergeschlagen haben. In der Folge ist die Ausweisung neuer gewerblicher Siedlungsgebiete, insbesondere an Ausfahrten von Autobahnen und ähnlich ausgebauten Bundestraßen sowie in interkommunaler Kooperation, deutlich erleichtert worden.

Zudem haben die enorme Wachstumsdynamik Südbayerns und einige großflächige Gewerbeansiedlungen, insbesondere in ländlich geprägten Regionen, der damit verbundene Verlust an freier Landschaft und die empfundene Veränderung der Ästhetik der Kulturlandschaft die Sensibilität in der Bevölkerung gegenüber dem Flächenverbrauch spürbar erhöht. So hat die Kampagne des Bündnisses hinter dem Volksbegehren

insbesondere mit Gewerbeansiedlungen in der freien Landschaft und den Veränderungen des Landschaftsbildes argumentiert: „Es dominieren Gewerbegebiete, Einkaufszentren und Logistikhallen – nicht mehr über Jahrhunderte gewachsene Städte und Dörfer und Kulturlandschaft." (*http://www.betonflut-eindaemmen.de/betonflut-eindaemmen/index.html#fragen-und-antworten*).

1.1 Die Verteilung der Flächeninanspruchnahme auf verschiedene Sektoren

Betrachtet man die Bilanz der Flächeninanspruchnahme über die letzten Jahre hinweg, ergibt sich jedoch ein differenzierteres Bild (Hafner et al. 2018; Häring 2019; jeweils auf der Basis von Zahlen des Bayerischen Landesamtes für Statistik): In den Jahren von 2000 bis 2017 ist die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Bayern um 15,4 % gestiegen (Tab. 1). Der größte Teil der Fläche – etwa 40 % – wird dabei für die Verkehrsfläche beansprucht. Sie ist in diesem Zeitraum um 2,6 % angestiegen.

Tab. 1: Flächeninanspruchnahme nach Art sowie Einwohner- und Arbeitsplatzentwicklung in Bayern 2000 bis 2017 (Quelle: Häring 2019; Datengrundlage: Bayerisches Landesamt für Statistik)

Art der Flächeninanspruchnahme	**2000 absolut (ha)**	**2017 absolut (ha)**	**Zuwachs absolut (ha)**	**Zuwachs relativ (%)**
Siedlungs- und Verkehrsfläche	734 450	847 597	113 147	+ 15,4
- darunter Verkehrsfläche	323 352	331 743	8 391	+ 2,6
- darunter Wohnbaufläche	168 949	215 138	46 189	+ 27,3
- darunter Industrie/Gewerbe	35 585	47 659	12 074	+ 33,9
Sozio-ökonomische Entwicklung	**2000**	**2017**	**Zuwachs absolut**	**Zuwachs relativ (%)**
Einwohnerzahl	12 230 255	12 997 204	766 949	+ 6,3
Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte	4 359 577	5 460 683	1 201 106	+ 25,3

Die Wohnbaufläche nimmt etwa 25 % der gesamten Siedlungs- und Verkehrsfläche ein und hat von 2000 bis 2017 um 27,3 % zugenommen. Die Industrie- und Gewerbefläche weist zwar die größte Steigerungsrate auf, in absoluten Zahlen gemessen wurde für zusätzliche Gewerbegebiete allerdings nur gut ein Viertel der Fläche neu in Anspruch genommen, die als Wohnbauflächen neu ausgewiesen worden sind.

Hinsichtlich der Flächeneffizienz muss festgehalten werden, dass in diesem Zeitraum für einen Zuwachs an Bevölkerung um 6,3 % immerhin 27,3 % mehr Wohnbaufläche „investiert" worden ist. Im Bereich der Arbeitsplätze fällt die Entkoppelung etwas geringer aus. Die zusätzlich in Anspruch genommene Wohnbaufläche stellt folglich zahlenmäßig das größte Problem dar, auch wenn dies anders öffentlich wahrgenommen bzw. kommuniziert wird. Der Zuwachs an Verkehrsfläche wird zum einen durch überörtliche

Planungsträger (Bundesstraßen, Staatsstraßen, Schienenverkehrswege) verursacht und ist von den Kommunen wenig beeinflussbar. Zum anderen ist er die Folge der Siedlungsstruktur. Eine lockere, flächenintensive Bebauung bringt einen hohen Erschließungsaufwand mit sich. Damit ist die Inanspruchnahme neuer Verkehrsflächen an die Struktur der Wohnbauflächenentwicklung und an die Ausweisung neuer Gewerbegebiete gekoppelt. Im Folgenden soll daher die Neuinanspruchnahme von Flächen für Wohnen und Gewerbe genauer betrachtet werden.

1.2 Die Verteilung der Neuinanspruchnahme auf Gemeinden nach Größenklassen und Lage im Raum

Um das Problem der Flächenneuinanspruchnahme noch besser beschreiben zu können, soll im Folgenden eine Betrachtung nach Gemeindegrößen und landesplanerischen Funktionszuweisungen vorgenommen werden. Es werden dabei Größenklassen von bis unter 1 500 Einwohnern, von 1 500 bis unter 3 500 Einwohnern, von 3 500 bis unter 6 500 und von 6 500 bis unter 10 000 Einwohnern betrachtet. Zudem werden mit Mittelzentren und Oberzentren, die Zentralen Orte höherer Hierarchiestufe, untersucht. Letztere werden nochmals in Mittel- und Großstädte differenziert (unter und über 100 000 Einwohner). Da es einige Gemeinden insbesondere im Umland von Großstädten gibt, die zwar mehr als 10 000 Einwohner haben, aber nicht als Zentrale Orte ausgewiesen sind, werden diese ebenfalls gesondert betrachtet. Da mit dem neuen Landesentwicklungsplan (LEP) im Jahr 2018 in Bayern das Zentrale-Orte-Konzept deutlich aufgeweicht worden ist, werden die landesplanerischen Zuweisungen der Vorgängerversion des LEP aus dem Jahr 2013 zugrunde gelegt (*https://www.landesentwicklung-bayern.de*).

Nach diesen Analysen haben in den Jahren von 2000 bis 2017 insbesondere die Kommunen mit weniger als 6 500 Einwohnern ihre Wohnfläche überdurchschnittlich intensiv ausgeweitet (Abb. 1). Insbesondere die kleinen Kommunen stechen dabei heraus. Berücksichtigt man, dass Kommunen in diesen beiden Größenklassen insgesamt nur etwa 10 000 zusätzliche Einwohner anziehen konnten, dafür aber etwa ein Drittel der gesamten neu in Anspruch genommenen Wohnfläche aufwenden mussten, dann wird deutlich, dass ein erheblicher Teil des Problems des Flächenverbrauchs in der Kultur der Siedlungsentwicklung in kleinen Kommunen in ländlichen Räumen zu suchen ist. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den Gewerbeflächen (Abb. 2).

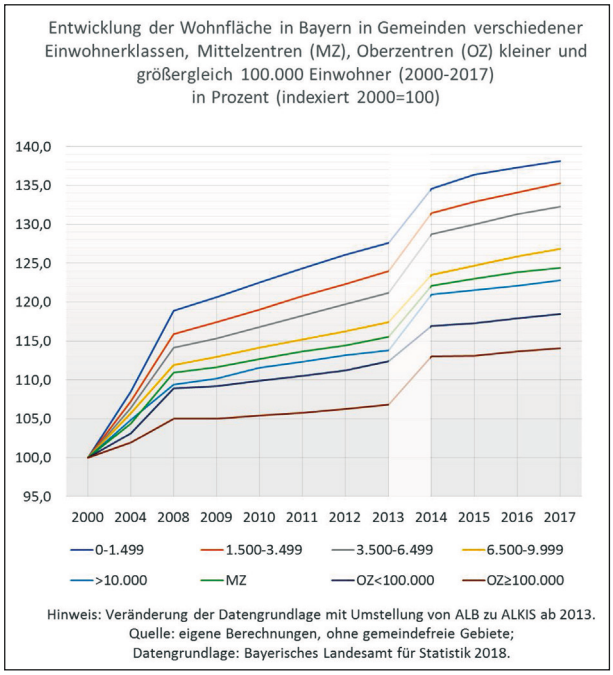


Abb.1: Entwicklung der Wohnfläche in Bayern 2000 bis 2017 nach Gemeindegrößen (Quelle: Häring 2019; Datengrundlage: Bayerisches Landesamt für Statistik)

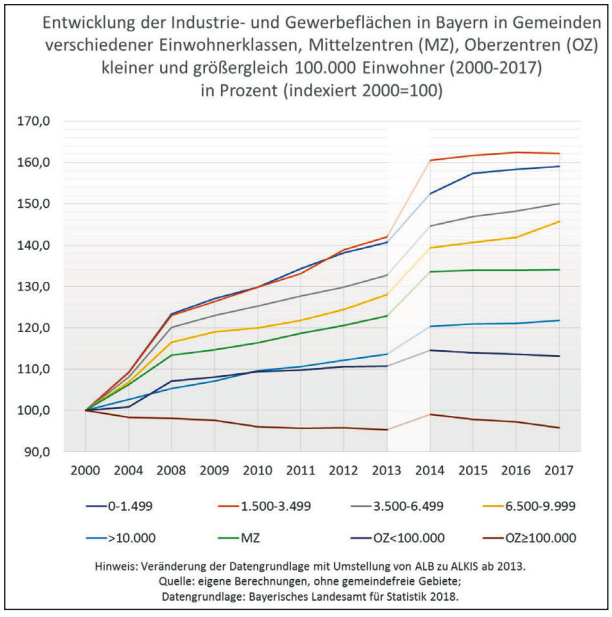


Abb.2: Entwicklung der Industrie- und Gewerbefläche in Bayern 2000 bis 2017 nach Gemeindegrößen (Quelle: Häring 2019; Datengrundlage: Bayerisches Landesamt für Statistik)

Der Befund ist ziemlich eindeutig: Der Umgang mit der Flächeninanspruchnahme ist in kleineren Gemeinden sehr problematisch. Diese liegen insbesondere in ländlichen Räumen und in Räumen mit schrumpfender bzw. stagnierender Bevölkerungsentwicklung im Grenzland und in Regionen mit Strukturproblemen (Hensold 2014). Aber auch Klein- und Mittelstädte neigen zu einer vergleichsweise hohen Flächeninanspruchnahme. Für die kleinen Kommunen, die bei stagnierender bis schrumpfender Bevölkerung ihre Siedlungsflächen in den letzten Jahren erheblich ausgeweitet haben, ergibt sich das Problem steigender Folgekosten. Die steigenden Gebührenbelastungen für technische Infrastrukturen und die Kosten für Unterhalt und Pflege von Straßen, Grünanlagen und öffentliche Räume sowie für das Vorhalten sozialer Infrastrukturen belasten die kommunalen Haushalte erheblich und verursachen erhebliche Opportunitätskosten, die von der Gemeinschaft der Gebührenzahler*innen getragen werden müssen.

Andererseits zeigen Auswertungen von Flächenerhebungen deutlich auf erhebliche Innenentwicklungspotenziale gerade in kleinen Gemeinden in ländlichen und strukturschwachen Regionen. Erfahrungsgemäß würden die festgestellten Innenentwicklungspotenziale wie Baulücken, geringfügig bebaute Grundstücke mit Nachverdichtungsmöglichkeiten, aufgelassene und untergenutzte Hofstellen oder Leerstände in den Bereichen Wohnen und Gewerbe rechnerisch ausreichen, um über die nächsten ein bis zwei Jahrzehnte hinweg die Entwicklungsvorstellungen von Gemeinden befriedigen zu können[1].

2 Bausteine einer ganzheitlichen Strategie zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme

2.1 Verbesserte Instrumente und Professionalisierung der aktiven Innenentwicklung

Eine ganzheitliche Strategie zur Lösung des Flächenverbrauchsproblems muss unbedingt den Kommunen bessere, wirksamere und handhabbare Instrumente und Regulierungen zur Mobilisierung von Innenentwicklungspotenzialen verfügbar machen. Der Bayerische Gemeindetag hat, insbesondere zu den erforderlichen rechtlichen Klarstellungen und Ergänzungen, ein umfassendes Positionspapier vorgelegt (Bayerischer Gemeindetag 2018). Neben den dort geforderten Vereinfachungen sollten die Gemeinden zusätzlich dabei unterstützt werden, ein aktives und professionelles Innenentwicklungs- und Leerstandsmanagement und -marketing aufzubauen. Da dies einen hohen Wissens- und Zeiteinsatz erfordert und mittel- bis langfristig angelegt sein muss, sind kleine

[1] Diese Erfahrungen beruhen auf zahlreichen Vitalitätschecks und integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzepten (ISEK), die in Kooperation mit dem Beratungsunternehmen KlimaKom eG (www.klimakom.de) in Oberfranken und der Oberpfalz durchgeführt wurden.

Kommunen damit in der Regel überfordert. Unterstützung könnte durch die Landkreise oder durch interkommunale Kooperationsverbünde geleistet werden. Zudem sollten die Kommunen städtebaulich und baukulturell beraten werden, mit dem Ziel, auch im gewerblichen Bereich flächensparende Modelle in der Siedlungsentwicklung realisieren zu können.

2.2 Kostentransparenz herstellen, kommunale Finanzausstattung verbessern, Wettbewerbsdruck abschwächen

Die Kommunen sollten dazu verpflichtet werden, bei neuen Planungsvorhaben Kostentransparenz herzustellen. Folgekostenberechnungen können dabei in einem ersten Schritt sehr pragmatisch mit dem sog. „Folgekostenschätzer 4.0" des Bayerischen Landesamtes für Umwelt EDV-gestützt erfolgen (*https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/flaechenmanagement/folgekostenschaetzer/index.htm*). Erfahrungen mit dem „Planspiel Flächenzertifikatehandel" zeigen, dass diese Kostentransparenz, insbesondere für die kommunalen Entscheidungsträger/-innen, eine bedeutende Information ist. Im Planspiel war die Berechnung der Folgekosten zur Teilnahme am Zertifikatehandel verpflichtend. Die Wirkung war enorm: Etwa zwei Drittel der Planungsvorhaben mit negativem Fiskalwert wurden von den Kommunen selbst zurückgezogen, nachdem deutlich geworden ist, welche Folgelasten von der Kommune und den Bewohner/-innen zu tragen sind (Henger 2017). Nicht zuletzt durch Deregulierungen in der Landes- und Regionalplanung und aufgrund knapper kommunaler Finanzen ist in den letzten Jahren der Wettbewerbsdruck auf die Kommunen deutlich angestiegen (Miosga 2015). Eine knappe Finanzausstattung ist ein wesentlicher Antrieb, durch expansive Strategien gut verdienende Bevölkerungsschichten in Einfamilienhausgebiete anzulocken und Gewerbegebiete vorzuhalten, in der Hoffnung auf Ansiedlungen und Gewerbesteuereinnahmen. Eine ernsthafte und ganzheitliche Strategie zur Reduktion der Flächenexpansion muss auch diesen Mechanismus durch eine bessere grundlegende Finanzausstattung der Kommunen entschärfen – vor allem in den strukturschwachen und ländlichen Regionen.

2.3 Nachweispflicht verschärfen und Landesplanung revitalisieren

Eine Verbindlichkeit zur ernsthaften Innenentwicklung sollte daher auf zwei Wegen erzeugt werden. Zum einen könnte im Baugesetzbuch der Nachweis der Erforderlichkeit der Neuinanspruchnahme verbindlich und nicht als Soll-Bestimmung geregelt werden. Unterhalb einer gesetzlichen Regelung könnten die Genehmigungsbehörden entsprechende Nachweise standardmäßig einfordern und an hohe Ansprüche knüpfen (z. B. Nachweise eines professionellen und umfassenden Innenentwicklungsmanagements, das bestimmte Qualitätsstandards erfüllen muss). Eine weitere notwendige Flankierung ist die Revitalisierung des Instrumentariums der Landes- und Regionalplanung.

Die Konzentration der Siedlungsentwicklung auf Zentrale Orte war lange Zeit eine wesentliche strukturelle Säule der Raumordnung. Vitale und funktionsfähige Zentrale Orte sorgen nicht nur für eine hochwertige Versorgung ihrer Einzugsgebiete. Sie erzeugen zudem positive externe Effekte für Unternehmen (Lokalisations- und Urbanisationseffekte), führen zu einer kompakten Siedlungsstruktur, die zudem besser verkehrlich zu erschließen ist. Die Rückkehr zu einem glaubwürdigen Zentrale-Orte-Konzept als Schwerpunkt der Siedlungsentwicklung für Wohnen und Arbeiten wäre ein wichtiger Schritt einer Wiederaufwertung der räumlichen Planung. Dies würde zu einer Funktionssicherung der Zentralen Orte beitragen. In den nicht-zentralen Orten ist die Rückkehr zur organischen Eigenentwicklung als landesplanerische Funktionszuweisung anzustreben. Eine Aufwertung der Landesplanung kann zudem durch die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsflächen für geeignete Flächen für die Landwirtschaft und für den Landschaftsschutz erfolgen. Dadurch können wertvolle Flächen besser vor einem Zersiedlungsdruck geschützt werden. Zudem sollte „Fläche", als Schutzgut in der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), stärker betont werden (ARL 2018).

2.4 Ländliche Räume flächenschonend stärken

Eine Konzentration der Siedlungsentwicklung auf Zentrale Orte darf jedoch nicht dazu führen, dass andere Ziele der Raumordnung, wie die Stärkung der Entwicklung und Verbesserung der Versorgung ländlicher Räume, konterkariert werden. Die Landesplanung sollte Anreize schaffen, die gewerbliche Entwicklung und die alltägliche Daseinsvorsorge in interkommunaler Kooperation zu sichern. Die Ausweisung interkommunaler grundzentraler Versorgungsverbünde durch die Regionalplanung könnte eine Lösung sein. Dabei sollen die Kommunen gemeinsam Konzepte der Alltagsversorgung in ihrem Kooperationsraum erarbeiten und die dafür geeignete Standortentwicklung und Flächenbedarfe untereinander abstimmen. Ebenso sollten unterhalb der Mittelzentren interkommunal abgestimmte und festgelegte gewerbliche Entwicklungskerne ausgewiesen werden, die eine Konzentration der industriellen und gewerblichen Siedlungsentwicklung an geeigneten Standorten vorsieht (z. B. mit Bahnanschluss). In dem kooperativen Rahmen, der von der Regionalplanung fachlich begleitet und moderiert werden kann, können dann auch Vereinbarungen für die Übernahme von Kosten und zur Verteilung der Einnahmen getroffen werden.

3 Orientierungswerte für jede einzelne Kommune

Die derzeit diskutierten Vorschläge zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme richten sich sehr stark an Kommunen, da diese für die Bauleitplanung verantwortlich sind und die Planungshoheit besitzen. Allerdings muss klar gestellt werden, dass in ihrer Hoheit nur etwa über zwei Drittel der Fälle entschieden wird. Etwa 13 % gehen auf Baugeneh-

migungen im Außenbereich (§ 35 BauGB) zurück, die von Landratsämtern ausgesprochen werden, Planfeststellungsverfahren (z. B. überörtliche Straßen) machen etwa 12 % aus, Fachgenehmigungen (z. B. Golfplätze nach Wasserrecht) ca. 6 % sowie Sonstiges ca. 3 % (vgl. Beitrag Penn-Bressel in diesem Band). Eine Reduktionsstrategie mit klaren Vorgaben muss daher auch für die anderen Planungsträger entwickelt werden.

Der letzte Baustein einer ganzheitlichen Strategie zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme ist schließlich die Festlegung von Orientierungswerten (Richtwerten, Kontingenten) für jede einzelne Kommune. Auch als unverbindliche Richtwerte helfen diese den Kommunen, Transparenz herzustellen und ihr Handeln an den sinnvollen Nachhaltigkeitsstrategien von EU, Bund und Land auszurichten. Dabei wird derzeit zum einen über ein geeignetes Berechnungsverfahren diskutiert und zum anderen über die Frage der Verbindlichkeit solcher Obergrenzen.

Die Initiative „Das bessere LEP für Bayern" (2019) schlägt verbindliche Obergrenzen vor und hat ein Berechnungsverfahren entwickelt, dass einer rein arithmetischen Verteilung auf die Kommunen vorgeschaltet werden soll und die oben angeführten landesplanerischen Zielsetzungen berücksichtigt. Die Idee dabei ist, das vorhandene Flächenbudget, das bei einer Begrenzung der Neuinanspruchnahme auf 5 ha/Tag nach Abzug des bisherigen nicht kommunalen Verbrauchsanteils von 35 % (Fachplanungen, Außenbereich) den Kommunen zur Verfügung steht, zu 50 % über die regionalen Planungsverbände und zu 50 % direkt an die Kommunen nach einem Einwohnerschlüssel zu verteilen. Das kommunale Budget soll dabei gleichförmig verteilt werden – also mit Verringerung des zuzuteilenden Budgets um den gleichen Prozentsatz (Göppel 2018). Das führt dazu, dass kleineren Kommunen nach wie vor ein höheres Pro-Kopf-Budget eingeräumt wird als den größeren. Damit wird auch eine Baukultur berücksichtigt, die in ländlichen Räumen aufgrund der lockereren Siedlungsstrukturen einen größeren Flächenbedarf verursacht. Die anderen 50 % sollen über die Regionalen Planungsverbände „bewirtschaftet" werden. Sie können eingesetzt werden, um interkommunale Entwicklungskerne zur konzentrierten und räumlich verträglichen gewerblichen Entwicklung auszuweisen, Zentrale Orte zu stärken und die Sicherung sowie den Ausbau der kommunalen Daseinsvorsorge (Alltagsversorgung) durch interkommunale Versorgungsverbünde zu gewährleisten. Zudem können auf der Ebene der Regionalplanung Aspekte der Flächensicherung für Landwirtschaft und Schutz der Kulturlandschaft gestaltet werden.

4 Literatur

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2018): Begrenzung der Flächenneuinanspruchnahme in Bayern. Hannover. Positionspapier aus der ARL 111. https://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/pospaper_111.pdf (Zugriff: 01.08.2019).

Bayerischer Gemeindetag (2018): Positionspapier. Minderung der Flächeninanspruchnahme. München.
https://www.bay-gemeindetag.de/Dox.aspx?docid=01969d56-f622-4b46-af0d-04a0438d8acf (Zugriff: 01.08.2019).

Bayerischer Koalitionsvertrag (2018): Für ein bürgernahes Bayern: menschlich, nachhaltig, modern. Koalitionsvertrag von CSU und Freien Wählern für die Legislaturperiode 2018-2023. München.
http://q.bayern.de/koalitionsvertrag-csu (Zugriff: 01.08.2019).

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2019): Bündnis zum Flächensparen.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/buendnis.htm (Zugriff: 01.08.2019).

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2019): Flächenverbrauchs-Bericht 2018.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/verbrauchsbericht.htm (Zugriff: 01.08.2019).

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (2019): Landesentwicklungsprogramm.
https://www.landesentwicklung-bayern.de (Zugriff: 01.08.2019).

Betonflut eindämmen (2017): http://betonflut-eindaemmen.de/betonflut-eindaemmen/index.html# (Zugriff: 01.08.2019).

Göppel, J. (2018): Flächensparen in Bayern. Eckpunkte für ein nachhaltiges Flächenmanagement.
http://goeppel.de/wpcontent/uploads/2018/10/Fl%C3%A4chenmanagement-Bayern.pdf (Zugriff: 23.09.2019).

Häring, M. (2019): Hemmnisse transformativer Kommunalpolitik am Beispiel der Flächeninanspruchnahme in Bayerischen Gemeinden. Abschlussarbeit im Studiengang Humangeographie – Stadt und Regionalforschung, Master of Science (M.Sc.) an der Universität Bayreuth, eingereicht am 03. Juni 2019.

Hafner, S.; Hehn, N.; Miosga, M. (2018): Gutachten zur Begrenzung des Flächenverbrauchs in Bayern. Im Auftrag der SPD-Fraktion im Bayerischen Landtag (unveröffentlicht).

Henger, R. (2017): Wende im Flächenverbrauch durch Zertifikatehandel.
http://www.flaechenhandel.de/fileadmin/std_site/content/Downloads/Henger_2017_Wende_im_Fl%C3%A4chenverbrauch_durch_Zertifikatehandel__L%C3%A4ndli-cher_Raum_.pdf (Zugriff: 17.03.2018).

Hensold, C. (2014): Flächenverbrauch in Bayern. Vortrag auf der gemeinsamen Veranstaltung der Bayerischen Akademie Ländlicher Raum, des Bayerischen Gemeindetages und des Bayerischen Bauindustrieverbandes am 5. November 2014 in München. https://www.bauindustrie-bayern.de/fileadmin/Webdata/Themen/20141118_Vorfahrt_Innenentwicklung/pdf_Vortraege/02_Flaechenverbrauch_Hensold.pdf (Zugriff: 29.07.2019).

Initiative das bessere LEP (2019): Flächensparen in Bayern. Eckpunktepapier zur Umsetzung des 5-Hektar-Ziels. München; erhältlich bei: DASL LG Bayern/Vorsitzende Andrea Gebhard, Hubertusstr. 4, 80639 München, Tel:089-96160890, E-Mail mail@mgk-la.com

Miosga, M. (2015): Gleichwertige Lebensverhältnisse in Bayern – nicht nur Aufgabe der Kommunen. Expertise im Auftrag des BayernForums der Friedrich-Ebert-Stiftung. München.

Flächeninanspruchnahme in bundesrelevanten Strategien – am Beispiel von Freiraumverbünden und Erneuerbaren Energien

Gerold Janssen, Sebastian Bartel, Franziska Wolff

Zusammenfassung

Raum- und flächenbezogene Umweltziele bedürfen der Umsetzung durch die räumliche Gesamtplanung. In bundesrelevanten Umweltstrategien finden sich zahlreiche Leitbilder, Konzepte und Handlungsansätze zur Raumentwicklung und -ordnung, die sich mit Instrumenten der Raumplanung verwirklichen lassen. Am Beispiel der Umweltziele zum Erhalt und Schutz von Freiraumverbünden und der Flächenvorsorge für Erneuerbare Energien wird aufgezeigt, wie sich sektorale Ziele raumordnerisch sichern und umsetzen lassen, sofern sie räumliche überörtliche Wirkung haben. Um den hochwertigen Freiraum in seiner Bedeutung für Land- und Forstwirtschaft, für Biodiversität und Biotopverbund, die Ökologie, Siedlungsgliederung und Erholung zu erhalten, können durch eine landes- und regionalplanerische Sicherung – auch über Landesgrenzen hinweg – großräumige Freiraumverbünde geschaffen werden. Die räumliche Steuerung für den Ausbau Erneuerbarer Energien ordnet und sichert u. a. die Inanspruchnahme von Flächen für Übertragungs- und Verteilnetzinfrastruktur. Dabei müssen zusätzliche Flächen in Anspruch genommen werden. Die Rolle der Raumordnung hat hier zunehmend an Bedeutung gewonnen, da Anlagen der Energieerzeugung ab einer gewissen Größe und Anzahl raumbedeutsam sind. Die dargebrachten Erkenntnisse basieren auf einem F&E-Vorhaben des Umweltbundesamtes über „Die Bedeutung bundesrelevanter Strategien zur Raumentwicklung für die Umweltpolitik – Analysen, Umsetzungsbeispiele und Handlungsansätze“ (2017-2018).

1 Hintergrund

Raum- und flächenbezogene Umweltziele lassen sich mit den Instrumenten der räumlichen Gesamtplanung durchsetzen. Daneben gibt es raumrelevante Fachplanungen mit Umweltbezug, die entweder über ein eigenes Planungsinstrumentarium verfügen (z. B. die Verkehrswegeplanung, die wasserwirtschaftliche Planung, die Netzausbauplanung, die Landschaftsplanung) oder in Entwicklungsstrategien und Programmen ihren Niederschlag finden (z. B. Klimaanpassungsstrategien, Energiekonzepte). Diese sind in unterschiedlicher Weise mit der räumlichen Gesamtplanung verknüpft. Eine effektive Abstimmung der verschiedenen Instrumente untereinander und die konkrete Umsetzung der Umweltbelange in der Planungspraxis sind Herausforderungen einer nachhaltigen Raumentwicklung, welche eine wichtige Zukunftsaufgabe darstellen.

Gegenstand des Beitrags ist die Bewertung der Handhabung und Wirksamkeit der Umsetzung umweltbezogener Ziele und Grundsätze in der räumlichen Planung auf überörtlicher Ebene (vgl. dazu ausführlich Janssen et al. 2019). Dabei findet die Bewertung der Umsetzung raum- und flächenbezogener Umweltbelange anhand ausgewählter Anwendungsbeispiele rechtlicher, planerischer und programmatischer Art auf den Ebenen Bund, Länder und Regionen statt.

Es stellt sich u. a. die Frage, wie und mit welcher Wirkung raum- und flächenbezogene Umweltziele und -grundsätze aus Bundesstrategien in der Planungspraxis (Raumordnung und Fachplanung) umgesetzt werden, wie der Vollzug von raum- und flächenbezogenen Umweltzielen verbessert werden kann und welche Konsequenzen (welcher Änderungsbedarf) sich für die Umweltpolitik des Bundes bzgl. ihrer raumrelevanten Strategien und Regelungen ergeben.

Folgende Strategien des Bundes mit Raumbezug (einschließlich der damit in Zusammenhang stehenden Aktions-/Umsetzungsprogramme) wurde für die Themen Freiraumvorsorge und Flächenbedarf für Erneuerbare Energien einbezogen: Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland (beschlossen von der 41. MKRO am 09.03.2016) (MKRO L/H), Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie Neuauflage 2016 (2017) (DNS), Integriertes Umweltprogramm 2030 (2016) (IUP), Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (Biodiversitätsstrategie, 2007) (NBS), Deutsche Anpassungsstrategie (2008) (DAS)/Fortschrittsbericht mit Aktionsplan Anpassung (APA) (2015), Klimaschutzplan 2050 (2017)/Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 (2014), Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II (2016), Bundeskonzept Grüne Infrastruktur (2017), Naturschutzoffensive 2020 (2015) und Weißbuch Stadtgrün (2017).

2 Rechtlicher und raumplanerischer Rahmen

Ausgehend von den verschiedenen Planungsebenen Bund, Länder, Regionen finden sich in der überörtlichen Raumordnung Umweltziele räumlicher und flächenbezogener Art gesetzlich im Raumordnungsgesetz (ROG) geregelt. § 2 Abs. 2 ROG enthält die raumordnerischen Grundsätze, die im Sinne der Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung nach § 1 Abs. 2 ROG anzuwenden und durch Festlegungen in Raumordnungsplänen zu konkretisieren sind.

Leitvorstellung der Raumordnung ist nach § 1 Abs. 2 HS 1 ROG eine nachhaltige Raumentwicklung, die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt. Der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen ist Grundvoraussetzung für ökonomische und soziale Stabilität. Wirtschaftliche und soziale Raumnutzungen konkurrieren also nicht nur mit ökologischen Raumfunktionen, sondern hängen von ihnen ab (Robers 2003, 108-109). Der Schutz grundlegender ökologischer Funktionen eines Raums bildet folglich den Rahmen für die künftige soziale

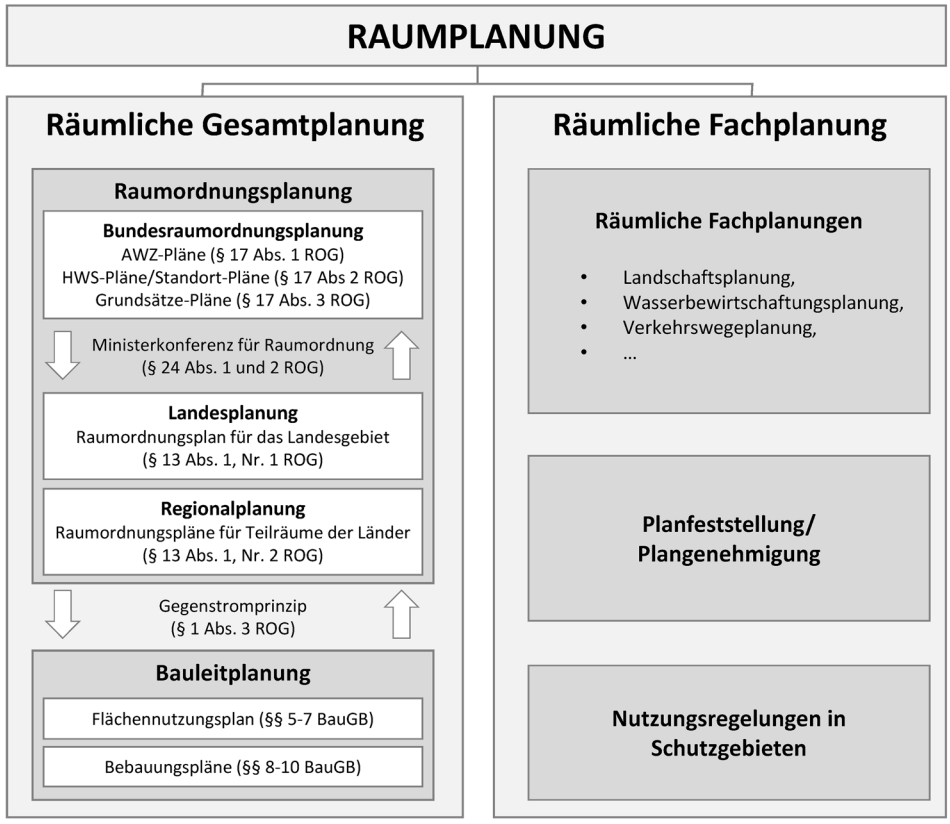


Abb. 1: Raumplanungsebenen und -instrumente in Deutschland (Quelle: © Janssen 2019)

und wirtschaftliche Entwicklung (Kühling 2003: 65), die Tragekapazität der Umwelt stellt eine unüberwindbare Grenze für menschliche Entwicklungstätigkeit dar (Robers 2003, 110-112). Umweltbezogene raumbezogene Festlegungen dienen daher der Operationalisierung des Belangs „ökologische Funktionen".

Da es sich bei Raumordnung um einen Gegenstand der konkurrierenden Gesetzgebung handelt und die Länder überdies eine Abweichungskompetenz haben, finden sich raumordnerische Grundsätze auch in den Regelungen der Landesplanungsgesetze. Die Aufnahme landesspezifischer Grundsätze in die Landesplanungsgesetze wird in den Bundesländern indes sehr ambivalent gehandhabt. Während im Freistaat Sachsen und in Hessen gänzlich darauf verzichtet wird, wurden in Niedersachsen und im Freistaat Bayern Grundsätze aufgenommen und auch als solche bezeichnet (im Freistaat Thüringen sind es „Leitlinien").

Die zentrale Regelung im ROG für umweltbezogene Grundsätze ist in § 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG normiert, ergänzt durch § 2 Abs. 2 Nr. 2 Satz 5 und 6 ROG. Aber auch weitere

fachliche Grundsätze enthalten direkte und/oder indirekte Regelungen für Umweltbelange, wie zum Beispiel Regelungen zur Daseinsvorsorge (Nr. 1 Satz 2), zum Verkehr (Nr. 3 Satz 5, 6 und 7) oder zur Land- und Forstwirtschaft (Nr. 5 Satz 3 ROG). Ergänzend können auch die raumbedeutsamen Planungen der EU erwähnt werden (Nr. 8 ROG).

Die Konkretisierung der raumordnerischen Grundsätze erfolgt in den Raumordnungsplänen. Dazu gehören auf Bundesebene die AWZ-Raumordnungspläne für Nordsee und Ostsee gemäß § 17 Abs. 1 ROG (mit Relevanz für die Offshore-Windkraft), die Standortpläne für See- und Flughäfen und der neugeschaffene, länderübergreifende Hochwasserschutzplan gemäß § 17 Abs. 2 ROG sowie der Grundsätzeplan gemäß § 17 Abs. 3 ROG (wonach die Grundsätze in § 2 Abs. 2 ROG konkretisiert werden können als auch die Sicherung von Freiräumen), wobei die letztgenannten Planungen von Bundesseite bislang nicht erfolgt sind.

Auf Länderebene vollzieht sich die Raumordnungsplanung in landesweiten Raumordnungsplänen (z. B. Landesentwicklungspläne oder -programme) und für die Teilräume in der Regionalplanung durch Regionalpläne.

Da die Raumordnung grundsätzlich keine eigenen Umweltdaten erhebt, ist sie auf die Zuarbeit der raumbezogenen Fachplanungen angewiesen. Überdies nutzen Umweltfachgebiete ihrerseits die räumliche Planung für die Umsetzung ihrer Umweltfachziele. Wenngleich diese Fachplanungen überwiegend behördeninterne Wirkung haben, sind sie zum Teil sogar rechtlich verbindlich (siehe § 35 Abs. 3 Nr. 2 BauGB: Landschaftsplan und Pläne des Wasserrechts, Abfall- oder Immissionsschutzrechts).

Eine weitere Verzahnung zwischen der Raumordnung und der Fachplanung findet über den Integrations- und Harmonisierungsauftrag der Raumordnung statt. So schreibt § 7 Abs. 4 ROG (für die Landschaftsplanung in Verbindung mit § 10 Abs. 3 BNatSchG) vor, dass die Raumordnungspläne auch diejenigen Festlegungen zu raumbedeutsamen Planungen von öffentlichen Stellen enthalten sollen (!), die zur Aufnahme in Raumordnungspläne geeignet und zur Koordinierung von Raumansprüchen erforderlich sind und die durch Ziele oder Grundsätze der Raumordnung gesichert werden können.

Schließlich sind raumbedeutsame Strategien und Programme in unterschiedlicher Form mit der räumlichen Gesamtplanung verknüpft.

3 Raumrelevante Aspekte in Bundesstrategien

Dieser Beitrag fokussiert nachfolgend auf die Sicherung von Freiraumverbünden und die Flächeninanspruchnahme für Erneuerbare Energien, um die Anwendung in der Gesamt- und Fachplanungspraxis zu veranschaulichen.

3.1 Freiraumverbünde

Im Themenfeld der Schaffung und des Erhalts von Freiraumverbünden werden als Umweltziele vornehmlich quantitative Vorgaben zur Vermeidung des weiteren Rückgangs von Freiraumflächen je Einwohner und ein länderübergreifender Biotopverbund (bis Ende 2025), der mindestens 10 % der Fläche eines jeden Landes umfasst, genannt (in Anlehnung an die Biodiversitätskonvention). Diverse räumliche Vorgaben wie die Schaffung eines Biotopverbunds, die Minimierung von Zerschneidungseffekten (bspw. NBS, MKRO L/H, Bundeskonzept Grüne Infrastruktur) sowie der Erhalt der Durchlässigkeit von Landschaften dienen als Maßnahmen der Zielerreichung. Weiterhin werden ein ökologisches Grünflächenmanagement, die Förderung von Gebäude bewohnenden Arten, die quantitative und qualitative Verbesserung urbaner grüner Infrastrukturen sowie die Mehrfachnutzung von Grün- und Freiräumen angesprochen. Mehrere Strategien gehen auf den Erhalt und Schutz unzerschnittener verkehrsarmer Räume, die Hotspots der biologischen Vielfalt und die Wiedervernetzung durch den Bau von Querungshilfen ein. Außerdem soll die Anzahl von Regionalparks und Freiraumverbünden im Umfeld großer Städte deutlich erhöht werden (NBS). Des Weiteren sollen mehr und höherwertigere Naturflächen in den Städten entstehen und Stadt und Umland stärker durch Grünzüge miteinander verbunden werden, da diese zugleich als Kalt- und Frischluftschneisen fungieren. Als weitere Ansatzpunkte werden die Aufstellung landesweiter Wiedervernetzungskonzepte und eine naturverträgliche Ausgestaltung der Landwirtschaftspolitik und Agrarförderung genannt (Bundeskonzept Grüne Infrastruktur).

Rechtliche Anwendungsbeispiele

Ein rechtliches Anwendungsbeispiel auf der Ebene des Bundes stellt § 1 Abs. 6 BNatSchG dar, welcher den Erhalt und die Neuschaffung von Freiraumverbünden in besiedelten und siedlungsnahen Bereichen fordert. Das Ziel „Naturerfahrungsräume" zu schaffen, übertrifft den bloßen Zweck des Erhalts von Natur und Landschaft und setzt ein didaktisches Ziel, das besonders die städtische Bevölkerung Natur erleben und erfahren kann. Dies entspricht dem Ziel bundesrelevanter Strategien. Gemäß § 20 Abs. 1 BNatSchG soll ein Netz verbundener Biotope (Biotopverbund) geschaffen werden bei Übernahme des 10-Prozent-Ziels. Dies entspricht wortwörtlich der quantitativen Vorgabe der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Dem Biotopverbund kommt eine zentrale Rolle im Sinne der Verwirklichung des Ziels der dauerhaften Sicherung der biologischen Vielfalt gemäß § 1 Abs. 2 BNatSchG zu. Aufgrund mangelnder Definitionen von Begriffen gibt die Norm nur eine Richtung vor, die Konkretisierung bleibt jedoch im Wesentlichen dem Vollzug der Länder vorbehalten.

Ein klares Defizit in den benannten Regelungen zeichnet sich in einer fehlenden Terminierung der Zielerreichung ab. Die ursprünglich im Gesetzesentwurf der BNatSchG-Novelle 2017 vorgesehene Fristsetzung zur Einrichtung eines Biotopverbundes wurde

ersatzlos gestrichen. Begründet wurde dies damit, dass Defizite bei der rechtlichen Sicherung eines einheitlichen Konzepts befürchtet werden.

Planerisches Anwendungsbeispiel

Als planerisches Anwendungsbeispiel im Themenfeld Freiraumverbünde dienen die Festsetzungen des Landesentwicklungsprogramms Mecklenburg-Vorpommerns (LEP M-V) aus dem Jahr 2016. Hier lassen sich umfangreiche Festsetzungen zu Freiraumverbünden finden. U. a. wird die Bedeutung eines landesweiten Biotopverbundsystems zum Schutz der Artenvielfalt und der Lebensräume hervorgehoben und die besondere ökologische Bedeutung unzerschnittener landschaftlicher Freiräume, insbesondere für störungsempfindliche Tierarten bei Infrastrukturplanungen, betont. Aus dem Gutachtlichen Landschaftsrahmenplan (GLRP) wurde für die Regionalen Raumentwicklungsprogramme ein Fachvorschlag zur Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten Naturschutz und Landschaftspflege im LEP M-V als landesweite räumliche Anforderungen zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen und zum Erhalt der Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts abgeleitet. Auf Grundlage dieses Fachvorschlags wurden die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete „Naturschutz und Landschaftspflege" festgelegt und gemäß § 6 Abs. 4 Landesplanungsgesetz M-V nach Abwägung mit anderen Belangen in das LEP M-V übernommen. Als ein möglicher Erfolgsfaktor für die umfassende Berücksichtigung dieses Umweltbelanges kann der Input des Gutachtlichen Landschaftsprogramms gesehen werden. Es liefert eine Art „Übersetzungskarte" für die Raumordnung, sodass die Raumplanung die Raumordnungsgebiete direkt in den LEP übernehmen kann. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass bei der Fortschreibung des LEP M-V 2016 das Problem bestand, dass der Gutachterliche Landschaftsrahmenplan noch nicht aktualisiert war und mit einer Reihe von Gutachten und Expertenwissen qualifiziert werden musste. Unterstützend für die Umsetzung im Zusammenhang mit unzerschnittenen landschaftlichen Freiräumen wirkt zudem das Konzept „Erhaltung und Entwicklung der Biologischen Vielfalt in Mecklenburg-Vorpommern". Als Hemmnis für die Umsetzung großräumiger Freiraumverbünde können andererseits die vordringlichen Vorhaben des Bundesverkehrswegeplans 2030 angesehen werden, wonach Straßen mit einer Gesamtlänge von 1 949 km unzerschnittene Großräume durchschneiden (BVWP 2030, S. 24). Im Rahmen der Maßnahmen des BVWP 2030 werden immerhin Tierquerungshilfen für 26 Lebensraumnetzwerke im Zuge von Ausbauvorhaben Straße wiedervernetzt.

Programmatische Anwendungsbeispiele

Auf Ebene raumrelevanter Programme werden die oben geschilderten Vorgaben auf Länderebene vor allem in Landesbiodiversitäts-, aber auch in Nachhaltigkeitsstrategien aufgegriffen. Die Biodiversitätsstrategie Nordrhein-Westfalens sieht eine über die Vorgaben des Bundes hinausgehende quantifizierte Zielstellung zum Flächenanteil vor: Die Biotopverbundfläche soll bis 2030 mindestens 15 % der Landesfläche erreichen, also

mehr als die mindestens 10 % Flächenanteil, wie vom Bund spezifiziert. Dabei soll auch der Anteil von Naturschutzgebieten (derzeit ca. 8 %) erhöht werden. Das 15 %-Flächenziel der Biodiversitätsstrategie wurde 2016 in § 35 Landesnaturschutzgesetz NRW rechtlich verankert, allerdings unter Streichung des Adverbs „mindestens" (15 % der Landesfläche). Die konkrete Umsetzung des landesweiten Biotopverbunds soll über Fördermaßnahmen, Landschaftsplanung und ordnungsbehördlichen Verordnungen hinaus u. a. auch durch den Abschluss langfristiger Verträge und Flächenkäufe vorangetrieben werden. Aktuell umfasst der Biotopverbund ca. 11,5 % der Landesfläche. Eine Biotopverbundskonzeption und ein landesweites Konzept zu Zerschneidungseffekten liegen noch nicht vor. Grundsätzlich hat NRW bundesweit den höchsten Anteil an Naturschutzgebieten an der Landesfläche; allerdings ist das Schutzgebietsnetz des dicht besiedelten Landes relativ kleinräumig. Die geplante Erfolgskontrolle der Umsetzung der Biodiversitätsstrategie NRW (in Bezug auf den Biotopverbund durch drei Indikatoren untersetzt), ist positiv zu bewerten. Als hemmender Faktor für die Umsetzung der 15 % des Biotopverbundes gilt die geringe Verfügbarkeit größerer unzerschnittener Landschaftsräume und damit einhergehender Widerstände von Kommunen und Wirtschaftsakteuren. Nicht zuletzt kritisieren die Landesnaturschutzverbände NRW, dass das Fehlen einer geeigneten naturschutzfachlichen Grundlage für den Landesentwicklungsplan zu Defiziten bei den Zielen zum landesweiten Biotopverbund geführt habe und eine Vielzahl von Projekten des Bundesverkehrswegeplans 2030 relevante Biotopverbundflächen querten bzw. tangierten.

3.2 Flächenbedarf für Erneuerbare Energien

Die räumliche Steuerung für den Ausbau Erneuerbarer Energien ordnet und sichert u. a. die Inanspruchnahme von Flächen für Übertragungs- und Verteilnetzinfrastruktur. In diesem Zusammenhang gewinnt die energetische Nutzung des Untergrundes zunehmend an Bedeutung (Bartel, Janssen 2016). Des Weiteren bestehen räumliche Beschränkungen bei der Standortwahl für die Ausweitung des Anbaus von Energiepflanzen, da empfindliche Biotope und Vorranggebiete für den Naturschutz zu berücksichtigen sind (so in der DAS). Daher soll es keine weitere Flächenausweitung für den Anbau von Biomasse für die Energieerzeugung geben, wenn die Anbaugrenze von 2,5 Millionen Hektar Ackerfläche in Deutschland erreicht ist (Naturschutzoffensive 2020), wenngleich sich dies durch die Raumordnung mangels Genehmigungspflicht nicht steuern lässt. Zudem sollen regionale Klima- und Energiekonzepte aufgestellt und die raumrelevanten Ergebnisse in Raumordnungspläne integriert werden (MKRO L/H). Wichtige mengenmäßige Zielbestimmungen für die Nutzung Erneuerbarer Energien sind in die einschlägigen Fördergesetze eingegangen (vor allem im EEG). Diese Ziele bedeuten auch, dass für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zusätzliche Flächen in Anspruch genommen werden müssen. Die Rolle der Raumordnung hat hier zunehmend an Bedeutung gewonnen, da Anlagen der Energieerzeugung ab einer gewissen Größe und Anzahl raumbedeutsam sind.

Rechtliche Anwendungsbeispiele

Gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 6 S. 7 ROG sind die räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der Erneuerbaren Energien sowie für den Erhalt und die Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe und für die Einlagerung dieser Stoffe zu schaffen.

Des Weiteren wurde im Zuge der Novellierung des ROG klargestellt, dass eine unterirdische Raumordnung zulässig ist, welche die zukünftig steigende Bedeutung der Nutzungsmöglichkeiten betont. Die räumliche Steuerung für den Ausbau Erneuerbarer Energien erfolgt überwiegend über das Zulassungsrecht. Über das Planungsrecht lässt sich die Standortfrage von Anlagen und Leitungstrassen regeln. Eine finanzielle Vergütung als Förderinstrument für die räumliche Steuerung regenerativer Energie regelt den Zweck der Anlage selbst, wie die Erzeugung von Strom aus Windenergie. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) beinhaltet für eine finanzielle Förderung einer Photovoltaik-Freiflächenanlage in § 11 Abs. 3 und 4 EEG, die standörtlichen Vorgaben für die Vergütungshöhe und kann somit auf das Vorgehen der räumlichen Planung Einfluss nehmen.

Für den Ausbau der Offshore-Windkraft und der hierfür erforderlichen Anbindungsleitungen trifft der Flächenentwicklungsplan Festlegungen mit dem Ziel, die Stromerzeugung aus Windenergieanlagen auf See räumlich geordnet und flächensparend zu gestalten (§ 4 Abs. 2 Nr. 2 WindSeeG). Mithilfe der Novelle der Grenzüberschreitenden Erneuerbaren-Energie-Verordnung (GEEV) können die Anforderungen des § 5 Abs. 2 Satz 1 Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017 (EEG 2017) umgesetzt werden, wonach Ausschreibungen für Erneuerbare Energien im Umfang von 5 % der jährlich zu installierenden Leistung (ca. 300 Megawatt) für die Einbindung von Anlagen aus anderen EU-Mitgliedsstaaten geöffnet werden sollen. Somit werden bei der Standortwahl lediglich finanzielle und nicht raumplanerische Aspekte berücksichtigt.

Planerisches Anwendungsbeispiel

Im Regionalen Raumordnungsplan der Region Trier (RegROP Trier) lassen sich umfangreiche Festlegungen zur räumlichen Steuerung Erneuerbarer Energien finden. Die Region Trier hat sich sehr frühzeitig mit der Thematik eines alternativen Energieszenarios beschäftigt, daher wurde seitens der Regionalplanung ein erstes Regionales Energiekonzept erarbeitet. Mittels eines quantitativen Ansatzes wurde gezeigt, dass mit endogenen Potenzialen eine vollständige alternative Energieversorgung möglich ist. Aufgrund angespannter Finanzlage konnte das Expertenwissen Dritter nicht finanziert werden, sodass eigene Kapazitäten vor Ort genutzt werden mussten. Aufgrund der in der Region vorhandenen Energiekompetenz konnten viele Akteure (Stadtwerke, Handwerkskammer usw.) zusammengebracht werden, sodass im Zuge der Erarbeitung ein Energienetzwerk entstand, welches durch die regionale Energieagentur und den dazugehörigen Förderverein verstetigt werden konnte. Im Rahmen des Diskurses zum regionalen Energiekonzept wurden die Bürger umfassend beteiligt. Die Identifikation und Selbstbindung

an dieses Konzept ist in der Region relativ hoch, da bspw. die Stadtwerke selbst daran mitgearbeitet haben und sich daher eher daran gebunden fühlen. Das Konzept selbst ist ein informelles Instrument als sachliches regionales Entwicklungskonzept ohne bindende Wirkung. Die Energiekonzepte operationalisieren die im Regionalplan vorgegebenen Festsetzungen durch eine Vielzahl von Maßnahmen. Die Region Trier hat im Jahr 2008 die „Zukunftsstrategie Region Trier 2025" vorgelegt und damit ein richtungsweisendes Regionales Entwicklungskonzept verabschiedet, welches Ziele und Handlungsstrategien zur langfristigen ökologischen, ökonomischen und sozial verträglichen Energieversorgung in der Region aufzeigt.

Die gute planerische Umsetzung von Vorgaben aus den bundesrelevanten Raumentwicklungsstrategien im Bereich des Flächenbedarfs für Erneuerbare Energien hat verschiedene Ursachen. Zum einen basieren die Festlegungen des Regionalplans auf den umfangreichen Vorarbeiten der regionalen Energiekonzepte. Zum anderen sind die Identifikation und Selbstbindung an dieses Energiekonzept und seine Fortschreibungen in der Region relativ hoch, was in Verbindung mit der „Zukunftsstrategie Region Trier 2025" zur umfassenden Umsetzung umweltbezogener Ziele zur räumlichen Steuerung Erneuerbarer Energien geführt hat.

Programmatische Anwendungsbeispiele

Ziele und Maßnahmen zur räumlichen Steuerung und Flächenvorsorge für Erneuerbare Energien finden sich auf Ebene von Programmen jenseits des Bundes in den Klimaanpassungs- und Energiestrategien sowie in den Klima- und Energiekonzepten bzw. -programmen der Bundesländer. Das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württembergs (IEKK) von 2014 beinhaltet das Ziel einer „langfristige[n] Transformation zu Erneuerbaren Energien unter Wahrung ökologischer Kriterien bei der Bioenergie". Zudem soll Biomasse nachhaltig und effizient genutzt und günstige Rahmenbedingungen für die Windkraft geschaffen werden. Insgesamt greift das IEKK die zentralen Vorgaben der Strategien des Bundes zur räumlichen Steuerung für erneuerbare Energien auf. Es definiert als Ausbauziele für Erneuerbarer Energien, dass bis 2020 38 % der Bruttostromerzeugung bzw. 21 % der Wärmebereitstellung aus erneuerbarer Energiequellen stammen sollen. Dabei sollen im Bereich der Stromerzeugung mindestens 12 % aus Solarenergie gedeckt werden, 10 % aus Windenergie und jeweils 8 % aus Wasserkraft und Biomasse. Diese ambitionierten Ziele sind stringent mit Maßnahmen untersetzt. Allerdings wird im IEKK nicht konkretisiert, in welcher räumlichen Verteilung der Zubau der Erneuerbaren Energien im Land erfolgen könnte oder sollte. Im Hinblick auf den Ausbau Erneuerbarer Energien im Stromsektor wurden in den letzten Jahren bei der Windenergie auf relativ niedrigem Niveau hohe Zubauraten erzielt (2015: rund 150 MW; 2016: 335 MW), während der Zubau von Photovoltaik von einem hohen Niveau sank (2015: 160 MW; 2014: 260 MW; 2010: 1.100 MW). Der Anteil der Fläche für den Anbau von Energiepflanzen an der landwirtschaftlich genutzten Fläche für Biogas betrug 2016

schätzungsweise 89,2 %. In der Wärmeerzeugung stieg der Anteil Erneuerbarer Energien gegenüber 2010 um 2,9 % auf 14,9 %.

Die erzielten Erfolge wurden in hohem Maße durch eine Änderung des Landesplanungsgesetzes Baden-Württembergs begünstigt, mit dem die sogenannte „Schwarz-Weiß-Planung" aufgehoben wurde. Die regionalen Vorranggebiete rufen nunmehr keinen außergebietlichen Ausschluss mehr hervor. Die Regionalverbände des Landes legen „weiße" Vorranggebiete für regional bedeutsame Windkraftanlagen fest. In allen anderen Gebieten können auch Kommunen selbstständig planen. „Schwarze" Ausschlussgebiete, in denen der Bau von Windkraftanlagen ausgeschlossen ist, sind auf Ebene der Regionalplanung nicht mehr möglich. Die Freiflächenöffnungsverordnung von 2017 ermöglicht inzwischen auch, PV-Freiflächenanlagen in benachteiligten Gebieten auf Acker- und Grünlandflächen auszuweisen.

Darüber hinaus fördern informatorische und prozedurale Fördermaßnahmen (u. a. „Forum Energiedialog", Unterstützung von Bürgerenergieanlagen und des „Dialogforums Erneuerbare Energien und Naturschutz") die langfristige Akzeptanz in der Bevölkerung für den Ausbau der Erneuerbaren Energien und insbesondere der Windenergie. Grundsätzlich dürfte die umfassende Bürger- und Öffentlichkeitsbeteiligung bei der IEKK-Entwicklung ebenso wie das regelmäßige Monitoring bzw. Fortschreibung (alle fünf Jahre auf Basis von quantitativen und qualitativen Erhebungen) Akzeptanz und Wirksamkeit des Konzeptes erhöhen.

4 Schlussfolgerungen

Kohärenz der Strategien steigern

Ein Aspekt der durch die im Rahmen der Bestandsaufnahme erfolgten Auswertung der Vorgaben aus bundesrelevanten Raumentwicklungsstrategien ist die nicht immer gegebene Kohärenz zwischen den Strategien. Beispielhaft für diese Feststellung kann der Bedarf neuer Flächen für Erneuerbare Energien im Rahmen des Klimaschutzes auf der einen und die Vorgabe der Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme auf der anderen Seite angesehen werden. Auf der einen Seite bedarf es neuer Flächen bspw. für Windenergieerzeugung und Biomasseproduktion, andererseits geht damit eine mitunter beträchtliche Flächenneuinanspruchnahme einher.

Harmonisierung der Strategien

Ein weiteres Beispiel ist ebenfalls mit der Inanspruchnahme von Flächen für die Erzeugung Erneuerbarer Energien aus Klimaschutzgründen im Zusammenhang mit dem Biotop-/Artenschutz gegeben. Hier konfligieren Vorgaben des Klimaschutzes mit denen zum Freiraumverbund im Zusammenhang mit dem Biotopschutz (auch hinsichtlich der Durchlässigkeit von Landschaften). Es ist demnach auf eine stärkere Harmonisierung

der Strategien zu achten, um die Anwendbarkeit zu erleichtern und letztlich auch die Akzeptanz zu befördern.

Stärkere Operationalisierung der Umweltziele erforderlich

Es bedarf einer Operationalisierung der mitunter abstrakten Vorgaben aus den Strategien. Hierfür kann die Durchführung von Pilotprojekten und/oder Planspielen einen Beitrag leisten. Beispielhaft hierfür kann das Planspiel Flächenhandel des Umweltbundesamtes im Bereich der Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme positiv herausgestellt werden. Eine weitere Option stellt die Schaffung von Experimentierräumen zur Umsetzung ausgewählter Umweltziele begrenzt auf bestimmte Flächen in städtischen und ländlichen Räumen dar.

Messbare Zielvorgaben erhöhen die Erfolgskontrolle von Strategien

Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt der Einsatz von quantifizierten Zielvorgaben und Fristen in Strategien des Bundes dar. Werden sie gesetzt, erhöht dies die Chance, dass auch die Länder und Kommunen entsprechende (der Umsetzung förderliche) Vorgaben treffen; allerdings können einige Bundesländer hier noch stärkeres Engagement zeigen. Beispielsweise wurden bislang keine Ausbauziele für PV-Anlagen festgelegt. Quantifizierte Ziele haben den Vorteil der Messbarkeit des Erreichungs- und Wirkungsgrads.

Strategien im Gesetzgebungsverfahren anwenden

Die Gemeinsame Geschäftsordnung der Bundesministerien könnte insofern ergänzt werden, dass alle (thematisch relevanten) Strategien bei Gesetzes- und Verordnungsentwürfen berücksichtigt werden müssen. Bei Gesetzes- und Verordnungsentwürfen besteht seit 2009 eine Verpflichtung zur Nachhaltigkeitsprüfung, die in der Gemeinsamen Geschäftsordnung der Bundesministerien (GGO) verankert ist. Dies ist der Grund dafür, dass im Rahmen der Begründungen neuer Gesetzesvorhaben in der Regel ein allgemeiner Hinweis gegeben ist, dass die Nachhaltigkeitsstrategie berücksichtigt wurde.

Zusammenarbeit zwischen Fachplanung und Raumplanung stärken

Fachliche Grundlagen der Fachplanung sind essentiell für die Raumordnung wie sich bspw. im Zusammenhang mit der Landschaftsplanung, aber auch Verkehrs- oder Energiekonzepten zeigt. Dabei spielen sowohl Aktualität als auch Detaillierungsgrad hinsichtlich der Implementierung von Vorgaben aus den Bundesstrategien eine wichtige Rolle. Einerseits ist die Zusammenarbeit von Raumordnung und Fachplanung zu befördern und andererseits ist eine Stärkung der Raumordnung gegenüber der Fachplanung erforderlich.

Verbindlichkeit der Strategien erhöhen

Anzustreben ist, die Verbindlichkeit der Vorgaben aus den bundesrelevanten Raumentwicklungsstrategien zu erhöhen. Falls Vorgaben aus den Strategien nicht aufgegriffen werden, könnte dies an Konsequenzen geknüpft sein (z. B. Anreize und Sanktionen bei der Zuteilung von Fördermitteln). Wo fachlich sinnvoll, sollten Umweltziele (einschließlich quantifizierte Zielvorgaben) rechtlich verankert werden. Gemäß § 17 Abs. 3 ROG kann der Bund für die Entwicklung des Bundesgebietes einzelne raumordnerische Grundsätze nach § 2 Abs. 2 ROG durch Grundsätze in einem Raumordnungsplan konkretisieren.

Gegenstromprinzip stärken

Damit die Vorgaben aus den bundesrelevanten Raumentwicklungsstrategien in der Bauleitplanung „ankommen", ist darauf zu achten, dass diese in ihrer Vielfalt möglichst konfliktbereinigt sind. Zudem sollten die Vorgaben weniger abstrakt formuliert werden, damit sie von der Landes- und Regionalplanung und der Bauleitplanung umgesetzt werden können.

Leitvorstellung der Raumordnung qualifizieren

Der Schutz grundlegender ökologischer Funktionen eines Raums bildet den Rahmen für künftige soziale und wirtschaftliche Entwicklungen, die Tragekapazität der Umwelt stellt eine unüberwindbare Grenze für menschliche Entwicklungstätigkeit dar. Umweltbezogene, raumbezogene Festlegungen dienen daher der Operationalisierung des Belanges „ökologische Funktionen".

Einsatz informeller Instrumente der Raumordnung

Die Raumordnung agiert nicht unwesentlich mit informellen Instrumenten. Der Einsatz informeller Instrumente der Regionalentwicklung führt z. B. zu einer deutlichen Zunahme des Einsatzes Erneuerbarer Energien, zu vermehrter Energieeinsparung sowie zur effizienten und rationellen Energienutzung in der Region und es wurden in einem positiven Umfeld in der Energielandschaft der Region und mithilfe regionaler Bündnisse Netzwerke etabliert.

Raumordnung als Koordinierungsinstrument nutzen

Der Umweltschutz sollte die Raumplanung zur Umsetzung seiner raum- und flächenbezogenen Ziele stärker und konsequent nutzen. Aufgabe des Umweltschutzes ist es, die für raumplanerische Abwägung erforderlichen Kriterien und Maßstäbe in seinen Strategien und Fachplanungen konkret zu benennen. Die Raumordnung trägt als raum- und fachübergreifendes Koordinierungsinstrument wesentlich dazu bei, Umweltbelange und ökologische Funktionen des Raumes planerisch und vorsorgend zu sichern.

5 Literatur

Bartel, S.; Janssen, G. (2016): Raumplanung im Untergrund unter besonderer Berücksichtigung des Umweltschutzes. NuR (2016) 38: 237-246. https://doi.org/10.1007/s10357-016-2992-0 (Zugriff: 05.08.2019).

Janssen, G.; Bartel, S.; Wolff, F. (2019): Die Bedeutung bundesrelevanter Strategien zur Raumentwicklung für die Umweltpolitik – Analysen, Umsetzungsbeispiele, Handlungsansätze. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Texte/UBA 50/2019: 1-197. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-bedeutung-bundesrelevanter-strategien-zur (Zugriff: 05.08.2019).

Kühling, W.; Hildmann, C. (2003): Umweltziele koordinieren und verbindlich machen! RaumPlanung, April 107/2003.

Robers, T. (2003): Das Gebot der nachhaltigen Entwicklung als Leitvorstellung des Raumordnungs- und Bauplanungsrechts. Beiträge zur Raumplanung und zum Siedlungs- und Wohnungswesen. Band 209, Münster.

Planungsgemeinschaft Region Trier, Regionales Raumordnungsplan Region Trier (2014): Entwurf Januar 2014. Plansatz G 220: 97. http://www.plg-region-trier.de/upload/Textband_kpl070214_4202.pdf (Zugriff: 05.01.2018).

Je schneller, desto besser? – Chancen und Risiken beschleunigter Verfahren in der Bauleitplanung

Mathias Jehling, Juliane Albrecht, Christian Schaser

Zusammenfassung

Die Ausweitung des beschleunigten Verfahrens nach § 13a BauGB auf den Außen–bereich (§ 13b) macht eine grundsätzliche Diskussion und Bewertung des Verfahrens und seiner Wirkung auf die Siedlungsentwicklung erforderlich. Der Beitrag verbindet hierzu die Analyse der planungsrechtlichen Verfahrensgrundlagen mit der praktischen Anwendung in der Bauleitplanung im Großraum München. Aus den betrachteten Fällen geht hervor, dass ökologische Risiken zwar durch andere fachrechtliche Bestimmungen teilweise etwas abgemildert werden können, dass aber eine sich abzeichnende Schwächung der Steuerungswirkung der Flächennutzungsplanung ein grundsätzliches Risiko für die nachhaltige Siedlungsentwicklung darstellt.

1 Einführung

Mit dem beschleunigten Verfahren für die Innenentwicklung nach § 13a stellt das BauGB seit 2007 ein wichtiges Instrument zur Wiedernutzung von Flächen und zur Nachverdichtung zur Verfügung. Mit der Möglichkeit des 2017 eingeführten § 13b, nun auch den Außenbereich in das beschleunigte Verfahren einzubeziehen, öffnet sich seitdem ein weiteres Feld für die kommunale Bauleitplanung, das neben städtebaulichen Antworten in den Kommunen allerdings auch Fragen in der Fachwelt aufwirft (Schmauck, Tautenhahn 2019). Mit den ersten Erfahrungen zur Nutzung des § 13b in der Praxis ist es an der Zeit, die Chancen und Risiken beider beschleunigter Verfahren für die bedarfsorientierte Bauleitplanung, aber auch für die nachhaltige Flächennutzung, zu diskutieren.

Gesellschaftlich rückt neben der Reduktion der Flächenneuinanspruchnahme als ursprüngliches Ziel des Verfahrens (vgl. § 13a BauGB) mit der Ausdehnung auf den Außenbereich durch § 13b BauGB die Sicherung der Wohnraumversorgung in den Fokus der beschleunigten Verfahren. Deutlich wird dabei der Widerspruch zwischen der aus ökologischer Sicht dringend gebotenen Reduktion der Flächenneuinanspruchnahme und einer Mobilisierung von Außenbereichsflächen für den Wohnungsbau.

Ziel des Beitrags ist es zunächst, die rechtlichen Grundlagen des Verfahrens darzustellen. Auf dieser Basis werden die Relevanz der Erleichterungen für die kommunale Planungspraxis betrachtet und die sich daraus ergebenden Chancen und Risiken für die „nachhaltige städtebauliche Entwicklung“ (§ 1 BauGB) mit einem Fokus auf die ökologische Dimension diskutiert. Hierzu werden Fallbeispiele aus der kommunalen Bauleitplanung

im Großraum München diskutiert. Es wird somit illustriert, welche Anwendungsfälle das beschleunigte Verfahren in einer Region haben kann, die von Siedlungsdruck auf naturnahe Flächen und Mangel an Wohnraum im Besonderen betroffen ist.

2 Rechtliche Einordnung

2.1 Beschleunigtes Verfahren für die Innenentwicklung

Die Einführung des § 13a BauGB erfolgte durch die Innenentwicklungsnovelle 2007. Demnach können Bebauungspläne „für die Wiedernutzbarmachung von Flächen, die Nachverdichtung oder andere Maßnahmen der Innenentwicklung" im beschleunigten Verfahren aufgestellt werden. Die Voraussetzung ist, dass die zulässige Grundfläche insgesamt erstens weniger als 20 000 Quadratmeter oder zweitens 20 000 bis weniger als 70 000 Quadratmeter umfasst, sofern der Plan nach UVP-Vorprüfung keine erheblichen Umweltauswirkungen hat. Für die Aufstellung entsprechender Bebauungspläne ist die Lockerung verfahrensrechtlicher und materiell-rechtlicher Vorschriften vorgesehen. Hierzu gehören das mögliche Absehen von der frühzeitigen Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung, mehr Flexibilität bei der Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung (z. B. Beschränkung auf die „betroffene" Öffentlichkeit), der Verzicht auf Umweltprüfung und Umweltbericht sowie die Nichterforderlichkeit einer zusammenfassenden Erklärung. Zudem sind Abweichungen vom FNP möglich und lediglich eine nachträgliche Berichtigung des FNP erforderlich. Eine weitere Vereinfachung erfolgt für Bebauungspläne mit einer zulässigen Grundfläche von weniger als 20 000 Quadratmetern durch den sogenannten fingierten Eingriffsausgleich. Danach gelten „Eingriffe in Natur und Landschaft, die aufgrund der Aufstellung des Bebauungsplans zu erwarten sind, als im Sinne des § 1a Abs. 3 S. 6 BauGB vor der planerischen Entscheidung erfolgt oder zulässig", d. h., ein Ausgleich findet nicht statt. Tabelle 1 fasst diese Erleichterungen zusammen, anhand derer im weiteren Verlauf der Untersuchung eine Bewertung der Chancen und Risiken für die städtebauliche Entwicklung sowie der Relevanz für die Planungspraxis in den Fallbeispielen erfolgt.

Ausgeschlossen ist das beschleunigte Verfahren dann, wenn durch den Bebauungsplan die Zulässigkeit von Vorhaben begründet wird, die einer UVP-Pflicht unterliegen, Anhaltspunkte für eine Beeinträchtigung der Erhaltungsziele oder des Schutzzwecks von Natura 2000-Gebieten oder dafür bestehen, dass bei der Planung Aspekte des Störfallschutzes nach § 50 Satz 1 BImSchG zu beachten sind (§ 13a Abs. 1 S. 3 und 4 BauGB).

Tab. 1: Erleichterungen des beschleunigten Verfahrens (Quelle: eigene Bearbeitung)

Erleichterungen	Rechtsgrundlagen im BauGB
Verzicht auf frühzeitige Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung	§ 13a Abs. 2 Nr. 1 i.V.m. § 13 Abs. 2 Nr. 1
Flexibilität bei der Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung	§ 13a Abs. 2 Nr. 1 i. V. m. § 13 Abs. 2 Nrn. 2 und 3
Kein Umweltbericht/keine Umweltprüfung	§ 13a Abs. 2 Nr. 1 i. V. m. § 13 Abs. 3
FNP-Berichtigung	§ 13a Abs. 2 Nr. 2
Kein Eingriffsausgleich erforderlich	§ 13a Abs. 2 Nr. 4 BauGB

2.2 Einbeziehung von Außenbereichsflächen in das beschleunigte Verfahren

Durch die Einführung des § 13b BauGB wurde der Anwendungsbereich des beschleunigten Verfahrens nun auf Außenbereichsflächen zum Zwecke des Wohnungsbaus ausgeweitet. Grundlage hierfür ist die BauGB-Novelle vom 4. Mai 2017, deren weitere Inhalte sich auf die Umsetzung der UVP-ÄndRL 2014/52/EU (u. a. Fläche als neues Schutzgut der Umweltprüfung) sowie die Einführung der Baugebietskategorie „urbane Gebiete" (§ 6a BauNVO) beziehen. § 13b knüpft an die Regelung des § 13a BauGB an und dient dem Ziel, den Wohnungsbau zu erleichtern.

§ 13b BauGB sieht damit das beschleunigte Verfahren ebenfalls für Bebauungspläne im Außenbereich vor, sofern diese über eine Grundfläche von weniger als 10 000 m² verfügen. Diese Zahl bezieht sich auf den Anteil der Grundstücke, der von baulichen Anlagen überdeckt werden darf (vgl. § 19 Abs. 2 BauNVO). Verkehrsflächen und Flächen des Gemeinbedarfs gehören nicht zu den überbaubaren Flächen (Hofmeister, Mayer 2017a, 554). Die durch die Bebauungspläne tatsächlich in Anspruch genommene Fläche ist somit deutlich höher (Grotefels 2018, 323). Die Begründung für die Anwendbarkeit des beschleunigten Verfahrens liegt in der Schaffung von Flächen für die Wohnnutzung. Somit sind reine Wohngebiete (§ 3 BauNVO) eindeutig von § 13b BauGB umfasst, bei allgemeinen Wohngebieten (§ 4 BauNVO) ist die Anwendung fraglich (offengelassen BayVGH, Beschl. v. 04.05.2018). Nicht unter den Begriff der Wohnnutzung fallen jedenfalls Dorf-, Misch-, Kern- und urbane Gebiete (Grotefels 2018, 325; OVG Rh-Pf, Urt. v. 07.06.18 im Hinblick auf Mischgebiete). § 13b BauGB fordert darüber hinaus einen Anschluss an „im Zusammenhang bebaute Ortsteile". Hierbei handelt es sich um nach § 34 BauGB zu beurteilende Flächen (Innenbereich) oder bebaute Flächen, die nach § 30 Abs. 1 oder 2 BauGB zu beurteilen sind, d. h. Flächen im Geltungsbereich eines Bebauungsplans (Bundesregierung 2017, S. 47). Die Flächen nach § 13b BauGB

müssen sich an im Zusammenhang bebaute Ortsteile „anschließen". Dies lässt sich dem Wortlaut nach i. S. einer gemeinsamen Grenze an mindestens einer Stelle verstehen (mit Beispielen hierzu Arndt, Mitschang 2017, 741 ff.). Ein engeres Verständnis legt der Bayerische Verwaltungsgerichtshof zu Grunde: Eine im Verhältnis zur Gesamtgröße des neuen Baugebiets völlig untergeordnete gemeinsame Grenze reicht demnach nicht aus (BayVGH, Beschl. v. 04.05.2018).

2.3 „Kritische Würdigung" des § 13b BauGB

Die gesetzlich vorgesehenen Vereinfachungen bergen aus ökologischer Sicht und im Hinblick auf den Flächenverbrauch erhebliche Risiken (krit. zu § 13b z. B. Jacoby 2016, 178 f.; SRU 2017, UVP-Gesellschaft 2017a, 3 ff.; Wende 2019, 56 f.; BBN 2019). Diese ergeben sich grundsätzlich aus dem Widerspruch zum Ziel der Bundesregierung, die Innenentwicklung zu fördern und mit Fläche sparsam umzugehen (Bundesregierung 2018; Jehling et al. 2018). Auch scheint die Vereinfachung des Zugriffs auf den Außenbereich konträr zum Bedeutungszuwachs des Schutzgutes „Fläche" in der Umweltprüfung als eigenständigem Schutzgut (vgl. § 1 Abs. 6 Nr. 7 Buchst. a BauGB). Die Steuerungsfunktion des Flächennutzungsplans wird ausgesetzt, indem Abweichungen von diesem lediglich nachträglich zu berichtigen sind (vgl. § 13a Abs. 2 Nr. 1 BauGB). Durch die vereinfachte Siedlungsentwicklung an den Ortsrandgebieten werden ein „Ausfransen" der Siedlungskörper und die Zersiedelung der Landschaft befördert. Damit einher geht die Gefahr der Beeinträchtigung von Naturhaushalt und Landschaft im Außenbereich, die aufgrund des Entfallens einer strukturierten Umweltprüfung und der Eingriffsregelung nicht umfassend geprüft und ausgeglichen bzw. ersetzt werden. Denn auch wenn die fehlende Verpflichtung zur Durchführung der Umweltprüfung nicht von der Verpflichtung nach § 1 Abs. 7 BauGB entbindet, ökologische Belange im Rahmen der bauplanerischen Abwägung zu berücksichtigen, trägt die Umweltprüfung doch dazu bei, diese Verpflichtung auch verfahrensrechtlich abzusichern (Wickel 2011, 418). Durch das fehlende Ausgleicherfordernis besteht zudem die Gefahr einer (weiteren) Aushöhlung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung im städtebaulichen Kontext (Hofmeister, Mayer 2017b, 231). Ein normales Planaufstellungsverfahren ist für die Inanspruchnahme von Außenbereichsflächen bei Wohnraumbedarf ohne Weiteres möglich; insofern ist § 13b BauGB nicht erforderlich. Hinzu kommt, dass § 13b BauGB vor allem für Ein- und Zweifamilienhäuser in kleineren Gemeinden genutzt wird (Schmauck, Tautenhahn 2019; BMI 2019), in denen i. d. R. kein Wohnungsmangel herrscht und damit eine Siedlungsentwicklung befördert, die den Zielen des Flächensparens zuwiderläuft (Arndt, Mitschang 2017, 749). Dies kann im Hinblick auf den demographischen Wandel den Rückbaubedarf der Zukunft begründen (vhw, difu 2017, 14; Grotefels 2018, 330). Nicht zuletzt wird die Vereinbarkeit des § 13b BauGB mit der SUP-RL angezweifelt, wonach Bebauungspläne grundsätzlich einer Strategischen Umwelt-

prüfung unterliegen (UVP-Gesellschaft 2017b; Arndt, Mitschang 2017, 749; a. A. VGH München, Beschluss v. 09.05.2018).

3 Kommunale Planungspraxis

Doch welche Erfahrungen bestehen in der kommunalen Praxis mit den beschleunigten Verfahren im Innenbereich und im Außenbereich? Bei den Mitgliedskommunen des Planungsverbandes Äußerer Wirtschaftsraum München lassen sich Anwendungsfälle aufzeigen und diskutieren. Das Umland von München ist klar von einer Bevölkerungszunahme geprägt, die mit einer hohen Nachfrage nach Wohnraum einhergeht und somit die Kommunen vor die Aufgabe stellt, diesen bereitzustellen. Vor diesem Hintergrund bezieht sich die Fallauswahl auf kleinere Gemeinden, die als Wohnstandorte im Pendlerverflechtungsbereich liegen. Die Gemeinden sind damit beispielhaft für die Herausforderungen einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung in vielen suburbanen Räumen, da die Potenziale für die Innenentwicklung als gering einzuschätzen sind und seit vielen Jahren ein starker Fokus auf der Außenentwicklung liegt. Vier Anwendungsfälle werden im Folgenden vorgestellt und die planungspraktische Relevanz der Erleichterungen durch das beschleunigte Verfahren (Tab. 1) diskutiert, um anschließend auf die sich daraus ergebenden Chancen und Risiken einzugehen.

3.1 Innenentwicklung nach § 13a BauGB

3.1.1 Konversion

Erleichterungen	Wurden diese im Verfahren genutzt?
Verzicht auf frühzeitige Beteiligung	Ja, aber kein Zeitgewinn
Flexibilität bei der Beteiligung	Nein
Kein Umweltbericht/ Umweltprüfung	Ja, aber geringe Einsparung
FNP-Berichtigung	Ja
Kein Ausgleich erforderlich	Ja, mit Kostenersparnis

Abb. 1. Schaffung preisgünstigen Wohnraums auf einer Konversionsfläche nach § 13a BauGB (Quelle: DOP 20 © GeoBasis-DE/BKG 2019; Übersicht: eigene Bearbeitung)

Durch einen Erbfall steht für ein Grundstück im Innenbereich einer Gemeinde mit ca. 5 000 Einwohnern die Veräußerung an. Die Gemeinde, auf der Suche nach Flächen für bezahlbaren Wohnraum, erlässt eine Vorkaufsrechtssatzung nach § 25 BauGB und erwirbt das Grundstück. Durch den Gemeinderat erfolgt der Beschluss, die Fläche im Eigentum zu behalten, selbst zu bebauen und zu vermieten. Im Rahmen eines städtebaulichen Wettbewerbs erfolgt eine Planung für ca. 80 preisgünstige Wohneinheiten in einem durchgrünten, autofreien Areal, die nach § 13a BauGB umgesetzt wird (Abb. 1).

Das Bauleitplanverfahren ist noch nicht abgeschlossen. In diesem erfolgte keine frühzeitige Beteiligung, der Beschleunigungseffekt dieser Verfahrensvereinfachung kommt jedoch nicht zum Tragen, da aufgrund von Planänderungen im Verfahren eine zweite formelle Verfahrensrunde durchgeführt werden muss. Es wurde keine Umweltprüfung durchgeführt, allerdings erfolgte unter anderem eine Artenschutzprüfung. Dass kein Ausgleich für Eingriffe in Natur und Landschaft erforderlich ist (1 ha), wirkt sich mit einem insgesamt eingesparten fünf- bis sechsstelligen Betrag günstig auf die Kosten und damit letztendlich auf die Mietpreise aus, wenngleich sich die Ersparnis im Hinblick auf die Gesamtkosten für 80 Wohneinheiten relativiert.

3.1.2 Nachverdichtung

Erleichterungen	Wurden diese im Verfahren genutzt?
Verzicht auf frühzeitige Beteiligung	Nein
Flexibilität bei der Beteiligung	Nein
Kein Umweltbericht/ Umweltprüfung	Ja, aber Aufwand eher gering
FNP-Berichtigung	Nein, da nicht erforderlich
Kein Ausgleich erforderlich	Ja, aber Ausgleichsbedarf wäre gering

Abb. 2: Nachverdichtung im Bestand mit § 13a BauGB
(Quelle: DOP 20 © GeoBasis-DE/BKG 2019; Übersicht: eigene Bearbeitung)

Ein Eigentümer stellt bei einer Gemeinde eine Voranfrage für den Bau eines Doppelhauses mit zwei Doppelgaragen im Innenbereich (§ 34). Da dies mit einer hohen Versiegelung in dem bestehenden Einfamilienhausgebiet einhergehen würde, sieht die Gemeinde den Bedarf einer städtebaulichen Steuerung und fasst einen Aufstellungsbeschluss für

einen Bebauungsplan der „Innenentwicklung“ nach § 13a BauGB mit einher-gehender Veränderungssperre (§ 14 BauGB) (Abb. 2). Anstoß der Planung war eine Nachverdichtungsmaßnahme, die den städtebaulichen Zielen der Gemeinde nicht entsprochen hat. Ziel des Bebauungsplans war es somit, das nach § 34 mögliche Maß der baulichen Nutzung zu reduzieren. Auf Grundlage des Bebauungsplanes wurden bereits Nachverdichtungsmaßnahmen realisiert.

Trotz „beschleunigten“ Verfahrens erfolgten eine frühzeitige Beteiligung und zwei weitere Verfahrensrunden mit insgesamt 1,5 Jahren Verfahrensdauer. Umweltprüfung und Ausgleichsmaßnahmen für Eingriffe in Natur und Landschaft wurden nicht durchgeführt. Allerdings hätte ohne Bebauungsplan im Baugenehmigungsverfahren nach § 34 BauGB auch keine Ausgleichsverpflichtung bestanden (vgl. § 18 Abs. 2 BNatSchG).

3.2 Außenentwicklung nach § 13b BauGB

3.2.1 Arrondierung

Erleichterungen	Wurden diese im Verfahren genutzt?
Verzicht auf frühzeitige Beteiligung	Nein
Flexibilität bei der Beteiligung	Nein
Kein Umweltbericht/ Umweltprüfung	Ja, aber Aufwand gering
FNP-Berichtigung	Nein, da nicht erforderlich
Kein Ausgleich erforderlich	Ja, aber dennoch Ausgleich nach Waldrecht

Abb. 3: Günstiger Wohnraum auf Waldfläche am Ortsrand nach § 13b BauGB (Quelle: DOP 20 © GeoBasis-DE/BKG 2019; Übersicht: eigene Bearbeitung)

Aufgrund des Wohnungsmangels für Beschäftigte im Öffentlichen Dienst soll auf einer Fläche im Eigentum eines Landkreises Geschosswohnungsbau errichtet werden. Die bewaldete Fläche befindet sich planungsrechtlich im Außenbereich.

Das bereits vor sechs Jahren begonnene und nach § 13b weitergeführte Verfahren steht kurz vor dem Abschluss. Der Bauantrag wurde bereits gestellt. Es erfolgte eine frühzeitige Beteiligung und mindestens eine weitere Verfahrensrunde. Auf eine Umweltprüfung wurde verzichtet, eine Artenschutzprüfung fand statt. Auch wenn nach dem

bauleitplanerischen Verfahren kein Ausgleich nach der Eingriffsregelung für den Verlust des Waldes erforderlich ist, erfolgt dieser nach Landeswaldrecht.

3.2.2 Erweiterung Einfamilienhausgebiet

Eine Gemeinde erweitert ein kürzlich auf landwirtschaftlichen Flächen entstandenes Einfamilienhausgebiet um sieben Parzellen (4 DHH, 2 EFH, 1 MFH) durch einen Bebauungsplan nach § 13b BauGB mit einem 0,5 ha großen Geltungsbereich. Die Fläche in Ortsrandlage ist nur teilweise im FNP als zukünftige Wohnfläche dargestellt.

Es wurden eine frühzeitige Beteiligung sowie eine weitere formale Verfahrensrunde durchgeführt. Ein Eingriffs-Ausgleich mit einem geschätzten Ausgleichsflächenbedarf von ca. 0,3 ha und ein Umweltbericht wurden nicht durchgeführt. Der Satzungsbeschluss erfolgte nach acht Monaten Verfahrensdauer Anfang 2018. Der FNP wurde im Hinblick auf die Wohnnutzung entsprechend berichtigt.

Erleichterungen	Wurden diese im Verfahren genutzt?
Verzicht auf frühzeitige Beteiligung	Nein
Flexibilität bei der Beteiligung	Nein
Kein Umweltbericht/ Umweltprüfung	Ja, aber geringe Einsparung
FNP-Berichtigung	Ja
Kein Ausgleich erforderlich	Ja, obwohl hoher Bedarf

Abb. 4: Erweiterung eines Einfamilienhausgebietes am Ortsrand nach § 13b BauGB (Quelle: DOP 20 © GeoBasis-DE/BKG 2019; Übersicht: eigene Bearbeitung)

4 Chancen und Risiken der Beschleunigung

Anhand der Fallbeispiele lassen sich die Praxisrelevanz der Vereinfachungen und die damit verbundenen Chancen und Risiken des beschleunigten Verfahrens für eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung, besonders hinsichtlich der Berücksichtigung von Umweltbelangen, aufzeigen (Abb. 5).

Der Verzicht auf den Ausgleich sowohl bei der Innenentwicklung als auch im Außenbereich erscheint für die betrachteten Planungsverfahren von besonders hoher Bedeutung. Für die Innenentwicklung stellt dies insofern eine Chance dar, als Verdichtungsmaßnahmen oder Anpassungen des Bestandes an aktuelle Anforderungen erleichtert und somit Flächen im Außenbereich geschont werden, auch wenn dies im Einzelfall zu Lasten ökologisch wertvoller Flächen im Innenbereich gehen kann. Als Risiko ist die Nichtanwendbarkeit der Ausgleichsregelung im Außenbereich nach § 13b zu sehen. Hier zeigt die Praxis zwar, dass artenschutzrechtlicher und forstrechtlicher Ausgleich diese Lücke im Einzelfall zu einem gewissen Maß schließen können. Dies ist aber nicht immer der Fall, zumal die Schutzgüter der Eingriffsregelung auch umfassender sind. Am Beispiel Erweiterung des Baugebiets im Außenbereich wird das Risiko, bauliche Entwicklungen auf ökologisch wertvollen Freiflächen zu begünstigen und damit auf diese zu lenken, deutlich.

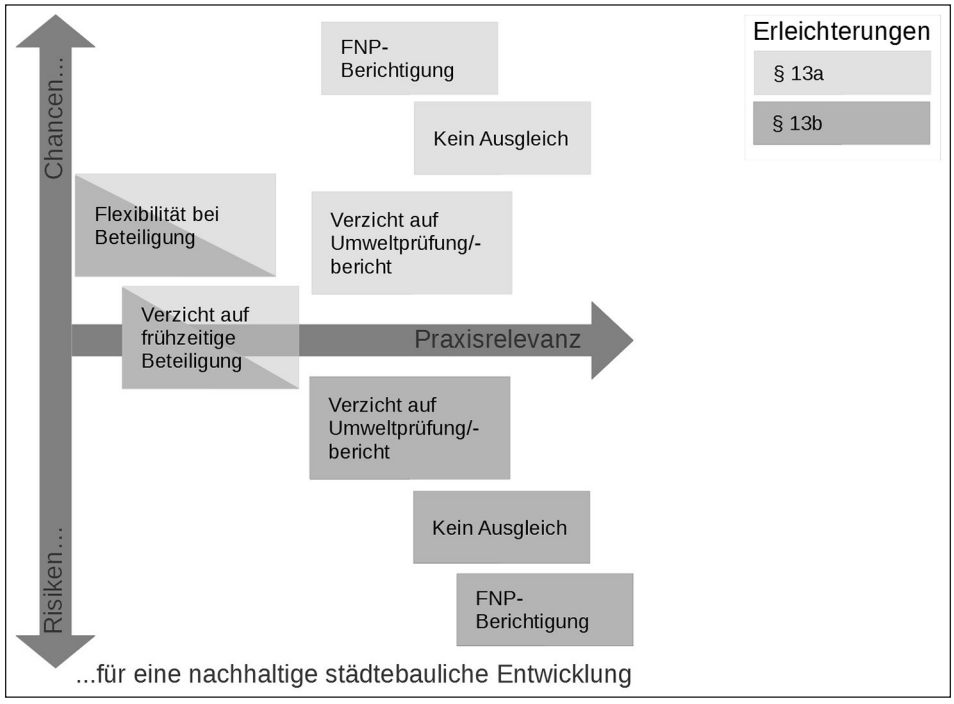


Abb. 5: Chancen und Risiken der § 13a und b BauGB für die kommunale Bauleitplanung (Quelle: eigene Darstellung)

Die Möglichkeit des § 13a, vom Flächennutzungsplan abzuweichen und diesen nachträglich zu berichtigen, wird ausgehend von den beschriebenen Erfahrungen als Chance gesehen, die Innenentwicklung zu stärken. Für den Außenbereich (vgl. § 13b) stellt dies allerdings ein besonderes Risiko dar. Der kurzfristige Vorteil einer Beschleunigung

erfolgt auf Kosten der strategischen Steuerung der städtebaulichen Entwicklung durch die Flächennutzungsplanung. In der gemeinsamen Betrachtung von Ausgleichsregelung und Berichtigung wird anhand der Fallbeispiele deutlich, dass die Erleichterungen, die in § 13a zu einer Förderung der Innenentwicklung angelegt waren, durch die Einbeziehung des Außenbereichs gemäß § 13b relativiert bzw. sogar konterkariert werden.

Der Verzicht auf die Umweltprüfung führt in der aufgezeigten Planungspraxis nur zu geringen zeitlichen und finanziellen Ersparnissen. Die Chance, damit die Innenentwicklung zu fördern, ist somit anhand der Beispiele als weniger bedeutend einzuschätzen. Der geringen Erleichterung steht im Außenbereich aus ökologischer Sicht ein grundsätzliches, als hoch einzuschätzendes Risiko gegenüber. Auch wenn artenschutzrechtliche Belange zu prüfen und Umweltbelange im Rahmen der planerischen Abwägung zu berücksichtigen sind, fehlt es an der Verpflichtung zu einer systematischen Ermittlung und Prüfung sämtlicher Umweltbelange. Zudem legt der vereinfachte Zugriff auf Ackerflächen für den Einfamilienhausbau einen Widerspruch zu den gesellschaftlichen Zielen einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung nahe. Die gezeigte Schaffung von bezahlbarem Wohnraum verlangt nach einer stärker nuancierten Bewertung und Abwägung zwischen ökologischen und sozialen Belangen.

Die frühzeitige Beteiligung wurde lediglich in einem Fall nicht durchgeführt, was allerdings keine Beschleunigung gebracht hätte. Bei der Option zur Flexibilisierung der Öffentlichkeitsbeteiligung wird deutlich, dass die reguläre Beteiligung gerade im Innenbereich mit einer Vielzahl potenziell betroffener Eigentümer- und Nutzerinteressen aus politischen Gründen als sinnvoll erachtet und die Erleichterung als solche nicht wahrgenommen wird. Der Verzicht auf die Beteiligung zeigt sich daher als kaum relevant für die Praxis. Chancen und Risiken der Regelung für die Innen- und Außenentwicklung sind somit nicht direkt erkennbar.

5 Diskussion und Fazit

Anhand der Beispiele aus dem Großraum München kann gezeigt werden, dass die planungsrechtlich vorgesehenen Vereinfachungen für Verfahren nach § 13a und § 13b BauGB zwar inhaltlich die gleichen sind, jedoch im Rahmen der Innenentwicklung und der Außenentwicklung sehr unterschiedlich wirken. Beim Verfahren nach § 13b wiegen die Vereinfachungen deutlich schwerer als bei § 13a, da hier die beiden Hauptaspekte „Verzicht auf Ausgleich“ und „Berichtigung FNP“ stärker zum Tragen kommen. Denn während Flächen im Innenbereich meist ohnehin als Baufläche, wenn auch nicht immer entsprechend der nunmehr beabsichtigten Art der baulichen Nutzung dargestellt sind, stellen die Flächen im Außenbereich in der Regel landwirtschaftliche Flächen dar. Die FNP-Berichtigung betrifft damit den Kernaspekt der Flächennutzungsplanung, nämlich die Unterscheidung zwischen Siedlung und Freiraum. Mit diesen Risiken geht einher,

dass die Möglichkeit der nachträglichen FNP-Berichtigung den Gemeinden den Anreiz nimmt, den Neubedarf von Wohnflächen durch die Flächennutzungsplanung in die mittel- bis langfristigen Ziele der Siedlungsentwicklung mit einzubeziehen. Damit werden Kommunen ein Stück weit davon entbunden, sich im Rahmen der Flächennutzungsplanung in der Öffentlichkeit transparent und langfristig hinsichtlich ihrer räumlichen Ziele zu positionieren.

Darüber hinaus ist der Ausgleichsbedarf bei den Bebauungsplänen nach § 13a BauGB aufgrund der teilweise bestehenden Vornutzung der Flächen häufig geringer, während bei Bebauungsplänen nach § 13b aufgrund der baulichen Neuinanspruchnahme von im Regelfall nicht verbauten und ökologisch wertvollen Flächen im Außenbereich ein vergleichsweise hoher Ausgleichsbedarf besteht. Daher kann festgehalten werden, dass die Einführung des § 13b zu einer deutlichen Erleichterung der Außenentwicklung führt, welche im Widerspruch zum Ziel des Vorrangs der Innenentwicklung steht (vgl. z. B. § 1 Abs. 5 S. 3 BauGB). Diese Erleichterung geht zulasten von Natur und Landschaft und den Zielen einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung insgesamt, auch wenn sie im Einzelfall sozialen Zielen, wie der Schaffung bezahlbaren Wohnraums, dient.

Über diese Einordnung der Fallbeispiele hinaus zeigt die Planungspraxis im Großraum München, dass die Verfahrensvereinfachungen oft nicht dazu führen, dass tatsächlich mehr geplant wird. Vielmehr werden bei ohnehin notwendigen Planungen Vergünstigungen „mitgenommen". In diesem Sinne sollte ausgehend von den aufgezeigten Chancen und Risiken und vor dem Hintergrund allgemeiner gesellschaftlicher Ziele kritisch hinterfragt werden, welche Planungen in den Genuss von Vereinfachungen kommen sollten. Dies betrifft Verfahren nach § 13a, insbesondere aber Außenentwicklungsprojekte nach § 13b.

6 Literatur

Arndt, M.; Mitschang, S. (2017): Bebauungspläne nach § 13b BauGB, ZfBR 2017: 737-749.

BauGB – Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634).

BBN – Berufsverband Beruflicher Naturschutz e. V. (2019): Positionspapier. Abschaffung des § 13b BauGB.

BMI – Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2019): Zusammengefasste Ergebnisse der Länderabfrage zu § 13b BauGB. 5.8.2019. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/nachrichten/Handlungsempfehlungen-Baulandkommission.html (Zugriff: 01.09.2019).

Bundesregierung, Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie 2014/52/EU im Städtebaurecht und zur Stärkung des neuen Zusammenlebens in der Stadt, 23.01.2017. BT-Drs. 18/10942.

Bundesregierung (2018): Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 19. Legislaturperiode.
https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf?download=1 (Zugriff: 01.09.2019).

Grotefels, S. (2018): Bebauungspläne nach § 13b BauGB versus Boden- und Flächenschutz? In: UPR 2018: 321-330.

Hofmeister, A.; Mayer, C. (2017a): Die Erstreckung des beschleunigten Verfahrens auf die Überplanung von Außenbereichsflächen für Wohnnutzungen gemäß § 13b BauGB 2017 – Anwendungsvoraussetzungen, Rechtsfolgen und ausgewählte Anwendungsprobleme. In: ZfBR 2017: 551.

Hofmeister, A.; Mayer, C. (2017b): Bebauungsplanung im Außenbereich ohne Umweltprüfung und Eingriffsausgleich? – Eine rechtliche Analyse der Anwendungsvoraussetzungen und umweltrelevanten Rechtsfolgen der neuen Verfahrensregelung des § 13b Baugesetzbuch. In: UVP-report 31: 224-233.

Jacoby, C. (2016): BauGB-Novelle untergräbt Nachhaltigkeitsziel des Flächensparens. In: UVP-report 2016: 178-179.

Jehling, M.; Meinel, G.; Michel, C. (2018): Institutionelle Landschaft der Flächenpolitik: Strukturierung und Konzeption eines Wissensportals. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 76: 35-46.
https://rhombos.de/shop/buecher/flachennutzungsmonitoring-x.html
(Zugriff: 02.09.2019).

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 94 (8): 346-52.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2017): Stellungnahme des SRU zu dem Gesetzentwurf der Bundesregierung „Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie 2014/52/EU im Städtebaurecht und zur Stärkung des neuen Zusammenlebens in der Stadt", Berlin, 15. Februar 2017.

UVP-Gesellschaft e. V. (2017a): Paukenschlag durch überarbeiteten Entwurf der BauGB-Novelle – Stellungnahme der UVP-Gesellschaft.

UVP-Gesellschaft e. V. (2017b): Beschwerde gegen Verstoß gegen das EU-Recht, Paderborn, den 15.9.2017.

vhw; Difu – Bundesverband für Wohnen und Stadtentwicklung e. V.; Deutsche Institut für Urbanistik (Hrsg.) (2017): Bodenpolitische Agenda 2020-2030 – Langfassung.
https://difu.de/sites/difu.de/files/archiv/presse/download/2017-10-16_difu-vhw-roadmap-bodenpolitik.pdf (Zugriff: 02.09.2019).

Wende, W. (2019): Das Leitbild der doppelten Innenentwicklung – Verdichtetes Bauen und Baulückenbebauung versus lebenswerte Umwelt und Naturschutz? In: Mengel, A. (Hrsg.): Naturschutzrecht und Städtebaurecht: 48-58.

Wickel, M. (2011): Klimaschutz und Städtebau. Das Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung von Städten und Gemeinden, In: UPR 11+12/2011: 416-421.

Flächenmanagement

Flächenmanager Regionalplanung – Zur Wirksamkeit von regionalen Steuerungsansätzen für eine flächensparende Siedlungsentwicklung

Nina Wahrhusen

Zusammenfassung

Insbesondere in verdichteten Stadtregionen steht eine steigende Wohn- und Gewerbeflächennachfrage dem Nachhaltigkeitsziel der Reduktion der Flächenneuinanspruchnahme gegenüber. Die aktuelle Expansion der Städte erfordert regionale Lösungen zur Steuerung der Siedlungsentwicklung im Sinne eines nachhaltigen Flächenmanagements mit dem Ziel, das Leitbild kompakter, umweltverträglicher Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext zu verwirklichen. Die Regionalplanung verfügt dazu über ein relativ ausgefeiltes Instrumentarium. Optimierungsbedarf besteht bei den Festlegungen zur quantitativen Steuerung der Flächenneuinanspruchnahme. Ein Umsetzungsdefizit der regionalplanerischen Vorstellungen auf lokaler Ebene ergibt sich vor allem aufgrund fehlender Akzeptanz für flächensparende Siedlungsstrukturen bei Bevölkerung, Unternehmen und Politik.

1 Einführung und Hintergrund

Viele (Groß-)Städte in Deutschland sehen sich aufgrund der derzeit hohen Zuwanderung mit einem ansteigenden Siedlungsdruck konfrontiert (Milbert 2017). Insbesondere Zentren in verdichteten Stadtregionen können der Nachfrage nach Flächen für Wohn- und Gewerbebau häufig nicht mehr auf ihrem eigenen Stadtgebiet gerecht werden. Es sind daher zunehmend regionale Lösungen erforderlich, um eine bedarfsgerechte Siedlungsentwicklung zu gewährleisten. Gleichzeitig ist das nationale Ziel der Reduktion der Flächenneuinanspruchnahme auf 30 Hektar pro Tag bis 2020 bzw. unter 30 Hektar bis 2030 zu verfolgen (Die Bundesregierung 2002, 99; Die Bundesregierung 2017, 159). Zwar gehen infolge vielfältiger Anstrengungen und flächenpolitischer Aktivitäten die Wachstumsraten der täglichen Flächenneuinanspruchnahme für Siedlung und Verkehr seit 2000 zurück. Dennoch lag der Entwicklungstrend im Vierjahresmittel 2013 bis 2016 mit 62 Hektar pro Tag noch deutlich über dem angestrebten Ziel von 30 Hektar (UBA 2017).

Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen des Forschungsvorhabens „Kompakte, umweltverträgliche Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext – Potenziale, Hemmnisse und Handlungsansätze einer integrierten Siedlungs- und Verkehrsplanung im Zusammenhang von Stadt und Region (KuSirK)“ des Umweltbundesamtes anhand

von vier Fallstudien Erfolgsfaktoren und Hemmnisse bei der Umsetzung dieses Leitbildes identifiziert. Dazu werden kompakte, umweltverträgliche Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext zunächst anhand qualitativer Kriterien (Tab. 1) definiert und im Anschluss mit den Festlegungen des jeweiligen Regionalplans verglichen. Des Weiteren werden ergänzende formelle wie informelle Instrumente auf ihren Beitrag zur Umsetzung des Leitbildes analysiert. Neben der Auswertung von Plandokumenten kann auf intensive Expertengespräche mit regionalen und kommunalen Akteuren der städtisch geprägten Regionen zurückgegriffen werden, um Umsetzungsdefizite und Entwicklungsbedarfe der regionalen Steuerungsansätze für flächensparende Siedlungsstrukturen aufzuzeigen. Diese sind die Grundlage für Handlungsvorschläge zur Modifizierung des regionalplanerischen Instrumentariums, um die Inanspruchnahme von Freiräumen für Siedlungszwecke zukünftig wesentlich zu verringern. In diesem Beitrag wird auf zwei Untersuchungsregionen und ihre Ansätze eines nachhaltigen Flächenmanagements eingegangen: die Region Münsterland und die Region Stuttgart.

Tab. 1: Zielsetzung in den Regionalplänen für eine kompakte, umweltverträgliche Siedlungsentwicklung im regionalen Kontext (Quelle: eigene Bearbeitung nach Bezirksregierung Münster 2014; VRS 2009)

Komponente der Definition	Region Münsterland	Region Stuttgart
Minimierung der Flächenneuinanspruchnahme	Z/G	Z/G
Anschluss neuer Siedlungsentwicklung an bestehende Siedlungsstrukturen	Z/G	(Z)
Begrenzung der Zersiedelung	Z/G	-
Effiziente Flächennutzung für Siedlungszwecke (Innen- vor Außenentwicklung)	Z/G	Z/G
Konzentration der Siedlungsentwicklung auf wenige geeignete Standorte (z. B. Zentrale Orte)	Z/G	Z/G
ÖV-System als punkt-axiale Grundstruktur regionaler Siedlungsentwicklung	G	Z/G
Siedlungsschwerpunkte mit Erreichbarkeitsvorteilen, insbesondere ÖV-Anschluss	(G)	G
Erhalt/Stärkung des leistungsfähigen reg. ÖV-Systems	Z/G	Z/G
Minimierung verkehrlicher Erschließung und Emissionen	G	G
Freihalten großräumig zusammenhängender Freiräume von Besiedelung	G	Z/G
Schutz der Funktionen (siedlungsnaher) Freiräume	Z/G	Z/G
Förderung gesunder Arbeits- und Lebensbedingungen	-	G
Z = Ziel der Raumordnung; G = Grundsatz der Raumordnung; () = Gültigkeit durch Landesweiten Raumordnungsplan		

2 Regionales Flächenmanagement durch Steuerung der Siedlungsentwicklung in der Region Münsterland und der Region Stuttgart

2.1 Zielsetzungen für eine flächensparende Siedlungsentwicklung in den Regionalplänen

Der Regionalplan Münsterland (2014) und der Regionalplan für die Region Stuttgart (2009) greifen mit ihren Aussagen eine Bandbreite an Aspekten auf, welche für die Entwicklung kompakter, umweltverträglicher Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext relevant sind. Es werden nahezu alle Komponenten des Definitionsansatzes ausdrücklich als Zielsetzung in den jeweiligen Festlegungen genannt (Tab. 1).

Leichte Unterschiede werden bei der Rechtsnormqualität der Vorgaben deutlich. Der Minimierung der Flächenneuinanspruchnahme kommt in beiden Dokumenten als Ziel der Raumordnung ein hoher Stellenwert zu.

2.2 Eingesetzte Planelemente zur Steuerung der Siedlungsentwicklung

Der Einsatz von Planelementen zur Steuerung der Siedlungsentwicklung in der Region Münsterland und der Region Stuttgart erfolgt nach einem ähnlichen Muster. Unterschiede in der Ausgestaltung der Vorgaben zeigen sich erneut im Umfang sowie der rechtlichen Qualität (Tab. 2).

Eine regionale Standortsteuerung erfolgt in der Region Stuttgart durch „Entwicklungsachsen", welche das regionale Rückgrat der Siedlungsentwicklung bilden. Zudem dienen in beiden Regionen SPNV- bzw. ÖPNV-Haltepunkte als Schwerpunkte der Siedlungsentwicklung. Der Vorrang der Innenentwicklung ist ebenso zwingend zu beachten.

In der Region Münsterland wird die Siedlungsentwicklung maßgeblich durch eine Standortsicherung anhand gebietsscharf ausgewiesener Vorranggebiete für „Allgemeine Siedlungsbereiche" (ASB) sowie „Gewerbe- und Industrieansiedlungsbereiche" (GIB) gesteuert, innerhalb derer die Entwicklung von Baugebieten grundsätzlich zu vollziehen ist. Auch in der Region Stuttgart erfolgt eine differenzierte Siedlungskonzentration durch die Festlegung von Gemeinden mit verstärkter Siedlungstätigkeit als „Siedlungsbereiche" sowie die Darstellung von gebietsscharfen Vorranggebieten für „Schwerpunkte des Wohnungsbaus" und „Schwerpunkte Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen" innerhalb Erstgenannter.

Tab. 2: Planelemente zur Steuerung der Siedlungsentwicklung in der Region Münsterland und der Region Stuttgart (Quelle: eigene Bearbeitung nach Bezirksregierung Münster 2014; VRS 2009)

Steuerungsart	Region Münsterland	Region Stuttgart
Regionale Standortsteuerung	- Neue Siedlungsentwicklung an ÖPNV-Haltepunkten (G) - Vorrang der Innenentwicklung (Z)	- Entwicklungsachsen (Z) - Orientierung der Siedlungsentwicklung am SPNV (Z) - Vorrang der Innenentwicklung (Z)
Standortsicherung	- Allgemeine Siedlungsbereiche (ASB) (Z) - Gewerbe- und Industrieansiedlungsbereiche (GIB) (Z)	- Siedlungsbereiche (Z) - Schwerpunkte des Wohnungsbaus (Z) - Schwerpunkte für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungseinrichtungen (Z) - Schwerpunkte für Industrie und Logistik (Z)
Mengensteuerung	- Bedarfsnachweis für die Inanspruchnahme der ASB (Z) - Eigenentwicklung (G)	- Nachweis des Baulandbedarfs (Z) anhand von Orientierungswerten (G) - Eigenentwicklung (Z) - Bruttowohndichten (Z)
Negativ-planerische Standortsteuerung	- Multifunktionaler Gebietsschutz (Z/G) - Monofunktionaler Gebietsschutz (Z/G)	- Grünzäsuren (Z) - Multifunktionaler Gebietsschutz (Z/G) - Monofunktionaler Gebietsschutz (Z/G)
Z = Ziel der Raumordnung; G = Grundsatz der Raumordnung		

Neben der qualitativen Steuerung setzen die Regionen auf eine quantitative Begrenzung der räumlichen Entwicklung in den ausgewiesenen Siedlungsbereichen mittels eines verbindlichen Bedarfsnachweises für die Inanspruchnahme von Wohnbaufläche. Die angenommene zukünftige Bevölkerungsentwicklung stellt in beiden Regionen den Ausgangspunkt dar. Anhand dieser werden im Münsterland die künftigen Wohnbedarfe der jeweiligen Kommune zunächst durch die Regionalplanung ermittelt und durch landesplanerisch vorgegebene, nach Gemeindegrößenklassen differenzierte Siedlungsdichten in Flächenbedarfe umgesetzt, auf deren Grundlage die ASB im Regionalplan dargestellt werden. Die Inanspruchnahme dieser im Rahmen der Bauleitplanung bedarf dann des Nachweises auf Basis aktueller Berechnungsgrundlagen zum demografischen Wandel. Die Siedlungsdichten sind für die Bauleitplanung nicht verbindlich. In der Region Stuttgart sind die Kommunen für den Nachweis ihrer Bedarfe an neuen Wohneinheiten (WE) zuständig. Von der Regionalplanung wird dazu ein Orientierungswert (0,3 % der WE pro Jahr) vorgegeben. Dieser ist als Anhaltspunkt zu verstehen, welcher in einer detaillierten, fachlichen Auseinandersetzung mit den lokalen Rahmenbedingungen (demografische, strukturelle, städtebauliche Besonderheiten, verfügbare Baulücken und Flächenreserven etc.) abgestimmt wird. Die Region Stuttgart hat des Weiteren gestaffelte Bruttowohndichten verbindlich festgelegt, welche auf die neu zu erschließenden Wohnsiedlungen anzuwenden sind.

Die Siedlungstätigkeit in Gemeinden außerhalb der Siedlungsbereiche wird in beiden Regionen auf das Maß des Eigenbedarfs beschränkt. In der Region Stuttgart ist für die Eigenentwicklung ebenfalls ein Orientierungswert (0,2 % der WE pro Jahr) vorgegeben, welcher als Basis für die Bedarfsberechnung der Kommune dient. Auch hier gelten die Vorgaben zur Siedlungsdichte. Der Regionalplan Münsterland enthält keinen konkreten Bezugswert für das Maß der Eigenentwicklung.

Zudem erfolgt eine negativ-planerische Steuerung der Siedlungsentwicklung durch Planelemente zum Schutz des Freiraums vor Besiedelung. „Grünzäsuren" sollen in der Region Stuttgart ein Zusammenwachsen von Siedlungen verhindern.

3 Erfolgsfaktoren und Hemmnisse bei der Umsetzung der regionalplanerischen Siedlungskonzeptionen

3.1 Erfolgsfaktoren einer flächensparenden Siedlungsentwicklung im regionalen Kontext

Das im Hinblick auf die Entwicklung kompakter, umweltverträglicher Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext ausgereifte formale Instrumentarium der Regionalplanung stellt eines der größten Potenziale für die Umsetzung einer flächensparenden Siedlungsentwicklung dar. Es wird ein qualitativer wie quantitativer, positiv- wie negativplanerischer Instrumentenmix eingesetzt. Als vorteilhaft hat sich das landesweit obligatorische, ergänzende Instrument des systematischen Siedlungsflächenmonitorings in der Region Münsterland zur Erfassung der tatsächlichen Flächennutzung und deren Veränderung erwiesen. Dieses erleichtert die Umsetzungskontrolle der regionalplanerischen Vorgaben.

Wesentlichen Erfolgsfaktor für eine flächensparende Siedlungsentwicklung stellt auch das Bewusstsein und Engagement sowohl bei den regionalen als auch den kommunalen PlanerInnen dar. Als förderlich genannt wurden ebenenübergreifende Austauschformate zwischen einerseits Planungsakteuren untereinander, andererseits zwischen den Planenden und den politischen Akteuren.

In den teilräumlichen Untersuchungsbereichen der Regionen wurde zum Teil eine „starke" Stellung der Regionalplanung mit konsequenter Durchsetzungskraft als Vorteil bei der Umsetzung der Vorgaben zu flächensparenden Siedlungsstrukturen benannt oder im Zusammenhang mit interkommunalen Konflikten sogar im Sinne eines Durchgreifens gefordert. Dies verdeutlicht noch einmal die Bedeutung der regionalen Ebene für die Steuerung einer nachhaltigen, flächensparenden Siedlungsentwicklung.

Bundeslandspezifische Organisations- und Verfahrensregelungen bieten ebenfalls Potenziale. So ermöglicht die Konstitution der Region Stuttgart als Regionalverband mit direkt gewähltem Regionalparlament eine Regionalpolitik durch eigenständige

regionale Gremien, welche in geringerem Maß von kommunalpolitischen Interessen der gewählten VertreterInnen beeinflusst wird. Hinsichtlich der Umsetzung der regionalplanerischen Vorgaben hat sich im Münsterland ein zweistufiges Verfahren zur Beteiligung der Regionalplanungsbehörde bei der Aufstellung eines Bauleitplans (vorgezogene und formelle Beteiligung) als praktikabel erwiesen. Diese Vorgehensweise fördert die Einhaltung der Ziele der Raumordnung wie einer flächensparenden Siedlungsentwicklung in der kommunalen Bauleitplanung.

3.2 Hemmnisse einer flächensparenden Siedlungsentwicklung im regionalen Kontext

Wenngleich das regionalplanerische Steuerungsinstrumentarium mit seinem restriktiven standörtlichen Steuerungsansatz eines der größten Potenziale für die Entwicklung flächensparender Siedlungsstrukturen darstellt, werden vereinzelt Defizite bei der Umsetzung dieser Zielsetzung in die konzeptionelle Vorstellung zur Siedlungsstruktur und den verwendeten Planelementen deutlich. Insbesondere bei der Beschränkung der Flächenneuinanspruchnahme sowie der Forcierung einer kompakten Siedlungsstruktur mit erhöhten Dichten zeigt sich ein Ausgestaltungsspielraum. Quantifizierte Vorgaben zum Flächensparen in Ableitung des 30-Hektar-Ziels werden bisher kaum getroffen. Die Berechnung der Bedarfsnachweise als Grundlage für die Siedlungstätigkeit in den Regionen Münsterland und Stuttgart erfolgt anhand einer Fortschreibung der zurückliegenden Entwicklung der Bevölkerung bzw. Wohneinheiten. So wird, insbesondere in Gemeinden mit rückläufiger Bevölkerungsentwicklung und abnehmenden Wohnbedarfen, die Flächenneuinanspruchnahme zwar reguliert, jedoch nicht im Sinne des 30-Hektar-Ziels angepasst. Insbesondere in Anbetracht dessen, dass 2017 quantifizierte Vorgaben zum Flächensparen als mögliche Festlegung in Raumordnungsplänen im Raumordnungsgesetz (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG) verankert wurden, besteht hier zumindest Handlungspotenzial.

Größtes Hemmnis im Rahmen des regionalen Flächenmanagements ist ein fehlendes Bewusstsein bzw. eine geringe Akzeptanz der Bürgerschaft, Unternehmen und der politischen Akteure für flächensparende Siedlungsstrukturen. Trotz einer zunehmend regional geprägten Lebensweise, in der Wohnen, Arbeiten, Einkaufen etc. an unterschiedlichen Standorten stattfinden, ist die Sicht sowohl der Politik als auch der Bevölkerung stark lokal geprägt. Einerseits beeinflussen die EinwohnerInnen durch ihre Wohnwünsche (Eigenheime in Form von Ein- und Zweifamilienhäusern mit Garten) die Gestalt neuer Wohngebiete. Gleichzeitig werden höher verdichtete Strukturen im eigenen Umfeld abgelehnt. Neben der Stigmatisierung der Klientel des Geschosswohnungsbaus sind Befürchtungen über verkehrliche Auswirkungen oder Einflüsse auf das Stadt- und Landschaftsbild die häufigsten Gründe. Es besteht zudem eine gesteigerte Bereitschaft,

sich gegen Bauprojekte, insbesondere bei der Planung dichterer (Wohn)Baugebiete, zu engagieren.

Entsprechend wird auch in der Politik häufig eine wenig verdichtete Siedlungsstruktur angestrebt. Gerade in sich weniger dynamisch entwickelnden Regionen werden verfügbare Flächenreserven als wirtschaftlicher Faktor betrachtet, um die beschriebenen Wohnpräferenzen zu befriedigen. Kommunalpolitische Eigeninteressen hinsichtlich wohlhabender Bürger, Arbeitsplätze und entsprechender Steuereinnahmen sowie interkommunale Konkurrenzen um diese hemmen die Umsetzung flächensparender Siedlungsstrukturen. Dies spiegelt sich auch in einer zurückhaltenden interkommunalen Zusammenarbeit, vor allem im gewerblichen Bereich, wider. Auch bei Unternehmen spielen in den Fallstudienregionen verdichtete Siedlungsstrukturen bisher kaum eine Rolle. Es dominieren weiterhin flächenintensive Hallenbauten mit großen Parkflächen.

Ein weiteres Hemmnis stellen Spekulationen durch GrundstücksbesitzerInnen von unbebauten Flächen im Außenbereich, von Baulücken oder anderweitigen Potenzialen im Innenbereich dar. So können einerseits bereits durch die Regionalplanung gesicherte, unter dem Aspekt einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung geeignete Flächen, andererseits Innenentwicklungspotenziale nicht aktiviert werden.

4 Handlungsempfehlungen und Fazit

Die Regionalplanung erweist sich für die Implementierung von flächensparenden Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext als wichtiger Akteur, da sie die zentrale Schnittstelle und Ansprechpartner zwischen Land und Kommunen ist und ihr ein relativ ausgereiftes regionalplanerisches Instrumentarium zur Verfügung steht.

Dennoch bedürfen die Planelemente, insbesondere zur quantitativen Steuerung der Siedlungsentwicklung, einer Schärfung. Eine Konzentration der Siedlungstätigkeit in Orten mit zentralörtlicher Funktion und im Einzugsbereich von SPNV/ÖPNV-Haltepunkten sowie der Vorrang der Innenentwicklung im Sinne einer regionalen Standortsteuerung, sind als Ziele der Raumordnung zu verfolgen. Zur Vorbeugung von Spekulationen sollten Vorranggebiete für die Siedlungsentwicklung nur ausgewiesen werden, wenn diese regionalbedeutsam sind oder besondere Gründe vorliegen. Zielführender erscheint die weitgehende Aufgabe der regionalen Standortsicherung zugunsten einer kommunalen Standortsuche im Rahmen der (vorbereitenden) Bauleitplanung anhand regionalplanerisch festgelegter qualitativer Kriterien in Kombination mit Bedarfs- bzw. Schwellenwerten für die Ausweisung von (Wohn)Siedlungsfläche. Unabdingbar ist dabei ein verpflichtend zu erbringender kommunaler Bedarfsnachweis für den Umfang der Flächenneuinanspruchnahme, welcher im Genehmigungsverfahren geprüft wird. Auch für die Eigenentwicklung sollte ein konkreter Bezugswert definiert werden. Für alle Siedlungstypen sind darüber hinaus Vorgaben zu Siedlungsdichten in die Regionalpläne zu

integrieren, um eine effiziente Flächennutzung zu fördern. Eine Erhöhung der derzeit gängigen Werte ist empfehlenswert.

Allerdings stößt die Umsetzung einer effizienten Nutzung der Ressource Fläche durch verdichtete Siedlungsstrukturen und die aktive Begrenzung der Flächenneuinanspruchnahme auf lokaler Ebene häufig auf ein Akzeptanzdefizit und Widerstände in Bevölkerung und Politik. Angesichts fehlender Anreiz- und Umsetzungsinstrumente kommt informellen Aktivitäten zur Förderung flächensparender Siedlungsstrukturen eine große Bedeutung zu. Regionale Entwicklungskonzepte im Rahmen verstärkter regionaler und interkommunaler Kooperation bieten hier einen möglichen Ansatzpunkt. Des Weiteren sollten auch Maßnahmen zum Bewusstseinswandel bei politischen EntscheidungsträgerInnen sowie zur Sensibilisierung der Bevölkerung und Unternehmen ergriffen werden. Hier gilt es, unter anderem gute Beispiele für verdichteten Wohnungsbau zu kommunizieren. Solche weitergehende Aktivitäten bieten sich an, erfordern aber zusätzliche personelle und finanzielle Ressourcen.

Einen neuen Impuls könnte die vom nationalen Flächensparziel abgeleitete Kontingentierung der Flächenneuinanspruchnahme setzen. Dafür bedarf es allerdings verbindlicher, quantifizierter Ziele, welche über einen durch Bund und Länder ausgehandelten Verteilungsmechanismus bis zur kommunalen Ebene operationalisiert werden.

5 Literatur

Bezirksregierung Münster (2014): Regionalplan Münsterland. https://www.bezreg-muenster.de/zentralablage/dokumente/regionalplanung/regionalplan_muensterland/regionalplan_umweltbericht/regionalplan_muensterland.pdf (Zugriff: 05.10.2017).

Die Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin.

Die Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016. Kabinettbeschluss vom 11. Januar 2017. Berlin.

Milbert, A. (2017): Wie viel (Re-)Urbanisierung durchzieht das Land?. BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2017. Bonn.

UBA – Umweltbundesamt (2017): Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/3_abb_anstieg-suv_2018-08-06_0.pdf (Zugriff: 24.05.2019).

VRS – Verband Region Stuttgart (2009): Regionalplan für die Region Stuttgart vom 22.07.2009. https://www.region-stuttgart.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=16 01&token=0565aeb8c1aaa7f81b4f5b82b48f995452522653 (Zugriff:10.02.2017).

Nachhaltiges Flächenmanagement – Ein Ansatz für einen Gesamtbewertungsprozess vor Erstellung neuer Flächen außerhalb bestehender Siedlungen

Thilo Sekol

Zusammenfassung

Der Beitrag zeigt die Betrachtung der ökonomischen Aspekte bei der Ausweisung neuer Siedlungsgebiete außerhalb bestehender Siedlungsstrukturen auf und stellt einen Gesamtbewertungsprozess für Flächenerweiterungen als Modell für Baden-Württemberg vor. Dabei wird erläutert, inwieweit nachhaltiges Flächenmanagement unter dem Aspekt Wirtschaftlichkeit gesehen wird und eine Kommune wirtschaftlich agieren kann. Ferner wird diskutiert, ob ein neues Areal ganzheitlich als Investition angesehen werden kann. Flankierend wird über die derzeitige kommunale Finanzierung am Beispiel Baden-Württembergs gesprochen. Nach kritischer Würdigung der derzeitigen Rahmenbedingungen werden Umfrageergebnisse zur Thematik vorgestellt. Anschließend wird eine Gesamtprozessdarstellung für Flächenerweiterungen erläutert, welche die Aspekte Ökonomie, Demographie, Ökologie, Verkehr und das Umfeld berücksichtigt (bei Transparenz für Öffentlichkeit und Umfeld).

1 Ausgangslage

Der Flächenverbrauch in Deutschland und die damit verbundenen Folgen sind Diskussionspunkte, welche weiterhin im politischen und wissenschaftlichen Diskurs stehen. Es wird davon ausgegangen, dass derzeit in Deutschland ca. 74 Hektar an Fläche pro Tag zusätzlich in Siedlungs- und Verkehrsfläche umgewandelt werden (Vorhof 2015). Andere Quellen sprechen von einem Anstieg von ca. 58 Hektar pro Tag (Umweltbundesamt 2019). Die Gründe können derzeit jeden Tag in den Medien vernommen werden: mangelnder Wohnraum in Verdichtungsräumen, Schwarmstädte, gestiegener Wohnraumanspruch, Konkurrenz unter den Gemeinden um Bürger und Gewerbe (Mönnich 2005, 32-46). Auch die Folgen sind bekannt: Verlust an landwirtschaftlichen Flächen, Reduktion der Flora und Fauna, hohe Kosten für Infrastruktur (Lexer, Linser 2005).

Die Bundesregierung hält derzeit weiterhin am strategischen Ziel der Reduktion des täglichen Flächenverbrauchs bis zum Jahr 2030 fest (weniger als 30 Hektar pro Tag). Dabei stellt es sich derzeit als schwierig dar, wenn der derzeitige Status in der o. a. Aussage dazu reflektiert wird. Über die Wirtschaftlichkeit von Flächenerweiterungen gibt es eine hohe Anzahl an Publikationen und wissenschaftlichen Untersuchungen, insbesondere aus den USA (Reidenbach 2010).

Auch in Deutschland existieren zahlreiche Untersuchungen und Modelle, welche die fiskalischen Wirkungen von Flächenexpansionen analysiert haben. Was allerdings fehlt, ist ein homogener Verfahrensablauf, welcher die diversen Blickwinkel der Thematik berücksichtigt und der Forderung gerecht wird, das Zusammenspiel aller damit verbundenen Akteure zu berücksichtigen (Preuß, Floeting 2009, 172-173). Es stellt sich somit die Frage, wie ein standardisierter Gesamtprozess für Flächenerweiterungen aussehen könnte, der Konflikte besser in Einklang bringt, transparent und verbindlich eine Basis für weitere Entscheidungen in Kommunen darstellt und nicht die kommunale Selbstverwaltung berührt. Dazu sollen die folgenden Erläuterungen einen Beitrag leisten.

2 Die Entwicklung der Nachhaltigkeit bei Flächenexpansionen

Der Nachhaltigkeitsbegriff stammt aus der Forstwirtschaft und hatte die Idee, Erträge aus der Waldbewirtschaftung langfristig sicher zu stellen (von Carlowitz 2009). Dieses Konzept wurde 1972 in der United Nations Conference on the Human Environment aufgenommen, d. h. Umweltprobleme wurden auf internationaler Ebene angesprochen und erste Lösungsansätze diskutiert. Diese Ansätze wurden 1980 in der World Conversation Strategy (WCS) weiterentwickelt und zu globalen Strategien zum Erhalt der Natur und dem Umgang mit endlichen natürlichen Ressourcen ausgeprägt. 1983 erstellte die World Commission on Environment and Development (WCED) den Bericht „Our common future", der 1987 vollendet wurde und Themen identifizierte, die unter Berücksichtigung von Umweltaspekten bearbeitet werden sollten (darunter auch Siedlungspolitik). Im Jahre 1992 wurde durch die Agenda 21 die Thematik konkretisiert: angemessener Wohnraum für alle, verbessertes Siedlungsmanagement, Förderung nachhaltiger Flächennutzungsplanung und -bewirtschaftung, integrierte Umweltinfrastrukturversorgung, umweltverträgliche Energieversorgungs- und Verkehrssysteme in den Siedlungen, Siedlungsplanung und Siedlungsordnungspolitik in katastrophengefährdeten Gebieten, umweltverträgliche baugewerbliche Tätigkeit, Erschließung der menschlichen Ressourcen und Kapazitätsaufbau zu Gunsten der Siedlungsentwicklung (Di Giulio 2004). Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass nachhaltige Siedlungsentwicklung auf den drei Dimensionen basiert:

1. Soziale Nachhaltigkeit = gerechte und faire Verteilung von Siedlungsflächen,
2. Ökologische Nachhaltigkeit = umweltgerechte Infrastruktur und Erhalt von Natur- und Artenvielfalt in Verbindung mit Siedlungsentwicklungen,
3. Ökonomische Nachhaltigkeit = Sicherung von dauerhaftem Wohlstand ohne folgende Generationen zu belasten.

Konkret für die Kommunen münden diese drei Dimensionen in Brachflächenrevitalisierung, Innenverdichtung, schonendem Umgang mit der Verkehrsinfrastruktur und Rücklagen für den Erhalt zukünftiger Infrastruktur.

3 Die Kommune als wirtschaftliche Einheit

Wenn über Wirtschaftlichkeit gesprochen wird stellt sich grundsätzlich die Frage, ob eine Kommune als wirtschaftlich agierende Einheit angesehen werden kann. Das ökonomische Prinzip bedeutet, mit gegebenen Mitteln den größtmöglichen Nutzen oder aber einen Nutzen mit geringstmöglichem Ressourceneinsatz zu erreichen (Wöhe 1964). Dieses ökonomische Prinzip gilt auch für Kommunen, sofern es nicht den Zielen der Kommunalwirtschaft widerspricht, insbesondere seit dem neuen Gemeindewirtschaftsrecht (Notheis 2002). Auch findet sich in der Gesetzgebung ein Hinweis zum Wirtschaftlichkeitsgrundsatz, wie z. B. in Baden-Württemberg der § 77 GemO. Des Weiteren ist ein Betrieb eine planvoll organisierte und lokale Einheit, die versucht, mit bestehenden Mitteln (Produktionsfaktoren) eine Leistung zu erbringen, um Produkte (Güter und/oder Dienstleistungen) am Markt zu verkaufen (Wöhe 1964). Insofern kann die Kommune durchaus als handelnder Betrieb nach dem wirtschaftlichen Prinzip angesehen werden, wenngleich es Einschränkungen in der Gewinnmaximierung gibt. Diese skizzierten Theorien fanden in der liberalen, postfordischen bzw. unternehmerischen Stadt ihre Berücksichtigung (Belina und Schipper 2009). Das bedeutet: Während früher die Fürsorge um Infrastruktur und lokale Administration nationalstaatlicher Politik der Fokus war, ging in den 70er Jahren die Entwicklung durch vermindertes Wirtschaftswachstum, verstärkte Globalisierung und die Krise des Wohlfahrtsstaates tendenziell zum nationalen Wettbewerbsstaat über. Die „Stadt als Unternehmen" bedeutet: eine betriebswirtschaftliche Schwerpunktsetzung der Aufgaben und Leistungen und eine unternehmerische Orientierung hinsichtlich administrativer Prozesse. Die Kommune ist somit eine Einheit, die sich wie ein Unternehmen dem globalen Standortwettbewerb stellen muss (Holm 2009; Jessob 1997; Harvay 1989). Die Folgen sind eine Priorisierung von Standortpolitik, verstärktem Stadtmarketing, Privatisierung und Public-Private-Partnerships sowie neuen Formen der Regierung und der Leistungserbringung verbunden mit einer Ausrichtung der Verwaltung auf betriebswirtschaftliche Kriterien. Diese Ansätze mündeten im neuen kommunalen Steuerungsmodell (NSM) (Holtkamp 2008). Die Intention hierbei ist, dass die Politik Ziele definiert und die Verwaltung die wirtschaftliche Erledigung der Aufgaben durchführt. Dies führt zur Zusammenführung von Aufgaben- und Finanzverantwortung, einer Output-orientierten Steuerung mit klarer Produktorientierung und einer besseren Kontrolle durch die Politik mittels Controlling.

4 Die Betrachtung von Siedlungsflächen als Investition

Bei einer bedeutsamen Investition einer Kommune (z. B. in Baden-Württemberg) ist der § 12 Abs. 1 GemHVO zu berücksichtigen, der besagt, dass eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt werden muss. Es stellt sich die Frage, ob ein Siedlungsgebiet eine „Investition" ist. Investitionen werden in § 61, Nr. 21 GemHVO BW definiert als

eine Auszahlung für die Veränderung des Vermögens, welches der langfristigen Aufgabenerfüllung dient. Eine Veränderung des Vermögens wird in § 52 Abs. 3 GemHVO definiert. Demnach ist eine Investition eine Veränderung des Anlagevermögens, deren Gegenstand z. B. Kauf von bebauten/unbebauten Grundstücken oder Straßen, Schulen usw. sein kann. Auch Flächenerweiterung mit Ausbau kommunaler Infrastruktur und den damit verbundenen finanziellen Leistungen können als Investitionen angesehen werden, denn sie dienen der langfristigen Erfüllung für kommunale Aufgaben (Faiß et al. 1990). Aber wie ist dies bei der Ausweisung einer Fläche als Neubaugebiet? Hier scheint keine zwingende Veränderung des Anlagevermögens vorzuliegen, denn erst bei Infrastrukturkosten entstehen Anlagegüter und damit Investitionen. Eine Flächenexpansion insgesamt ist somit keine Investition. Damit greift keine Verpflichtung einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung i. S. d. § 12 Abs. 1 GemHVO.

5 Exkurs: Die kommunale Finanzierung am Beispiel Baden-Württembergs

Wenn über die Wirtschaftlichkeit von Flächen gesprochen wird, sollte vereinfacht erläutert werden, wie sich eine Kommune (z. B. in Baden-Württemberg) finanziert (vgl. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg 2012). Dabei werden weitere Einnahmen wie ggf. Beteiligungen an Stadtwerken, Abgaben und Beiträge der Vereinfachung halber ignoriert. Basis der kommunalen Finanzierung bildet die Bedarfsmesszahl (Abb. 1, Punkt 1), eine fiktive festgelegte Zahl des Landes. Sie zeigt auf, wie viele Mittel pro Einwohner im Jahr von der Kommune benötigt werden. Davon werden die Anteile der Steuerkraftmesszahl (Abb. 1, Punkt 2) abgezogen. Die Differenz aus Punkt 1 und 2 bildet die Schlüsselzahl (= Punkt 4 in Abb. 1), die ein „Zuschuss" des Landes an finanzschwache Kommunen ist. Kommunen, die keine Schlüsselzahl bekommen, werden als „abundant" bezeichnet und können sich somit allein aus der Steuerkraftmesszahl finanzieren.

Ist die Steuerkraftmesszahl < 60 % der Bedarfsmesszahl, wird der Anteil der Schlüsselzahl zu 100 % ausbezahlt, welcher die Steuerkraftmesszahl in Summe auf 60 % der Bedarfsmesszahl bringt. Ist die Steuerkraftmesszahl > 60 %, wird nur 70 % der Schlüsselzahl ausbezahlt. Die Auszahlung heißt Schlüsselzuweisung. Abbildung 2 zeigt diese zwei Szenarien. Durch das Vorgehen wird erreicht, dass die Kommune bei einer Steigerung der Steuerkraftmesszahl nie in gleicher Höhe die Steuerkraftsumme steigern kann, sondern wesentlich weniger Einnahmen verbleiben.

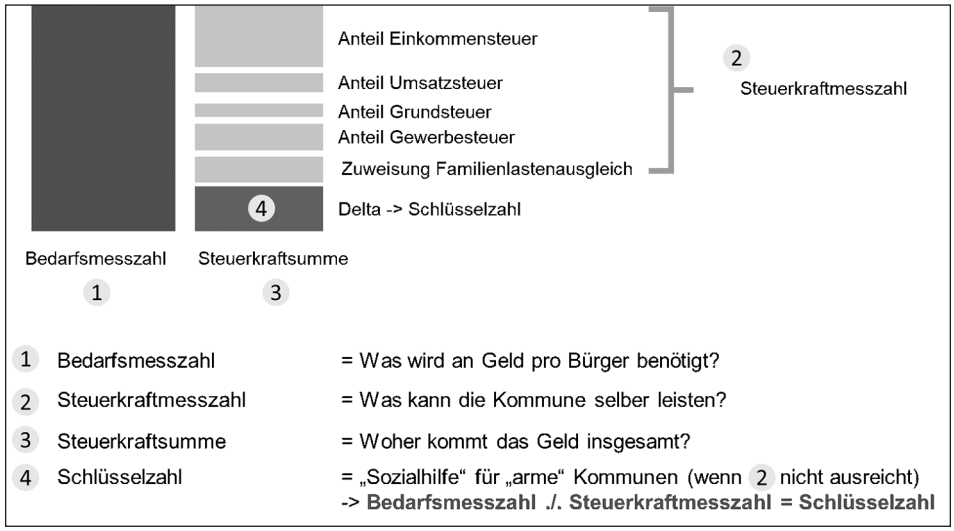


Abb. 1: Kommunale Finanzierung in Baden-Württemberg (Quelle: eigene Darstellung)

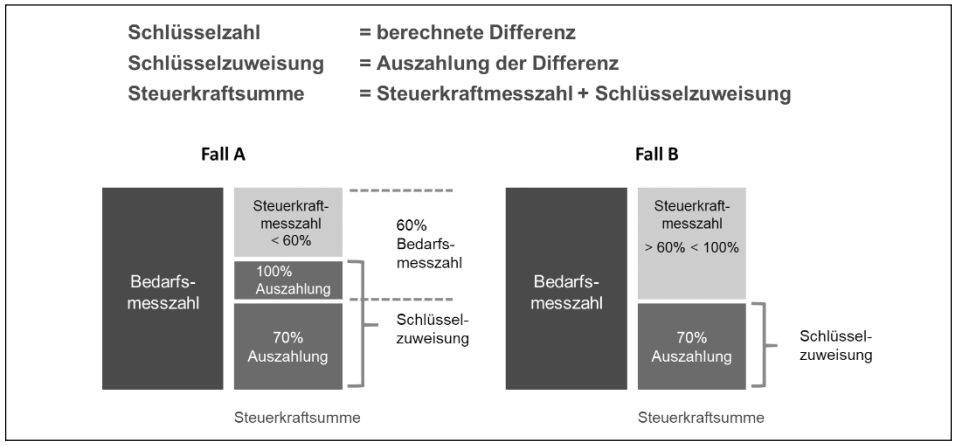


Abb. 2: Auszahlung von Schlüsselzuweisungen mit 2 Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)

6 Legale, ökonomisch und kommunikative Rahmenbedingungen

Bei der Betrachtung von (Siedlungs-)Flächenexpansionen gibt es diverse Rahmenbedingungen. Da sind zum einen die gesetzlichen Bestimmungen wie der Artikel 28 Abs. 2 GG, der Basis für die kommunale Selbstverwaltung ist. Hierbei entsteht aber ein Zielkonflikt mit „kommunalen, grenzüberschreitenden“ einheitlichen Lebensverhältnissen (Sozialstaatsprinzip), d. h., eine Kommune kann nicht unbedingt eigenständig alles entscheiden. In der Gemeindeordnung ist § 77 Abs. 2 GemO, der wirtschaftliches und

sparsames Handeln vorschreibt. Es existiert aber keine Legaldefinition was wirtschaftlich ist. § 90 Abs. 2 GemO verweist auf die Bildung von Rückstellungen und somit nachhaltiges Handeln (Aufwendungen, die in Zukunft anfallen, heute berücksichtigen). In der Gemeindehaushaltsverordnung ist es § 41 Abs. 2 GemHVO, der eine Ermessensentscheidung bzgl. „sonstigen Rückstellungen" vorgibt. Hierbei gibt es ebenfalls einen Zielkonflikt mit § 91 Abs. 2 GemO (pflegliche und wirtschaftliche Verwaltung des Vermögens, das bedeutet konkret Substanzerhalt und somit ggf. eine verpflichtende Rückstellungsbildung). § 12 Abs. 1 GemHVO schreibt eine Wirtschaftlichkeitsanalyse bei bedeutenden Investitionen vor, ist aber bei einer Siedlungsfläche, wie erwähnt, wirkungslos. Im Baugesetzbuch befindet sich § 1a Abs. 2 S. 1 BauGB, welcher vom sparsamen und schonenden Umgang mit Flächen spricht, aber keine expliziten Vorgaben macht.

Ein weiterer Aspekt ist, dass neue Bürger der Kommune Einnahmen verschaffen, aber auch Kosten verursachen. Nur ein kleiner Anteil bleibt für Erhalt und Investitionen (z. B. Straßen, Kanalisation usw.). Abb. 3 zeigt den Unterschied von Anspruch, Einnahmen, Kosten und verbleibenden Mitteln (= Ertrag). Dies wird in der kommunalen Planung meist wenig respektiert.

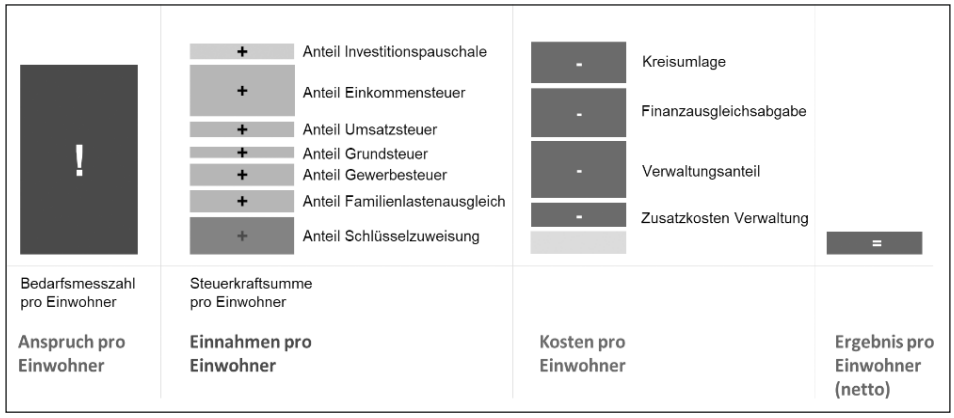


Abb. 3: Vergleich Anspruch, Einnahmen, Kosten und Ergebnis pro Einwohner (Quelle: eigene Darstellung)

Bezüglich Kommunikation ist zu erwähnen, dass bei der Aufstellung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen eine frühzeitige Berücksichtigung der Bürger vorgesehen ist. Dies wird u. a. durch § 3 Abs. 1 BauGB, § 25 Abs. 3 VwVfG bzw. §§ 27a und 73 VwVfG bestimmt. Eine gesetzliche Regelung erhöht aber weder eine Bürgerbeteiligung noch optimiert es den Zeitpunkt der Wahrnehmung (Obermayer, Funke-Kaiser 2014). Es gibt weder eine verbindliche (zeitliche) Verpflichtung zur Informationsbeteiligung der Öffentlichkeit noch eine Verpflichtung über wirtschaftliche Aspekte ausführlich und transparent zu informieren.

7 Ergebnisse der Umfrage

Eine Befragung aller 1 102 Kommunen in Baden-Württemberg, verbunden mit 31 Experten-Interviews aus unterschiedlichen Bereichen (Politik, Kommunen, Verwaltung, Beratung, Verbände, Wirtschaft, Umwelt, Verkehr), konzentrierte sich auf folgende Kernfragen wie die Bedeutung von nachhaltigem Flächenmanagement, die Rolle von Wirtschaftlichkeit bei der Entscheidungsfindung und die Beurteilung von einem homogenen Verfahrensablauf. Dabei kam u. a. heraus, dass 80,7 % der Kommunen die Vermeidung von Flächenexpansion außerhalb der Ortsgrenzen als gering bis nicht wesentlich ansehen. 51,1 % sehen den Stellenwert von wirtschaftlichen Betrachtungen als gering bis gar nicht beachtenswert an. Eine überwiegende Mehrheit von 48,5 % führt keine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei Flächenexpansionen durch, nur 6,2 % benutzen einen Folgekostenrechner. Die Interviews ergaben, dass grundsätzlich die Bedeutung des nachhaltigen Flächenmanagements als wichtiger Punkt erkannt wird. Die derzeitigen Verwerfungen auf dem Wohnungsmarkt werden aber auch gesehen. Eine Expansion in die Fläche unter bestimmten Gesichtspunkten scheint den Befragten gerechtfertigt, es sollten aber alle Möglichkeiten hinsichtlich Innenverdichtung ausgenutzt werden. Wirtschaftlichkeit wird meist nur kurzfristig gesehen oder bzw. nur unter dem Aspekt der Haushaltssanierung betrachtet. Eine Bewusstseinsänderung hinsichtlich Folgekosten muss verstärkt stattfinden. Siedlungsexpansion kann nicht nur unter wirtschaftlichen Aspekten betrachtet werden, denn es spielen auch z. B. soziale oder politische Aspekte eine Rolle. Die Idee eines standardisierten Gesamtbewertungsprozesses wurde von den Befragten positiv angesehen, sofern der Ablauf wenig Komplexität aufweist, die kommunale Selbstverwaltung nicht einschränkt und möglichst auch Aspekte berücksichtigt, die nicht unbedingt monetarisiert werden können (Umweltthemen, soziale Kosten). Es wurde erkannt, dass durch einen standardisierten Prozess das Bewusstsein und der Blickwinkel geschärft werden könnte.

8 Gesamtbewertungsprozess

Die o. a. Erkenntnisse führen zur Handlungsempfehlung eines Gesamtbewertungsprozesses für Flächenexpansionen. Grundsätzlich kann aus Prozesssicht die Entwicklung einer Kommune wie in Abbildung 4 dargestellt werden. Dabei ist die Bewertung von Flächenexpansion ein Teilprozess, der im Verfahrensablauf vor dem Bebauungsplanbeschluss erfolgen sollte (Abb. 5). Damit wäre eine homogene, offene und transparente Vorgehensweise erreicht.

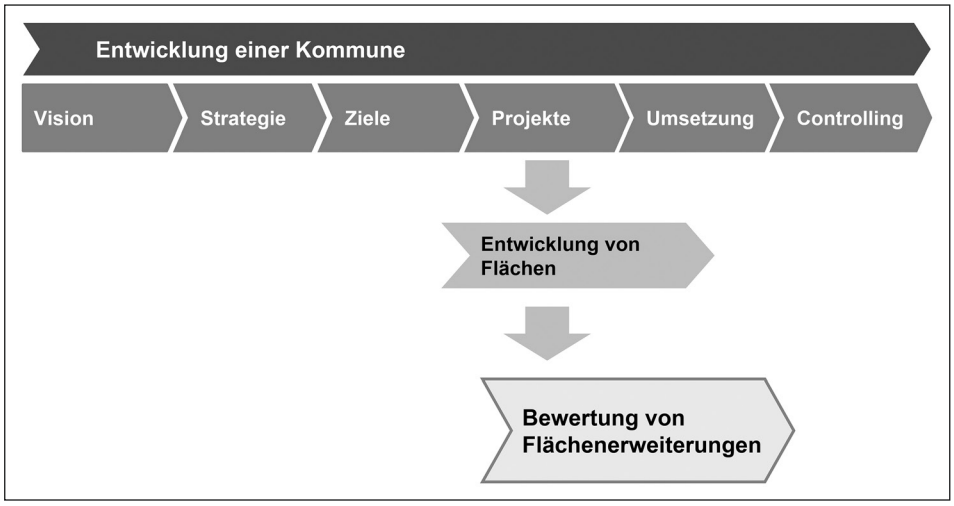


Abb. 4: Möglicher Prozessverlauf des Prozesses „Entwicklung einer Kommune" (Quelle: eigene Darstellung)

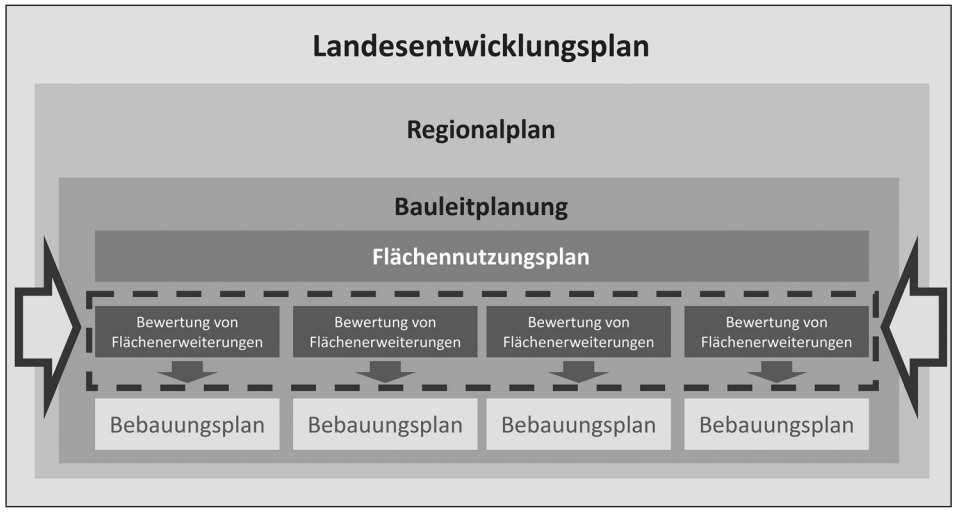


Abb. 5: Einbettung der Bewertung von Flächenerweiterungen in die Raumplanung von Baden-Württemberg (Quelle: eigene Darstellung)

Der Gesamtbewertungsprozess könnte wie in Abbildung 6 dargestellt ablaufen. Es gibt übergeordnete Prozesse, die bei der Entwicklung von Flächen außerhalb der bestehenden Ortsgrenzen durchlaufen werden müssen (Prozesse 01. bis 06.). Jeder dieser Prozesse hat Teilprozesse mit jeweiligen Bewertungen, d. h. z. B. beim Prozess Wirtschaftlichkeit (Prozess 02.) muss zunächst eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt (Prozess 02.01) und dann bewertet werden.

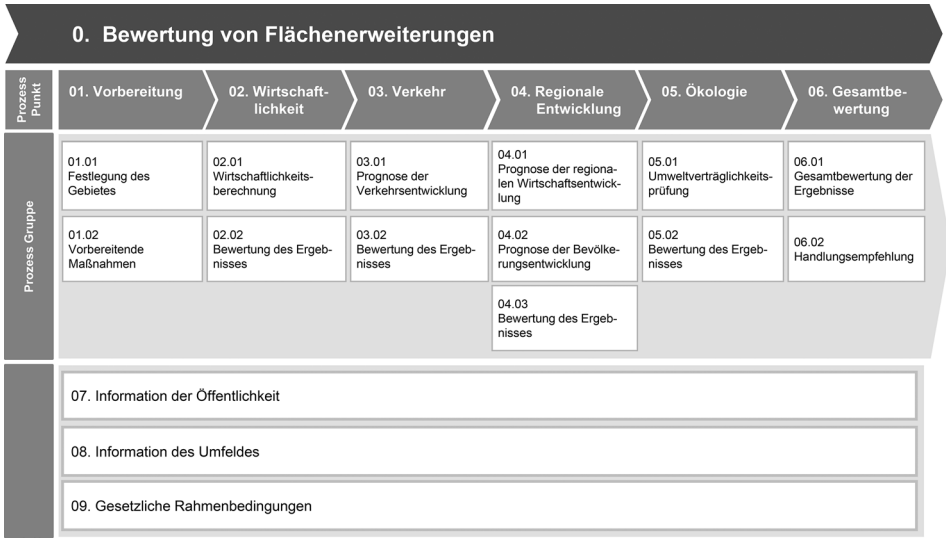


Abb. 6: Darstellung eines Gesamtprozessablaufs für die Bewertung von Flächenerweiterungen (Quelle: eigene Darstellung)

Eine Gesamtbewertung führt dann zu einem abschließenden Ergebnis mit Handlungsempfehlungen. Ergibt sich z. B. eine 100%ige positive Gesamtbewertung, sollte ein beschleunigtes Bebauungsverfahren durchgeführt werden, da jederzeit die Öffentlichkeit (Prozess 07.) und die Umgebung (Prozess 08.) informiert waren. Bei einer Gesamtbewertung von 0 % sollte das Verfahren abgeschlossen und nicht weiterverfolgt werden, da alle Teilprozesse negativ bewertet wurden. Dazwischen muss entweder vertiefend analysiert oder aber ein Konsens gefunden werden.

9 Fazit

Bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Siedlungsexpansionen bestehen rechtliche Hürden, um ein Siedlungsgebiet als eine Gesamtinvestition zu sehen. Es bedarf einiger Anpassungen in der Gesetzgebung. Widersprüchliche Gesetze sollten eliminiert, unbestimmte Rechtsbegriffe geklärt werden. Eine Verpflichtung zur Bildung von Rückstellungen zum Erhalt der Infrastruktur wäre von Vorteil, Bewusstsein für die langfristigen ökonomischen Auswirkungen sollte in Kommunen geschärft werden. Ein transparenter, homogener und verpflichtender Gesamtbewertungsprozess könnte helfen, Eskalationen zu vermeiden, eine verbesserte Datenlage kann zur Transparenz beitragen.

10 Literatur

Belina, B.; Schipper, S. (2009): Die neoliberale Stadt in der Krise? Anmerkungen zum 35. Deutschen Städtetag unter dem Motto „Städtisches Handeln in Zeiten der Krise". http://www.zeitschrift-marxistische-erneuerung.de/article/465.die-neoliberale-stadt-in-der-krise.html (Zugriff: 07.08.2019).

von Carlowitz, H. C. (2009): Sylvicultura Oeconomica oder haußwirthliche Nachricht und Naturgemäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht. Reprint der 2. Auflg. von 1732 (= Förstliche Klassiker Band 1), mit Vorwort von Bernd Bendix, Remagen-Oberwinter: Kessel.

Di Giulio, A. (2004): Die Idee der Nachhaltigkeit im Verständnis der Vereinten Nationen. Anspruch, Bedeutung und Schwierigkeiten. Münster: Lit.

Faiß, F.; Faiß, K.; Giebler, P.; Lang, M.; Schmid, H. (1990): Kommunales Wirtschaftsrecht in Baden-Württemberg, 5. neubearb. Auflage. Stuttgart: Richard Boorberg.

Harvay, D. (1989): From manageralism to enterpreneuralism: the transformation in urban governance in late capitalism. Geografiska Annaler (Series B, H. 71): 3-17.

Holm, A. (2009): Recht auf Stadt – Soziale Kämpfe in der neoliberalen Stadt. In: Gentrification Blog. Nachrichten zur Stärkung von Stadtteilmobilisierungen und Mieter/-innen kämpfen. https://gentrificationblog.wordpress.com/2009/07/29/recht-auf-stadt-soziale-kampfe-in-der-neoliberalen-stadt/ (Zugriff: 07.08.2019).

Holtkamp, L. (2008): Das Scheitern des Neuen Steuerungsmodells. In: Der moderne Staat, 2008 (2): 423-446. http://www.der-moderne-staat.de/texte/holtkamp_dms208.pdf (Zugriff: 07.08.2019).

Jessob, B. (1997): The Entrepreneurial City: Re-Imaging Localities. Redesigning Economic Governance, or Restructuring Capital? In Jewson, N.; MacGregor, S. (Hrsg.): Transforming Cities. Contested Governance and new Spatial Divisions. 28-41. London: Routledge.

Lexer, W.; Linser, S. (2005): Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Qualitative Lebensraumveränderung durch Flächenverbrauch. Studie im Rahmen der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie, Umweltbundesamt, Wien.

Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (2012): Die Gemeinden und Ihre Einnahmen. Stuttgart: Landesregierung Baden-Württemberg.

Mönnich, E. (2005): Ruinöse Einwohnerkonkurrenz. Eine Analyse von Suburbanisierungsproblemen am Beispiel der Region Bremen. Raumforschung und Raumordnung 63, 32-46.

Notheis, K. (2002): Wirtschaftliche Grundbegriffe. In Faiß, K.; Giebler, P.; Lang, M.; Notheis, K.; Schmid, H. (Hrsg.): Kommunales Wirtschaftsrecht in Baden-Württemberg. Systematische Darstellung zur Finanzwirtschaft der Kommunen. 7. Auflage, 27-31. Stuttgart: Richard Boorberg.

Obermayer, P.; Funke-Kaiser, M. (2014): VwVfG – Kommentar zum Verwaltungsverfahrensgesetz. Köln: Luchterhand.

Preuß, T.; Floeting, H. (Hrsg.) (2009): Folgekosten der Siedlungsentwicklung – Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen Betrachtung. Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band III. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.

Reidenbach, M.; Henckel, D.; Meyer, U.; Preuß, T.; Riedel, D. (2010): Neue Baugebiete: Gewinn oder Verlust für die Gemeindekasse – Fiskalische Wirkungsanalysen von Wohn- und Gewerbegebieten, 2. Aufl. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.

Umweltbundesamt (2019): Siedlungs- und Verkehrsfläche. https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#textpart-1 (Zugriff: 07.08.2019).

Vorhof, F. (2015): Deutschland verbraucht zu viel Land. Zeit-Online. http://www.zeit.de/wirtschaft/2015-03/flaechenverbrauch-nachhaltigkeit-umweltschutz (Zugriff: 07.08.2019).

Wöhe, G. (1964): Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 6. Auflage. Berlin: Vahlen.

Auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Flächennutzung in der Stadt und ihrem Umland – Ergebnisse des EU-Projektes LUMAT

Bernd Siemer, Karl Eckert, Uwe Ferber

Zusammenfassung

Unentwegt schreitet die Flächenneuinanspruchnahme voran und landwirtschaftliche Nutzfläche geht verloren. Alte und versiegelte Brachflächen sind Potenziale für eine Neuentwicklung, ohne landwirtschaftlichen Boden zu versiegeln. Zielstellung des Interreg-Projektes Land Use Management Agencies and Tools (LUMAT) ist ein effektives und nachhaltiges Umwelt- und Flächenmanagement in der Stadt-Umland-Beziehung. Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) und der Grüne Ring Leipzig konnten sich in einer Ausschreibung des europäischen Strukturförderprogramms Interreg CENTRAL EUROPE 2020 zur Verbesserung der Umweltqualitäten in funktionalen Stadtgebieten durchsetzen und bilden die deutsche Partnerschaft in dem internationalen Projekt.

1 Einführung

Böden haben eine bedeutsame Rolle bei der Erstellung und Sicherung der Lebensqualität in Stadt-Umland-Gebieten. Dennoch zerstört nach wie vor die Bodenversiegelung in Sachsen die natürlichen Funktionen des Bodens. Viele Flächen, die bereits entwickelt wurden, liegen heute brach und werden von der Gesellschaft nicht genutzt. Ein nachhaltiges Management von Boden mit Kompensationsmaßnahmen auf brachliegenden versiegelten Flächen und die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme sollen konsequent erfolgen. Mit dem LUMAT-Projekt werden Threats zum Bodenmanagement in der Pilotfläche Grüner Ring Leipzig kartiert und evaluiert. Durch die Zusammenstellung von boden- und umweltrelevanten Daten und das Management von den Interessen verschiedener Stakeholder sollen nachhaltiges Handeln und Flächennutzung in der Region weiter gestärkt werden.

Neben einer Berücksichtigung von Aspekten wie einer Beeinträchtigung und Zerstörung der natürlichen Umweltressourcen und einer nach außen wachsenden Inanspruchnahme des Freiraumes stellen sich auch wirtschaftliche und soziale Forderungen nach einer Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme hat im Freistaat Sachsen wie auch im gesamten Bundesgebiet, eine hohe Bedeutung.

In Sachsen existiert ein eigenes Flächensparziel. Welches mit dem Ziel des Bundes korrespondierendt. Die Landesregierung hat bereits im Jahr 2009 beschlossen, die

Flächenneuinanspruchnahme im Freistaat Sachsen auf < 2,0 ha/Tag (Bund 30 ha/Tag) bis zum Jahr 2020 zu reduzieren. Aktuell liegt die tatsächliche Flächeninanspruchnahme mit 4,5 Hektar pro Tag in Anspruch genommener Siedlungs- und Verkehrsflächen weit oberhalb dieses Zieles.

2 Pilotfläche Grüner Ring Leipzig

Der Grüne Ring Leipzig (GRL) ist ein interkommunaler Verbund der Stadt Leipzig mit seinen Umlandgemeinden. Im LUMAT wurde der GRL als Pilotfläche für die Erarbeitung eines integrierten Umweltmanagements auf der Stadt-Umland-Ebene ausgewählt. Vertreten in der Arbeitsgruppe GRL sind die folgenden Kommunen: Belgershain, Borsdorf, Böhlen, Brandis, Großpösna, Leipzig, Markranstädt, Markkleeberg, Pegau, Rackwitz, Schkeuditz, Taucha und Zwenkau sowie die zwei Landkreise Leipzig und Nordsachsen.

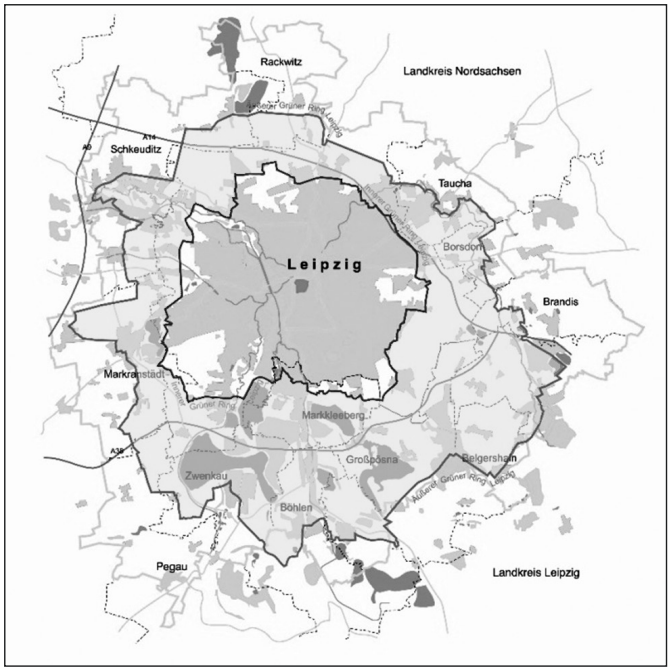


Abb. 1: Fläche des Grünen Ringes Leipzig (Quelle: Grüner Ring Leipzig 2017)

Diese Fragestellungen und Themenfelder wurden im LUMAT-Projektgebiet GRL gemeinsam bearbeitet:

- Welche Flächen erfordern ein integriertes und abgestimmtes Handeln?
- Wie kann der Grünanteil in hoch versiegelten Bereichen erhöht werden?
- Wie kann die Kompensation der neuen Bodenversiegelung nachhaltiger umgesetzt werden?

- Welche Informationen von Flächen sind für einen nachhaltigen Umgang mit Boden und Fläche notwendig?
- Schulung und Lehrgänge für den Aufbau und die Förderung von integrierten Denk- und Herangehensweisen für lokale und regionale Akteure und Fachplaner.
- Unterstützung von Planungsinstrumenten auf der Ebene des funktionellen und urbanen Stadtgebietes.
- Demonstrations- und Pilotprojekte durchführen.

3 Fachthemen Bodenbedrohungen

Böden und ihre ökologischen Funktionen sind in Stadt-Umland-Regionen durch intensive Flächennutzungen vielfältig bedroht. Für das Projekt wurde die Identifizierung der Bodenbedrohung durch die Einbindung ansässiger Stakeholder (mit einem kontinuierlichen Dialogprozess) im Gebiet durchgeführt. Die bestehende Information aus verschiedenen Planungsebenen und Informationsquellen wurde erfasst und ihre Verwendung für LUMAT-Ziele geprüft. Zum Beispiel wurden Daten des Bodenschutzes, der Raumplanung, der Ämter der Stadt Leipzig und des Freistaates Sachsen mit einbezogen.

3.1 Direkte und negative Einflüsse (Threats)

Mit der Kategorie „Threats" werden direkte und negative Einflüsse der nicht nachhaltigen Flächennutzung auf die Umgebung abgebildet: Urban Sprawl und Brachflächen. Brachflächen sind bebaute, teil- und vollversiegelte Flächen ohne Nachnutzung, die heute leerstehend und in einem ruinösen Zustand sind (CircUse 2013). Brachflächen beeinträchtigen die umgebende Nachbarschaft und zerstören die ökologischen Dienstleistungen, die von natürlichen Böden erbracht werden, z. B.: Habitatsfunktion, Wasser- und Stoffspeicher, Verdunstung, Abkühlung etc. Urban Sprawl beschreibt das Phänomen einer dispersen nach außen wachsenden Ausbreitung urbaner Flächen bei geringer Auslastung. Dadurch werden die natürlichen Funktionen des Bodens beeinträchtigt und zerstört. Durch Versiegelung werden z. B. die Auswirkungen auf die Wasserrückhaltefähigkeit sichtbar: Wasser kann nicht in den Boden infiltrieren, muss oberirdisch abfließen und wird nicht zurückgehalten. Weitere Folgen entstehen durch eine verminderte Grundwasserneubildung. Wasser steht in urbanen Flächen nur in verringertem Maße dem Standort zur Verfügung, die Abkühlungsfunktion wird vermindert.

3.2 Risikoflächen

Risikoflächen können erhebliche Konsequenzen für Mensch und Umwelt verursachen, wenn die Aktivitäten auf der Fläche nicht ihren Eigenschaften angepasst werden. Risikoflächen unterscheiden sich von Threats, indem es sich nicht um eine direkte und

präsente Bedrohung handelt, sondern mehr um negative Konsequenzen, die entweder durch ein fehlendes Bewusstsein oder eine Missachtung von Informationen entstehen können.

Risikofläche Überdüngung: Im Grünen Ring Leipzig existieren zahlreiche Flächen mit einer nur sehr geringen Grundwassergeschütztheit. Eine nicht angepasste Verteilung von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln auf diesen Risikoflächen führt zu einer Überdüngung. Das Grundwasser kann mit externen Stoffen kontaminiert werden.

Risiko Überwärmungsflächen: Ein hoher Versiegelungsgrad kann eine flächenhafte Überwärmung verursachen. Hohe Temperaturen sind eine Belastung für die Einwohner und kommen während windschwacher sommerlicher Hitzetage regelhaft zum Ausdruck. Diese Risikoflächen sollen in der Planung verstärkt Berücksichtigung finden und durch Maßnahmen minimiert werden. Eine Form der Minimierung kann die Entwicklung von urbanen Grünflächen auf Brachflächen sein.

3.3 Weitere Flächeninformation

Die Berücksichtigung von weiteren gebietsbezogenen Flächeninformationen ist notwendig für ein nachhaltiges Flächenmanagement. Hier werden diverse umweltrelevante Informationen in Betracht gezogen (Hochwassergefahr, potenzielle Bodenkontaminationen usw.). Je nach Lage können Flächen unterschiedliche Bedeutungen für eine nachhaltige Entwicklung der Region haben. Flächen in ländlich geprägten Gebieten werden nach den Prinzipien des nachhaltigen Flächenmanagements eher als wichtige natürliche und/oder landwirtschaftliche Flächen gesehen. Zum Beispiel soll eine weitere Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den Außenbereich vermieden werden. Eine Chance dafür besteht dann, wenn innerhalb der Siedlungsfläche ausreichende Potenziale zur Verfügung stehen. Die vorrangige Nutzung dieser Potenziale verringert eine Neuausweisung im Außenbereich und führt zu einer Aufbesserung des urbanen Umfelds.

4 Erfassung von Daten

LUMAT hat zusätzlich zu der Sammlung von Daten auf der Stadt-Umland-Ebene auch eine Erfassung und Evaluierung von relevanten Bodenbedrohungen organisiert. Fehlende Grundlageinformationen über Bodenbedrohungen, z. B. Brachflächen im ländlichen Bereich, wurden erarbeitet. Eine Neukartierung von Brachflächen des Umlandes der Stadt für die Identifizierung von vorhandenen Potenzialen der nachhaltigen Flächennutzung wurde durchgeführt. Die neuen Informationen wurden nach einer gemeinsamen Vorlage im Gebiet erfasst. So konnte eine reibungslose Einspielung der Informationen als Informationsgrundlage im LUMAT stattfinden. Eine Zusammenstellung der Vor-Ort-Erfassung ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Erkennbar ist die weitere Identifizierung von

Brachflächen, die bisher nicht im Raumplanungsinformationssystem Sachsen (RAPIS) als Brachfläche evaluiert waren und auch in der kommunalen IT-Umgebung nicht erfasst waren. Das LUMAT-Projekt hat die neu erfassten Daten an die Kommunen zwecks Validierung weitergegeben und abgestimmt.

Tab. 1: Ergebnisse der LUMAT vor-Ort-Erfassung von Brachflächen in den Gemeinden des Grünen Ringes Leipzig und der Vergleich mit dem Datenstand im Raumplanungsinformationssystem und kwis.net Portal des Freistaates Sachsen vor der vor-Ort Erfassung (Quelle: LfULG, 2019)

Gemeinde im GRL	Erfasste Brachflächen 2017 (ha)	Erfasste Brachflächen 2017 (Anzahl)	Brachflächen Stand RAPIS 2017 (Anzahl)	Brachflächen Stand KWIS.net 2017 (Anzahl)
Belgershain	2,4	4	0	0
Borsdorf	14,8	8	2	3
Böhlen	9,3	11	0	0
Brandis	106,5	18	7	4
Großpösna	3,2	5	4	2
Markranstädt	17,2	15	1	0
Markkleeberg	13	8	2	1
Pegau	3,6	11	7	5
Rackwitz	8,7	12	4	5
Schkeuditz	10,2	16	0	0
Taucha	25,8	16	16	18
Zwenkau	11,7	10	2	2
Gesamt	**226,4**	**134**	**45**	**40**

5 Das LUMAT-Tool: Integriertes Umweltmanagement

Ziel war es, ein integriertes Umweltmanagement im Grünen Ring Leipzig zu erreichen. Dazu wurde das LUMAT-Tool entwickelt. Im LUMAT-Tool wurden die LUMAT-Informationen miteinander verschnitten und zueinander in Beziehung gesetzt, um neue Kenntnisse der integrierten Umweltanalyse zu gewinnen. Das LUMAT-Tool ordnet die Wechselwirkungen unterschiedlicher Umweltthemen miteinander auf der Fläche ein und stellt Verbesserungsmöglichkeiten durch bodenrelevante ökologische Dienstleistungen heraus. Der resultierende Schritt ist die integrierte Bewertung der Informationen und die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für ein nachhaltiges Flächenmanagement. Die Wechselwirkungen von Threats und Bodeninformationen werden im Rahmen einer nachhaltigen Flächennutzung erkennbar.

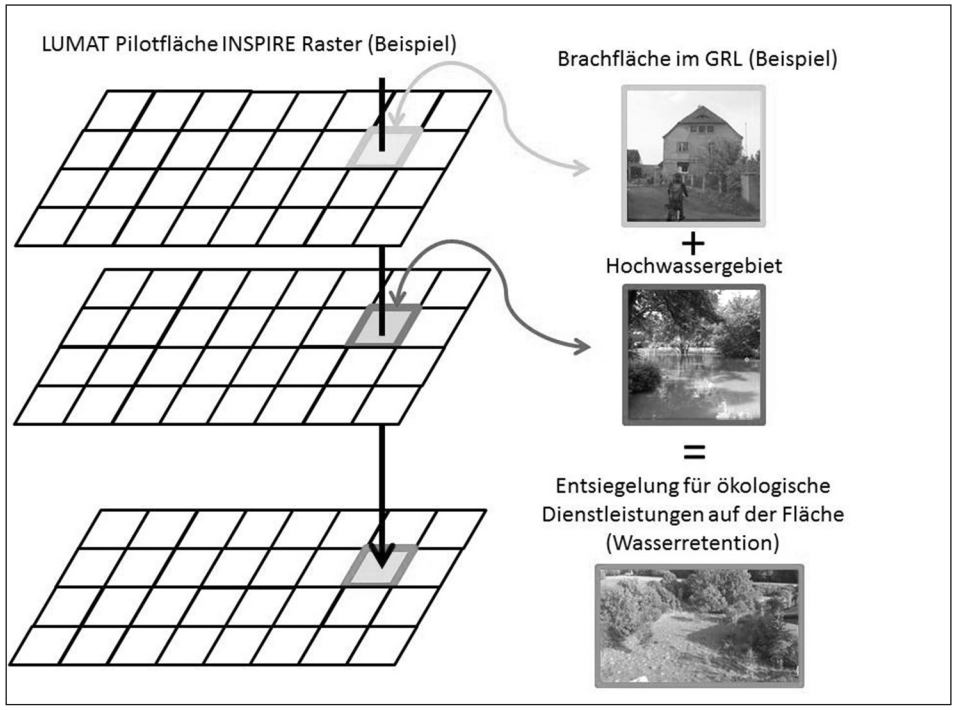


Abb. 2. Schematische Darstellung des integrierten Ansatzes des LUMAT-Tools (Quelle: LfULG 2019)

Die gewonnenen Informationen sind Bestandteil des projektbezogenen Entscheidungsunterstützungssystems (Englisch: Decision Support System, DSS). Hinweise auf die Quantifizierung der potenziell erbrachten ökologischen Dienstleistungen des Bodens durch vorgeschlagene Maßnahmen auf bedrohten Flächen werden für das gesamte Stadt-Umland-Gebiet gegeben.

Die Informationen im LUMAT wurden:

- von Stakeholdern bereitgestellt,
- neu kartiert oder erfasst,
- einheitlich normiert, abgespeichert und attribuiert,
- für integriertes Umweltmanagement miteinander verschnitten,
- innerhalb der DSS-Methodik angewendet.

Die folgenden sechs Entscheidungsunterstützungsthemen wurden als Grundlage für nachhaltiges Flächenmanagement im Grünen Ring Leipzig erarbeitet:

- DSS 1: Nachhaltige Flächennutzung auf Brachflächen
- DSS 2: Abkühlung durch urbanes Grün

- DSS 3: Erhöhung der Wasserrückhaltung im Hochwassergebiet
- DSS 4: Mindern der Stoffaufbringung auf Risikoflächen
- DSS 5: Kompensationsflächen Boden in Schutzgebieten
- DSS 6: Prioritäten des nachhaltigen Handelns

Zu jeder DSS-Karte wurde eine Shapedatei mit der Zusammenstellung der Fachinformation erarbeitet. Zudem wurden die Ergebnisse in der Form von JPEG-Dateien für die schnelle Übersicht gespeichert. Alle Daten wurden den Verantwortlichen der Stadtverwaltung Leipzig zum Abschluss des Projekts übergeben. Eine kontinuierliche Anwendung des entwickelten integrierten Umweltmanagement-Ansatzes für die nachhaltige Flächenentwicklung in der Region ist angestrebt.

6 Fazit

Revitalisierungen von Flächenpotenzialen in einem nachhaltigen Flächenmanagement sollen standortgerecht sein. LUMAT hat die Bedeutung des Bodens für die Bereitstellung von ökologischen Dienstleistungen hervorgehoben und angewendet. Revitalisierungsmaßnahmen auf bedrohten Böden für die Verbesserung der ökologischen Dienstleistungen der Fläche kann eine höhere Lebensqualität in der Stadt und im Umland gewährleisten. In der Folge von Umsetzungen der Empfehlungen kann das direkte Umfeld der Stadtbewohner ökologischer und lebenswerter gestaltet werden.

Die in LUMAT einbezogenen Flächen- und Standortinformationen sind grundsätzlich europaweit verfügbar. Eine Übertragbarkeit der LUMAT-Methodik in andere Stadt- und Stadt-Umland-Regionen Europas (z. B. Voitsberg in Österreich oder Katowice in Polen) wurde im Projekt LUMAT erfolgreich getestet.

Mit dem entwickelten LUMAT-Tool wurde eine Grundlage für die integrierte Bewertung der Fläche in einer Stadt-Umland-Region unter interkommunalen Rahmenbedingungen geschaffen.

7 Literatur

CircUse – Circular Flow Land Use Management Projekt (2013): https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/21288.htm (Zugriff: 16.07.2019).

Grüner Ring Leipzig (2019): https://gruenerring-leipzig.de (Zugriff: 16.07.2019).

LUMAT – Land Use Management, Agencies and Tools (2019): https://www.interreg-central.eu/Content.Node/LUMAT.html (Zugriff: 16.07.2019).

Raumplanungsinformationssystem des Freistaates Sachsen (2019): https://rapis.sachsen.de/ (Zugriff: 16.07.2019).

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2019): Bodenversiegelung und Flächeninanspruchnahme. https://www.boden.sachsen.de/bodenversiegelung-und-flacheninanspruchnahme-18604.html (Zugriff: 16.07.2019).

Wirtschaftsförderungen Sachsen (2019): Gewerbeflächen-/Gewerbeimmobilien-Suche. http://www.firmen.saxony.de/KWISweb-Sites/SitesSearch.aspx (Zugriff: 16.07.2019).

Auswirkungen und Steuerung der Flächeninanspruchnahme im Stadt-Land-Nexus der Metropolregion Nürnberg

Andrea Früh-Müller, Otmar Seibert, Markus Meyer

Zusammenfassung

In den Jahren 2004 bis 2018 erfolgte in der Metropolregion Nürnberg eine Umnutzung von 70 410 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche. Näherungsweise ergibt sich ein täglicher Flächenentzug von 13,7 ha. Rund 33 % entfallen dabei auf Wald- und Gehölzflächen, 25 % auf Siedlungs- und Verkehrsflächen, 24 % auf naturnahe Flächen und 18 % auf sonstige Flächen. Die jeweiligen Ursachen der landwirtschaftlichen Flächenverluste sind jedoch vielgestaltig und erfordern eine kleinräumige Untersuchung, um die lokalen Treiber identifizieren zu können. Um zukünftig den landwirtschaftlichen Flächenentzug zu reduzieren, sollen gemeinsame Leitlinien auf kommunaler und regionaler Ebene helfen, ein nachhaltiges Landmanagement zu entwickeln.

1 Einführung

Landfläche ist, wie auch der Boden, eine wichtige, nicht vermehrbare Ressource, mit der sparsam umgegangen werden muss, um die menschlichen Lebensgrundlagen nicht in Gefahr zu bringen (Rat für Nachhaltige Entwicklung 2004; UVPG 2019). In Zeiten, in denen bezahlbarer Wohnraum knapp ist und die Ausweisung von Bauland fortschreitet, ist die Gesellschaft zunehmend für das Thema Flächensparen sensibilisiert. Der nachhaltige Umgang mit dem Thema Fläche ist auch in Bayern ein wichtiges gesellschaftliches Anliegen. Dies zeigt auch die breite Unterstützung der beiden Volksbegehren „Betonflut eindämmen, damit Bayern Heimat bleibt“ (2018 abgelehnt vom Bay. Verfassungsgerichtshof) und „Volksbegehren Artenvielfalt – Rettet die Bienen“ (2019, Annahme als Gesetzentwurf im April 2019). Zunehmend etabliert sich auch eine gesellschaftliche Forderung nach ökologisch verträglichen, nachhaltigen Produktionssystemen. Denn neben der Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrsflächen finden gleichzeitig Intensivierungsprozesse auf Agrarflächen statt, die den Erhalt der Kulturlandschaft, aber auch die Produktion von nachhaltig erzeugten, regional verwurzelten Lebensmitteln gefährden.

Unabdingbar scheint somit die Umsetzung eines verantwortlichen, wirksamen Flächenmanagements, welches einerseits eine drastische Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme für Siedlung und Verkehr (Menge) erreicht und andererseits den Ausgleich und die Wiederherstellung ökologischer, aber auch sozialer und kulturstiftender Funktionen (Qualität) sicherstellt (Jacoby et al. 2018).

2 Ziele und Methodik

Im Rahmen der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung durchgeführten Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus werden im Forschungsvorhaben ReProLa (Regionalproduktspezifisches Landmanagement in Stadt-Land-Partnerschaften) Handlungsoptionen für ein nachhaltiges Flächenmanagement in der Metropolregion Nürnberg erarbeitet (Abb. 1).

Anhand eines umfassenden Flächenmonitorings sollen der Zustand und die Veränderung der Flächennutzung im Stadt-Land-Verbund erfasst und mithilfe eines Indikationenmodells die Wirkungen auf Gemeingüter abgeschätzt werden. Besonderes Augenmerk liegt auf landwirtschaftlichen Produktionsflächen, wobei vor allem die Erzeugung von Regionalprodukten analysiert und deren Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung und Umweltgüter erfasst werden. Im weiteren Projektverlauf soll dies dazu beitragen, Governance-Instrumente in Zusammenarbeit mit den handelnden Akteuren zu entwickeln, um das Flächenmanagement effizienter und sozialverträglicher zu gestalten. Ziel ist des Weiteren, auf kommunaler und regionaler Ebene gemeinsame Leitlinien für ein nachhaltiges Landmanagement zu entwickeln, um zukünftig den Flächenverbrauch zu reduzieren.

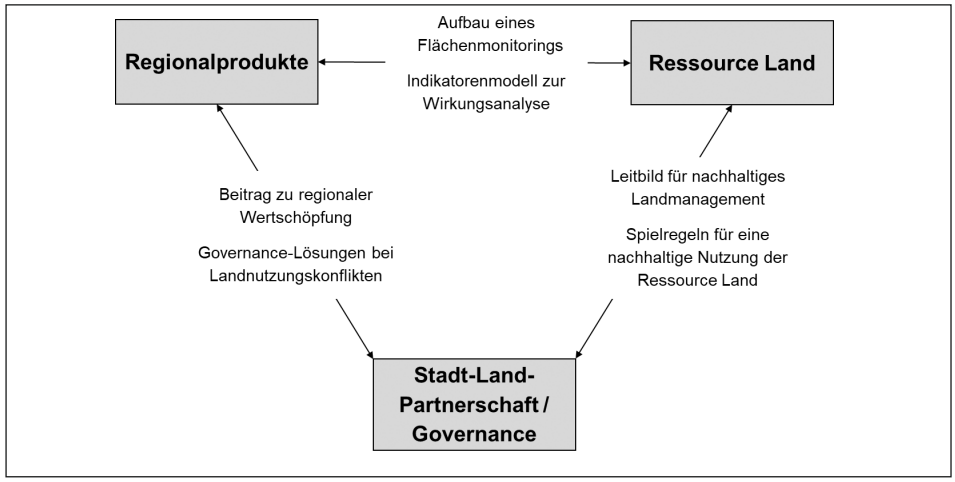


Abb. 1: Fokus und Bausteine des ReProLa-Projektes (Quelle: Europäische Metropolregion Nürnberg 2017)

3 Flächenmonitoring Metropolregion Nürnberg

Basierend auf den Daten des ATKIS-Basis-DLM wurde ein Flächenmonitoring (Wodtke 2014) im Untersuchungsraum der Metropolregion in einer Zeitreihe von 2004 bis 2018 durchgeführt. Die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in der Metropolregion verläuft dabei viel dynamischer als die Bevölkerungsentwicklung (Abb. 2). Im untersuch-

ten Zeitraum hat die Siedlungs- und Verkehrsfläche trotz nahezu konstanter Bevölkerungszahl um 11 % zugenommen. Diese Veränderungen gingen überwiegend zu Lasten der landwirtschaftlich genutzten Flächen, die in der Metropolregion Nürnberg von 2004 bis 2018 um 6,25 % schrumpften.

Die Flächen-Umnutzungen verlaufen auf kommunaler Ebene, abhängig von der Lage der Gemeinden, deren zentralörtlichen Funktionen und den naturräumlichen Gegebenheiten, sehr unterschiedlich. Im Folgenden wird aus diesem Grund näher auf die räumlichen Muster der Flächennutzungskategorien Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie Landwirtschaftsflächen eingegangen.

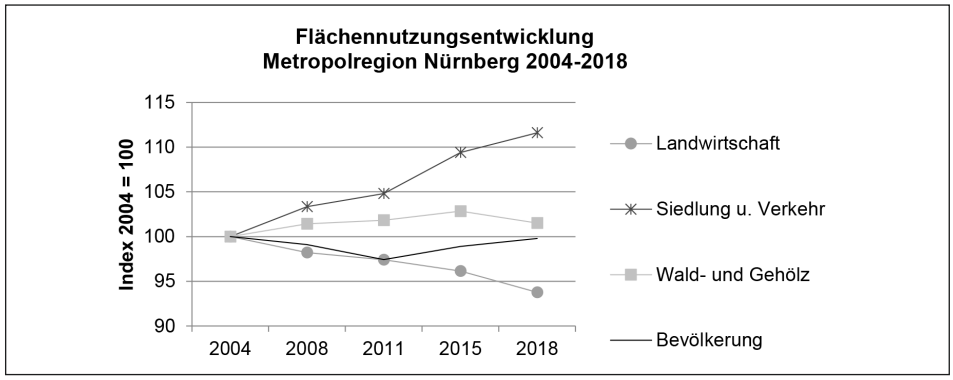


Abb. 2: Entwicklung der Landwirtschaftsfläche, der Siedlungs- und Verkehrsfläche, der Wald- und Gehölzfläche sowie der Bevölkerung in der Metropolregion Nürnberg (Quelle: eigene Auswertung basierend auf ATKIS-Basis-DLM/BKG 2018; DESTATIS 2019)

3.1 Entwicklung Siedlungs- und Verkehrsfläche

In den Jahren 2004 bis 2018 wurden in der Metropolregion Nürnberg 17 877 ha für Siedlungs- und Verkehrsflächen (Wohnfläche, Industrie- und Gewerbe, baulich geprägte Flächen gemischter Nutzung, Flächen besonderer funktionaler Prägung, Siedlungsgrün und Verkehrsflächen) neu in Anspruch genommen. Im gleichen Zeitraum ist die Einwohnerzahl mit rund 3,49 Millionen Menschen in etwa gleich geblieben (eigene Berechnungen basierend auf DESTATIS 2019). Die zusätzliche Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr in der Metropolregion entspricht somit rund 3,7 m² pro Einwohner und Jahr beziehungsweise 3,5 ha pro Tag insgesamt.

Paradoxerweise findet der starke Flächenverbrauch jedoch nicht in den wachsenden Städten und Gemeinden statt. Während in den Ballungszentren (z. B. Nürnberg, Fürth und Erlangen) auf die wachsende Wohnraumnachfrage nicht ausreichend mit einem entsprechenden Angebot reagiert werden kann, wird in den geringer verdichteten ländlichen Gemeinden häufig über den Bedarf hinaus geplant und gebaut (Jacoby et al. 2018). Dies zeigt sich in der Flächenneuinanspruchnahme pro Einwohner, welche

besonders in den umliegenden Gemeinden von Ballungszentren und in strukturschwachen ländlichen Gemeinden hoch ist, während die Flächeneffizienz (Flächenneuinanspruchnahme pro Einwohner) in den Verdichtungsräumen deutlich besser erscheint (Abb. 3). Dies unterstützt die Vermutung, dass gerade in Regionen mit geringer Bevölkerungsdichte und teilweise sogar Bevölkerungsrückgang seitens der Kommunen häufig die Strategie verfolgt wird, durch Neuausweisung von Wohn- und Gewerbeflächen Schrumpfungsprozesse aufhalten zu wollen. Wie stark diese Flächeninanspruchnahme zu Lasten von Agrarflächen geht, wird im Folgenden räumlich differenziert dargestellt.

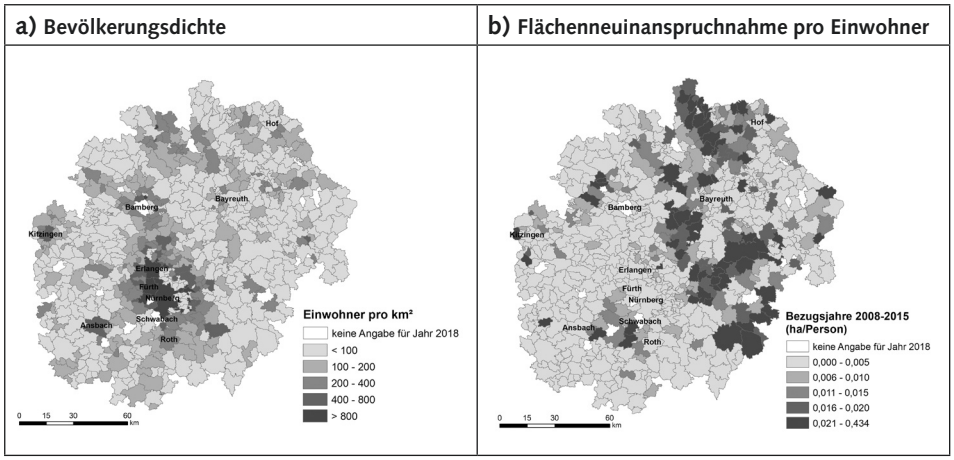


Abb. 3: a) Bevölkerungsdichte auf Gemeindeebene 2018 und b) Flächenneuinanspruchnahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Einwohner auf Gemeindeebene 2008-2015 in der Metropolregion Nürnberg (Quelle: © GeoBasisDE/BKG 2018; DESTATIS 2018; Daten verändert)

3.2 Entwicklung Landwirtschaftsfläche

Im untersuchten Zeitraum von 2004 bis 2018 wurden innerhalb der Metropolregion Nürnberg 70 410 ha landwirtschaftliche Nutzfläche umgenutzt (-6,25 %). Diese Fläche steht für landwirtschaftliche Erzeugung nicht mehr zur Verfügung. Rechnerisch entspricht das einem täglichen Flächenentzug von 13,7 ha. Jedoch lässt sich der Verlust der landwirtschaftlichen Nutzfläche nicht ausschließlich auf die Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche zurückführen. Häufiger ist der direkte Treiber die Ausweitung von Wald- und Gehölzflächen und naturnahen Flächen (Heide, Moor, Sumpf, vegetationslose und andere naturnahe Flächen). Rund 17 900 Hektar der vorherig landwirtschaftlich genutzten Fläche entfallen auf Siedlungs- und Verkehrsflächen, 40 100 Hektar auf Wald- und Gehölz sowie naturnahe Flächen und rund 12 400 Hektar auf sonstige Flächen inklusive Gewässer.

Tabelle 1 gibt Auskunft über die Bruttoverluste an landwirtschaftlicher Nutzfläche bezüglich der entsprechenden Nachnutzung (Umwidmung). Die Etablierung von naturnahen Flächen und Gewässern findet zum Großteil auf bisherigen Grünlandflächen statt. Demgegenüber werden Siedlungs- und Verkehrsflächen vorrangig auf einstigen Ackerflächen entwickelt. Diese Tendenz entspricht auch einer bayernweiten Analyse zum landwirtschaftlichen Flächenentzug (LfL 2018). Demnach werden Siedlungs- und Verkehrsflächen vor allem auf ebenen, häufig ertragreichen (Acker-)Standorten ausgeweitet, während Vegetationsflächen, wie naturnahe Flächen, tendenziell niedriger bewertet (Grünland-) Flächen in Anspruch nehmen.

Tab. 1: Umwandlung der Landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Metropolregion Nürnberg in den Jahren 2004 bis 2018 basierend auf Auswertung des ATKIS-Basis-DLM. (Quelle: © GeoBasisDE/ BKG 2018; eigene Bearbeitung)*

Verlust LW-Nutzfläche durch:	**Insgesamt [ha]**	**davon Acker [ha]**	**davon Grünland [ha]**	**davon sonst. LW [ha]**
Siedlungs- und Verkehrsfläche	**25 164**	16 020	8 387	757
Naturnahe Fläche (Heide, Moor, Sumpf, vegetationslose Fläche)	**16 119**	923	15 164	29
Wald und Gehölzfläche	**35 147**	18 474	16 015	658
Gewässer (Strom, Fluss, Bach, See, Teich)	**2 003**	665	1 329	9
Sonstiges (Freizeitanlage, Friedhof, Grünanlage	**5 916**	2 212	2 078	1 626

* Bruttoflächenumwandlung der landwirtschaftlichen Fläche. Im gleichen Zeitraum wurden rund 14 000 Hektar unterschiedlicher Landnutzungen in landwirtschaftliche Nutzfläche umgewidmet.

3.3 Ausgleich und Ersatz

Unvermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft im Außenbereich erfordern Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und somit eine ökologische Kompensation des Eingriffs. Dabei können die Flächen oder Maßnahmen zum Ausgleich auch an anderer Stelle als dem Ort des Eingriffs erfolgen, solange dies mit den Zielen der Raumordnung sowie des Naturschutzes und der Landschaftsplanung vereinbar ist (STMUV 2003) und innerhalb des betroffenen Naturraums stattfindet. Innerhalb der Metropolregion sind 7 500 Hektar im Ökoflächenkataster als Ausgleichs- und Ersatzflächen gelistet (LfU 2019). Entsprechend der Möglichkeit der räumlichen Entkoppelung von Eingriff und Ausgleich verteilen sich die Kompensationsflächen abhängig von der Bereitstellung der erforderlichen Flächen und spiegeln nicht zwangsweise das Muster der Flächeninanspruchnahme wider (Abb. 4).

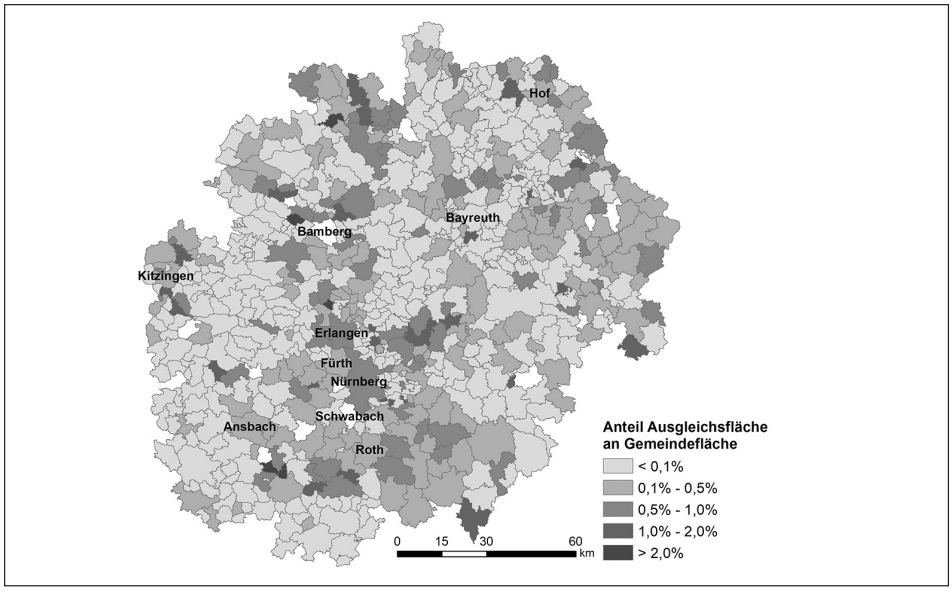


Abb. 4: Anteil der Ausgleichsfläche an der Gebietsfläche auf Gemeindeebene 2019 in der Metropolregion Nürnberg (Quelle: BKG 2018; LfU 2019; Daten verändert)

Anhand der Informationen des Ökoflächenkatasters zu Ausgleichs- und Ersatzflächen lassen sich leider kaum Rückschlüsse zur ökologischen Wertigkeit bzw. zur Art der ökologischen Aufwertung ziehen. Die Überlagerung des Ökoflächenkatasters mit dem ATKIS-Basis-DLM zeigt jedoch, dass ein überwiegender Teil des Ausgleichs auf landwirtschaftlichen Flächen stattfindet: Grünland (2 973 Hektar, 40 %) und Ackerland (2 508,Hektar, 33 %). Daneben spielen Wald- und Gehölzflächen (1 140 Hektar, 15 %) und alle anderen Nutzungskategorien (880 Hektar, 12 %) nur eine nachgelagerte Rolle bei der Kompensation von getätigten Eingriffen in Natur und Landschaft.

4 Stadt-Land-Nexus

Im Stadt-Land-Kontinuum bestehen zahlreiche Wechselbeziehungen, nicht nur in Form von täglichen Pendlerbewegungen, sondern auch hinsichtlich der Produktion von Lebensmitteln und Energie, der Nachfrage nach kulturellen, sportlichen oder Erholungsangeboten usw. (Wunder et al. 2018). Zur Lösung von Nachhaltigkeitsanforderungen wie dem Flächensparen, dem Boden-, Klima- und Biodiversitätsschutz, dem naturschutzrechtlichen Ausgleich von Eingriffen, aber auch der Regionalisierung von Stoffströmen (z. B. regionale Lebensmittelversorgung), sind aufgrund der wechselseitigen Abhängigkeit von Städten und ihrem Umland kooperative Lösungen wünschenswert.

Dies gilt in besonderer Weise für räumliche Verbünde, deren Teilregionen stark unterschiedliche Ansprüche an die Landnutzung stellen und in denen auch institutionell

starke Verflechtungen bestehen. Ein Beispiel dafür ist die Metropolregion Nürnberg. Hier existiert eine Konkurrenzsituation um die Bodenfläche zwischen Städten in Verdichtungsräumen (insbesondere Nürnberg-Fürth-Erlangen), deren Flächenpotenziale stark begrenzt bzw. bereits erschöpft sind. Ausgleichsflächen für die Inanspruchnahme von Freiflächen werden dabei ohne Rücksprache mit anderen Gebietskörperschaften von privaten Grundeigentümern erworben. Diese Flächen stehen häufig nicht mehr für eine landwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung. Damit wird zum einen die räumliche Trennung zwischen Siedlungen und ökologischer Kompensation verstärkt und des Weiteren die Möglichkeit zur nachhaltigen Erzeugung von regionalen Agrarprodukten erschwert.

5 Steuerungsmöglichkeiten zum Schutz und Etablierung von multifunktionalen landwirtschaftlichen Produktionsflächen

Die hohe Flächenneuinanspruchnahme für Siedlung und Verkehr widerspricht den Zielen der Landesplanung. Mit dem Bayerischen Landesentwicklungsprogramm (Bayerische Staatsregierung 2018) spricht sich Bayern für das Flächensparen aus, um die Funktionsfähigkeit der Freiräume zu erhalten und nachteilige Einflüsse auf Naturhaushalt und Landschaftsbild zu vermeiden. Außerdem soll explizit die Zersiedelung der Landschaft vermieden (Bayerische Staatsregierung 2018, 47 ff.) sowie land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen erhalten, unterstützt und weiterentwickelt werden (Bayerische Staatsregierung 2018, 73 ff.).

Obwohl in Bayern zahlreiche Maßnahmen über verschiedene Ressorts (Landwirtschaft, Landesentwicklung) gefördert werden, sind offensichtlich die Instrumente der Raumordnung und Landesplanung nicht ausreichend, um eine Trendwende bei der Flächeninanspruchnahme in Bayern einzuleiten und somit auch die landwirtschaftliche Produktionsflächen zu erhalten. Das Forschungsvorhaben ReProLa widmet sich den genannten Zielkonflikten im Stadt-Land-Kontinuum, um exemplarisch ein Leitbild für nachhaltiges Landmanagement in der Region auf den Weg zu bringen, welches sowohl die Flächenneuinanspruchnahme reduziert als auch ökologische, soziale und kulturstiftende Funktionen sicherstellt.

6 Fazit

Aus den bisher vorliegenden Analysen für die Metropolregion Nürnberg geht hervor, dass der Flächenverbrauch weiterhin anhält und sich räumlich sehr stark differenziert. Agrargebiete in der Metropolregion stehen in erster Linie unter dem Flächendruck durch die Ausdehnung von Siedlungs- und Verkehrsflächen, aber auch in Teilregionen durch die Ausdehnung von Vegetationsflächen (Gehölz und Wald). Ein Teil der Zunahme an Vegetationsflächen könnte indirekt über Ausgleichs- und Ersatzflächen auch in der Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen begründet sein. Die Reduktion der

Agrargebiete führt zwangsweise zum Verlust von Produktionsflächen für landwirtschaftliche Erzeugnisse und wird sowohl von Intensivierungs- als auch von Extensivierungsprozessen begleitet.

Die Etablierung eines verantwortlichen, wirksamen Flächenmanagements, welches einerseits eine drastische Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme erreicht und andererseits den Ausgleich und die Wiederherstellung ökologischer, aber auch produktiver Funktionen sicherstellt, ist wünschenswert.

7 Literatur

Bayerische Staatsregierung (2018): Landesentwicklungsprogramm Bayern. LEP. https://www.landesentwicklung-bayern.de/instrumente/landesentwicklungsprogramm/landesentwicklungs-programm-bayern-stand-2018 (Zugriff: 03.06.2019).

DESTATIS (2019): Bevölkerung: Kreise, Stichtag. Fortschreibung des Bevölkerungsstandes. GENESIS-Online Datenbank.

Europäische Metropolregion Nürnberg (2017): Projektskizze ReProLa. Regionalproduktspezifisches Landmanagement in Stadt-Land-Partnerschaften am Beispiel der Metropolregion Nürnberg.

Jacoby, C.; Job, H.; Kment, M.; Miosga, M.; Hafner, S.; Hehn, N. (2018): Begrenzung der Flächenneuinanspruchnahme in Bayern. Hrsg. v. Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Hannover (ARL, 111). http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-01116 (Zugriff: 29.11.2018).

LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2018): Verlust von InVeKoS-Flächen in den Jahren 2007 bis 2017. Unter Mitarbeit von Robert Friebe (LfL-Information). (Zugriff: 23.04.2018).

LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Ökoflächenkataster. ÖFK Layer Bayern. Augsburg.

Rat für Nachhaltige Entwicklung (2004): Mehr Wert für die Fläche. Das „Ziel-30-ha" für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land. Berlin.

STMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2003): Bauen im Einklang mit Natur und Landschaft. Eingriffsregelung in der Bauleitplanung. Ein Leitfaden (ergänzte Fassung). 2., erw. Aufl. C. Broda; R. Detsch; M. Egner et al. München.

UVPG – Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (2019): Fassung vom 13.05.2019.

Wodtke, Klaus-Peter (2014): Zeitreihenanalysen und Monitoring des ATKIS-Basis-DLM – Ergebnisse aus Niedersachsen. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VI. Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 65: 137-146.

Wunder, S.; Wolff, F.; Kasper, C.; Kuhn, S.; Burger, A. (2018): Politikoptionen zur nachhaltigen Gestaltung des Stadt-Land-Nexus durch den Bund. Diskussionspapier zum Abschlussworkshop des F+E-Projekts Rural-Urban-Nexus (RUN) am 29. November 2018. RuralUrbanNexus – Global nachhaltige Landnutzung und Urbanisierung. Umweltbundesamt; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
https://rural-urban-nexus.org/sites/default/files/RUN%20Politikoptionen_2018-Nov-29_for%20web_0.pdf (Zugriff: 04.06.2019).

Wie bauen wir die „Stadt der kurzen Wege“? Ein Leitfaden für die integrierte Entwicklung von Quartieren

Christian Scheler

Zusammenfassung

Gerade in den Debatten um die „Smart City“ oder dem „autonomen Fahren“ sollte nicht in Vergessenheit geraten, dass die städtebaulichen Konfigurationen, die funktionalen Programmierungen und die Gestaltung des öffentlichen Raumes als Rahmenbedingungen für neue Entwicklungen teilweise einen viel höheren Anteil haben als die technologischen Entwicklungen selbst. Vor dem Hintergrund der teils langsamen Innovationszyklen gebauter Infrastruktur – Straßen werden nur rund alle 20 Jahre erneuert – gilt es, städtebaulichen Gesamtkonzeptionen mit einem menschlichen Maßstab eine größere Rolle im Diskurs zuzuweisen.

Mit dem Ziel, die Komplexität eines mobilitätsorientierten Städtebaus sichtbar und handhabbar zu machen, wurde ein zehn Thesen umfassender Kodex entwickelt. Hierzu gehören folgende Themen: Parkraum für Pkw und Fahrräder; Durchlässigkeit von städtebaulichen Strukturen für Fußgänger/Radfahrer; Einzugsgebiete von Nahversorgung und ÖPNV-Stationen; Logistikströme im Quartier; Mobilitätsstationen; Dimensionierung von Car- und Bikesharing; Programmierung und Implementierungsprozesse.

1 Die Versuchung der einfachen Lösung

Es ist „in“, über die Mobilität von morgen zu reden. Und das ist auch in Ordnung. Es ist in letzter Zeit jedoch vermehrt zu beobachten, dass die Diskussion im Zusammenhang mit technologischen Versprechungen am Ziel, lebenswerte Städte zu schaffen, wahrscheinlich weit vorbeigeht. Dies gilt insbesondere dann, wenn Einzelbausteine zu Gesamtlösungen hochstilisiert oder komplexe Zusammenhänge sowie Umsetzungsstrategien vereinfacht und als allgemeingültig dargestellt werden. Adressaten (unter anderem der „Smart City“-Debatte) sind oft Gemeinden und Institutionen, die solche Scheinlösungen dankend annehmen, da diese eine Vereinfachung der Stadtorganisation versprechen. Daneben werden oft auch kurzfristige ökonomische Vorteile gesehen, die nochmals durch ökologische Aspekte verstärkt positiv belegt werden.

Es ist sicherlich essenziell, dass die Berücksichtigung neuer Technologien in das planerische Denken stärker Einzug hält. Dennoch sollte nicht in Vergessenheit geraten, dass die städtebaulichen Konfigurationen, die funktionalen Programmierungen und die Gestaltung des öffentlichen Raums als Rahmenbedingungen für neue Entwicklungen einen viel höheren Anteil haben als die technologischen Entwicklungen selbst.

Gerade vor dem Hintergrund der teils langsamen Innovationszyklen gebauter Infrastruktur – Straßen werden nur rund alle 20 bis 40 Jahre erneuert – gilt es, den städtebaulichen Gesamtkonzeptionen bei der Betrachtung der Mobilität wieder eine wesentlich größere Rolle zuzuweisen.

2 Herausforderung der Komplexität

Wie sehen lebenswerte Städte wirklich aus? Hier lohnt ein Blick auf einige Beispielstädte, obwohl die unzähligen Rankings zu den lebenswertesten Städten unter wissenschaftlichen Aspekten sicherlich kritisch zu sehen sind. Dennoch belegen Städte wie Zürich, Wien, Vancouver, Kopenhagen, Basel oder München immer wieder in unterschiedlichen Auflistungen die ersten Ränge. Hinsichtlich der Mobilität haben diese Städte eines gemeinsam: Die Bewohner in diesen Orten bewegen sich überwiegend mit dem Umweltverbund fort (ÖPNV, Fuß- und Radverkehr). Daher ist zu vermuten, dass die Förderung der Nahmobilität einer der zentralen Schlüssel zu einer lebenswerten Stadt ist. Diese Erkenntnis ist nicht neu und wird mindestens seit den 1980er Jahren an den Universitäten gelehrt – eine konsequente Umsetzung ist bis heute jedoch an nur wenigen Stellen zu beobachten. Selbst heute werden noch Stadtquartiere unter dem Label „nachhaltig", „ökologisch" oder „smart" gebaut, die ein Zufußgehen, wenn überhaupt, nur durch die bloße Anwesenheit von Gehwegen ermöglichen.

Es ist wesentlich schwieriger, ein wirklich fußläufiges Quartier zu planen als Straßen und Parkplätze für entfernungsunempfindliche Pkw. Dies ist wohl vor allem darauf zurückzuführen, dass das Zufußgehen von sehr vielen Einflussfaktoren abhängt. Neben ausreichend breiten Gehwegen benötigen Fußgänger und Radfahrer Ziele in zumutbaren Entfernungen (u. a. zu Einrichtungen des täglichen Bedarfs, ÖPNV etc.) sowie angenehme Räume, in denen man sich gerne fortbewegt. Dies steht wiederum in Abhängigkeit zur Nutzungsmischung, zur Freiraumgestaltung (z. B. Beleuchtung, Rhythmisierung der Räume), zur Architektur (z. B. Erdgeschosse) und auch zur gefühlten Sicherheit (welches wiederum ein ganz eigenes Themenfeld mit sozialen und politischen Aspekten darstellt). Wie also schaffen wir es, bei Entwürfen oder Transformationen von Quartieren, den Fußverkehr zu berücksichtigen?

3 Zehn Prinzipien für eine fußläufige Stadt

Mit den folgenden programmatischen Prinzipien wagen wir einen ersten Versuch, diese Komplexität eines fußgängerorientierten Städtebaus für Kommunikation und Planung sichtbar sowie handhabbar zu machen. Gewiss werden nicht alle Prinzipien bei allen Anwendungen im gleichen Maße berücksichtigt werden können. Sie sind vielmehr als eine Art Benchmarking bzw. eine Liste von zu diskutierenden Aspekten zu verstehen.

Starke Impulse durch technologische Entwicklungen werden immer wieder auch Einzelaspekte der Stadt beeinflussen, aber nur eine stabile Stadt wird die Chance bieten, diese sinnvoll einordnen zu können. Die im Folgenden beschriebenen Werkzeuge sind in den vergangenen Jahren zum Teil im Rahmen von Projekten des Stadt- und Verkehrsplanungsbüro ARGUS (Hamburg) entwickelt oder angewendet worden (Abb. 1).

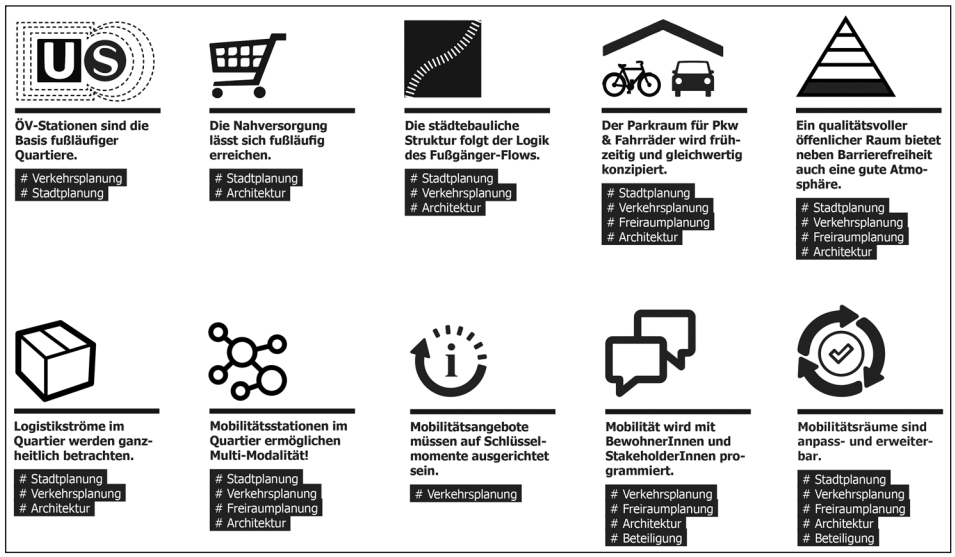


Abb. 1: Übersicht der verkehrlich relevanten Prinzipien für eine fußläufige Stadt (Quelle: Vortrag zum Städtebauseminar Hamburg, ARGUS 2019)

3.1 ÖV-Stationen sind die Basis fußläufiger Quartiere

Städte sind gemeinschaftlich sich bedingende Organismen. Mobilität ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die wirtschaftliche Prosperität einer Stadt. Daher müssen urbane Strukturen konsequent von den Bewegungsströmen her gedacht und konzipiert werden. Um ein nachhaltiges Verkehrsverhalten intuitiv zu verankern, darf der öffentliche Verkehr nicht nur Ergänzung zum Quartier, sondern sollte zentrales und bestimmendes Element sein (Abb. 2).

3.2 Die Nahversorgung lässt sich fußläufig erreichen

Die Erreichbarkeit von Einkaufsmöglichkeiten hat häufig maßgeblichen Einfluss auf das Verkehrsmittelwahlverhalten, da Einkaufswege überwiegend mit anderen Wegezwecken kombiniert bzw. verkettet werden. In Hamburg werden beispielsweise laut der MiD-Studie (Mobilität in Deutschland 2017) durchschnittlich 80 % bis 90 % aller Wege bis zu einem Kilometer Entfernung zu Fuß oder mit dem Rad zurückgelegt. Sobald

alltägliche Wege (wie der Transport von Einkäufen) über diese Schwelle steigen, steigt auch der Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) – und mit ihm der Pkw-Besitz – signifikant an. Eine fußläufig erreichbare Nahversorgung ist daher für ein multimodales Quartier von zentraler Bedeutung. Überlagert man diese Distanzen mit den wirtschaftlichen Mindestanforderungen der Betreiber an das Einzugsgebiet der Nahversorger (mind. 4 000 Einwohner im Einzugsgebiet), so lässt sich bei einem Fünf-Minuten-Radius (360 m bei 1,2 m/s) eine Dichte von rund 10 000 Einwohnern je Quadratkilometer als Richtwert für optimale fußläufige Quartiere ableiten. Dies entspricht nicht zwingend mittelalterlichen Stadtzentren. Diese Dichten erreichen auch dezentrale Stadtteile wie Hamburg-Eilbek (12 541 EW/km²), Köln-Ehrenfeld (10 181 EW/km²), Dresden-Striesen-West (11 686 EW/km²) oder die Münchener Maxvorstadt (11 959 EW/km²) (vgl. Statistiken der jeweiligen Städte).

Darüber hinaus bestimmen auch Faktoren wie die optimale Lage bzw. Ausrichtung eines Supermarktes innerhalb des Quartiers sowie die Ausstattung mit Parkplätzen maßgeblich das Verkehrsverhalten der Bewohnerschaft im Quartier.

3.3 Die städtebauliche Struktur folgt der Logik des Fußgänger-/ Radfahrer-Flows

Radfahrer und Fußgänger sind sehr „umwegsensibel", suchen zum Teil schon ab Umwegen von 40 bis 50 Metern nach Abkürzungen. Dies führt insbesondere in umfangreich durchgrünten Großwohnsiedlungen zu den gut bekannten Trampelpfaden über Wiesen und Pflanzbeete. Die entscheidenden Fragen sind jedoch die Wahrnehmung und der Umgang mit diesen Phänomenen: Gilt es, die Fußgänger auf Abwegen mittels Zäunen und Absperrungen zu bremsen, oder sind diese Trampelpfade als Abbildung eines zu verstetigenden Wunschliniennetzes im Raum zu verstehen? Für fußläufige oder aktive Quartiere lässt sich diese Frage leicht beantworten. Das aus dem Web-Design entliehene Werkzeug des „UXD – user experienced designs" (Scheler, Rothfuchs 2018) bzw. der „nutzungsorientierten Gestaltung" bietet die Möglichkeit, Wegenetze für Radfahrer und Fußgänger an die tatsächlichen Bedarfe bzw. an die zu erwartenden Wegebeziehungen anzupassen. So können im Bestand teilweise Trampelpfade identifiziert werden, die eine Hauptverbindungsfunktion innehaben und folglich zur Weiterentwicklung empfohlen werden. Bei Neuplanungen können so Hinweise zur Anpassung von städtebaulichen Strukturen, Platzierung von frequenzstarken Einrichtungen, Optimierung von Wegeverbindungen (sogenannte „Missing Links") und Anpassung von Wohndichten zugunsten belebter öffentlicher Räume abgeleitet werden. Die Abbildung 2 illustriert die Möglichkeit zur Optimierung von Neuplanung für die Belange von Fußgängern und Radfahrern am Beispiel des Masterplanes Oberbillwerder in Hamburg.

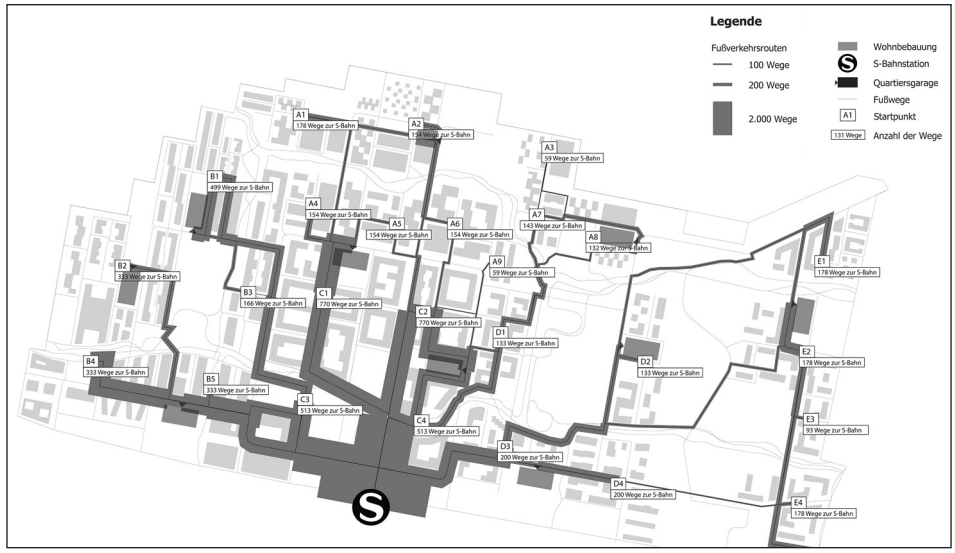


Abb. 2: Masterplan des Hamburger Stadtteils Oberbillwerder – People-Flow-Analyse (Quelle: ARGUS 2018)

3.4 Der Parkraum für Pkw und Fahrräder wird frühzeitig konzipiert

Mehr als 80 % aller Wege beginnen oder enden innerhalb des Wohnquartiers (VCD 2017). Daher ist die räumliche Verfügbarkeit von unterschiedlichen Mobilitätsangeboten gerade dort von großer Wichtigkeit. Um das Fahrrad als Hauptverkehrsmittel zu etablieren, spielt vor allem die einfache Zugänglichkeit von Fahrradabstellanlagen eine bedeutende Rolle.

Das Pkw-Parken sollte von der Haustür aus in gleichwertiger Distanz zum ÖPNV organisiert werden (Knoflacher 1995). Auch wenn die Quartiersgarage angesichts der komplexeren Umsetzung in Bauvorhaben mit mehreren Bauträgern immer wieder gescheut wird, bietet sie dennoch als Stadtbaustein für eine fußläufige Stadt große Vorteile. Vor dem Hintergrund der unklaren zukünftigen Entwicklung der Kfz-Bestände bietet sie eine wesentlich größere Flexibilität gegenüber Tiefgaragen. So könnten – bei entsprechender Berücksichtig im Entwurf – ohne große Eingriffe Garagenebenen zu Wohnungen oder Büros umgebaut werden. Darüber hinaus bietet die Quartiersgarage – durch die erforderlichen großzügigen Grundrisse – die Möglichkeit, eine Nahversorgung im Erdgeschoss unterzubringen. Dies führt zum einen zu einer Doppelnutzungsmöglichkeit von Stellplätzen und zum anderen durch dieses aktive Erdgeschoss zu einer Verbesserung der Umgebung für Fußgänger.

3.5 Ein qualitätsvoller öffentlicher Raum bietet neben Barrierefreiheit auch eine gute Atmosphäre

Wie sehen die Räume der Mobilität – Transiträume, Straßenräume, Landschaftsräume, Wohn- und Arbeitsräume – in Zukunft aus? Die zentrale Stellschraube für eine hochwertige Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum sind die Gestaltung und Konzeption der Verkehrsräume. Schließlich können Flächen, die durch den MIV besetzt werden, nicht gleichzeitig vom Fuß- und Radverkehr oder anderen nicht-motorisierten Teilnehmern genutzt werden. Ein „menschlicher Maßstab" ist von Beginn an zentral für eine fußläufige Stadt. Dazu gehört, allen voran, die bevorzugt auf Fuß- und Radverkehr ausgerichtete Verkehrsplanung. Dabei sollten neben den Vorgaben aus den gängigen Regelwerken (u. a. FGSV – Forschungsgesellschaft für Stadt und Verkehr) zunehmend die sensorischen Wahrnehmungen der Nutzer mitgedacht werden.

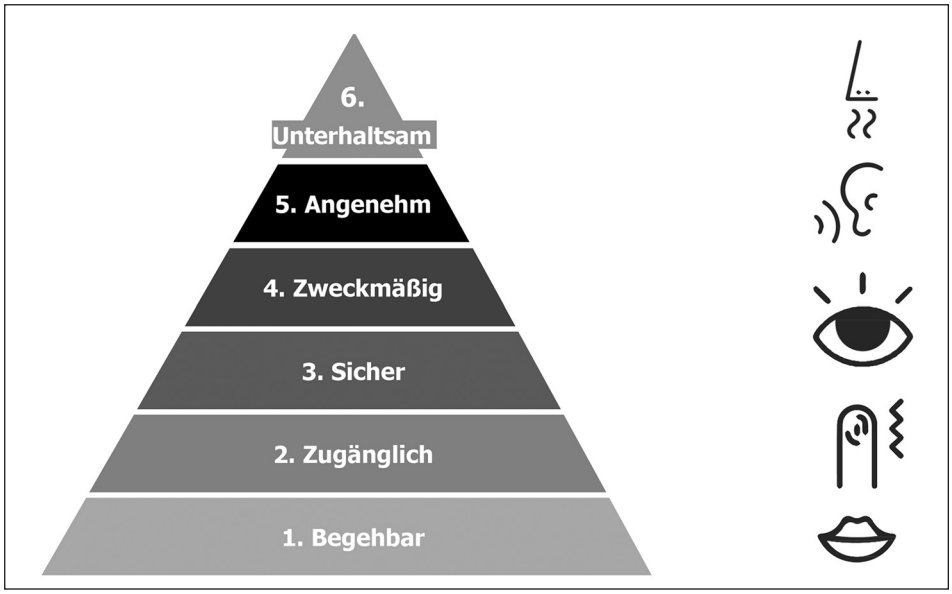


Abb. 3: Planungsziele für einen öffentlichen Raum nach den Ansprüchen eines Fußgängers (Quelle: ARGUS, 2018)

In der Abbildung 3 werden die Ziele einer Straßenraumgestaltung mit menschlichem Maßstab mit abgestufter/aufsteigender Komplexität dargestellt. So sollten die reine barrierefreie Begehbarkeit die Basis und die Schaffung eines unterhaltsamen Raumes Ziele einer Planung sein. Hierzu gehört auch die aus der Laufgeschwindigkeit von Fußgängern resultierende Anforderung an eine detail- und abwechslungsreiche Gestaltung von Gebäudefassaden. Um die Straßenraum- und Erdgeschossgestaltung zu koordinieren, bieten sich Gestaltungshandbücher bzw. Masterpläne an. Eine mit den Fußgängerbedarfen koordinierte Erdgeschossnutzung ist zwar vor dem Hintergrund von Fußwegeradien in

einer alternden Gesellschaft sinnvoll (um beispielsweise eine Abdeckung von Apotheken und Supermärkten zu gewährleisten oder Ballungen von unerwünschten Nutzungen zu reduzieren), eine Umsetzung im Stadtgefüge jedoch wesentlich schwieriger. In größeren zusammenhängenden Einkaufszentren werden die Verkaufsflächen entsprechend den Nutzerbedürfnissen von einem Betreiber koordiniert. So werden hier Kundenströme durch die Platzierung von frequenzstarken Nutzungen gelenkt und die Mieten an die erwarteten Umsätze entsprechend angepasst. Dieser Ansatz wurde in Wien-Aspern auf eine gesamte Einkaufsstraße übertragen und konnte im weiteren Verlauf auf weitere Straßen erweitert werden. Die Grundstückskäufer haben sich verpflichtet, die Flächen zu einem festgelegten Preis einem Shoppingcenter-Betreiber zur Verfügung zu stellen. So können der gewünschte Branchenmix und einheitliche Öffnungszeiten erreicht werden.

3.6 Logistikströme im Quartier werden ganzheitlich betrachtet

Die Berücksichtigung dieses Prinzipes ist gerade angesichts des Flächenanspruches neuer Last-Mile-Konzepte für ein fußläufiges Quartier von großer Bedeutung. Häufig entstehen in dichten Wohnquartieren Nutzungskonflikte im öffentlichen Raum durch Lieferfahrzeuge, Lieferroboter oder Packstationen. Um dies zu vermeiden und neue Konzepte auf der letzten Meile direkt in die Quartiere zu integrieren, bedarf es einer ganzheitlichen Betrachtung. Hierzu gehört u. a. die Platzierung von Güterverteilzentren an Kfz-geprägten Straßenräumen, das Mitplanen von Wegen für Lastenfahrräder bis ins Quartier, entsprechende Lieferstationen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen, aber auch Anlieferkonzepte für Supermärkte.

3.7 Mobilitätsstationen im Quartier ermöglichen Multi-Modalität

Häufig entstehen in dichten Wohnquartieren Nutzungskonflikte im öffentlichen Raum durch zusätzliche Mobilitätsangebote, Lieferfahrzeuge, Lieferroboter oder Packstationen. Häufig werden diese Angebote zuungunsten des Fußverkehrs platziert. Um dies zu vermeiden und neue Konzepte auf der letzten Meile bzw. multimodale Angebote direkt in die Quartiere zu integrieren, bedarf es einer ganzheitlichen Betrachtung dieser raumwirksamen Elemente. Hierzu gehört u. a. die Platzierung von Güterverteilzentren an Kfz-geprägten Straßenräumen, das Mitplanen von Wegen für Lastenfahrräder bis ins Quartier, entsprechende Mobilitäts-/Lieferstationen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen, Mobilitätsstationen in Erdgeschossen, aber auch Anlieferkonzepte für Supermärkte etc. Dabei geht es nicht nur darum, die Mobilitätsangebote zu bündeln, sondern vielmehr so zu platzieren, dass zentrale und frequentierte Orte im Quartier entstehen, die einen Beitrag zur Quartiersentwicklung leisten können (Abb. 4).

3.8 Mobilitätsangebote müssen auf Schlüsselmomente ausgerichtet sein

Der Moment des Umzugs oder die Geburt eines Kindes ist aufgrund der veränderten Lebens- und Wohnsituation im Regelfall mit einem Überdenken des eigenen Mobilitätsverhaltens verbunden. Daher ist eine bewusste Unterstützung mit Informationen in diesen Momenten von besonderer Bedeutung. Durch die Verfügbarkeit eines belastbaren ÖPNV-Angebotes und gezieltes Marketing kann das Mobilitätsverhalten gerade dann entscheidend beeinflusst werden.

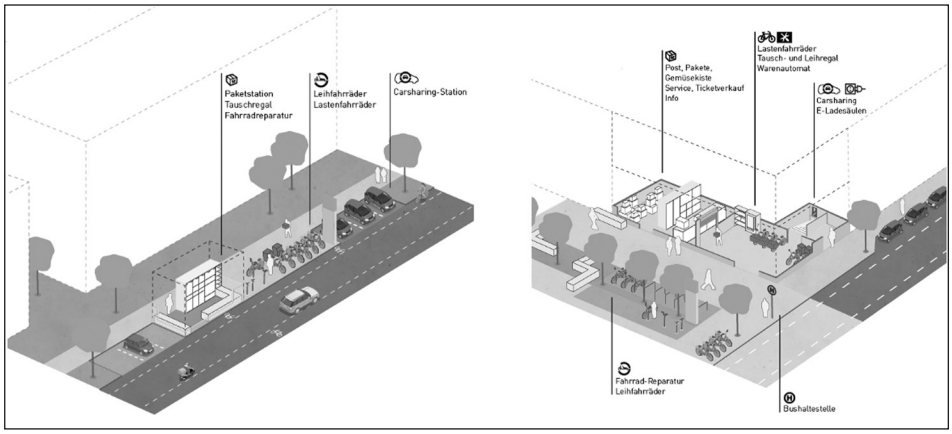


Abb. 4: Konzeptdarstellung einer Mobilitätsstation im Quartier (Quelle: ARGUS 2018)

3.9 Mobilität wird mit Bewohnern und Stakeholdern gemeinsam programmiert

Für gute Mobilitätsangebote ist die individuelle Programmierung der Mobilität für die Nutzenden essenziell. Wie auch in der allgemeinen Stadtplanung gewinnen die Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie die Einbindung von Stakeholdern in die Mobilitätsplanung an Bedeutung. So können Konzepte vermieden werden, die nicht den realen Bedürfnissen der Nutzenden entsprechen. Andererseits bietet die frühzeitige Einbindung beispielsweise der Mobilitätsanbieter eine realistische Einschätzung und Konkretisierung der Situation vor Ort. Maßgeblich für die Realisierung solcher Mobilitätskonzepte ist die Festsetzung und Konkretisierung der kooperativ entwickelten Maßnahmen. Diese sollten nicht nur im städtebaulichen Vertrag festgehalten, sondern auch in den Phasen der Konkretisierung weiter ausdifferenziert und vertraglich festgehalten werden.

3.10 Mobilitätsräume sind anpass- und erweiterbar

Infrastrukturen, wie beispielsweise Straßen, haben teilweise Lebenszyklen von mehr als 20-40 Jahren. Wie können wir sicherstellen, dass sie auch in 20 Jahren noch den

Anforderungen an das sich stetig verändernde Mobilitätsverhalten oder technischen Entwicklungen entsprechen? Beispiele wie die Anpassung der Straßenquerschnitte durch farbliche Markierungen wie in New York oder „Parklets“ in San Francisco zeigen, wie Straßenräume durch temporär angelegte Maßnahmen langfristig an die veränderten Bedürfnisse angepasst werden können. Deshalb sind Versuchsanordnungen in realen Situationen wichtig, um zu ermitteln, was für entsprechende Stadtstrukturen brauchbar ist. Hierzu müssen konkrete Laborversuche möglich gemacht werden, zu hohe Antrittsschwellen sind hier nicht hilfreich. So liegen z. B. die ernstzunehmenden Testfelder für autonomes Fahren zu einem großen Teil in Kalifornien. Das bedeutet, dass die Versuchsergebnisse von Stadtstrukturen geprägt sein werden, die nur bedingt auf eine europäische Stadt übertragbar sind. Darüber hinaus müssen wir sicherstellen, dass die durch die Mobilitätsanbieter erhobenen Daten auch für die Zivilgesellschaft zur Verfügung stehen.

Aber auch schon bei der Planung von neuen Straßen kann eine Flexibilität strategisch baulich mitgedacht werden. Die geplanten Querschnitte können so angelegt werden, dass durch Rückbau von Mittelinseln oder auch Umverteilung von Flächen eine Anpassung an mögliche zukünftige Verkehrsbelastungen ohne umfangreiche Baumaßnahmen vorgenommen werden kann. Mit diesen Beispielen kann man, wie auf den zweifelsfrei vorhandenen Zusammenhang zwischen Infrastrukturangebot und Verkehrsnachfrage, gute und langfristig tragfähige Antworten geben.

4 Stadtentwicklung aus Sicht der Mobilität?

Bedingt durch den weiteren Zuzug in die Städte stehen die Politik und die Planung vor großen Herausforderungen beim Neubau von Wohnungen. Prozesse der innerstädtischen Verdichtung sind aufwendig und kompliziert. Dennoch wäre es hinsichtlich der Ziele in der städtischen Verkehrsentwicklung ein gravierender Fehler, Neubauvorhaben auf der „grünen Wiese“ ohne eine umfassende Mobilitätsstrategie voranzutreiben. Die direkten Folgen einer solchen Siedlungspolitik sind neben zunehmenden Belastungen durch Staus in den Ballungsräumen, auch langfristig steigende Belastungen durch Erweiterung und Wartung der Infrastrukturen, wie Straßen-, ÖPNV- und Leitungsnetzen.

Vielmehr sollten Kommunen prüfen, ob in dem bestehenden städtischen Infrastrukturgefüge noch Verdichtungspotenziale vorhanden sind. Gerade aus Sicht der Verkehrsentwicklung ist eine Konzentration der Stadtentwicklung auf solche Flächen langfristig sinnvoll. So gibt es in vielen Städten wahrscheinlich durchaus ein verborgenes Potenzial von noch untergenutzten Flächen, in dessen näherem Umfeld bereits sehr gute ÖPNV- und Nahversorgungsangebote vorhanden sind. Diese Flächen lassen sich angesichts der häufig sehr gut gepflegten Geoinformations-Systeme in den Kommunen ohne großen Aufwand ermitteln (Abb. 5).

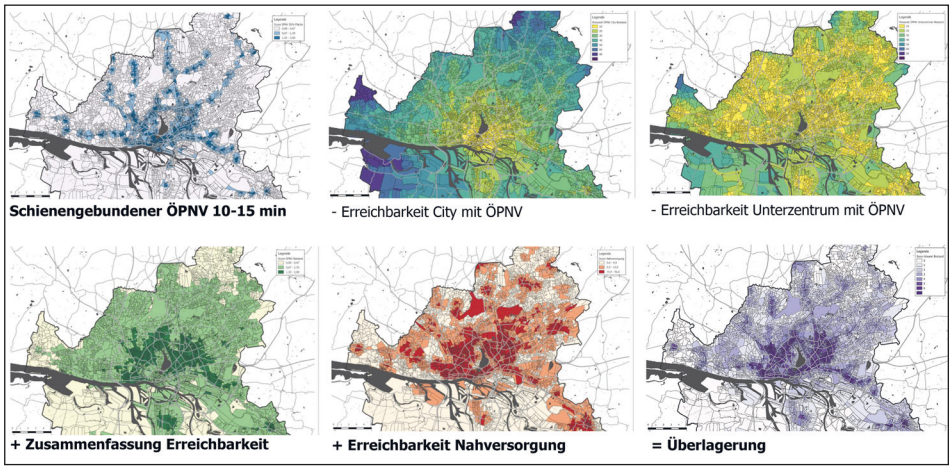


Abb. 5: Ermittlung von ÖPNV- und nachversorgungsaffinen Potenzialflächen in Hamburg (Quelle: ARGUS 2018)

5 Und nun?

Diese zehn Prinzipien haben sicherlich weder Anspruch auf Vollständigkeit, noch können sie der Komplexität der politischen, sozialen, regulativen oder organisatorischen Herausforderungen in den unterschiedlichen Planungs- und Lebensräumen gerecht werden. Sie sind auch nicht als Manifest, sondern vielmehr als Grundlage für eine weitere Diskussion zu sehen.

Bei der Zusammenschau dieser teilweise sehr offensichtlichen Zusammenhänge werden jedoch in Bezug auf Mobilität einige Erkenntnisse und Aufgaben für eine Stadt- und Verkehrsentwicklung mit menschlichem Maßstab deutlich:

1. Wir müssen den Fokus wieder mehr auf das qualitativ hochwertige Zufußgehen legen. Technologische Entwicklungen (wie das autonome Fahren, Car- und Bikesharing etc.) haben nur eine ergänzende Funktion.
2. Die maximalen Wegelängen für das Zufußgehen sind begrenzt. Ein fußläufiger ÖPNV und Nahversorgung sind daher das Rückgrat der Mobilität im fußläufigen Quartier. Für den Entwurf bzw. dessen Prüfung dienen unsere zehn Prinzipien sowie der dahinter liegende Maßnahmenbaukasten.
3. Nicht die einzelnen Konzeptbausteine, sondern die Umsetzungsstrategie ist für den Erfolg eines fußläufigen bzw. multi-modalen Quartiers entscheidend. Hier gibt es gute Beispiele: Seestadt Aspern Wien, Lincoln-Siedlung Darmstadt, HafenCity Hamburg, Pergolenviertel Hamburg etc. Hier können wir in den kommenden Jahren viel in Sachen Implementierung lernen.

4. Wir brauchen ein wirklich integriertes Denken. Die Belange und Anforderungen der Nahmobilität sind so grundlegend, dass sie in unseren Planungsprozessen viel früher und umfangreicher Berücksichtigung finden müssen. Hierfür gilt es, Verkehrs- und Mobilitätsplaner, z. B. bei der Entwicklung städtebaulicher Leitbilder, einzubeziehen. Ein gutes Beispiel hierfür ist z. B. das Bauforum 2019 in Hamburg gewesen. Hierzu haben unter der Leitfrage der zukünftigen Stadtentwicklung entlang der Magistralen/Hauptverkehrsstraßen Verkehrsplaner, Architekten und Stadtplaner gemeinsam Ideen und Entwürfe generiert (*https://www.hamburg.de/bauforum/*).

6 Literatur

Amt für Stadtentwicklung und Statistik (o. J.): Kölner Stadtteilinformationen, Einwohnerzahlen 2017.

Knoflacher, H. (1995): Fußgeher- und Fahrradverkehr. Planungsprinzipien. Wien: Böhlau.

Landeshauptstadt Dresden (2019): Statistische Mitteilungen, Stadtteilkatalog 2017.

MiD – Mobilität in Deutschland (2017): Ergebnisbericht. infas, DLR, IVT und infas 360 (2018): Mobilität in Deutschland (im Auftrag des BMVI).

Scheler, C.; Rothfuchs, K. (2019): Vortrag „Mobilitätsorientierter Städtebau" im Rahmen des Städtebauseminars Hamburg.

Scheler, C.; Rothfuchs, K. (2018): Mobile Stadt. In: Pahl, K.-A.; Reuther, I.; Stubbe, P.; Tietz, J.: Potenzial Großsiedlung, Zukunftsbilder für die Neue Jahr.

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2018): Hamburger Stadtteil-Profile, Berichtsjahr 2017. Nord regional: Band 20.

Statistisches Amt München (2019): Statistisches Taschenbuch 2019, München und seine Stadtbezirke.

VCD – Verkehrsclub Deutschland (2019): Wohnen leitet Mobilität. https://www.vcd.org/themen/wohnen-und-mobilitaet (Zugriff: 25.09.2019).

Flächenmanagement bei der DB Netz AG – Nachhaltige Strategie und ganzheitliche Immobilienbetrachtung

Christian Günster

Zusammenfassung

Die Anforderungen an den Aufbau einer ganzheitlichen Immobilienbetrachtung und einer damit verbundenen thematischen Vernetzung im Flächenmanagement sind in den vergangenen Jahren drastisch und kontinuierlich gestiegen. Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, hat die DB Netz AG eine Flächenmanagement-Strategie entwickelt, welche eine ganzheitliche Betrachtungsweise im Immobilienmanagement ermöglicht. Die Realisierung dieser nachhaltigen Strategie wird mithilfe eines graphischen Tools, der Aktualisierung und Ergänzung bestehender Prozesse sowie der Schaffung definierter Schnittstellen ermöglicht. Bis 2020 soll so ein bundesweit einheitlicher Standard zur Visualisierung aller relevanten Informationen zu Flächenbedarf, -planung und Bestand entstehen. Diese transparente Darstellung der Flächeninformationen ermöglicht eine direkte und verlässliche Kommunikation zwischen Projekten sowie zu Anfragen, Bewirtschaftung und Vertrieb von Bahnflächen.

1 Ausgangslage 2016

1.1 Vorhaltung von Flächen

Zurzeit erfolgt innerhalb des Projektgeschäfts der DB Netz AG keine gezielte, strukturierte oder strategisch gesteuerte Vorhaltung von Flächen. Es werden die Bedarfe projektscharf ermittelt und entsprechend zielgerichtet finden die Bemühungen im Grunderwerb statt.

Eine gesteuerte Abstimmung zwischen einzelnen Projekten bleibt ebenso aus wie eine übergreifende Strategie innerhalb der Immobilienbetrachtung.

1.2 Problemstellung

Die Anforderungen an den Aufbau einer ganzheitlichen Immobilienbetrachtung und einer damit verbundenen thematischen Vernetzung im Flächenmanagement sind in den vergangenen Jahren drastisch gestiegen mit gleichbleibender Tendenz.

Dies zeigt sich einerseits vor dem Hintergrund eines steigenden Realisierungsdrucks innerhalb eines stark wachsenden Projektvolumens mit einer stetig steigenden Zahl an Stakeholdern, deren Erwartungshaltung an Vorhabenträger und das Projekt sehr

anspruchsvoll und stark unterschiedlich sind. Andererseits erhöht sich die Komplexität im Flächenmanagement durch engere und zahlreichere gesetzliche Vorgaben und Rahmenbedingungen sowie die fortschreitende Flächenverknappung insbesondere in Ballungsräumen.

1.3 Ziel

Für eine gezielte und frühzeitige Bevorratung von Flächen für Maßnahmen jeder Leistungsphase soll ein strategischer Lösungsansatz entwickelt werden, welcher unabhängig der Realisierungszeiträume, Arten der Projekte und Maßnahmen eine gezielte Verfügbarkeit der benötigten Flächen für diese ermöglicht. Dies dient durch die gezielte Reduktion von Reibungsverlusten und Risiken sowohl der Projektperformance und damit der Erhöhung der Stabilität von Qualität, Terminen und Kosten als auch dem Aufbau einer abgestimmten Verwertungsstrategie innerhalb des Immobilienmanagements der DB Netz AG sowie DB Immobilien.

2 Grundlagen

2.1 Die DB Netz AG im Konzernverbund

Die Deutsche Bahn Netz AG ist im Vorstandsressort Infrastruktur (VR I) angesiedelt. Sie ist im Geschäftsfeld DB Netze Fahrweg zuständig für die Schienen- bzw. Netzinfrastruktur und bestimmt daher im Wesentlichen den Flächenbedarf. Daher wird im Folgenden nur auf das Geschäftsfeld DB Netze eingegangen.

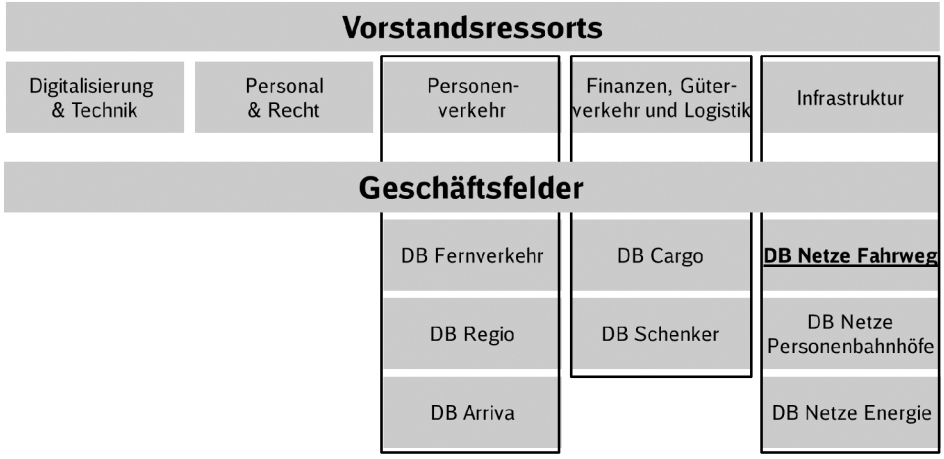


Abb. 1: DB Netz AG im DB-Konzern (Quelle: eigene Darstellung)

2.2 Kernaufgabe und Kennzahlen

Kernaufgabe der DB Netz AG ist die Basis für einen sicheren und zuverlässigen Bahnbetrieb zu schaffen. Die wichtigsten Aufgaben der DB Netz AG sind:

- Betreiben von Europas größter Schieneninfrastruktur
- Instandhaltung, Modernisierung und Weiterentwicklung des Streckennetzes
- Sicherstellung von Qualität und Kapazität heute und in Zukunft
- Vermarktung von Trassen und Anlagen

Hierzu beschäftigt das Unternehmen über 40 000 Mitarbeiter in Deutschland und koordiniert mit 2 641 Stellwerken täglich 40 000 Züge mit 410 000 Verkehrshalten. Dafür hält es knapp 33 500 km Streckennetz, mehr als 25 100 Brücken und 741 Tunnel vor. Der Umsatz lag 2018 bei rd. 5,5 Mrd. Euro. Das Flächeneigentum der DB Netz AG unter Betrieb beträgt 1 040 km², Nebenanlagen und Altbestand erstrecken sich auf weiteren 160 km² Grundeigentum.

2.3 Organisation des Flächenmanagements der DB Netz AG

Hinsichtlich der Eigentumsverwaltung der DB-netzeigenen Grundstücke sind Bahnbetriebsflächen und sonstige Bahnflächen zu unterscheiden.

Die Sicherstellung der rechtzeitigen Bereitstellung von Flächen für Projekte obliegt dem Flächenmanagement (FLM) der DB Netz AG. Die Verantwortung für die Bahnbetriebsflächen hat das Immobilienmanagement der DB Netz AG. Für sonstige Bahnflächen ist die DB Immobilien mit der Bewirtschaftung und Verwertung beauftragt. Die Einbindung des FLM in das Vorhaben beginnt bereits vor Projektbeginn und dauert über alle HOAI-Leistungsphasen an. Bundesweit 107 Mitarbeiter erfüllen bei der DB Netz AG diese Aufgabe.

Die Dauer eines Grunderwerbsprozesses divergiert dabei bislang stark in Abhängigkeit der Wahl der Vorgehensweise und der Form der grundrechtlichen Sicherung des Zugriffsrechts einerseits sowie der Dauer grundrechtlicher Belastungen. Die Durchlaufzeit eines Vorgangs liegt – in Abhängigkeit der Art der Umsetzung – zwischen zwei und 20 Jahren, die Bearbeitungszeit eines Vorgangs im Regelgeschäft beträgt zwischen 35 und 120 Stunden.

2.4 Aufgaben des Flächenmanagements der DB Netz AG

Die Hauptaufgaben des Flächenmanagements (FLM) der DB Netz AG sind:

- Systematische und visuelle Abbildung von Flächennutzungen der Infrastrukturprojekte der DB Netz AG
- Gewährleistung der zeitgerechten Bereitstellung benötigter Grundstücke

- Erwerb, Sicherung im Grundbuch und Gestattungsverträge als Möglichkeiten der Flächenbereitstellung sowie Verkauf von nicht benötigten (Rest-)Flächen
- Schnittstelle von Projekt und Vertrieb
- Life-Cycle-Betrachtung und langfristige Flächennutzungsplanung

Hierzu bündelt das Immobilienmanagement der DB Netz AG sowohl Fachverantwortung und Expertennetzwerk im Flächenmanagement als auch die Richtlinienverantwortung und das immobilienbezogene Schnittstellenmanagement. Dies ermöglicht auch die durchgängige Gestaltung der Immobilienprozesse.

Die Wahl eines strategischen Ansatzes dient auch dazu, hier eine Clusterung vorzunehmen, um diese Prozesse quantitativ unterscheiden und dokumentieren zu können.

3 Flächenmanagement-Strategie

3.1 Ziel

Ziel ist eine Visualisierung aller Informationen mit Flächenrelevanz in einem graphischen System (Integrierter FlächenPool). Dies dient der Erhöhung von Qualität und Effizienz und schafft konzernweit einen Wissensgewinn durch Transparenz und eine hohe Verfügbarkeit von Informationen. Definierte Schnittstellen sorgen für einen automatisierten Datenaustausch und die Erhöhung der Aktualität der Daten. Reibungsverluste werden gesenkt, die Bearbeitungsqualität gesteigert.

Fachlich umfasst die Flächenmanagement-Strategie insbesondere:

- Integriertes Flächenmanagement
- Langfristige Flächennutzungsplanung
- Integriertes Kompensationsflächenmanagement
- Life-Cycle-Betrachtung von Flächen

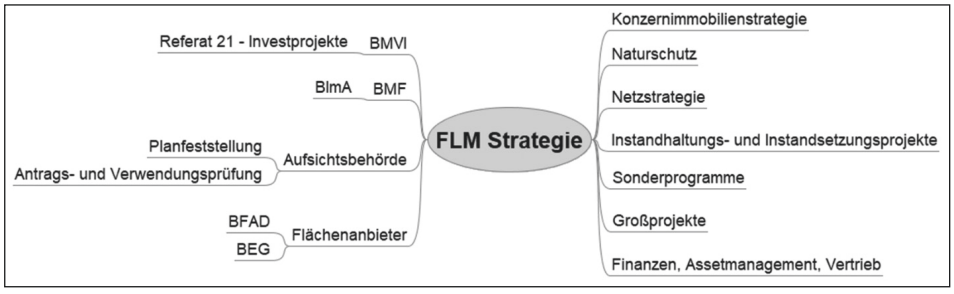


Abb. 2: Stakeholder der Flächenmanagement-Strategie; Abkürzungen: BMVI: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, BImA: Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, BMF: Bundesfinanzministerium, BFAD: Bundesverband der Flächenagenturen in Deutschland e.V., BEG: Bahnentwicklungsgesellschaft NRW mbH (Quelle: eigene Darstellung)

3.2 Umsetzung

Um eine belastbare und verlässliche Auskunft zu flächenrelevanten Informationen zu erhalten, wurden alle relevanten Steakholder in die Umsetzung des Integrierten FlächenPools einbezogen:

Die Vielzahl der Einflussgrößen und die Unterschiedlichkeit der Anforderungen zeigt, dass es notwendig war, zunächst ein einheitliches Konzept mit Standards für Datenerhebung und -visualisierung sowie die unternehmensinterne und -externe Kommunikation zu flächenrelevanten Informationen zu erarbeiten. Die Lösung von einer (einzel-) prozessbezogenen Betrachtungsweise hin zu einer Life-Cycle-Betrachtung bot hierfür die Grundlage:

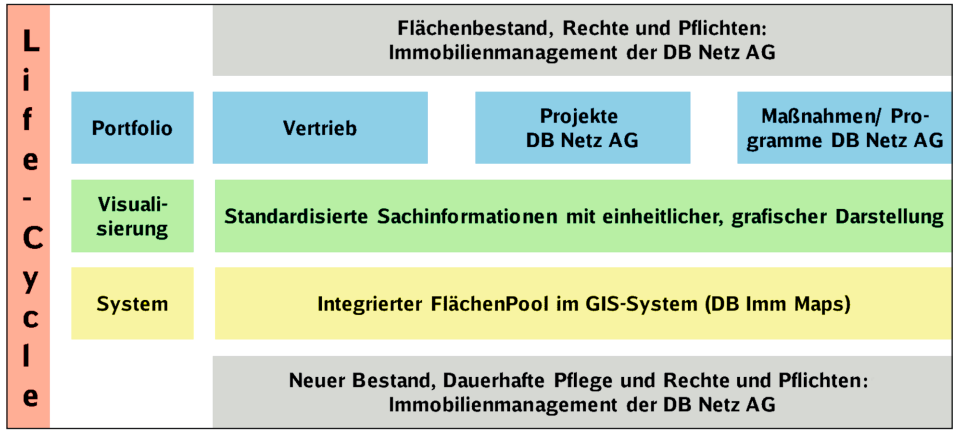


Abb. 3: Konzept der ganzheitlichen Immobilienbetrachtung (Quelle: eigene Darstellung)

Hieraus wurde der Ansatz eines Integrierten FlächenPools entwickelt:

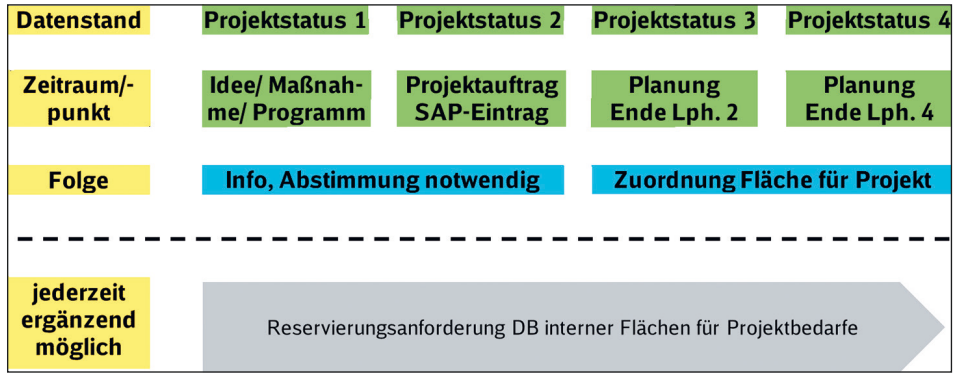


Abb. 4: Schema-Skizze: Integrierter FlächenPool (Quelle: eigene Darstellung)

Dabei stellt der Datenstand den unterschiedlichen Konkretisierungsgrad eines Vorhabens anhand von vier definierten Projektstatus (PS) dar:

1 Vorhaben ist in der Maßnahmenplanung

2 Vorhaben ist angestoßen und wird nun als Projekt geführt

3 Abschluss Leistungsphase 2: Vorzugsvariante liegt vor

4 Abschluss Leistungsphase 4: Realisierungsvariante liegt vor

Der Zeitraum beschreibt den Entwicklungsstand des Vorhabens. Im PS 1 liegen hierzu zunächst eine Idee bzw. Maßnahmenplanung vor. Eine zukünftige Realisierung ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht sichergestellt. PS 2 zeigt alle Vorhaben, welche mit einer klaren Realisierungsabsicht versehen sind. Beide PS stellen somit zunächst einen perspektivischen Flächenbedarf dar. Sowohl PS 3 als auch PS 4 enthalten demgegenüber bereits Planungszustände aus den Projekten. Sie entfalten damit einen wesentlich höheren Konkretisierungsgrad als die PS 1 und PS 2 und werden im Verlauf der Projektplanung eingespielt.

In der Folge der Darstellungen ergeben sich für PS 1 und PS 2 damit zunächst informative Darstellungen, aus denen ein notwendiger Abstimmungsbedarf entnommen werden kann. PS 3 und PS 4 zeigen konkrete ggf. temporäre Flächenzuordnungen für Projekte. Ab PS 4 wird die Fläche dann einer eindeutigen Zuordnung zum beanspruchenden Projekt zugeführt.

Während des gesamten Life-Cycles einer Fläche im Bestand kann ergänzend hierzu jederzeit eine Reservierungsanforderung durch den Bedarfsträger – also das Projekt mit Nutzungsbedarf – gestellt werden. Dies dient einerseits dazu, die zeitlichen Intervalle zwischen den PS abzudecken, andererseits besteht hierdurch insbesondere die Möglichkeit, bereits sehr frühzeitig kritische Flächen (wichtige Zugangspunkte zu Bahnanlagen, Zwangspunkte für Logistik etc.) für ein bestimmtes Projekt sicher verfügbar zu machen.

3.3 Sachstand der Visualisierung

Mit Umsetzung des Releases August 2019 werden zunächst folgende Projekte in die graphische Darstellung überführt:

- Projekte des Bedarfsplans 2017 und 2018
- Projekte in den Knoten des Bedarfsplans
- Projekte der freiwilligen Lärmsanierung des Bundes
- Projekte des Konstruktiven Ingenieurbaus (Brückenprojekte)
- Maßnahmen, welche sich perspektivisch aus der Optimierung der Fahrwegskapazität ergeben
- Ausbaubedarfe der DUSS-Terminals (Deutsche Umschlaggesellschaft Schiene – Straße)

Darüber hinaus werden auf Basis des zwischen der DB Netz AG und der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) geschlossenen Rahmenvereinbarung alle Flächen des Kompensationsportfolios der BImA dargestellt.

3.4 Ausblick

Im Release November 2019 sind ergänzend folgende Projekte vorgesehen:

- Projekte des Bedarfsplans 2019 und vor 2017
- Projekte des Konstruktiven Ingenieurbaus (Durchlässe)
- Projekte der Regionalnetze
- Ertüchtigungs- und Instandhaltungsmaßnahmen
- Maßnahmen für den Mobilfunkausbau

Ergänzend werden Abfragewerkzeuge bereitgestellt, die projektbezogene Informationen aus dem System zur Verfügung stellen können. Darüber hinaus ist vorgesehen, perspektivisch eine Schnittstelle bereitzustellen, mit deren Hilfe ausgewählte Flächeninformationen bei Bedarf mit Dritten geteilt werden können.

4 Literatur

Deutsche Bahn AG (2018): Daten und Fakten 2018. https://www.deutschebahn.com/resource/blob/3992278/1d136e983334750ef4f24072d49c7cdf/20190325_bpk_2019_daten_fakten-data.pdf (Zugriff: 16.09.2019).

Deutsche Bahn AG Kommunikation und Marketing (2019): Wussten Sie schon, dass…. https://www1.deutschebahn.com/resource/blob/1774418/bd1e341a579f47b5ff-1c110a41bf87a0/Wussten-Sie-schon--dass-2018-data.pdf (Zugriff: 16.09.2019).

Flächenanalysen

Die Sozial-Raumwissenschaftliche Forschungsdateninfrastruktur SoRa – Potenziale und Implementierung

Stefan Jünger, Loren Mucha, Gotthard Meinel

Zusammenfassung

In den Sozialwissenschaften hat die Analyse des räumlichen Kontextes von individuellem Verhalten und Einstellungen Hochkonjunktur. Das zeigt sich besonders an den vielfältigen Arbeiten zu umweltbezogenen Einflüssen der Wohnumgebung auf individuelle Merkmale von Personen. Auf der einen Seite stehen Charakteristika jener Wohnumgebungen, wie etwa die Grünausstattung oder die bauliche Dichte, und auf der anderen Seite die Gesundheit, das Wohlbefinden oder die Einstellung von Menschen. Im gleichen Zuge besitzen diese Zusammenhänge oft auch eine soziale Ungleichheitsdimension, die sich vor allem darin niederschlägt, dass Personen mit niedrigem Einkommen oder Mitglieder ethnischer Minderheiten weniger von positiven Einflüssen der Wohnumgebung profitieren können und mehr von negativen Einflüssen betroffen sind. Während im US-amerikanischen Kontext auf eine traditionsreiche Forschung zurückgeblickt werden kann, fehlt in Deutschland bisher eine systematische Erschließung dieses Themas, u. a. weil dafür notwendige Daten fehlen. In dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt „Sozial-Raumwissenschaftliche Forschungsdateninfrastruktur" (SoRa) wird diese strukturelle Lücke adressiert und die hierfür notwendige Forschungsdateninfrastruktur entwickelt. Zusammen mit den Projektpartnern GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR), Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und dem Sozio-oekonomischen Panel (SOEP) wird gegenwärtig eine Infrastruktur zur Verknüpfung von raumwissenschaftlichen Daten aus dem Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) und georeferenzierten Umfragedaten (SOEP, ALLBUS) geschaffen. Der Beitrag stellt die allgemeinen und spezifischen Potenziale dieser Infrastruktur vor, erläutert ihre technische Implementierung und stellt erste Ergebnisse aus Analysen mit den verknüpften Daten vor.

1 Einleitung

Dieser Beitrag stellt die im Aufbau von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützte Sozial-Raumwissenschaftliche Forschungsdateninfrastruktur (SoRa) vor. Ziel von SoRa ist es, eine interdisziplinäre Forschungsdateninfrastruktur interoperabel zu entwickeln und die gemeinsame Nutzung der Daten für innovative Forschungsfragestellungen zu ermöglichen. Realisiert wurde der Aufbau von SoRa durch GESIS – Leibniz-

Institut für Sozialwissenschaften, dem Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR), dem Sozio-oekonomischen Panel (SOEP) und dem Karlsruhe Institut für Technologie (KIT). In der ersten Projektphase stammen exemplarische Fragestellungen aus dem Bereich der Sozialwissenschaften mit dem Schwerpunkt auf soziale Ungleichheiten im Zusammenhang mit Umweltbelastungen.

Im Folgenden gehen wir kurz auf die Motivation und den Hintergrund zu dem Projekt ein (Abschnitt 2). Danach beschreiben wir die technische Implementierung der Infrastruktur (Abschnitt 3), um dann eine erste inhaltliche Anwendung mit den Daten aus der Infrastruktur vorzustellen (Abschnitt 4). In einem letzten Schritt (Abschnitt 5) fassen wir die Hauptergebnisse zusammen und skizzieren die geplante Weiterentwicklung der Forschungsdateninfrastruktur.

2 Motivation

2.1 Georeferenzierte Daten in den Sozialwissenschaften

In den Sozialwissenschaften ist in den vergangenen Jahren ein deutlicher Trend zur Nutzung georeferenzierter Daten zu verzeichnen. Verschiedene Subdisziplinen, zum Beispiel im Bereich der politischen Einstellungen (Klinger et al. 2017) oder sozialer Ungleichheit (Zwickl et al. 2014), profitieren von einer kleinräumigen Perspektive auf bestehende Fragestellungen. Erst wenn Forschende Geoinformationen (z. B. Wohnumfeldbeschreibungen, Erreichbarkeiten usw.) zu bestehenden Umfragedaten hinzufügen können, wird eine Analyse des räumlichen Kontextes sozialen Handelns ermöglicht. Georeferenzierte Daten helfen dabei, bestehende Ergebnisse zu hinterfragen bzw. aus anderen Perspektiven zu beleuchten oder aber auch ganz neue Fragestellungen zu formulieren (Jünger 2019).

Möglich wird diese Unternehmung insbesondere durch die Methode der räumlichen Verknüpfung. Geokodierte Adressdaten von Befragten werden gemeinsam mit Geodaten in einem Raum projiziert und die Attribute der Geodaten basierend auf gleichen Lokalitäten extrahiert. Abbildung 1 zeigt das Beispiel des Indikators Bodenversiegelungsgrad, dessen 100 m x 100 m-Rasterzellwert über die räumliche Verknüpfung den Adresskoordinaten von Befragten hinzugefügt wird. Damit ergeben sich neue Fragestellungen, etwa in der Untersuchung sozialer Ungleichheiten in der Betroffenheit von Bodenversiegelung in Deutschland (Abschnitt 4).

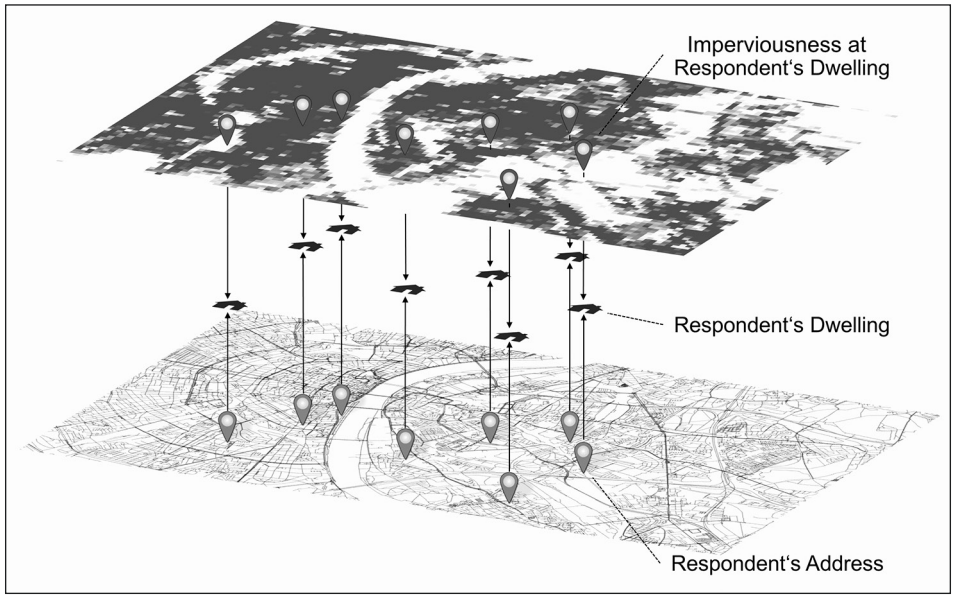


Abb. 1: Räumliche Verknüpfung von georeferenzierten Umfragedaten mit kleinräumigen Geodaten (Quelle: www.sora-projekt.de)

2.2 Herausforderungen

Zunächst sind Sozialforschende, die sich für georeferenzierte Daten interessieren, vor das Problem gestellt, dass die Anwendung dieser Daten oft nicht dem Curriculum ihres Fachbereichs entspricht. Im universitären Studium wird nur an sehr wenigen Hochschulen angeboten, zum Beispiel den Einsatz von Geographischen Informationssystemen (GIS) zu erlernen (Müller 2019). Aus diesem Grund ist die Bereitschaft zur Interdisziplinarität notwendig, um die Methoden aus anderen Fachbereichen zu erlernen und damit auch der erforderlichen Anwendung von Daten aus diesen Fachbereichen gerecht zu werden. Andererseits sollte es Sozialforschenden so leicht wie möglich gemacht werden, räumliche Kontexte in ihre Untersuchungen einzubinden.

Eine weitere Herausforderung im Umgang mit georeferenzierten Daten in den Sozialwissenschaften ist die (Daten-)Verfügbarkeit von Geodaten. Das betrifft insbesondere Daten öffentlicher Anbieter, da sich die Geodatenhaltung bedingt durch die föderale Struktur Deutschlands auf die Geodatenzentren der Bundesländer verteilen. Diese fragmentierte Datenlandschaft kann zu nicht-harmonisierten, fehlerhaften oder gar fehlenden Daten führen (Schweers et al. 2016).

Auch aufseiten georeferenzierter Umfragedaten ist dieser Effekt zu beobachten. Georeferenzierte Daten sind zunächst einfache Umfragedaten, die über Kataloge bei

Datenanbietern recherchiert werden können. Den Katalogen wiederum fehlen oft angemessene Beschreibungen über die verfügbaren Georeferenzen, sodass Forschende ein unvollständiges Bild über alle verfügbaren Daten erlangen. Während es einige prominente Beispiele gibt, wie zum Beispiel das Forschungsdatenzentrum (FDZ) des Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) (Goebel 2017), ist der Zugriff auf kleinere und spezialisiertere Befragungen limitiert. Forschende müssen aus diesem Grund einige Zeit für die Datenrecherche investieren.

Die größte Herausforderung, die im Zusammenhang mit der Datenanalyse steht, ist die des Datenschutzes. Georeferenzierte Umfragedaten sind besonders schützenswert, da sie kleinräumige Informationen über die Wohnorte von Befragten enthalten. Nach deutschem Recht ist es nicht erlaubt, Umfragedaten mit Wohnortsinformationen der Befragten gemeinsam zu speichern. Datenanbieter reglementieren somit den Zugang zu georeferenzierten Umfragedaten, etwa durch den Einsatz spezieller Zugangswege in geschützten und von außen abgeschirmten Arbeitsumgebungen.

Die im SoRa Projekt entwickelte Forschungsdateninfrastruktur widmet sich diesen Herausforderungen, um einen großen Teil dieser sich ergebenden Schwierigkeiten für Sozialforschende abzumildern. Erreicht wird dies mit der Entwicklung einer technischen Plattform zur räumlichen Verknüpfung von georeferenzierten Umfragedaten mit Geodaten, die keine GIS-Kenntnisse erfordert und die alle datenschutzrechtlichen Anforderungen automatisiert berücksichtigt. Diese Infrastruktur reduziert somit Fehler, die sich aus der versehentlichen Speicherung von sensitiven Daten wie eben georeferenzierte Umfragedaten ergeben könnten.

3 Technische Implementierung

3.1 Ziele und Lösungsansatz

Ziel von SoRa ist, eine interoperable Architektur zwischen sozial- und raumwissenschaftlichen Forschungsdateninfrastrukturen zu entwickeln und bereitzustellen. Dieses Ziel impliziert die Interoperabilität sowie die Konformität mit internationalen Standards aus den Sozialwissenschaften und den Raumwissenschaften. Dadurch wird ein einfacher Zugang für Forschende zu den Daten geschaffen, der auf einer transparenten und verständlichen Kombination der Daten beruht.

Datengrundlage der raumwissenschaftlichen Seite in SoRa sind die Daten des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor). Diese raumwissenschaftliche Forschungsdateninfrastruktur informiert seit 2010 deutschlandweit, indikatorbasiert, hochauflösend und in Form von Zeitreihen über die Flächennutzung und deren Entwicklung in Deutschland. Auf Grundlage dieser Daten sind u. a. auch kleinräumige Wohn-

umfeldbeschreibungen durch Indikatoren zur baulichen Dichte, zur Grünausstattung und -erreichbarkeit und zur Verkehrswegenetzdichte möglich.

Die IÖR-Monitordaten werden mit georeferenzierten Umfragedaten des GESIS Panels und des SOEP räumlich verknüpft. Da es sich bei letzteren um datenschutzrechtlich sehr sensible Daten handelt, wurde bei der Lösungsarchitektur ein besonderes Augenmerk auf den Datenschutz gelegt. Diese Herausforderung wird mit einer verteilten Lösung in Form verschiedener, lose gekoppelter Webservices gelöst, die zentral orchestriert werden und durch die Anwendung standardisierter Schnittstellen miteinander kommunizieren. Die einzelnen Komponenten werden im Folgenden kurz vorgestellt.

3.2 Architektur

Die SoRa-Architektur setzt sich aus den folgenden vier Komponenten zusammen, die miteinander kommunizieren:

1. SoRa-App
2. Survey Data Discovery
3. Participant Data Linking
4. Spatial Linking

Der zentrale Zugriffspunkt für Forschende bildet dabei die SoRa-App (1.), über welche Anfragen zur räumlichen Verknüpfung von IÖR-Monitor-Daten und Umfragedaten gestellt werden. Die Survey Data Discovery Komponente (2.) erlaubt den Zugriff auf allgemeine Metadaten aus den Umfragedaten, die für die Auswahl der Umfragedaten von Interesse sind. Im Hintergrund wählt die Participant Data Linking Komponente (3.) entsprechende Geokoordinaten der georeferenzierten Umfragedaten aus, um sie in einem vorerst letzten Schritt an die Spatial Linking Komponente (4.) beim IÖR zu senden. Eine Übersicht dazu zeigt Abbildung 2.

Generell beinhaltet der Endpunkt dieses Prozesses das Zurückspielen der Daten an die Forschenden. Da die zurückgespielten Daten jedoch weiterhin sensitive Daten beinhalten können, sieht die gegenwärtige Infrastruktur vor, dies lokal bei den Datenhaltenden zu lösen. Im Fall des Projektkonsortiums können somit Forschende auf die Daten des SOEP im FDZ SOEP in Berlin und auf die Daten des GESIS Panels im GESIS Secure Data Center in Köln zugreifen. Eine potentielle Anwendung der verknüpften Daten wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

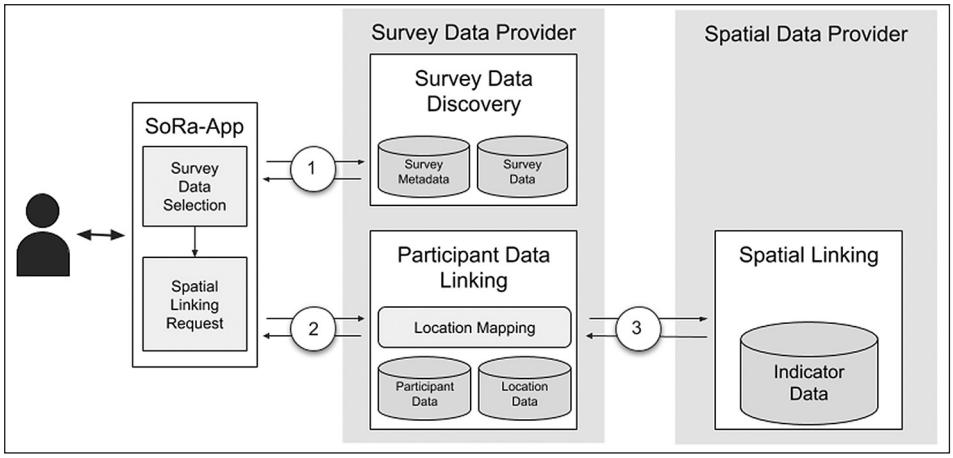


Abb. 2: Übersicht über die verteilte Architektur lose gekoppelter Webservices in der Sozial-Raumwissenschaftlichen Forschungsdateninfrastruktur SoRa (Quelle: Bensmann et al. 2019)

4 Sozialwissenschaftliche Anwendungsbeispiele

4.1 Sozialräumliche Ungleichheit

Die sozial ungleiche Verteilung von Umweltbelastungen ist schon länger Gegenstand zahlreicher Untersuchungen, vor allem in den Vereinigten Staaten von Amerika. Es zeigte sich, dass Personen mit niedrigem Einkommen oder Mitglieder ethnischer Minderheiten überproportional oft von Umweltbelastungen betroffen sind gegenüber Personen mit hohen Einkommen bzw. Mitgliedern der ethnischen Mehrheit. Auch in Deutschland ist dieses Thema in den letzten Jahren in den Fokus gerückt, wenngleich noch verhältnismäßig wenige empirische Belege auf kleinräumigem Niveau existieren.

Im Folgenden zeigen wir eine kurze Analyse, wie mit der neugeschaffenen Forschungsdateninfrastruktur SoRa diesen Fragen nachgegangen werden kann. Denn Flächennutzungsindikatoren können Umweltbelastungen anzeigen, wenn sie Freiraum eingrenzen und den Zugang zu Ressourcen wie zum Beispiel Grünflächen erschweren. Unsere Hypothese ist, dass auch in Deutschland Einkommen negativ mit solchen Indikatoren korreliert. Das heißt, ärmere Bevölkerungsgruppen sind überproportional oft Umweltbelastungen, die sich aus der Flächennutzung ergeben, ausgesetzt.

4.2 Daten und Methode

Für die Analyse nutzen wir georeferenzierte Umfragedaten, die mit Indikatoren des IÖR-Monitors räumlich verknüpft wurden. Es handelt sich dabei um zwei verschiedene Umfrage-Datenquellen: das GESIS Panel aus dem Jahr 2014 mit insgesamt 3 852 Befragten

und das Sozio-ökonomische Panel aus dem Jahr 2014 mit insgesamt 27 813 Befragten. Bei beiden Datenquellen handelt es sich um sogenannte Bevölkerungsstichproben, welche durch ihre Form der Stichprobenziehung versuchen, ein möglichst repräsentatives Bild der deutschen Bevölkerung abzubilden.

Aus dem IÖR Monitor benutzen wir die Indikatoren Bodenversiegelungsgrad, Gesamtkraftverkehrsnetzdichte und Industrie- und Gewerbeflächenanteil an der Gebietsfläche. Es ist davon auszugehen, dass die drei gewählten Indikatoren negativ mit der Grünausstattung korrelieren, einen hohen Wert an Lärm und Abgasen bedingen und damit unmittelbar als Umweltbelastungen auf die dort wohnenden Menschen einwirken. Von diesen Indikatoren wurden jeweils der Indikatorwert einer 100 m x 100 m großen Rasterzelle und der Mittelwert einer Pufferzone von 500, 1 000 und 2 000 Metern um die befragte Adresse zugespielt. Damit wird gesichert, dass das gesamte Wohnumfeld der befragten Personen in die Untersuchungen einbezogen wird.

4.3 Ergebnisse

Sind Personen mit einem niedrigen Einkommen häufiger Umweltbelastungen aus der Flächennutzung ausgesetzt als Personen mit einem hohen Einkommen? Um dieser Frage nachzugehen, wurden basierend auf einem linearen Regressionsmodell Vorhersagen für die jeweiligen Umweltbelastungen in Abhängigkeit des Einkommens errechnet.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Analyse zunächst für die Daten des GESIS Panels für die IÖR-Indikatoren Bodenversiegelung (Imperviousness), Gesamtkraftverkehrnetzdichte (Density ot total roadway network) und die Anteil Industrie- und Gewerbeflächenanteil an der Gebietsfläche (Percentage of industrial and commercial site to geographic area). Auf den X-Achsen aller drei Unterabbildungen befindet sich das Einkommen der Befragten (Income) in Kategorien von 1 bis 17 und auf den Y-Achsen der jeweilige vorhergesagte Indikatorwert in Prozent (Estimate). In den Abbildungen selbst befinden sich die Vorhersagen für die verschiedenen geographischen Größen der Indikatorwerte mit deren Unsicherheitsintervallen (95 %ige Konfidenzintervalle).

Bezüglich des Bodenversiegelungsgrades zeigt sich, dass mit höherem Einkommen der Bodenversieglungsgrad sinkt. Im Vergleich zur Gruppe mit den niedrigsten Einkommen sinkt der Indikatorwert der 100 m x 100 m-Rasterzelle um 14 % gegenüber der Gruppe mit dem höchsten Einkommen. Dieser Zusammenhang ist natürlich weniger ausgeprägt, wenn der Untersuchungsraum durch Pufferbildung vergrößert wird. Die gleiche Tendenz zeigt sich bei den Indikatoren Gesamtverkehrsnetzdichte und Industrie- und Gewerbeflächenanteil an der Gebietsfläche. Jedoch handelt es sich dabei um wenig prägnante Ergebnisse, sodass sich kaum ein Zusammenhang mit dem Einkommen zeigt.

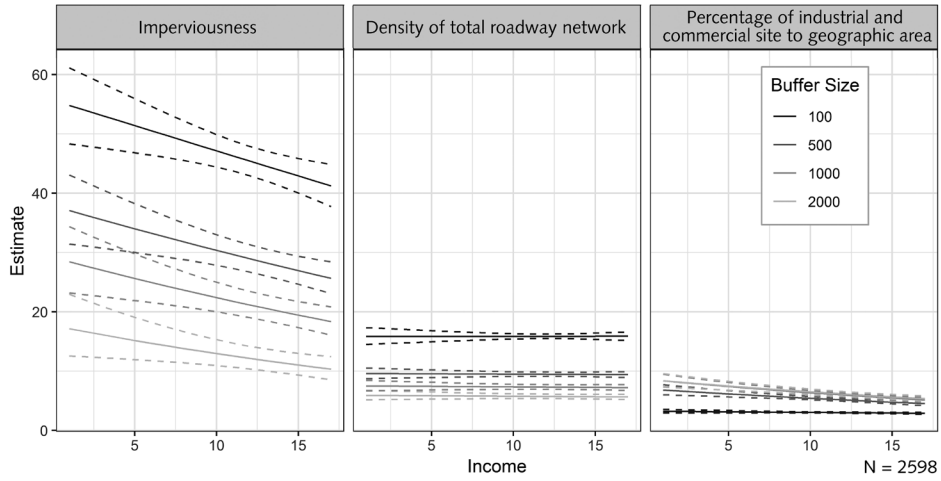


Abb. 3: Ergebnisse der linearen Vorhersage als Funktion von Einkommen und den IÖR-Indikatoren Bodenversiegelungsgrad, Gesamtverkehrsnetzdichte und Anteil an Industrie- und Gewerbeflächenanteil an der Gebietsfläche für das GESIS Panel (N = 2598) (Quelle: Bensmann et al. 2019)

Diese Ergebnisse bewähren sich in der Analyse des SOEP, dargestellt in Abbildung 4. Da hier die Stichprobe größer ist, sind auch die Vorhersagen präziser. Im Vergleich zur Gruppe mit dem niedrigsten Einkommen ist der Bodenversiegelungsgrad auf 100 m x 100 m gar um 19 % höher als in der Gruppe mit dem höchsten Einkommen. Die auf den linearen Trend bezogenen Vorhersagen für die anderen beiden Indikatoren sind ähnlich zu denen des GESIS Panels.

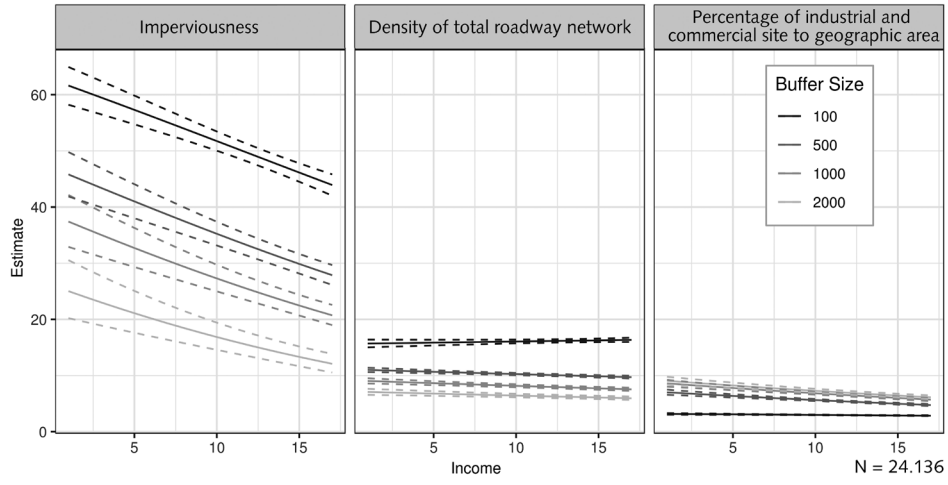


Abb. 4: Ergebnisse der linearen Vorhersage als Funktion von Einkommen und den IÖR-Indikatoren Bodenversiegelungsgrad, Gesamtverkehrsnetzdichte und Anteil an Industrie- und Gewerbeflächenanteil an der Gebietsfläche für das SOEP (N = 24.136) (Quelle: Bensmann et al. 2019)

4.4 Zusammenfassung des Anwendungsbeispiels

Generell zeigt dieses Anwendungsbeispiel, wie sich Daten aus verschiedenen Forschungsdateninfrastrukturen miteinander kombinieren lassen. Ähnliche und doch leicht verschiedene Datenquellen replizieren zudem ähnliche Ergebnisse: Einkommen ist negativ mit Umweltbelastungen resultierend aus der Flächennutzung assoziiert. Personen mit niedrigen Einkommen sind vor allem Belastungen, die sich aus der Bodenversiegelung ergeben, überproportional oft ausgesetzt. Derartige Untersuchungen können in Zukunft verfeinert werden, zum Beispiel indem weitere soziodemographische Angaben, etwa der Migrationshintergrund von Personen einbezogen werden. Es wird spannend werden, wie und mit welchen Fragen potentielle Anwenderinnen und Anwender die entwickelte Forschungsdateninfrastruktur SoRa in dieser Hinsicht nutzen.

5 Fazit und Ausblick

SoRa demonstriert das Potential interoperabler und interdisziplinärer Forschungsdateninfrastrukturen. Die Implementierung aus lose gekoppelten Webservices, die durch standardisierte Schnittstellen miteinander kommunizieren, ermöglicht eine leichte Ergänzung weiterer Datenquellen und auch die Übertragung bzw. Kopplung der Forschungsdateninfrastruktur SoRa auf bzw. mit Forschungsdateninfrastrukturen andere Fachdisziplinen. Derartige Kopplungen von Forschungsdateninfrastrukturen sind das Ziel beim beginnenden Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) für Deutschland.

Die Infrastruktur folgt einem Baukastenprinzip, das beliebig um weitere Komponenten erweiterbar ist und diese nahtlos integriert. Nächste Ziele des Projekts sind die Erweiterung um neue Geodatenquellen (offenen behördliche Geobasisdaten, OSM usw.) und weiterer sozialwissenschaftlicher Datensätze (z. B. GLES, ALLBUS) sowie die Ergänzung weiterer Funktionen und Analysemöglichkeiten.

6 Literatur

Bensmann, F.; Heling, L.; Jünger, S.; Mucha, L.; Acosta, M.; Goebel, J.; Meinel, G.; Sure-Vetter, Y.; Zapilko, B. (2019): An Infrastructure for Spatial Linking of Survey Data. Manuskript (erhältlich auf Anfrage).

Goebel, J. (2017): SOEP 2015 – Informationen zu den SOEP-Geocodes in SOEP v32. DIW Berlin, German Institute for Economic Research.

Jünger, S. (2019): Using Georeferenced Data in Social Science Survey Research. The Method of Spatial Linking and Its Application with the German General Social Survey and the GESIS Panel. GESIS-Schriftenreihe, 24. Köln: GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften.
https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-63688-7 (Zugriff: 27.06.2019).

Klinger, J.; Müller, S.; Schaeffer, M. (2017): Der Halo-Effekt in einheimisch-homogenen Nachbarschaften: Steigert die ethnische Diversität angrenzender Nachbarschaften die Xenophobie? Zeitschrift für Soziologie 46: 402-419.

Müller, S. (2019): Räumliche Verknüpfung georeferenzierter Umfragedaten mit Geodaten: Chancen, Herausforderungen und praktische Empfehlungen. In: Jensen, U.; Netscher, S.; Weller, K. (Hrsg.): Forschungsdatenmanagement sozialwissenschaftlicher Umfragedaten. Grundlagen und praktische Lösungen für den Umgang mit quantitativen Forschungsdaten. Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. 211-229.

Schweers, S.; Kinder-Kurlanda, K.; Müller, S.; Siegers, P. (2016): Conceptualizing a Spatial Data Infrastructure for the Social Sciences: An Example from Germany. Journal of Map & Geography Libraries 12: 100-126.

Zwickl, K., Ash, M.; Boyce, J. K. (2014): Regional Variation in Environmental Inequality: Industrial Air Toxics Exposure in U.S. Cities. Ecological Economics 107: 494-509.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Finanzierung des Aufbaues der Sozial-Raumwissenschaftliche Forschungsdateninfrastruktur (SoRa, Projektnummer 316669855).

Entwicklung der Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Deutschland – auf Grundlage des ATKIS Basis-DLM

Laura Göhler, Ulrich Walz, Tobias Krüger

Zusammenfassung

Wesentliche Fragestellungen der hier vorgestellten Analyse sind die Entwicklung von Photovoltaik (PV)-Freiflächenanlagen bis 2017, deren geografische Lage sowie verkehrs- und naturräumliche Zusammenhänge. Zur Einschätzung des ATKIS Basis-DLM als Datengrundlage wurde eine Befragung der Landesvermessungsverwaltungen durchgeführt. Im Fokus standen dabei Qualität und Aktualität der Daten. Die Auswertungen auf Bundeslandebene bestätigen ein höheres Aufkommen von PV-Freiflächenanlagen in Bayern und in den östlichen Bundesländern, mit Schwerpunkt in Brandenburg und Sachsen-Anhalt. Durch die räumliche Überlagerung neuer Anlagen aus den Jahren 2015 bis 2017 mit den Flächennutzungsdaten des Vorjahres wurde die Vornutzung bestimmt. Anschließend wurden diese mit den förderungswürdigen Flächenkategorien des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) abgeglichen. Darunter fallen seit 2010 u. a. Randbereiche von Autobahnen und Schienenwegen. Entlang dieser Trassen konnte ein Ausbau von etwa einem Viertel des PV-Freiflächenbedarfes ermittelt werden. Naturschutzgebiete und Nationalparks sind in der Regel nicht betroffen – Landschaftsschutzgebiete werden dagegen häufiger in Anspruch genommen.

1 Einführung

Die Energiewende hin zu erneuerbaren Energien ist derzeit ein weltweites Thema (Reichmuth 2011). Auch Deutschland hat sich große Ziele in Sachen nachhaltiger Energieversorgung gesetzt. 80 % des Bruttostromverbrauchs sollen bis 2050 aus erneuerbaren Energiequellen stammen (EEG 2017). Im Jahr 2017 produzierten diese einen Stromanteil von 33,1 %, wovon etwa ein Fünftel auf Sonnenenergie entfällt (AGEB 2018), darunter Solaranlagen an oder auf Gebäuden sowie Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA). Letztere stellen einen neuen Anspruch an die Landschaft dar und können diese ästhetisch stark überprägen. PV-Freiflächenanlagen werden meist durch einen zwei Meter hohen Zaun gegen Diebstahl und Zerstörung gesichert (Günnewig et al. 2007). Durch die Zäunung der Anlagen tragen diese auch zur Fragmentierung der Lebensräume bei. In unseren heutigen intensiv genutzten Landschaften sind große unzerschnittene Freiräume allerdings eine wertvolle Ressource (Walz und Schauer 2009).

Im Rahmen dieser Arbeit wurde folgenden Fragen nachgegangen: Welche Fläche nehmen Photovoltaik-Freiflächenanlagen derzeit ein und wie verlief die Entwicklung der

letzten Jahre? Auf welcher Vornutzung wurden die Anlagen errichtet? Wurden die im EEG vorgesehenen Korridore entlang der Autobahnen und Bahnstrecken genutzt? Wurden solche Anlagen innerhalb oder in der Nähe von Schutzgebieten errichtet?

Bisherige Flächenangaben beruhen zumeist auf Hochrechnungen auf Basis der installierten Leistung. Fortschreitende Technologien führen dabei zu entsprechenden Unsicherheiten (Kelm et al. 2018). Zur räumlichen Analyse wurden die Daten des Digitalen Basis-Landschaftsmodells (ATKIS Basis-DLM) bis 2017 verwendet. Für eine bessere Einschätzung der Datengrundlage wurde eine Befragung der Landesvermessungsverwaltungen durchgeführt. Des Weiteren wurden Flächennutzungsdaten sowie bereits gepufferte Vektordaten des Autobahn- und Eisenbahnnetzes verwendet, die ebenfalls auf dem Basis-DLM beruhen (IÖR-Monitor 2018). Vom Bundesamt für Naturschutz stammen die geografischen Informationen der verschiedenen Schutzgebiete (u. a. Landschafts- und Naturschutzgebiete sowie Nationalparke).

2 Befragung der Landesvermessungsverwaltungen

Für die digitale Erfassung des ATKIS Basis-DLMs sind die Landesvermessungsverwaltungen zuständig. Aus der Befragung ergab sich, dass die Erfassungen überwiegend auf digitalen Orthophotos (DOP) beruhen. In einzelnen Bundesländern sind zusätzlich Gebietstopographen im Einsatz. In Bayern und Thüringen erfolgt die Erfassung der PV-FFA ausschließlich durch Gebietstopographen vor Ort. Für 80 % der Landesfläche Deutschlands wurde eine vollständige Erfassung der PV-Freiflächenanlagen angegeben. Die Modellierung erfolgt i.d.R. entlang der Umzäunung, was teilweise zur Einbeziehung von Randstreifen und Wiesenflächen um die eigentlichen PV-FFA führt. Die Mindesterfassungsfläche beträgt in einigen Bundesländern 0,1 ha, in anderen 0,5 ha. Der Zeitraum zwischen Inbetriebnahme einer Photovoltaik-Freiflächenanlage und ihrer Erfassung im Basis-DLM kann bis zu fünf Jahre umfassen. Tabelle 1 schlüsselt die Zeiträume der einzelnen Bundesländer auf.

Tab. 1: Zeitraum zwischen Inbetriebnahme einer PV-Freiflächenanlage und ihrer Erfassung im ATKIS Basis-DLM. Ergebnis der Befragung nach Bundesländern. Stand August 2018, N = 15

Zeitraum zwischen Inbetriebnahme und Erfassung im ATKIS	Bundesland
bis 1 Jahr	Bayern, Rheinland-Pfalz
bis 2 Jahre	Baden-Württemberg, Berlin, Thüringen
bis 3 Jahre	Brandenburg, Niedersachsen/ Bremen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein
bis 4 Jahre	Mecklenburg-Vorpommern
bis 5 Jahre	Hessen, Saarland
keine zeitliche Festlegung	Hamburg, Sachsen

Generell streben alle Bundesländer eine Erfassung innerhalb von drei Jahren an. Bei der Interpretation nachfolgender Ergebnisse ist die erwähnte zeitliche Verzögerung zwischen realem Anlagenbau und der Datenübertragung in das ATKIS Basis-DLM zu beachten.

3 Entwicklung und Ausbauzustand

3.1 Ausbau auf Bundeslandebene

Im Zeitraum von 2015 bis 2017 konnte folgende Entwicklung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen anhand der ATKIS-Daten verzeichnet werden (Abb. 1):

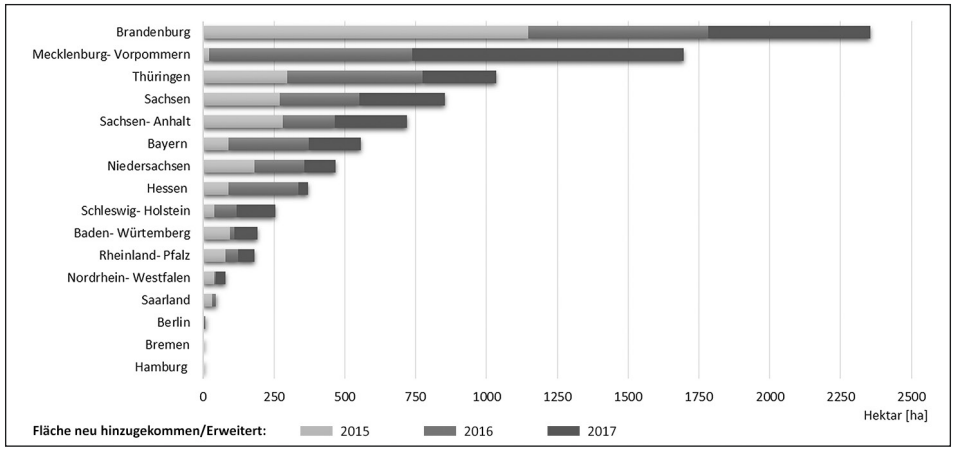


Abb. 1: PV-Freiflächenentwicklung auf Bundeslandebene (Quelle: ATKIS Basis-DLM © GeoBasis-DE/BKG 2018; eigene Bearbeitung)

Für den untersuchten Zeitraum lässt sich erkennen, dass vor allem in den östlichen Bundesländern die Photovoltaik-Freiflächenanlagen zugenommen haben. Der höchste Wert wurde in Brandenburg mit über 2 300 ha ermittelt, gefolgt von Mecklenburg-Vorpommern mit knapp 1 700 ha. Im Vergleich mit anderen Bundesländern weist Brandenburg die größten Solaranlagenkomplexe von bis zu 180 ha auf. Von 2015 bis 2017 stiegen die beanspruchten Flächen durch PV-Freiflächenanlagen in Deutschland insgesamt um etwa 8 800 ha.

3.2 Ausbauzustand 2017

Zum Stand 2017 wurden im ATKIS Basis-DLM etwa 24 270 ha an PV-FFA ausgewiesen. Das entspricht 0,068 % der Landesfläche Deutschlands. Diese Flächenangabe korrespondiert mäßig gut mit dem im EEG-Erfahrungsbericht 2018 genannten Wert von 27 150 ha, der aus einer leistungsbasierten Hochrechnung resultiert (Kelm et al. 2018).

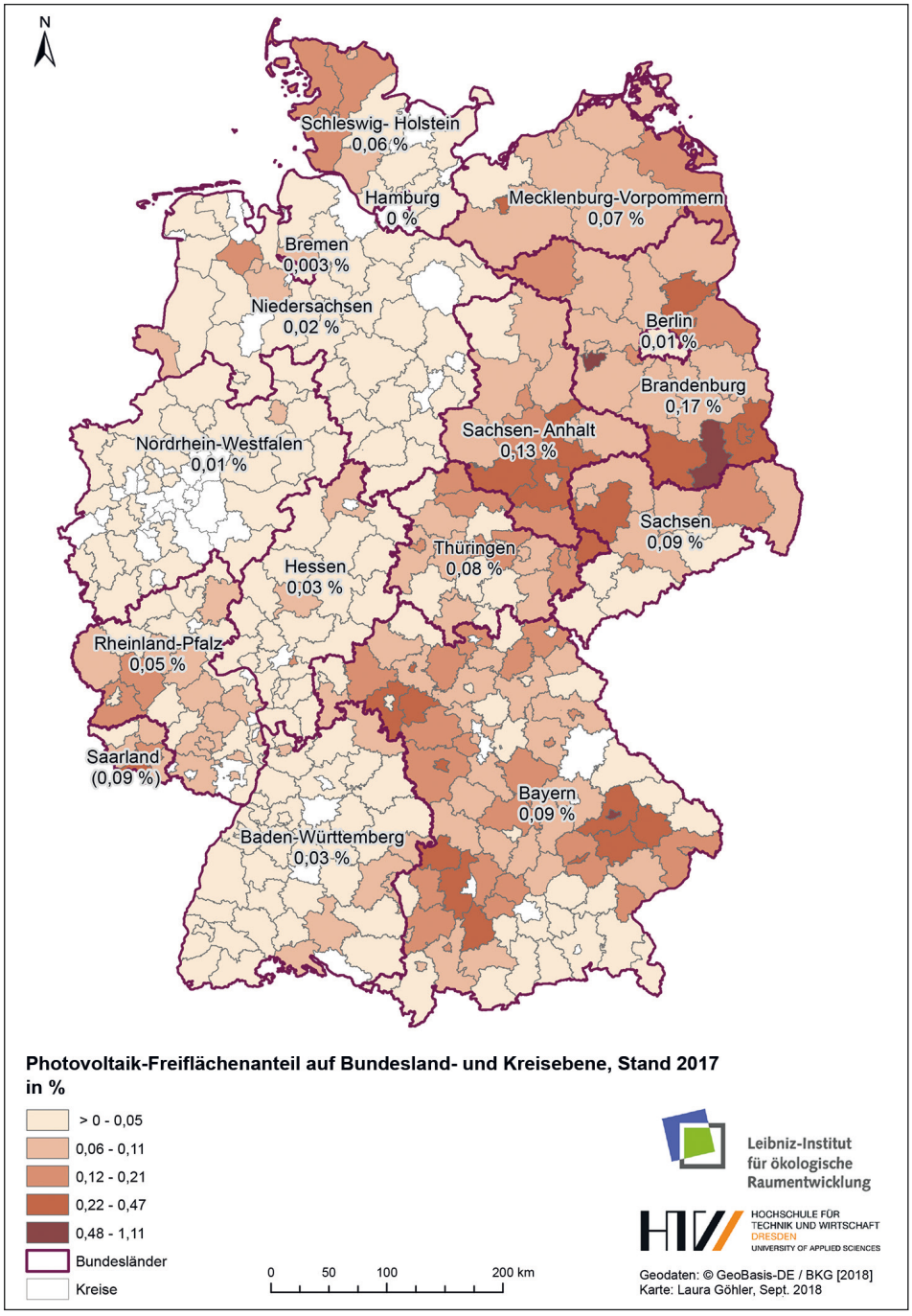


Abb. 2: Anteil PV-Freiflächenanlagen an der Bundesland- und Kreisfläche (Quelle: ATKIS Basis-DLM © GeoBasis-DE/BKG 2018, eigene Bearbeitung)

Die Karte in Abbildung 2 zeigt, dass sich die Landkreise mit dem größten Anteil von PV-FFA in den östlichen Bundesländern und in Bayern befinden. Höhere Flächenanteile finden sich auch im Norden Schleswig-Holsteins und im Westen von Rheinland-Pfalz. Absolut gesehen ist Bayern mit circa 6 700 ha das Bundesland mit der größten Fläche an PV-FFA. Betrachtet man den Flächenanteil pro Landesfläche, wurde in Brandenburg (0,17 %) und Sachsen-Anhalt (0,13 %) der stärkste PV-Freiflächenausbau ermittelt. Danach folgen Bayern, Sachsen und Saarland mit jeweils 0,09 %. Nordrhein-Westfalen (0,01 %) wies, als einwohnerstärkstes Bundesland, eine der geringsten Solarfreiflächennutzungen auf. Der geringe Ausbau in den westlichen Bundesländern ist laut BMWi (2018) vorrangig auf die verminderte Flächenverfügbarkeit zurückzuführen.

4 Flächenvornutzung

Aus Untersuchungen zur vorhergehenden Nutzung der Flächen, auf denen PV-Freiflächenanlagen im Zeitraum von 2015 bis 2017 gebaut wurden, geht hervor, dass ein Großteil der Anlagen auf landwirtschaftlichen Flächen realisiert wurde (Abb. 3). Im Verlauf der drei Jahre reduzierte sich dabei der Anteil des Zubaus auf landwirtschaftlichen Flächen in Bezug zum gesamten Zubau des jeweiligen Jahres von 55 % auf 31 %. Dahingegen wurde bei Industrie- und Gewerbeflächen, sowie Abbau- und Haldenflächen ein signifikanter Anstieg ermittelt. Zusammen mit vier weiteren Flächennutzungen wurden diese als Konversionsflächen zusammengefasst. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz definiert Konversionsflächen als jene Flächen, die ehemaliger wohnungsbaulicher,

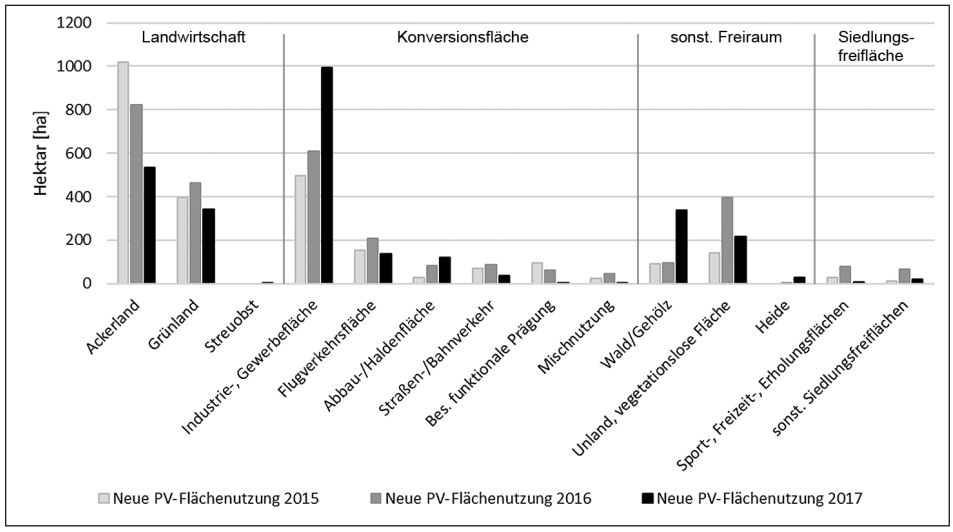


Abb. 3: Vornutzung der Flächen für PV-Freiflächenanlagen 2015 bis 2017 (Quelle: ATKIS Basis-DLM © GeoBasis-DE/BKG 2018, IÖR-Monitor: Flächennutzung 2014-2016, eigene Bearbeitung)

verkehrlicher, militärischer, oder wirtschaftlicher Nutzung unterliegen. Diese Flächen erhalten eine Vergütungsgarantie von 20 Jahren (EEG 2017).

Ein erheblicher Anteil von insgesamt 1 320 ha wurde im Bereich von Wald-/Gehölzflächen sowie Unland/-vegetationslosen Flächen errichtet. In früher durchgeführten Stichproben konnte festgestellt werden, dass es sich hierbei oft um ehemalige Militärflächen handelt (Koldrack et al. 2014). Da keine Daten zu ehemaligem militärischem Gelände vorlagen, konnte jedoch dazu keine eindeutige Aussage getroffen werden. Im Zeitraum von 2015 bis 2017 hat eine bevorzugte Inanspruchnahme von Konversionsflächen (74 %), vor allem in den östlichen Bundesländern, stattgefunden (BMWi 2018). Begründet wird dies auch durch das Vorhandensein vieler und großer ehemaliger militärischer Flächen, welche vor allem in Brandenburg und Sachsen-Anhalt zu finden sind (Kelm et al. 2018). Gemeint sind hierbei vorhandene Freiräume, wie beispielsweise ehemalige Truppenübungsplätze. Die Untersuchungen ergaben für Brandenburg einen hohen PV-Anteil im sonstigen Freiraum, der sich dadurch erklären ließe.

Die Nutzung von Siedlungsfreiflächen fiel vergleichsweise gering aus. Da eine jährliche Zuordnung durch die Datenlage nicht gewährleistet werden kann, ist diese Entwicklung als ein Trend zu verstehen. Der Rückgang im Bereich der landwirtschaftlichen Flächen wird auf die Einschränkung durch das EEG, Anlagen bevorzugt auf Ackerflächen in benachteiligten Gebieten, wie beispielsweise entlang von Autobahnen und Eisenbahntrassen zu fördern, zurückgeführt (EEG 2017). Inwieweit die für den PV-Freiflächenausbau begünstigten Korridore entlang überregionaler Verkehrswege genutzt werden, wird im Folgenden näher untersucht.

5 Ausbau entlang von Verkehrswegen

Seit 2010 hat das Erneuerbare-Energien-Gesetz eine Vergütungsgarantie für Freiflächenanlagen eingeführt, die in einem Abstand bis zu 110 m entlang von Autobahnen und Schienenwegen errichtet werden (EEG 2010). Diese Bereiche gelten als ökologisch und landschaftsästhetisch vorbelastet und stellen daher einen vergleichsweise geringen Raumwiderstand für die Errichtung einer PV-Freiflächenanlagen dar (Niemann et al. 2017).

Der Ausbaustand der Anlagen von 2017 zeigt sich entlang des Autobahnen- und Schienennetzes stark differenziert zwischen den einzelnen Bundesländern (Abb. 4). Die höchsten prozentualen Anteile im Abstandbereich bis 110 m wurden im Saarland (45 %), in Sachsen (36 %) und Bayern (34 %) ermittelt. Den geringsten Anteil weist in diesem Fall Brandenburg (18 %) auf. Insgesamt sind derzeit 27 % (6 500 ha) des Flächenbedarfs für Photovoltaik-Freiflächenanlagen im Bereich dieser Korridore zu finden. Diese Fläche umfasst alle Anlagen, die den 110-m-Korridor entlang der Verkehrstrassen wenigstens

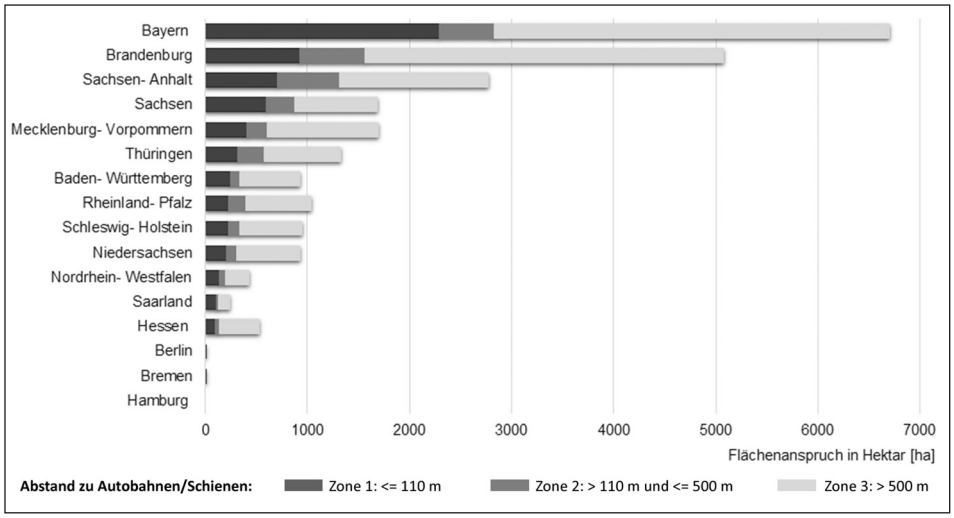


Abb. 4: PV-Freiflächenanlagen entlang von Autobahnen und Schienenwegen (Quelle: ATKIS Basis-DLM © GeoBasis-DE/BKG 2018; IÖR-Monitor 2017; eigene Bearbeitung)

berühren, ggf. aber über diesen hinausreichen. Räumlich tatsächlich innerhalb des Puffers von 110 m befinden sich etwa 3 300 ha Fläche PV-FFA, was 14 % der Gesamtfläche aller Anlagen entspricht. Für die Umsetzung des bundesweiten Ausbauziels gab der EEG-Erfahrungsbericht 2018 eine ausreichende Flächenverfügbarkeit primär entlang der überregionalen Verkehrslinien an (Kelm et al. 2018). Künftig ist mit einer steigenden Nutzung dieses Flächenpotentials zu rechnen.

6 Betroffenheit von Schutzgebieten

Bei der räumlichen Analyse zwischen PV-Freiflächenanlagen und Naturschutzgebieten, Nationalparks und Landschaftsschutzgebieten zeigt sich, dass Naturschutzgebiete und Nationalparks erwartungsgemäß nicht für die Solarenergiegewinnung genutzt werden. Die diesen Schutzgebietskategorien am nächsten liegenden Anlagen weisen in den meisten Fällen einen Abstand von über 1 000 m auf. Anders war das Ergebnis bei Landschaftsschutzgebieten. Zwar weist der Großteil der Anlagen (56 %) eine Entfernung von mindestens 1 000 m auf, aber es befinden sich vergleichsweise viele Anlagen in geringerem Abstand zu einem Landschaftsschutzgebiet. In Deutschland insgesamt liegen sogar 650 ha PV-Freiflächenanlagen und damit 3 % aller Anlagen innerhalb von Landschaftsschutzgebieten.

7 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend ist zu vermerken, dass durch die derzeitige Datenlage im ATKIS Basis-DLM ein guter Einblick in den Ausbau der Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Deutschland möglich ist. Hervorzuheben ist, dass damit auch lagebezogene Analysen durchgeführt werden können. Allerdings gibt es große bundeslandspezifische Unterschiede hinsichtlich des Zeitraums zwischen Inbetriebnahme einer Anlage und deren Erfassung im ATKIS Basis-DLM. Positiv hervorzuheben sind Bayern und Rheinland-Pfalz mit einer Turnusaktualität von einem Jahr.

Für die Flächennutzungsentwicklung konnten wesentliche Trends aufgezeigt werden. So hat die Nutzung anthropogen vorbelasteter Flächen zugenommen. Gleichzeitig ist ein Anstieg im Bereich des sonstigen Freiraums feststellbar. Es wird angenommen, dass es sich meist um ehemalige militärische Flächen handelt. In diesem Fall zählen sie als vergütungsfähige Konversionsflächen, konnten aber nicht eindeutig identifiziert werden. Die Nutzung von Siedlungsfreiflächen fiel vergleichsweise gering aus. In städtisch geprägten Bereichen sind gering verfügbare Flächenpotentiale und vorrangig PV-Installationen an oder auf Gebäuden zu erwarten. Wenn auch rückläufig, wurde ein Großteil des Ausbaus auf landwirtschaftlichen Flächen realisiert.

Eine Realisierung von etwa einem Viertel des PV-Flächenbedarfs befindet sich entlang überregionaler Verkehrswege (Autobahnen, Bahntrassen), davon 14 % innerhalb eines 110-m-Korridors. Zu beachten ist die EEG-Flächenförderung erst seit dem Jahr 2010. Künftig wäre eine steigende Nutzung dieser Flächen entlang von Verkehrswegen denkbar. Eine räumliche Kombination der Solarenergiegewinnung mit der bereits vorhandenen Infrastruktur ist aus Sicht der Vermeidung bzw. Minimierung weiterer Landschaftszerschneidung anzuraten. Forschungsbedarf besteht in der Untersuchung der Barrierewirkung und Landschaftszerschneidung durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen sowie in der Kombination von PV-Freiflächenanlagen und agrarwirtschaftliche Parallelnutzung.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen wird ein regelmäßiges Monitoring durch den neuen Indikator „Anteil Photovoltaik-Freiflächenanlagen an Gebietsfläche“ im IÖR-Monitor angestrebt.

8 Literatur

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2018): Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern.
https://www.ag-energiebilanzen.de (Zugriff: 31.10.2018).

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Erfahrungsbericht nach § 97 EEG (EEG-Erfahrungsbericht): 3-13.
https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/files/EEG_2017_Erfahrungsbericht.pdf (Zugriff: 03.10.2018).

EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz (2010): Erstes Gesetz zur Änderung des Erneuerbare- Energien- Gesetzes. Deutscher Bundestag, vom 17.08.2010. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2010, Teil I, Nr. 43.

EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz (2017): Gesetz zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zu weiteren Änderungen des Rechts der erneuerbaren Energien. Deutscher Bundestag, vom 13.10.2016. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2016, Teil I, Nr. 49.

Günnewig, D.; Sieben, A.; Püschel, M.; Bohl, J.; Mack, M. (2007): Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen. i.A. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. ARGE Monitoring PV- Anlagen c/o Bosch & Partner GmBH. Hannover.

IÖR-Monitor (2018): Flächenschema. Leibniz- Institut für ökologische Raumentwicklung. Dresden.
http://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/pdf/flaechenschema_01_2018.pdf (Zugriff: 01.11.2018).

Kelm, T.; Metzger, J.; Jachmann, H.; Günnewig, D.; Püschel, M.; Schicketanz, S.; Kinast, P.; Thylmann. M.; Nazerian, V. (2018): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 EEG. Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie.
https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/bericht-eeg-4-solar.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Zugriff: 03.10.2018).

Koldrack, N.; Bill, R.; Walz, U. (2014): GIS-basierte Ermittlung der Flächeninanspruchnahme für Energieinfrastrukturen in Deutschland. In: GIS Science, Bd. 2: 55-63.

Niemann, K.; Rüter, S.; Bredemeier, B.; Diekmann L.; Reich, M.; Böttcher, M. (2017): Photovoltaik-Freiflächenanlagen an Verkehrswegen in Deutschland. Ausbauzustand und mögliche Folgen für den Biotopverbund. In: Natur und Landschaft (92): 119-128.

Reichmuth, M. (2011): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. i. A. Bundesumweltministerium (BMU), www.bmu.de.
https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Gesetze-Verordnungen/eeg_eb_2011_solare_strahlung_bf.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Zugriff: 07.10.2018).

Walz, U.; Schauer, P. (2009): Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut? Landschaftszerschneidung in Deutschland mit besonderem Fokus auf Sachsen. In: Siedentop, S. (Hrsg.): Freiraumschutz und Freiraumentwicklung durch Raumordnungsplanung. Bilanz, aktuelle Herausforderungen und methodisch-instrumentelle Perspektiven. Hannover: Akad. für Raumforschung und Landesplanung (Arbeitsmaterial, Nr. 349): 46-70.

Stadt-Land-Dualismus als Faktor erhöhter Flächeninanspruchnahme und angespannter Wohnungsmärkte?

Björn Braunschweig

Zusammenfassung

Die Betrachtung von *der* Stadt und *dem* Land als Gegensatzpaar, angespannte Wohnungsmärkte in städtisch geprägten Räumen und erhöhte Flächeninanspruchnahme in stärker ländlich geprägten Räumen werden zumeist weitgehend unabhängig voneinander diskutiert. Doch die sich reproduzierenden Stereotypen von „Stadt" und „Land" beeinflussen nicht nur das bereitgestellte Angebot in ländlichen Räumen und haben damit einen direkten Zusammenhang zur Höhe der Flächeninanspruchnahme, sondern wirken auch in innerstädtische Wohnungsmärkte und Segregationsprozesse hinein. Anhand von statistischen Daten sowie eigenen Erhebungen im Rahmen des Projektes Interko2 „Integriertes Wohnflächenkonzept in großstädtischen Wachstumsräumen" wird an der Region Leipzig-Westsachsen beispielhaft die Wirkungsweise dieses Stadt-Land-Dualismus dargelegt und eine regionale Denkweise als Alternative aufgezeigt.

1 Einführung

Zwischen städtischen und ländlichen Räumen bestehen Differenzen. Das ist prinzipiell Konsens. Immerhin erfolgt bereits die Kategorisierung z. B. anhand von Bevölkerungs- und Siedlungsdichten (BBSR 2017) und baut so auf diesen Unterschieden auf. Es bleibt jedoch nicht nur bei der reinen Deskription, sondern über verschiedene Imaginationen und (Medien-)Darstellungen (Neu, Barlösius 2018) wird auch die Außenwahrnehmung der in den jeweiligen Räumen (scheinbar) vorherrschenden Normen und Werte beeinflusst. So nutzen sozialwissenschaftliche Ansätze Stadt und Land als Gegensatzpaar und Kluft (Cleavage) entlang derer sich Wahlverhalten erklären ließe (Lange 2014, 58). *Die* Stadt bzw. *das* Land werden also zu unabhängigen und damit zu Einfluss nehmenden Variablen erklärt. Es soll nicht vermittelt werden, dass gar keine sozialen Unterschiede bestehen. Dass es diese gibt, zeigt sich bereits in Debatten zu neuer Ländlichkeit (z. B. Schmidt 2018) oder der Bestimmung von Dörflichkeit (Barlösius 2018). Doch bereits innerhalb dieser Diskussionen wird deutlich, dass bestimmte Teile städtisch wohnender Bevölkerungen mehr mit Teilen von Bevölkerungen in ländlichen Regionen gemeinsam haben können, als diese jeweils mit ihrem Umfeld (Schmidt 2018). Diese Diskurse lassen sich auch in den Kontext der vielfältigen Debatten zu bezahlbarem Wohnraum und

hoher Flächenneuinanspruchnahme einbetten. So lässt sich anhand der Entwicklungen im Raum Leipzig-Westsachsen (Landkreise Leipzig und Nordsachsen sowie Stadt Leipzig) sowie dem innerstädtischen Leipziger Wohnungsmarkt der Einfluss einer dualistischen Kategorisierung von Stadt und Land beobachten.

2 Dualismus, Preisgefälle und Angebot

Der Dualismus von Stadt und Land findet sich nicht nur in der wissenschaftlichen Sphäre, sondern vor allem in der Zivilgesellschaft und in den von ihr vertretenen Stereotypen wieder (z. B. Bangel et al. 2017). Die Resultate davon sind vielfältig (z. B. Hahne 2011). An dieser Stelle soll der Fokus jedoch darauf liegen, dass so nicht nur die Heterogenität ländlicher Räume übermalt, sondern auch Gemeinsamkeiten der Bevölkerungsteile in den verschiedenen Raumtypen verkannt werden. Hieraus ergibt sich ein scheinbares Gegensatzpaar, dass zu dem Eindruck eines Dualismus führt, der die Unvereinbarkeit „städtischer" und „ländlicher" Ansichten proklamiert. Das schlägt sich auch bei politischen Entscheidungsträger/-innen nieder, die für Feststellung und Einleitung von Maßnahmen in den jeweiligen Räumen zuständig sind und diese auch aus *wahrgenommenen* Werten und Normen ableiten (Lauth, Thiery 2012, 263 f.). Die Bevölkerung wird somit in Ansichten, Wünschen und Bedürfnissen der einen oder anderen Gruppe zugeordnet (nach Rössel 2009, 77 f.). So wie offensichtliche Differenzen in der Siedlungsstruktur zwischen Metropolen, Städten verschiedener Größenklassen und stadtnah-ländlichen und ländlich-peripheren Regionen bestehen, besteht auch ein Preisgefälle (Alonso 1960). Dieses wird idealtypisch als konzentrisch vom Stadtkern abfallend beschrieben (über Stadtränder und stadtnah-ländlichen bis hin zu peripher-ländlichen Räumen). Kosten und Finanzen werden jedoch vor allem bei angespannt(er)en Wohnungsmärkten als dominierender Grund für Wanderungsbewegungen angegeben (Bähr 2004, 257 f.; Münter 2011, 22), sodass das Preisgefälle erst in solchen Immobilienmärkten stärkeren Einfluss entfaltet. Dass auch der Umkehrschluss korrekt ist und Menschen in weniger angespannten Märkten aufgrund anderer Standortvorteile wandern, zeigt sich daran, dass auf diesen Märkten finanzielle Aspekte gleichbedeutend neben anderen Motiven, wie z. B. dem „Wunsch nach mehr Natur" stehen (ebd.).

Die Kostenvorteile durch das Preisgefälle kombinieren sich in der Angebotsplanung in ländlich geprägten Siedlungen mit den Stereotypen eines „Lebens auf dem Land" (Abb. 1). Aussagen von politischen Entscheidungsträger/-innen der Region machen dies deutlich: „Das einfachste, um eine Gemeinde zu entwickeln, ist Bauland für den Ein- und Zweifamilienhausbau auszuweisen" (Leibert et al. 2018) oder „Die Menschen, die auf's Land ziehen, wollen ein Haus und einen Garten" (ebd.). Damit wird ausgedrückt, dass der günstigere Preis nicht nur mit mehr Fläche, sondern mit einer Zielgruppe einhergeht, die einen ganz konkreten Wunsch hat: Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH). Grundlegende Motive eines Nachfrager/-innenmarktes werden aufgrund

der angesprochenen Stereotype auch in angespannten Märkten auf alle Nachfrager/-innen übertragen. Preisvorteile für andere Zielgruppen sowie Wünsche nach alternativen Wohnformen werden so außer Acht gelassen. Wird jedoch nur eine Form von Angeboten geschaffen, kann dies zur selbsterfüllenden Prophezeiung werden: Es wird nur eine Nachfrage für Wohnformen beobachtet, für die es ein Angebot gibt. Andere Bedürfnisse würden so von potenziellen Nachfrager/-innen deutlich seltener oder gar nicht kommuniziert, da diese für ihre Ideen und Wünsche keine Möglichkeiten zur Umsetzung sehen (nach Luhmann 2001, 78).

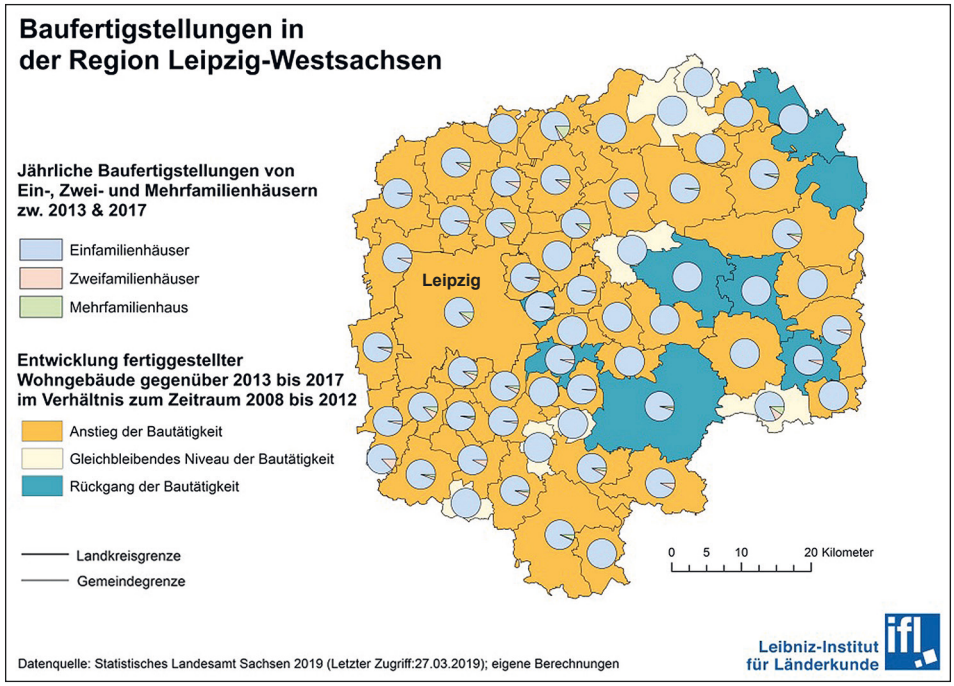


Abb. 1: Entwicklung der Baufertigstellungen (EZFH/MFH) in der Region Leipzig-Westsachsen zwischen 2013 und 2017 (Datenquelle: siehe Abb.; Bearbeitung: Anna Dunkl)

Der Leipziger Immobilienmarkt gilt im Verhältnis zu anderen Märkten Deutschlands weiterhin als relativ ausgeglichen (Empirica 2019, 3). Dennoch ist auffällig, dass mit Unterschreiten der 3 %-Marke des marktaktiven Leerstands im Jahr 2015 (Stadt Leipzig 2017, 27) die Wanderungsbewegungen aus der Stadt in den stadtnahen ländlichen Raum erheblich zugenommen haben (Stadt Leipzig 2009-2019). Mit Verteuerung von Wohnraum im städtischen Bereich, nimmt auch hier die Bedeutung des Preisgefälles zu (Münter 2011, IV f.). Der Wanderungssaldo der Stadt Leipzig mit den Umlandgemeinden ist, nach Jahren positiver Wanderungstendenzen hin zum Oberzentrum, seit 2014 wieder zunehmend negativ (Stadt Leipzig 2009-2019). Die Entwicklung der Wanderungsbewegungen und der Bautätigkeit in der Region Leipzig-Westsachsen

unterstützen den geäußerten Eindruck eines einseitigen Angebots (Abb. 1). So sind 98 % der Neubauten zwischen 2013 und 2017 in den Landkreisen Leipzig und Nordsachsen dem EZFH-Segment zuzuordnen (ebd.). Das einseitige Angebot von Bauland für das EZFH-Segment, welches sich bisher zum Großteil aus vor Jahrzehnten ausgewiesenen Flächennutzungsplänen speiste (Interko2 2019a), ist dadurch vorwiegend Anziehungspunkt von (zukünftigen) Eigentümer/-innen, während ein Wachstum im Mehrfamilienhaus-Segment kaum bis gar nicht zu beobachten ist. Hinzukommt, dass die ersten Baugebiete nunmehr gefüllt sind und die betroffenen Kommunen die Neuausweisung von Bauland anvisieren (Leibert et al. 2018). Dabei steht der Fokus durch die oben beschriebenen Einstellungen sowie zum Teil einseitige gutachterliche Empfehlungen (DSK 2018, 20) oftmals bereits fest.

3 Flächeninanspruchnahme und Segregation

Der Umzug aus Städten in stärker ländlich geprägte Räume – u. a. bedingt durch den Einzug in bzw. Bau im EZFH-Segment – geht im Durchschnitt mit einem deutlich erhöhten Flächenverbrauch pro Kopf einher (Münter 2011, 175 f.). Da eine Entwicklung des EZFH-Segmentes im Bestand kaum möglich ist, wird Bauland folglich meist neu erschlossen. Dadurch werden wiederum zusätzliche Versiegelungen für öffentliche Siedlungs- und Verkehrsflächen notwendig (Münter 2011, 46 f. und 50). Vernachlässigungen des Bestands zugunsten neuer Baugebiete entfalten so eine doppelte Wirkungskraft in Bezug auf die Flächeninanspruchnahme. Aufgrund der demographischen Entwicklung ist ein zunehmender Leerstand in vielen ländlich geprägten Regionen wahrscheinlich (u. a. Deschermeier et al. 2017), welcher den pro Kopf-Verbrauch von Fläche durch hinzukommenden Neubau in den betroffenen Kommunen potenziert (Münter 2011, 46 f. und 50). Dies steht einerseits dem Ziel entgegen, die Neuinanspruchnahme von Flächen drastisch zu senken, wenn sich dem „30-ha-Ziel“ weiter genähert werden soll (UBA 2015). Andererseits kann es die zukünftigen Handlungsmöglichkeiten der Kommunen erheblich einschränken, da diese Flächen aufgrund der vielen Einzeleigentümer/-innen nur schwer in andere Nutzungen überführbar sind (Interko2 2019b). Während erhöhte Flächeninanspruchnahme vor allem außerhalb von städtisch geprägten Räumen zu einer steigenden Herausforderung wird (Abb. 2), ist in Leipzig eine Entwicklung sozio-ökonomischer Segregation zu beobachten. Klingt eine gesunkene Mietbelastung für Haushalte mit einem Netto-Einkommen von unter 1.000 € von 48 % auf 45 % binnen zwei Jahren (Stadt Leipzig 2017, 35; Stadt Leipzig 2018, 35) erstmal positiv, so lässt sich dies über den dahinterliegenden Grund nicht unbedingt sagen. Es zeigt sich, dass die Binnenwanderung z. B. in die von Großwohnsiedlungen geprägten Stadtteile Grünau (Stadt Leipzig 2017, 14) und Schönau (Stadt Leipzig 2018, 12) anstieg, während die Außenwanderung in die Quartiere stattfand, die die höchsten Binnenwanderungsverluste erlebten (ebd.). Die von Großwohnsiedlungen dominierten Stadtteile wiesen

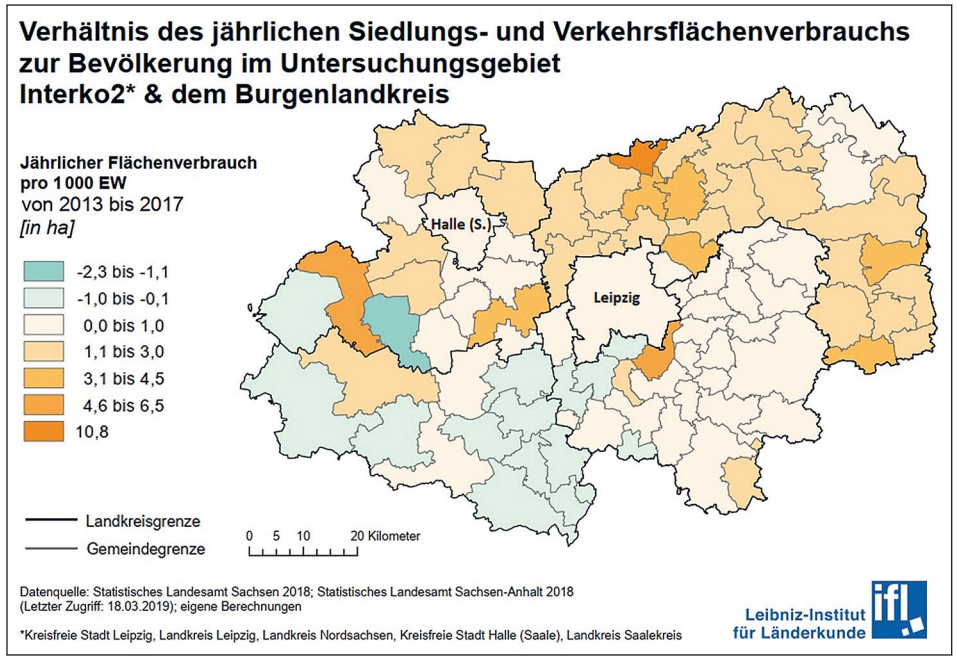


Abb. 2: Jährlicher SuV-Verbrauch pro 1 000 Einwohner/-innen in der Region Leipzig-Westsachsen, Halle (Saale), Saalekreis und Burgenlandkreis (Datenquelle: siehe Abb.; Bearbeitung: Anna Dunkl)

in den vergangenen Jahren zudem die niedrigsten Mieten und den geringsten Anstieg der Mietpreise auf (ebd., 33). Wird dieser Umstand mit den Wanderungsbewegungen verknüpft, drängt sich dies als Begründung des zuvor genannten Phänomens auf. So bildet sich in Leipzig, wie andernorts auch (Häußermann, Siebel 2003, 68), eine vermehrt heterogene Stadt aus sozio-ökonomisch homogenen Stadtteilen/Quartieren. Werden für die Region Leipzig-Westsachsen die gleichen Tendenzen früherer Untersuchungen angesetzt (Münter 2011, 299), handelt es sich bei den Zuzügler/-innen in die ländlichen Regionen vor allem um (Ehe-)Paare mit und ohne Kind(er). Neue Baugebiete schaffen so ebenfalls sozio-demographisch homogene Quartiere. Die innerstädtischen Segregationsprozesse entfalten somit auch eine regionale Komponente über Stadtgrenzen hinweg. Während Stadt-Umland-Wanderungen also Entlastung für bestimmte Teilsegmente des Immobilienmarktes bringen können, besteht diese Chance aufgrund des vorhandenen Angebots für Mieter/-innen kaum. In den neuen Bundesländern bleiben so rd. 70 % der Bevölkerung (Destatis 2019) in der Betrachtung potenzieller Zielgruppen außen vor. Daraus folgt, dass diese bei andauernden Verdrängungsprozessen innerhalb oder zwischen Städten ausweichen müssen, da kaum Alternativen bestehen. Aufgrund des Zuzugs höher verdienender und Wegzugs geringer verdienender Haushalte verringert sich die Spannweite des Mietspiegels innerhalb der einzelnen Stadtteile/Quartiere

und die durchschnittliche Miete steigt aufgrund des Wegfalls günstigerer Bestandsmieten entsprechend an. So schotten sich einzelne Stadtteile/Quartiere nachhaltig gegenüber geringer verdienenden Haushalten ab. In der Folge werden sämtliche Entitäten stetig homogener (Häußermann, Siebel 2003, 68) und die Differenzen zwischen den einzelnen Stadtteilen steigen (s. o.). Dadurch können Segregationsprozesse weiter beschleunigt werden.

Während sich einige wenige Wohnungsgenossenschaften wieder vermehrt mit Wohnraumversorgung in Umlandregionen beschäftigen (z. B. JenaWohnen (GdW 2019, 15)), zeigt sich jedoch, dass es weitgehend an Daten und Strategien für die regionale Betrachtung fehlt (Interko2 2019a). Zudem fokussiert die Diskussion zunehmend auf preisgünstige Wohnsegmente, die als reine Ausweichräume für Haushalte in finanziell prekären Situationen gesehen werden (MDR 2019). Die derzeitigen Marginalisierungstendenzen würden somit vom Stadtrand weiter in die Region fortgeführt – mit der Gefahr, dass auch die sozialräumliche Segregation zunehmend regionalisiert würde. Unfreiwillige Segregation (z. B. aufgrund der genannten finanziellen Zwänge) kann sich zum einen aus den Möglichkeiten zum Zugang zu bestimmten Wohnorten und -formen für bestimmte Bevölkerungsteile, zum anderen aus der nachhaltig geschädigten horizontalen und – damit oft einhergehenden (Rössel 2009, 146 f.; Häußermann 1999, 14) – vertikalen Mobilität dieser Bevölkerungsteile ergeben. Verstärkte Segregation – u. a. durch fehlende Angebote auf Basis tatsächlich ermittelter Bedürfnisse – entfaltet so die Macht, Chancen zur Teilhabe bestimmter Bevölkerungsteile an der Gesellschaft, Zugang zu Bildung und sozialen Aufstieg zu hemmen (Häußermann 1999, 13 ff.). Da Segregation – und damit auch die daraus folgende Chancenungleichheit – sich selbst, z. B. über die angesprochene „Abschottung" von Stadtteilen gegen Zuzug von außen, reproduziert, ist die folgende soziale Ungleichheit nachhaltig (ebd.). Eine übermäßige Ungleichverteilung der Teilhabechancen können Ursache und Grundlage für eine Reihe gesellschaftlicher und letztlich auch politischer Konflikte sein (Farwick 2007, 111 ff.). Planung, welche nicht auf Daten, sondern den genannten Stereotypen basiert, kann diese Probleme verschärfen. Die vermeintliche Trennlinie verläuft somit eher zwischen *mitgedachten* und *unbedachten* Bevölkerungsteilen statt zwischen *den* Menschen in *der* Stadt und *den* Menschen auf *dem* Land.

4 Lösungsansätze und Fazit

Es wurde gezeigt, dass die Nachfrage nach Wohnen nicht an Stadtgrenzen endet. Diesem Umstand kann durch regionale Betrachtungen dieser Daseinsgrundfunktion Rechnung getragen werden. Innerhalb einer regionalen Sichtweise kommt es jedoch darauf an, auf Stereotypen basierende Herangehensweisen der Angebotsplanung zu minimieren. Dazu bedarf es in erster Linie umfassender Daten. Diese sollten sich nicht nur auf demographische, wirtschaftliche und flächenhafte Entwicklungen des Betrachtungs-

gebietes im Allgemeinen und der jeweiligen Gemeinden im Speziellen beziehen, sondern auch die Bedürfnisse potenziell wandernder Personen erfassen. Mit Daten, die explizit das Mietsegment und alle Einkommensgruppen ansprechen, könnte so Stereotypen entgegengewirkt und der tatsächliche Bedarf eruiert werden. So wurde von kommunalen Vertretungen in Leipzig-Westsachsen bereits geäußert, dass Anfragen nach hochwertigen Mietobjekten zunehmen, die aufgrund der derzeitigen Angebotsstruktur nicht positiv beantwortet werden konnten (Interko2 2019b). Daraus lässt sich bspw. ableiten, dass der Wunsch nach langfristiger Mobilität sich weder an Einkommen noch an „Stadt" oder „Land" festmachen lässt. Wenngleich die Instrumente zur Erreichung teils strittig sind (Ahlert et al. 2018, 212), ist Durchmischung von sozialen Milieus innerhalb von Stadtteilen/Quartieren als Mittel zur Minderung sozialer Ungleichheit und ihrer Folgen erprobt (Franz, Gruber 2018). Unter Beachtung der Ergebnisse scheint es somit nur konsequent diese Idee regional auszuweiten. Ländliche Räume werden in der derzeitigen Diskussion über bezahlbaren Wohnraum und Wohnungsmangel in Städten zunehmend für ein Mietsegment ins Auge gefasst, welches soziale Segregation aus den Städten in Vororte und ländlich periphere Räume ausweiten könnte (MDR 2019), statt dieser aktiv entgegenzuwirken. Dem liegt die Idee zugrunde, die günstigeren Bodenpreise zu nutzen, um deutlich günstiger Wohnraum im sozialen Wohnungsbau zu schaffen und damit die Grundversorgung aufrecht zu halten bzw. wiederaufzubauen, nachdem diese bis 2016 stetig gesunken war (Deutscher Bundestag 2017). Dies könnte im konsequentesten Fall für gänzlich homogene Städte für gehobene Einkommensgruppen sorgen. Mit einem diversen Wohnraumangebot, welches unter Beachtung regionaler Bauweisen und Entwicklungen sowie sonstiger örtlicher Spezifika bereitgestellt wird, besteht die Chance, nicht nur *Entlastungs-* oder *Ausweich*standorte, sondern *Anziehungs*orte für verschiedene Zielgruppen zu schaffen. Dem steht jedoch oftmals die in ländlichen Räumen vorhandene bzw. fehlende Infrastruktur entgegen: So ließ sich feststellen, dass bspw. Senior/-innen und Auszubildende auch in peripher gelegenen Kleinstädten, wohnen blieben, wenn die örtliche Infrastruktur dies zuließe (Interko2 2019b). In einer regionalen Sichtweise ist somit verkehrliche und sonstige Infrastruktur stets mitzudenken.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es weder *den* ländlichen Raum noch *die* Stadt oder die *eine* Strategie gibt, um Flächenneuinanspruchnahme und Anspannung von Wohnungsmärkten zu senken. Die unterschiedlichen Einflussfaktoren zu identifizieren, stellt jedoch einen wichtigen ersten Schritt dar. Wird Wohnraum regional gedacht, geht dies nicht ohne Abkehr vom dualistischen Denken. Wird weiterhin auf ein einseitiges Angebot gesetzt, wird sich auch der Eindruck einer einseitigen Nachfrage halten, da „das Haus auf dem Land" weitgehend ohne Alternative für ein Leben in ländlichen Räumen in Erscheinung tritt.

5 Literatur

Ahlert et al. (2018): Für eine wirklich soziale Wohnungspolitik. In: sub\urban.zeitschrift für kritische stadtforschung, Band 6, Heft 2/3. sub/urban e. V.

Alonso, W. (1960): A theory of urban land market. In: Papers and Proceedings of the regional Science Association, Volume 6.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017): Stadt-Land-Regionen, Stadtregionen und Städtischer/Ländlicher Raum. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/raumabgrenzungen_node.html (Zugriff: 27.03.2019).

Bangel, C. et al. (2017): Stadt-Land-Vorurteil. Für ZEIT-Online. https://www.zeit.de/feature/deutsche-bevoelkerung-stadt-land-unterschiede-vorurteile (Zugriff: 06.05.2019).

Bähr, J. (2004): Bevölkerungsgeographie, Stuttgart: UTB-Verlag.

Barlösius, E. (2018): Dörflichkeit? Theoretische und empirische Reflexionen über einen heterodoxen Begriff. In: Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie, Heft Nr. 2/2018. Frankfurt: DLG-Verlag.

Deschermeier, P; Henger, R.; Seipelt, B; Voigtländer, M. (2017): Wohnungsmangel in den Städten, Leerstand auf dem Land. Institut der deutschen Wirtschaft Köln (Hrsg.): IW-Kurzberichte 44.2017.

Destatis (2019): Haushalt zur Miete und im Wohneigentum nach Anteilen und Wohnflächen in den Gebietsständen am 1.1.2018. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Tabellen/hug-wonflaeche-anteile-evs.html;jsessionid=8BF23E5AE64C3D47465A4C166BC4FD93. internet721 (Zugriff: 05.06.2019).

Deutscher Bundestag (2017): Sozialer Wohnungsbau in Deutschland – Entwicklung, Bestand, Perspektive. Bundestagsdrucksache 18/8855. Anlage zu den Fragen 3, 4 und 6 der Großen Anfrage18/8855.

DSK – Deutsche Stadt- und Grundstückentwicklungsgesellschaft (2018): Stadt-Umland-Konzept (SUK) Wurzener Land – Endbericht Stand: 03.05.2018 – Konzept zur Verstetigung und Intensivierung der Stadt-Umland-Kooperation.

Empirica (2019): Empirica Blasenindex, 1. Quartal 2019 auf Basis empirica-Preisdatenbank. Berlin: Empirica AG.

Farwick, A. (2007): Soziale Segregation in den Städten – Von der gespaltenen Gesellschaft zur gespaltenen Stadt. In Baum, D. (Hrsg.): Die Stadt in der sozialen Arbeit. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Franz, Y.; Gruber, E. (2018): Wohnen „für alle" in Zeiten der Wohnungsmarktkrise? Der soziale Wohnungsbau in Wien zwischen Anspruch und Wirklichkeit. In: Standort, Heft Nr. 42 (2018): 98-104. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

GdW – Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V. (Hrsg.) (2019): Antworten für bezahlbares Wohnen. 20.02.2019. https://web.gdw.de/uploads/pdf/bankenfruehstueck/2019/Gedaschko_Bankenfruehstueck_ 20-02-2019.pdf (Zugriff: 16.04.2019).

Hahne, U. (2011): Neue Ländlichkeit? Landleben im Wandel. In: Der Bürger im Staat, Heft 1/2 (2011): 12-18. Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg, Stuttgart.

Häußermann, H. (1999): Segregation und Ausgrenzung – Ursachen und Folgen sozialräumlicher Segregation. In: Modernisieren ohne auszuschließen: Quartiersentwicklung einer städtischen Unterschicht. Friedrich-Ebert-Stiftung (Hrsg.), Bonn: 11-17.

Häußermann, H.; Siebel, W. (2003) Segregation und Integration. In: Kulturpolitische Mitteilungen Nr. 100, Ausgabe I (2003). Bonn: Kulturpolitische Gesellschaft e. V.

Interko2 (2019a): Eigene qualitative Erhebung von rd. 50 kommunalen Vertreter/-nnen, Verbänden, BürgerInnen im Rahmen des Formates „Spruchreif" des Landkreises Leipzig am 07.03.2019, Neukieritzsch.

Interko2 (2019b): Eigene qualitative Erhebung im Rahmen des Projekts „Interko2" gefördert vom BMBF. Workshop „Fokusgruppe Wohnen" mit Vertreter/-innen von Kommunen, Landkreisen, Stadtverwaltungen, Verbänden und Wohnungswirtschaft am 12.06.2019, Leipzig.

Lange, T. (2014): Zur Wahlgeschichte. In Falter, J. W.; Schoen, H. (Hrsg.): Handbuch Wahlforschung, 2. Auflage: 37-73. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Lauth, H.-J.; Thiery, P. (2012): Politikfeldanalyse. In: Lauth, H.-J.; Wagner, C. (Hrsg.): Politikwissenschaft, 7. Ausgabe: 263-293. Paderborn: Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG.

Leibert, T. et al. (2018): Qualitative Befragung von Bürgermeister/-innen und Amtsleiter/-innen nordsächsischer Kommunen im Rahmen des Projektes „Zukunftsstrategien Nordsachsen" gefördert durch den Landkreis Nordsachsen (nicht veröffentlicht).

Luhmann, N. (2001): Die Unwahrscheinlichkeit der Kommunikation. In: Jahraus, O. (Hrsg.): Aufsätze und Reden. Stuttgart: Reclam.

MDR – Mitteldeutscher Rundfunk (2019): Landtag debattiert über Strategien gegen zu hohe Mieten. In: Berichte aus dem Landtag vom 11.04.2019. MDR/sth – Mitteldeutscher Rundfunk, Leipzig.
https://www.mdr.de/sachsen/politik/landtag/landtag-sachsen-debatte-wohnen-100.html (Zugriff: 14.05.2019).

Münter, A. (2011): Wanderungsentscheidungen von Stadt-Umland-Wanderern in vier Stadtregionen.
https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/29279/1/Dissertation.pdf (Zugriff: 09.12.2018).

Neu, C.; Barlösius, E. (2018): Editorial: Dörflichkeit und Ländlichkeit – Studien über das soziale Leben im Dorf. In: Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie, Heft Nr. 2 (2018). Frankfurt: DLG-Verlag.

Rössel, J. (2009): Sozialstrukturanalyse. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

Schmidt, W. (2018): Von der Landflucht zur neuen Ländlichkeit. In: Schweriner Volkszeitung vom 27. Juni 2017.

Stadt Leipzig (2009-2019): Statistische Jahrbücher 2009, 47; 2010, 47; 2011, 47; 2012, 47; 2013, 50; 2014, 48; 2015, 48; 2016, 48; 2017, 48; 2018, 48; 2019, Vorabfassung, Kapitel Bevölkerungsbewegung, 25, zuletzt aktualisiert am 01.03.2019.

Stadt Leipzig (2017): Monitoringbericht Wohnen 2016/2017. Dezernat Stadtentwicklung und Bau, Stadtplanungsamt, Leipzig.

Stadt Leipzig (2018): Monitoringbericht Wohnen 2018, Stand November 2018. Dezernat Stadtentwicklung und Bau, Stadtplanungsamt, Leipzig.

UBA – Umweltbundesamt (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – RO-R-5: Siedlungs- und Verkehrsfläche, 09.03.2015.
hhtps://www.umweltbundesamt.de/ro-r-5-das-indikator#textpart1
(Zugriff: 27.03.2019).

Nutzung des Landbedeckungsmodells LBM-DE für das Flächenmonitoring – Bewertung und Ergebnisse

Gotthard Meinel, Denis Reiter

Zusammenfassung

Das Monitoring der Flächennutzung und deren Veränderung ist Grundlage für die Flächenhaushaltspolitik der Politik und Verwaltung auf allen administrativen Ebenen. Ein herausragendes Beispiel dafür ist die Bestimmung der Nachhaltigkeitsindikatoren Flächeninanspruchnahme, Freiraumverlust, Siedlungsdichte und Bodenversiegelung. Da es nur wenige Datenquellen gibt, auf deren Grundlage diese Indikatoren regelmäßig berechnet werden können, wird in diesem Beitrag der Frage nachgegangen, ob das Datenprodukt „Landbedeckungsmodell Deutschland (LBM-DE)" des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) dafür geeignet ist. Dieses flächendeckende und seit 2009 alle drei Jahre erhobene Geodatenprodukt ist Grundlage für europäische Berichtspflichten. Der Beitrag kommt zu dem Ergebnis, dass die vorliegenden LBM-DE-Daten 2009, 2012, 2015 und 2018 durch wiederholte Veränderungen der Erhebungsmethodik für ein Monitoring der Flächenneuinanspruchnahme und der Bodenversiegelung noch zu ungenau sind. Wird aber in Zukunft auf Veränderungen der Erhebungsmethodik verzichtet, haben die Daten das Potenzial auch für ein kleinräumiges Monitoring der Flächenbedeckung und -nutzung eingesetzt zu werden.

1 Einführung

Aktuelle, flächendeckende Informationen zur Flächennutzung und -bedeckung und deren Veränderung sind Grundlage für die Raumplanung auf allen Ebenen. Wegen der Bedeutung des unvermehrbaren Schutzgutes Boden für eine nachhaltige Entwicklung haben Flächennutzungsinformationen aber auch wesentliche Bedeutung in der Umweltverwaltung und -berichterstattung. So werden diese Informationen u. a. benötigt für die Flächenstatistik, die Berechnung der Nachhaltigkeitsindikatoren „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche" (11.1.a), „Freiraumverlust" (11.1.b) und „Siedlungsdichte" (11.1.c) im Indikatorenbericht „Nachhaltige Entwicklung in Deutschland"[1], für Berichte im Themenfeld „Fläche und Raum" der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL)[2], die LIKI-Kernindikatoren (D1-Flächenverbrauch)[3] sowie zum Ziel 11 „Nachhaltige Städte und Siedlungen" der Agenda 2030[4].

[1] https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Nachhaltigkeitsindikatoren/Publikationen/Downloads-Nachhaltigkeit/indikatoren-0230001189004.pdf?__blob=publicationFile&v=6
[2] www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/flaeche-und-raum
[3] https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=8&aufzu=4&mode=indi
[4] www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltige-staedte-und-gemeinden-1006538

Die Ableitung der Flächennutzungs- und Bedeckungsinformation und der Veränderung erfolgt inzwischen generell auf Grundlage von Bilddaten durch visuelle Bildschirmkartierung oder halbautomatische Klassifikationsverfahren. Auf Grund des hohen Erhebungsaufwandes gibt es nur wenige flächendeckende Datenprodukte. In Deutschland sind das das Amtliche Liegenschaftskarteninformationssystem (ALKIS) mit seiner Beschreibung der Tatsächlichen Nutzung (TN) der Fläche, die geotopographische Beschreibung der Erdoberfläche im digitalen Landschaftsmodell ATKIS-Basis-DLM sowie das Landbedeckungsmodell LBM-DE. Dieses beschreibt erstmals die Landbedeckung (LB) unabhängig von einer Landnutzung (LN). Diese Aspekte sind durch INSPIRE-Vorgaben und die GeoInfoDok 7.15 grundsätzlich voneinander zu unterscheiden.

Die Berechnung des UGRdL- bzw. LIKI-Indikators zum Bodenversiegelungsgrad erfolgt derzeit über die Multiplikation von mittleren Bodenversiegelungswerten für jede Nutzungsklassen der amtlichen Flächenerhebung mit der jeweiligen Flächensumme dieser Nutzungsart (Statistische Ämter der Länder 2018). Zudem bietet der Copernicus Land Monitoring Service mit dem HRS-Imperviousness-Layer[6] einen europaweiten Rasterdatensatz mit 20 m Bodenauflösung als Status- und als Changelayer an, der eine Berechnung der mittleren Bodenversiegelung für administrative Gebietseinheiten erlaubt. Diese Information wird bis hin zur Gemeindeebene im Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor[7]) für die Zeitschnitte 2006, 2009, 2012 und 2015 angeboten.

Da das LBM-DE für jedes Landbedeckungsobjekt ab der Ausgabe für 2015 auch ein Versiegelungs- und ein Vegetationsgrad (0 %-100 % in 5 %-Schritten) enthält, lässt sich aus diesem Datenprodukt ein Schätzwert für den mittleren Bodenversiegelungsgrad für administrative Gebietseinheiten berechnen.

Während das Liegenschaftskataster schon seit 1992 in der amtliche Flächenstatistik Verwendung findet (bis 2016 auf Grundlage der ALB, seitdem auf ALKIS-Grundlage) und das ATKIS-Basis-DLM bereits seit 2000 im „Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor)“, wurde bisher die Verwendbarkeit des LBM-DE im Flächenmonitoring noch nicht dezidiert geprüft und ist darum Gegenstand dieses Beitrags.

2 Das Landbedeckungsmodell LBM-DE

Das Erhebungsprogramm CORINE Land Cover (CLC) der Europäischen Umweltagentur (EEA) als Teil eines europäischen Umweltmonitorings erfasst seit 1990 die Landbedeckung für Europa. Mit Stand Juni 2019 sind Daten der Jahre 1990, 2000, 2006, 2012 und 2018 verfügbar. Durch die kleinmaßstäbige Erhebung (Mindestkartiergröße 25 ha)

[5] http://mobile.adv-online.de/AAA-Modell/Dokumente-der-GeoInfoDok/GeoInfoDok-7.1/
[6] https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness
[7] www.ioer-monitor.de

ist es vorrangig für internationale Vergleiche geeignet. Auch wenn Veränderungen ab einer Mindestkartiergröße von 5 ha erfasst werden, ist ein Monitoring der Siedlungsentwicklung auf CLC-Grundlage problematisch, sind doch die meisten Siedlungsflächenzuwächse unterhalb dieser Schwelle.

Darum wird CLC seit 2009 durch das nationale Erhebungsprogramm „Landbedeckungsmodell für Deutschland (LBM-DE)" ergänzt, welches vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) umgesetzt wird. Dieses löst die Flächen mit seiner Mindestkartierfläche von 1 ha und einer Mindestkartierbreite von 15 m wesentlich höher auf als CLC. Das CLC-Produkt wird auf Grundlage des LBM-DE durch Generalisierung abgeleitet. Durch die LBM-DE-Erhebung alle 3 Jahre halbiert es den 6-jährigen Erhebungszyklus von CLC.

Die Ersterfassung des LBM-DE (in der Erhebung von 2009 noch Digitales Landschaftsmodell für Deutschland DLM-DE genannt) erfolgte entsprechend der spezifischen Anforderungen an das CLC auf Grundlage der flächenhaften Objektarten des ATKIS-Basis-DLM der Hauptnutzungsarten Siedlung, Verkehr, Vegetation und Gewässer. Seit 2012 erfolgt im LBM-DE eine getrennte Erfassung von Landbedeckung und Landnutzung mit anschließender Ableitung der CLC-Nomenklatur auf Basis einer Zuordnungstabelle (siehe Anlage 3 der Beschreibung des LBM-DE, BKG 2018).

Für die LBM-DE-Erhebungen bis 2015 wurden hauptsächlich multitemporale RapidEye-Satellitenbilder (Bodenauflösung 5 m, 5 Spektralkanäle) genutzt, ergänzt durch Daten der Disaster Monitoring Constellation (DMC)[8] und IMAGE-Daten[9]. Seit 2018 werden daneben auch Sentinel-2-Daten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus verwendet. Veränderungen werden durch inhaltliche und geometrische Überprüfung der Flächenobjekte des vorherigen LBM-DE durch Kartierung auf Grundlage multispektraler Satellitenbilddaten erfasst. Das LBM-DE enthält im Ergebnis flächenhafte Informationen zur Landbedeckung und Landnutzung.

Das Geodatenprodukt LBM-DE wird von Bundesbehörden (Statistisches Bundesamt, Umweltbundesamt, Bundesanstalt für Gewässerkunde), Vermessungsverwaltungen für das Screening großer Flächenveränderungen, in der Raumplanung und der Wissenschaft genutzt. Tabelle 1 zeigt Produkteckdaten der Datenerhebung im Vergleich. Eine Beschreibung der Datenprodukte einschließlich der Erhebungsmethodik findet sich bei Arnold 2012, BKG 2009, 2012, 2015, 2018.

[8] http://www.dmcii.com/?page_id=9275
[9] https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/european-image-mosaics/high-resolution

Tab. 1: LBM-DE–Produkteckdaten im Vergleich (Quelle: eigene Darstellung)

	2009	2012	2015	2018
Veröffentlichung	24.11.2011	01.09.2015	12.02.2018	11.02.2019
Bildsensor	RapidEye, DMC	RapidEye, DMC	RapidEye, DMC	RapidEye
Hilfs-/Referenzdaten	IMAGE2006, DOPs	IMAGE2012, DOPs	IMAGE2015, Sentinel1, TKs, DOPs	Sentinel-2, DOP, HU-DE
Bilddatum	2009, in Ausnahmen 2010, multitemporal	2012, multitemporal	2015, multitemporal	2017/2018, multitemporal Vegetationsperiode
Mindestkartierfläche	1 ha	1 ha	1 ha	1 ha
Mindestkartierbreite	-	-	15 m	15 m
Klassenanzahl (LB/LN)	**46**	**36/18**	**31/16**	**31/16**
Attributanzahl	18	19	19	15
Zusätzliche Attribute	-	-	Vegetations- und Versiegelungsanteil	Vegetations- und Versiegelungsanteil
Trennung Landbedeckung/Landnutzung	nein	ja	ja	ja
Besonderheiten	-	-	-	Änderungsattribut für CLC verfügbar

Auf Grundlage des LBM-DE können flächendeckende Analysen und Visualisierungen der Landbedeckung (differenziert in 31 Klassen), der Landnutzung (differenziert in 16 Klassen), des Vegetationsanteils und des Bodenversiegelungsgrades erstellt werden. Abbildung 1 zeigt beispielhaft eine Landbedeckungskarte auf Grundlage des LBM-DE-2018.

3 Methodik des Flächenmonitorings mit dem LBM-DE

Natürlich wäre es wünschenswert gewesen, die Flächenneuinanspruchnahme und den Bodenversiegelungsgrad und dessen Veränderung auf Grundlage des LBM-DE ab 2009 zu berechnen. Das ist allerdings nicht möglich, da im DLM-DE 2009 Landbedeckung und -nutzung noch nicht getrennt waren und keine eindeutige Überführung der Nomenklaturen möglich ist. Außerdem wurde nochmals zwischen 2012 und 2015 eine Veränderung der Nomenklatur von Landbedeckung und -nutzung vorgenommen (siehe Anlage 3 der Beschreibung des LBM-DE, BKG 2018) und letztlich wird die Bodenversiegelung erst ab 2015 erfasst. Darum beschränken sich alle folgenden Ausführungen auf einen Vergleich zwischen den Jahren 2015 und 2018.

Für die Bestimmung des Nachhaltigkeitsindikators „Flächeninanspruchnahme“ (Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche) ist zunächst für jedes Geoobjekt des LBM-DE eine Zuordnung zu einer der Nutzungsklassen Siedlung, Siedlungsfreifläche, Verkehr oder Freiraum erforderlich. Wie der Dokumentation des Datenprodukts zu entnehmen ist, kann diese Zuordnung nur durch die kombinierte Betrachtung der Landnutzungs-

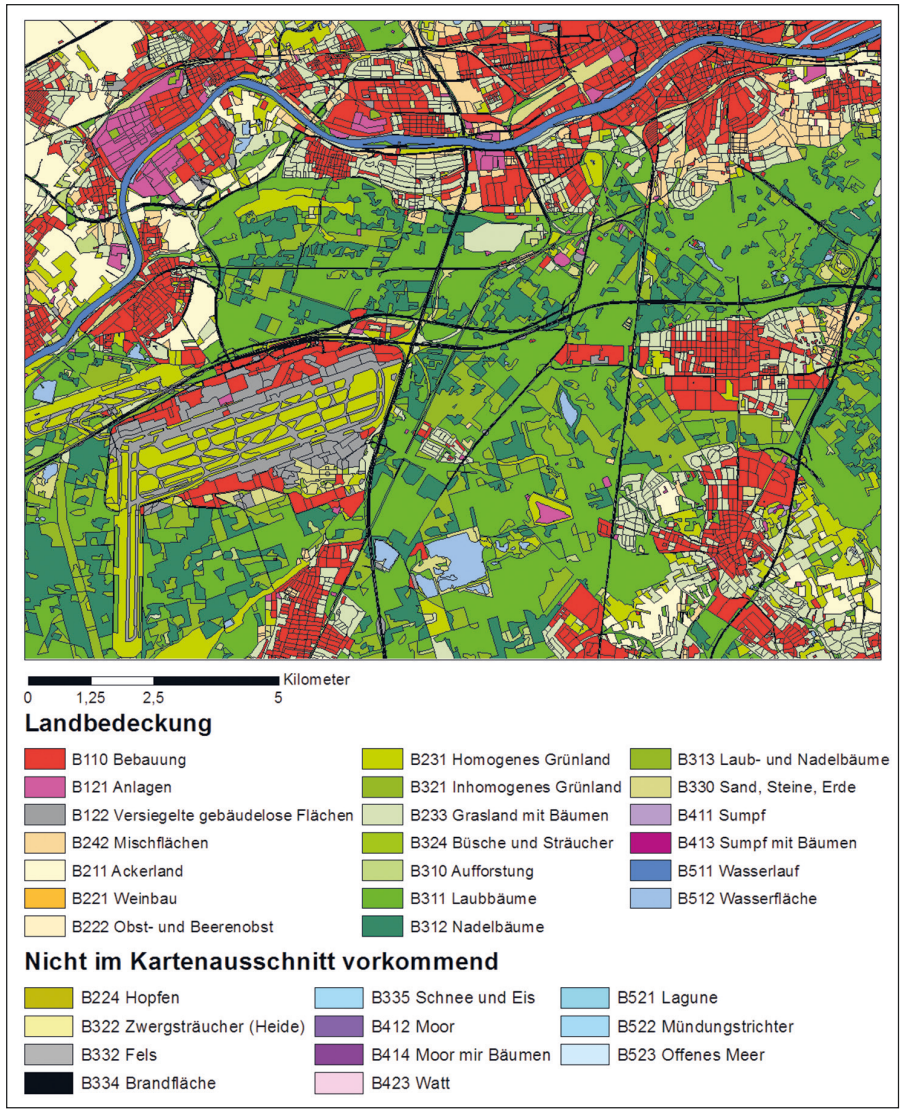


Abb. 1: Beispielhafter Ausschnitt einer Landbedeckungskarte rund um den Flughafen Frankfurt/ Main (Quelle: eigene Bearbeitung)

und -bedeckungslayer erfolgen. Für die Zuordnung wurde von den Autoren eine Zuordnungstabelle erarbeitet (Tab. 2). In der Zuordnungstabelle (Kreuztabelle zwischen Landbedeckung und Landnutzung) wurden die einzelnen Felder entsprechend ihrer Zuordnung zur Siedlungs- und Verkehrs- mit den Kürzeln SIE (Siedlungsfläche), VER (Verkehrsfläche), SF (Siedlungsfreifläche) belegt. Außerdem wurden Freiraumflächen mit FREI markiert, auch wenn diese bei der Berechnung der SuV keine Rolle spielen. Unbelegte Felder sind nicht relevant, da kein einziges Geoobjekt des LBM-DE diese Kombination von Landbedeckung (LB) und Landnutzung (LN) aufweist.

Tab. 2: Ausschnitte aus der Zuordnungstabelle der Landbedeckung (LB) bzw. -nutzung (LN) zu den Nutzungsklassen Siedlung, Verkehr, Siedlungsfreifläche bzw. Freiraum (Quelle: eigene Zusammenstellung)

LB			LN		Wohnen	Produktion		Öffentlichkeit		Straßen- und Bahnverkehr	Hafen	Flugverkehr	Abbauflächen	Deponien	Sport und Freizeit	Städtische Grünfläche	Wasser
			SIE	ZUS	N112	N120		N121		N122	N123	N124	N131	N132	N142	N141	N510
						> 50 %	< 50 %		M								
A	Bebauung	B110			SIE	SIE	SIE	SIE	SIE	SIE	SIE	SIE	SIE	SIE	SIE		
A	Anlagen	B121				SIE	SIE						SIE		SF		
A	Versiegelte gebäudelose Flächen	B122			SIE	SIE	SIE	SIE	SIE	VER	SIE	VER	SIE	SIE	SIE		
A	Mischflächen (regelmäßige Struktur)	B242			SIE										SF	SF	
B	Ackerland	B211															
B	Weinbau	B221															
B	Obst- und Beerenobst	B222															
B	Hopfen	B224															
C	homogenes Grünland	B231				SIE	SF	SIE	FREI	VER	SIE	VER		FREI	SF	SF	
C	Grasland mit Bäumen (< 50%)	B233			SIE	SIE	SF	SIE	FREI	VER	SIE	VER	FREI	FREI	SF	SF	
C	inhomogenes Grünland	B321								VER		VER	FREI	FREI			FREI
D	Aufforstung	B310															
D	Laubbäume	B311			SIE	SIE	SF	SIE	FREI	VER	SIE	VER	FREI	FREI	SF	SF	
D	Nadelbäume	B312			SIE	SIE	SF	SIE	FREI	VER	SIE	VER	FREI	FREI	SF	SF	
D	Laub- und Nadelbäume	B313			SIE	SIE	SF	SIE	FREI	VER	SIE	VER	FREI	FREI	SF	SF	
D	Zwergsträucher (Heide)	B322						FREI	FREI	VER		VER					
D	Büsche, Sträucher	B324			SIE	SIE	SF	SIE	FREI	VER	SIE	VER	FREI	FREI	SF	SF	
E	Sand, Steine, Erde	B330								VER			FREI		SF		
E	Fels	B332											FREI				
E	Brandfläche	B334															
E	Schnee (permanent) und Eis	B335															
F	Sumpf	B411															
F	Moor	B412											FREI				
F	Sumpf mit Büschen/Bäumen < 50%	B413															
F	Moor mit Büschen/Bäumen < 50%	B414															
G	Watt	B423															
G	Wasserlauf	B511									FREI						FREI

Anhand dieser Zuordnung wurden alle Geoobjekte mit der Zuordnung SIE, SF und VER aufsummiert und ergeben die gesamte Siedlungs- und Verkehrsfläche. Die Bodenversiegelungsgrade der Geoobjekte wurden direkt aus dem LBM-DE entnommen und entsprechend ihrer Flächengröße zu einer versiegelten Bodenfläche für die administrativen Gebietsflächen hochgerechnet und ein mittlerer Bodenversiegelungsgrad bestimmt.

Nach Zuordnung aller Geoobjekte entsprechend der Tabelle 2 wurden die Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV) und die Bodenversiegelungsgrade der Erhebungsjahre 2015 und 2018 für alle Bundesländer ermittelt einschließlich der resultierenden Differenzwerte (Tab. 3).

4 Ergebnisse

Tabelle 3 zeigt die Hauptklassen der Landbedeckung für die Bundesländer (Übersicht aller Landbedeckungsklassen siehe Anlage 1 der Beschreibung des LBM-DE in BKG 2018, 11).

Tab. 3: Fläche der Landbedeckungshauptklassen für 2018 berechnet auf Grundlage des LBM-DE (Quelle: eigene Berechnungen, IÖR)

Bundesland	Landbedeckung 2018 (km²)						
	Bebaut bzw. versiegelt (A)	Landwirtschaft (B)	Grün-/Grasland (C)	Baum/Strauch (D)	Unland (E)	Unkultivierte Flächen (F)	Wasser (G)
Baden-Württemberg	1 988	9 373	9 289	14 626	140	74	233
Bayern	2 797	21 639	18 166	26 302	442	215	990
Berlin	227	19	344	230	16	2	53
Brandenburg	728	10 127	5 961	11 690	229	162	800
Bremen	97	13	218	34	9	3	38
Hamburg	157	68	366	86	15	4	55
Hessen	1 185	5 199	5 321	9 166	85	6	137
Mecklenburg-Vorpommern	483	10 915	4 907	5 548	61	356	1.024
Niedersachsen	1 669	19 905	12 953	11 844	155	519	654
Nordrhein-Westfalen	2 914	11 389	9 197	9 840	307	18	432
Rheinland-Pfalz	876	5 099	4 732	8 847	107	7	174
Saarland	190	383	844	1 111	24	1	17
Sachsen	935	7 173	4 206	5 581	184	27	373
Sachsen-Anhalt	769	10 468	3 561	5 319	115	26	299
Schleswig-Holstein	509	6 808	5 565	2 069	71	148	628
Thüringen	585	6 451	3 297	5 695	61	7	103
Gesamt	**16 111**	**125 027**	**88 928**	**117 986**	**2 020**	**1 577**	**6 009**

Die Berechnung der Berechnung der SuV-Fläche auf Grundlage des LBM-DE für 2015 und 2018 für alle Bundesländer sowie die daraus resultierende Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Flächenneuinanspruchnahme) in Deutschland zeigt Tabelle 4. Danach beträgt die Flächenneuinanspruchnahme zwischen 2015 und 2018 insgesamt 24,72 ha pro Tag für Deutschland. Dieser Wert ist nicht einmal halb so hoch, wie der aus dem ATKIS-Basis-DLM abgeleitete Wert von 53,6 ha/Tag (Mittelwert zwischen 2014-2018) des IÖR-Monitors bzw. des amtlichen (ALKIS-basierten) Wertes der Flächenneuinanspruchnahme von 57 ha/Tag (2014-2017).

Der Grund der großen Abweichung wird in der teilweise unscharfen Zuordnung von Geoobjekten zur Siedlungs- oder Verkehrsfläche vermutet, die sich aus der Komplexität der Aufgabe durch die gleichzeitige Berücksichtigung von Landnutzung, Landbedeckung und Bodenversiegelungsgrad ergibt. So wird jedes Geoobjekt grundsätzlich durch das Mehrheitsprinzip beschrieben und erst durch die Kombination mit der aktuellen Vegetations- (VEG_AKT) und dem Versiegelungsattribut (SIE_AKT) können eindeutige Aussagen über die Landbedeckung getroffen werden.

Tab. 4: Siedlungs- und Verkehrsfläche und deren Entwicklung zwischen 2015 und 2018 berechnet auf Grundlage des LBM-DE (Quelle: eigene Berechnungen, IÖR)

Bundesland	SuV-Fläche (km²)		SuV-Anteil 2018 (%)	SuV-Zunahme (ha/d)
	2015	2018		
Baden-Württemberg	3 909	3 930	10,88	1,89
Bayern	6 126	6 186	8,75	5,47
Berlin	618	620	62,20	0,24
Brandenburg	2 209	2 231	7,54	2,05
Bremen	224	224	23,62	-0,02
Hamburg	430	430	38,72	0,00
Hessen	2 344	2 359	11,18	1,42
Mecklenburg-Vorpommern	1 290	1 299	4,07	0,85
Niedersachsen	4 779	4 789	9,11	0,90
Nordrhein-Westfalen	6 558	6 599	19,35	3,72
Rheinland-Pfalz	1 898	1 923	9,69	2,25
Saarland	436	441	17,16	0,48
Sachsen	2 289	2 301	12,45	1,11
Sachsen-Anhalt	1 609	1 626	7,91	1,55
Schleswig-Holstein	1 655	1 676	6,53	1,90
Thüringen	1 313	1 323	8,17	0,92
Gesamt	**37 687**	**37 958**	**9,92**	**24,72**

Tabelle 5 zeigt differenziert für die Bundesländer die versiegelte Fläche im Jahre 2015 und 2018, den Versiegelungsanteil sowie die resultierende tägliche Zunahme der Bodenversiegelung. Die Werte sind sehr viel niedriger als die der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UgRDL). Hier wird 2016 eine versiegelte Fläche von 22 187 km² für Deutschland insgesamt ausgewiesen[10]. Auch die auf LBM-DE-Grundlage berechnete tägliche Zunahme der Bodenversiegelung von 5,51 ha/Tag für Deutschland ist sehr niedrig, vergleicht man diese mit dem Wert 27,27 ha/Tag, der sich errechnet aus der Flächenneuinanspruchnahme von 60,6 ha/Tag bei einem mittleren Bodenversiegelungsgrad von 45 % der SuV-Fläche. Die Methodik zur Berechnung der Bodenversiegelung auf Grundlage der amtlichen Flächenerhebung (früher ALB jetzt ALKIS) findet sich bei (Gunreben et al. 2007 bzw. bei der UgRDL[11]).

Tab. 5: Bodenversiegelungsgrad und dessen Entwicklung zwischen 2015 und 2018 berechnet auf Grundlage des LBM-DE (Quelle: eigene Berechnungen, IÖR)

Bundesland	versiegelte Fläche (km²)		Bodenversiegelungsgrad 2018 (%)	Zunahme (ha/d)
	2015	2018		
Baden-Württemberg	1 948	1 951	5,40	0,33
Bayern	2 904	2 916	4,13	1,11
Berlin	215	216	24,25	0,12
Brandenburg	806	812	2,73	0,56
Bremen	83	83	20,06	0,00
Hamburg	139	139	18,59	0,05
Hessen	1 098	1 100	5,22	0,24
Mecklenburg-Vorpommern	466	469	1,47	0,23
Niedersachsen	1 903	1 914	3,59	0,97
Nordrhein-Westfalen	2 908	2 917	8,55	0,78
Rheinland-Pfalz	805	808	4,07	0,24
Saarland	192	193	7,49	0,09
Sachsen	919	923	5,00	0,36
Sachsen-Anhalt	660	661	3,22	0,14
Schleswig-Holstein	626	629	2,44	0,30
Thüringen	551	551	3,40	0,01
Gesamt	**16 221**	**16 281**	**4,26**	**5,51**

[10] https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/flaeche-und-raum#alle-ergebnisse
[11] https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/flaeche-und-raum#methoden

5 Fazit

Das Geodatenprodukt Landbedeckungsmodell Deutschland (LBM-DE) hat seit seinem ersten Erscheinen im Jahr 2009 (damals noch unter der Bezeichnung DLM-DE) mehrfach Veränderungen erfahren. Erst mit der jüngsten Ausgabe 2018 wurde auf konzeptionelle Veränderungen weitestgehend verzichtet, eine wichtige Voraussetzung für die von der Praxis dringend benötigte Veränderungsinformation zur Flächennutzung und Flächenbedeckung. Auch die wesentlich umfassendere Dokumentation einschließlich der besseren Gliederung ist zu loben. Ein CLC-Change-Attribut, was auf Anfrage der Autoren nachgeliefert wurde, ermöglicht nun auch eine Trennung zwischen tatsächlicher und vermeintlicher (methodisch bedingter) Flächenänderung bei Analyse der abgeleiteten CLC-Klassen.

Trotzdem bleiben noch einige Wünsche bezüglich der kommenden LDM-DE-Datenprodukte offen: So könnte die Nutzerfreundlichkeit für das Monitoring der Flächenneuinanspruchnahme durch die notwendige Kombination von Flächenbedeckung, Flächennutzung und Bodenversiegelung noch verbessert werden. Weiterhin wäre in der Dokumentation die Ergänzung einer LB/LN-Zuordnungstabelle für SuV-Flächen wünschenswert. Das betrifft auch einen Leitfaden zur Interpretation von kombinierten LB/LN-Änderungen. Im Sinne einer besseren Geodatenverarbeitung sollte die Attributtabelle erweitert werden. Das betrifft die Landbedeckungs- und nutzungsinformationen aus der vorherigen Erfassung sowie einer Change-Information dazu, den Klartextnamen des Objekttyps sowie eine Kennzeichnung, ob das jeweilige Geoobjekt zur Klasse SuV zuzuordnen ist. Insgesamt bleibt festzustellen, dass das LBM-DE großes Potenzial für ein kleinräumiges Monitoring der Flächenbedeckung in Ergänzung zum laufenden Monitoring der Flächennutzung im Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) hat.

6 Literatur

AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (2003): ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Teil D1, Version 3.2, Stand 01.07.2003. Teilkatalog Basis-DLM. http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/ok_d1.pdf (Zugriff: 13.07.2010).

Arnold, S. (2012): Differenzierte Freiräuminformationen 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 (2009): Dokumentation – Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland DLM-DE2009, Stand: 24.10.2011.

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012): Dokumentation – Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE2012, Stand: 01.09.2015.

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2015): Dokumentation – Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE2015, Stand: 12.02.2018.

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2018): Dokumentation – Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE2018, Stand: 15.02.2019.

Gunreben, M.; Dahlmann, I.; Frie, B. Hensel, R.; Penn-Bressel, G.; Dosch, F. (2007): Die Erhebung eines bundesweiten Indikators „Bodenversiegelung". https://www.BODENSCHUTZdigital.de/ZBOS.02.2007.034 (Zugriff: 17.07.2019).

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.

Hovenbitzer, M.; Emig, F.; Wende, C.; Arnold, S.; Bock, M.: Feigenspan, S. (2014): Digital Land Cover Model for Germany-DLM-DE. In: Manakos, I; Braun, M. (Hrsg.) : Land Use and Land Cover Mapping in Europe: practices & Trends. Remote Sensing and Digital Image Processing 18. Springer Verlag.

Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen, Heft 130. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.

Statistische Ämter der Länder (2018): Methodenhandbuch, UGRdL. https://www.statistikportal.de/sites/default/files/2018-08/m_flaeche_2.pdf (Zugriff: 28.06.2019).

Bodenversiegelung

Entwicklung der Bodenversiegelung in Berlin – Methodik und Ergebnisse

Leilah Haag

Zusammenfassung

Räumliche Informationen zur Bodenversiegelung sind ein wichtiger Bestandteil des Umweltatlas Berlins. Sie fließen in eine Vielzahl von Auswertungen ein, z. B. zum Stadtklima und zu Bodenbewertungen bis hin zu Planungshinweiskarten. Im Umweltatlas Berlin werden Versiegelungsgrade seit 1985 veröffentlicht. Seit 2005 werden die Daten mit einer einheitlichen Methode erhoben, wodurch ein flächendeckendes Monitoring ermöglicht wurde. Innerhalb der 5-Jahreszeiträume ist die Gesamtversiegelung seither jeweils um ca. 1 % angestiegen. Im Vergleich mit Versiegelungswerten aus deutschland- und europaweiten Erhebungen sind die Umweltatlasdaten aufgrund der Nutzung detaillierter Insitu-(Geo)Daten sehr genau. Andere automatisierte Erhebungsmethoden für Deutschland und Europa bieten großflächige Vergleichsmöglichkeiten, die z. B. für politische Entscheidungen und die Wissenschaft von großer Bedeutung sind.

1 Einführung

Der **Umweltatlas Berlin** bietet einen zentralen Zugang zu Umweltinformationen Berlins. Seit mehr als 35 Jahren stellt der Umweltatlas die wesentlichen Informationsgrundlagen für vielfältige Anforderungen im Zusammenhang mit Planung, Bürgerbeteiligung und Umweltberichterstattung dar. Er beschreibt auf der Basis geprüfter behördlicher Informationen mit einer Vielzahl von Karten, Sachdaten und umfangreichen erläuternden Texten die Stadt und ihre Umwelt. Im Geoportal Berlin können die Karten betrachtet und Sachdatenabfragen sowie Überlagerungen mit anderen Informationen durchgeführt werden. Die Informationen sind außerdem Teil der Geodateninfrastruktur und können über OGC-konforme Webdienste in GI-Systemen oder eigenen Anwendungen genutzt werden.

Die **Versiegelung von natürlichen Böden** durch Überbauung und Bedeckung mit undurchlässigem Material hat eine Vielzahl von negativen Auswirkungen auf den Naturhaushalt, das Mikroklima in der Stadt und den Lebensraum des Menschen. Die Auswirkungen der Bodenversiegelung sind vor allem in den Großstädten und Ballungsräumen zu spüren, wo ein hoher Anteil der gesamten Fläche versiegelt ist. Die Bodenversiegelung wurde erstmals 1985 für West-Berlin im Umweltatlas veröffentlicht (SenStadtUm 1985). In der Ausgabe 1993 wurden erstmals Versiegelungsgrade mit dem Datenstand 1990 für West- und Ost-Berlin gemeinsam veröffentlicht. Seither liegen

Versiegelungsdaten digital für 1990, 2001, 2005, 2011 und 2016 vor (SenStadtWohn 2017). Seit 2005 werden die Daten mit einer einheitlichen Methode erhoben, wodurch ein flächendeckendes Monitoring möglich wurde.

2 Methodik

Das 2005 in Kooperation mit TU Berlin, HU Berlin und Digitale Dienste Berlin entwickelte hybride Kartierungsverfahren gewährleistet eine effiziente Nutzung von vorhandenen Fachinformationen und Geodaten in Kombination mit Satellitenbilddaten im gesamten Auswertungsprozess. Das Verfahren ist in drei Auswertungsstufen gegliedert: Kartierung der bebaut versiegelten Fläche, Kartierung der unbebaut versiegelten Fläche sowie Ableitung des Versiegelungsgrads (Abb. 1).

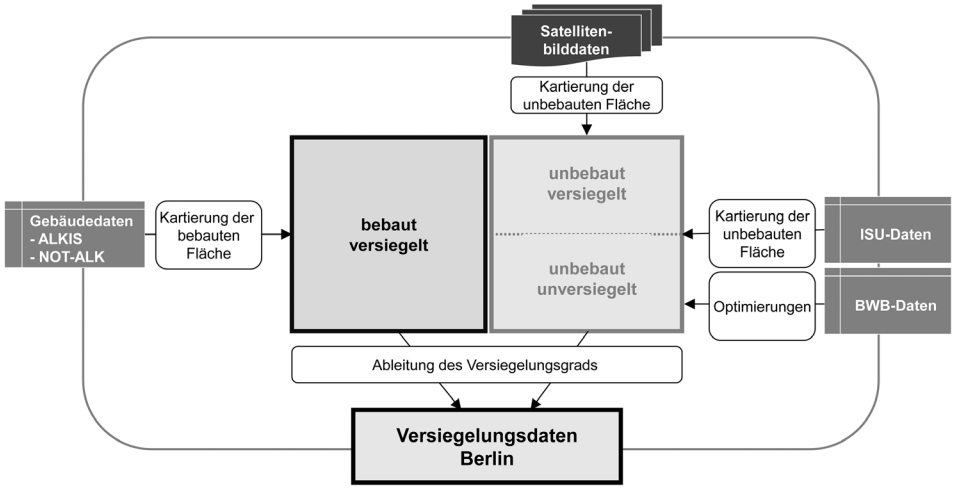


Abb 1: Schema des hybriden Kartierungsverfahrens (Quelle: SenStadtWohn 2017)

2.1 Datengrundlagen

Für die Versiegelungskartierung werden ausschließlich Geodaten herangezogen, die der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen für Berlin flächendeckend zur Verfügung stehen.

2.1.1 Informationssystem Stadt und Umwelt

Die Bezugsfläche der berechneten Versiegelungsgrade bilden die Block- und Blockteilflächen des **Informationssystems Stadt und Umwelt** (ISU), das seit 2005 im Maßstab 1 : 5 000 vorliegt. Den Straßenflächen werden Werte zugewiesen, die auf einer bezirksweisen Zuordnung von Versiegelungsgraden in der Straßenstatistik der Senatsverwal-

tung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz beruhen. Für die Block- und Blockteilflächen liegen zudem Nutzungsdaten (**ISU-Flächentypen**) vor (SenStadtUm 2016), die im Rahmen der regelbasierten Klassifizierung der Satellitendaten verwendet werden.

2.1.2 Satellitendaten

Für die aktuelle Kartierung wurde eine multispektrale **Sentinel-2A-Szene** des Erdbeobachtungsprogramms Copernicus der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) vom 2. Mai 2016 genutzt (Copernicus o. J.). Davor (2005 und 2011) wurden **SPOT5-Satellitendaten** (Airbus Defence and Space o. J.) verwendet. Es erfolgt eine geometrische Korrektur der 2016er Sentinel-2A-Szene auf die 2011er SPOT5-Szene, dazu wird das Resampling-Verfahren „Nearest Neighbour" gewählt. Eine radiometrische Angleichung der Szenen wird nicht vorgenommen, da sich die radiometrischen Auflösungen von SPOT5 und Sentinel-2A (8 Bit und 12 Bit) unterscheiden.

2.1.3 Weitere Geodaten

Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS): hier werden alle oberirdischen Gebäude selektiert und im Verfahren als bebaut versiegelte Fläche verwendet.

Zusätzliche Gebäudedaten aus der Umweltatlaskarte „Gebäude- und Vegetationshöhen" (06.10, SenStadtUm 2014) werden übernommen, um in ALKIS fehlende Gebäude als bebaut versiegelte Fläche zu erfassen, z. B. in Kleingärten.

Karte von Berlin 1 : 5 000 (K5): zur genaueren Erfassung von Gleiskörpern fließen die oberirdischen Bahnlinien der K5 in die regelbasierte Klassifizierung ein.

Versiegelungsdaten der Berliner Wasserbetriebe (BWB): in den „grüngeprägten" Wohnnutzungen kommen speziell abgeleitete Korrekturfaktoren zum Einsatz, die der Unterschätzung der Versiegelung in diesen Bereichen entgegenwirken sollen.

2.2 Kartierung der bebaut versiegelten Fläche

Für die Kartierung der bebaut versiegelten Fläche werden die ALKIS-Gebäudedaten sowie die zusätzlichen Gebäudedaten aus der Umweltatlaskarte 06.10 (SenStadtUm 2014) verwendet.

2.3 Kartierung der unbebaut versiegelten Fläche

Die **spektrale Klassifizierung** der Sentinel-2A-Szene erfolgt auf der restlichen Fläche (Gesamtfläche abzüglich Straßen und Gebäude). Zunächst wird der Vegetationsgrad der unbebauten Fläche mittels des Normalisierten Vegetationsindexes (NDVI; Hildebrandt 1996) ermittelt. Ergänzend untersucht werden besonders relevante

Oberflächenmaterialen, wie Sand, Asche und Tenne, Gleisschotter, Kunstbeläge sowie beschattete Flächen, die häufig fehlerhaft ausgewertet werden. Zudem erfolgt eine Kategorisierung der ISU-Flächentypen nach den fernerkundungsrelevanten Kriterien Bebauungshöhe, Vegetationshöhe, Reflexionseigenschaften, Heterogenität und Relief sowie bezüglich der durchschnittlichen Versiegelungsgrade in 18 Kategorien. Anschließend wird eine **regelbasierte Klassifizierung** durchgeführt. Aus den ermittelten Vegetationsgraden pro Pixel (2,5 m x 2,5 m) werden Versiegelungsgrade abgeleitet. Dabei werden je nach fernerkundungsrelevanter Kategorie unterschiedliche Regeln angewendet. In den Kategorien der bebauten Flächentypen werden alle Vegetationsgrade in Versiegelungsgrade umgerechnet. In den Kategorien Wald, Landwirtschaft und Brachfläche wird dagegen nur der Vegetationsgrad von 0 % als Versiegelung von 100 % gewertet. Vegetationsgrade zwischen 5 % und 95 % werden in diesen Kategorien als Mischsignaturen von Vegetation und anderen unversiegelten Oberflächenbedeckungen interpretiert und somit als unversiegelt eingestuft. Unter Verwendung des Verfahrens der Hauptkomponentenanalyse (Richards, Jia 1999) werden die jeweiligen NDVI-Kanäle von 2011 und 2016 analysiert und Verdachtsflächen statistisch abgeleitet, die auf mögliche Veränderungen der Versiegelung hinweisen. Nach einer visuellen Kontrolle anhand aktueller Luftbilder werden für die unveränderten Flächen die Versiegelungswerte von 2011 übernommen, für die Flächen mit sicheren Veränderungen werden die Versiegelungswerte von 2016 angewendet. Als Zwischenergebnis liegen nun auf Rasterbasis die Kategorien der Versiegelungsgrade zuzüglich Schatten- und Gleisschotterflächen vor.

2.4 Ableitung des Versiegelungsgrads pro Block- und Blockteilfläche

Für die Berechnungen des Versiegelungsgrads werden die Ergebnisse der pixelbasierten Satellitenbildklassifizierung mit den Flächen der Blockkarte des ISU verschnitten. Für die Schattenflächen werden umgebungsspezifische Versiegelungsgrade übernommen. Da in Kleingärten die Datengrundlage der Gebäude weiterhin unvollständig ist, wird der Gesamtversiegelungsgrad mithilfe von Durchschnittswerten des Bundeskleingartengesetzes und berlinspezifischen Werten in bebaut und unbebaut versiegelt geteilt. In den „grüngeprägten“ Wohnnutzungen werden die BWB-Korrekturfaktoren angewendet. Es werden zwei Versiegelungsgrade pro Fläche angegeben. Die Klasse „Gleisschotter“ kann wahlweise als versiegelte oder unversiegelte Fläche genutzt werden. Dies gewährleistet die unterschiedliche Bewertung von Schotter in Abhängigkeit von der jeweiligen thematischen Fragestellung. Für Wasserhaushaltsuntersuchungen im Umweltatlas wird davon ausgegangen, dass Wasser auf Gleisschotterflächen versickert. Es werden die Versiegelungswerte verwendet, bei denen Gleisschotter als unversiegelt eingegangen ist. In Stadtklimaanalysen im Umweltatlas gehen hingegen die Versiegelungsgrade ein, die den Gleisschotter als versiegelte Fläche einbeziehen, da hier von einer hohen thermischen Belastung ausgegangen wird.

3 Versiegelungsentwicklung 1990-2016

Tabelle 1 zeigt die Versiegelungsgrade für Berlin von 1990 bis 2016. Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden ist ein direkter Vergleich der Werte von 1990 und 2001, bei deren Auswertung teilweise nutzungsspezifische Pauschalwerte angenommen wurden, mit den Werten ab 2005 nur bedingt möglich. In den Jahren 2005, 2011 und 2016 ist die Gesamtversiegelung jeweils um ca. 1 % angestiegen. Der Anstieg der bebaut versiegelten Fläche 2016 ist ca. zur Hälfte mit realen Veränderungen und zur anderen Hälfte mit der verbesserten Datengrundlage zum Gebäudebestand zu erklären (SenStadtWohn 2017).

Tab: 1: Ergebnisse von Versiegelungskartierungen in Berlin 1990 bis 2016 – Rundungsdifferenzen können auftreten (Quelle: SenStadtWohn 2017)

	Versiegelung		Bebaut versiegelte Fläche		Unbebaut versiegelte Fläche		Straße		Ausgewertete Gesamtfläche	Anzahl Blöcke
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	
1990	31 173	35,3	9 680	11,0	13 283	15,0	8 210	9,3	88 358	23 202
2001	31 021	34,7	9 629	10,8	13 058	14,6	8 334	9,3	89 317	24 505
2005	28 408	31,9	9 423	10,6	10 526	11,8	8 459	9,5	89 090	24 669
2011	29 190	32,8	9 574	10,7	11 032	12,4	8 584	9,6	89 095	24 961
2016	30 192	33,9	10 890	12,2	10 560	11,9	8 741	9,8	89 108	25 352

4 Vergleich mit weiteren Versiegelungsanalyen

Andere für Berlin durchgeführte Versiegelungserhebungen kommen z. T. zu abweichenden Versiegelungsgraden. Eine Auswahl dieser Methoden und deren Ergebnisse wird im Folgenden mit denjenigen des Umweltatlas verglichen (Tab. 2).

Tab: 2: Vergleich von Versiegelungsgraden verschiedener Erhebungsmethoden für Berlin (Quellen: SenStadtWohn 2017; Statistische Ämter der Länder 2017, 2018; IÖR-Monitor o. J.)

	Umweltatlas (%)	UGRdL (%)	IÖR-Monitor (%)
Aufnahmezyklus (Jahre)	5	1	3
2005	31,9	34,63	
2006		34,7	32,3
2009		35,07	32,5
2011	32,8	34,9	
2012		34,85	32,7
2015		34,92	32,8
2016	33,9	34,6	

„Flächenversiegelung" der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UGRdL): Die Datenerhebung der Versiegelungsgrade pro Bundesland beruht auf der amtlichen Flächenstatistik. Dabei werden den verschiedenen Nutzungskategorien der Siedlungs- und Verkehrsfläche pauschale Versiegelungsgrade zugeordnet. Es werden jährlich Versiegelungsdaten veröffentlicht. Die Versiegelungsgrade der UGRdL für Berlin liegen immer über denen des Umweltatlas. Der UGRdL-Ansatz arbeitet mit bundesweiten Schätzwerten, die nicht auf regionale Besonderheiten eingehen. Die Nutzungsänderung des Flughafens Tempelhof hat die Flächenstatistik verändert, ohne dass sich real der Versiegelungsgrad verändert hat (SenStadtWohn 2017).

High Resolution Layer Imperviousness: im Rahmen des europäischen Copernicus-Programms wird seit 2006 im 3-Jahreszyklus ein rasterbasierter Layer zum Versiegelungsgrad (20 m x 20 m) auf Basis einer NDVI-Auswertung für Europa erstellt und kostenfrei

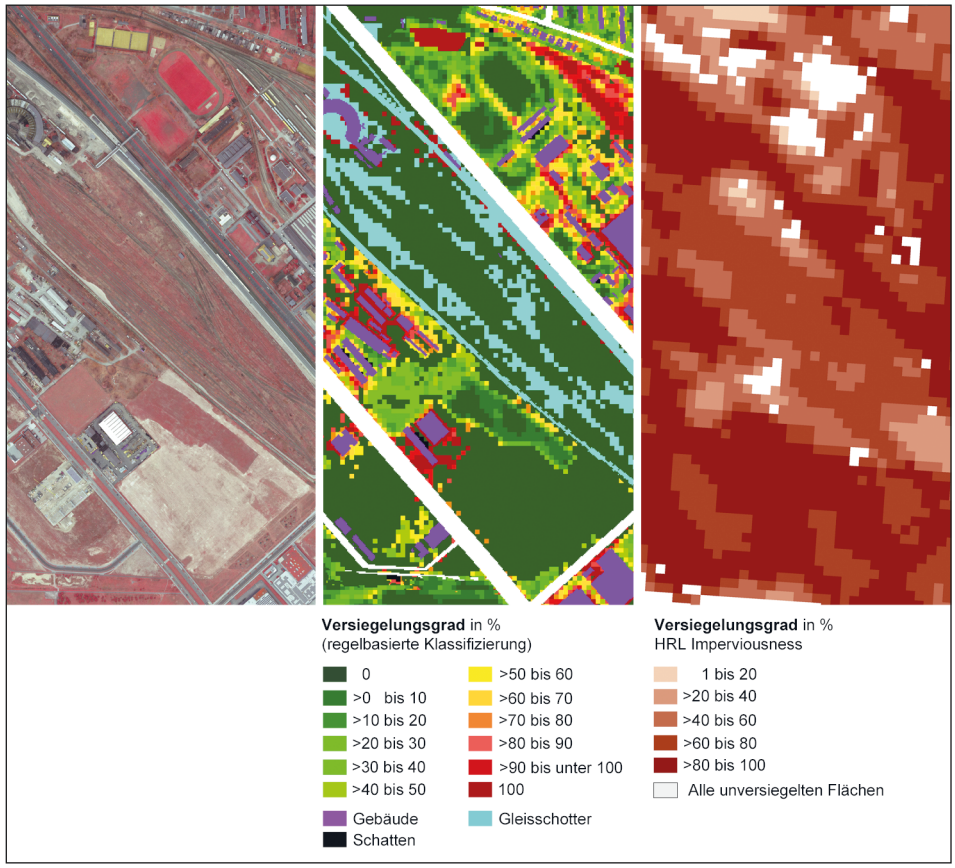


Abb: 2: Vergleich von Versiegelungsgraden im Umweltatlas (Mitte) und im HRL Imperviousness (rechts) am Beispiel der Brachflächen und ehemaligen Gleisanlagen der „Gleislinse Schöneweide" (Quellen: Digitale Color-Infrarot-Orthophotos 2016 (DOP20CIR), Geoportal Berlin; SenStadtWohn 2017; HRL Imperviousness, Copernicus 2015)

zur Verfügung gestellt. Für Berlin scheinen die Versiegelungsgrade in Bereichen von Brachflächen, die hier immer noch einen großen Flächenanteil ausmachen, zu hoch (Abb. 2). Zudem werden z. T. breite Gewässer nicht maskiert und mit hohen Versiegelungsgraden bewertet (z. B. Berlin-Spandauer-Schifffahrtskanal).

Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor): Der IÖR-Monitor summiert die rasterbasierten Bodenversiegelungswerte des High Resolution Layer Imperviousness und bildet den Mittelwert je Gebietseinheit aus dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) Basis-DLM. Obwohl die Brachflächen und Gewässer im Imperviousness-Layer so hoch sind, ähneln die IÖR-Werte für Berlin denen des Umweltatlas. Der Anstieg des Versiegelungsgrads im Umweltatlas bis 2016 auf 33,9 % ist jedoch im IÖR-Monitor nicht abzulesen.

5 Fazit

Die Bodenversiegelungsgrade im Umweltatlas sind dank der Nutzung von Satellitendaten in Kombination mit den detaillierten Geodaten des ISU sehr genau und hervorragend geeignet zur Nutzung auf allen Planungsebenen. Diese Insitu-(Geo)Daten stehen den großflächigen Auswertungen nicht einheitlich zur Verfügung, weshalb es zu Abweichungen der Daten kommt. Für deutschland- und europaweite Vergleiche sind die automatisierten Methoden von UGRdL, Copernicus und IÖR-Monitor jedoch sehr sinnvoll und von großer Bedeutung für politische Entscheidungen und die Wissenschaft.

6 Literatur

Airbus Defence and Space (o. J.): Intelligence. Delivering Value from Data in Our Digitally Connected World. https://www.intelligence-airbusds.com/en/8204-home (Zugriff: 10.05.2019).

Copernicus (o. J.): Europe's eyes on Earth. https://www.copernicus.eu/ (Zugriff: 10.05.2019).

Hildebrandt, G. (1996): Fernerkundung und Luftbildmessung: für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. Wichmann-Verlag, 1. Aufl., 676 S., Heidelberg.

IÖR-Monitor – Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (o. J.): Indikator Bodenversiegelungsgrad. https://www.ioer-monitor.de/ (Zugriff: 10.05.2019).

Richards, J. A.; Jia, X. (1999): Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction. Springer-Verlag, 3rd Edition, 363 S., Berlin/Heidelberg.

SenStadtUm – Der Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (Hrsg.) (1985): Umweltatlas Berlin. Bd. 1, Karte 01.02 Versiegelung, 1 : 50 000, Berlin.

SenStadtUm – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hrsg.) (2014): Umweltatlas Berlin. Ausgabe 2014, Karte 06.10 Gebäude- und Vegetationshöhen, 1 : 50 000, Berlin.
https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i610.htm
(Zugriff: 10.05.2019).

SenStadtUm – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hrsg.) (2016): Umweltatlas Berlin. Ausgabe 2016, Karten 06.01 Reale Nutzung der bebauten Flächen, 06.02 Grün- und Freiflächenbestand. 1 : 50 000, Berlin.
https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ie601.htm
(Zugriff: 10.05.2019).

SenStadtWohn – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin (Hrsg.) (2017): Umweltatlas Berlin. Ausgabe 2017, Karte 01.02 Versiegelung, 1 : 50 000, Berlin.
https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/id102.htm
(Zugriff: 10.05.2019).

Statistische Ämter der Länder (2017): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Bd. 1, Indikatoren und Kennzahlen, Tabellen, Ausgabe 2017, Tabelle 10.10 Flächenversiegelung 2000-2015 nach Bundesländern.
https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/publikationen (Zugriff: 10.05.2019).

Statistische Ämter der Länder (2018): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Bd. 1, Indikatoren und Kennzahlen, Tabellen, Ausgabe 2018, Tabelle 10.8 Versiegelte Fläche 2016 nach Bundesländern.
https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/publikationen (Zugriff: 10.05.2019).

Versiegelung im Stadtraum flächenscharf berechnen – Herausforderungen einer GIS-basierten Analyse

Christopher Barron

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird eine Methodik zur Berechnung der Bodenversiegelung vorgestellt, bei der eine Kombination von Vektordaten und Luftbildern zum Einsatz kommt. Als Basis dienen insbesondere Falschfarben-Infrarotbilder. Mit einer Datenkombination sollen individuelle Stärken der Daten genutzt und Schwächen minimiert werden. Die Berechnung wird mit einem selbst entwickelten Python-Skript realisiert, um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Die Ergebnisse der Analyse können flächenscharf dargestellt werden. Probleme, die aus Besonderheiten der Eingangsdaten und deren Qualität resultieren, werden aufgezeigt und diskutiert.

1 Bodenversiegelung

Bodenversiegelung ist ein guter und beständiger Indikator bei Fragen zur Umweltqualität. Die Bundesrepublik Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, die Neuinanspruchnahme an Flächen von 30 ha/d bis zum Jahr 2020 nicht zu überschreiten; langfristiges Ziel für Baden-Württemberg ist die Netto-Null (LUBW 2018). Auf kommunaler Ebene sind Gegen- und Präventionsmaßnahmen ein wichtiger Bestandteil der Stadt- und Freiraumplanung. Allerdings bedarf es nicht nur bei einer flächenscharfen Berechnung einer genauen Definition von Versiegelung. Je nach Anwendungsgebiet kann eine hydrologische oder eine pedologische Definition geeignet sein: Erstere beinhaltet alle anthropogenen Flächen, durch die das Wasser nicht in den Boden infiltrieren kann; wie Straßen, Gehwege, Parkplätze, Dächer etc. (Weng 2012). Letztere fasst unter versiegelten Flächen alle diejenigen zusammen, die irreversibel durch nichtnatürliche Materialien verschlossen wurden (Prokop et al. 2011). Der Arbeit im Stadtgebiet Mannheim wurde eine pedologische Definition von Bodenversiegelung zugrunde gelegt.

2 Datengrundlage: Analyse der Stärken und Schwächen

Ein zentrales Ziel der Arbeit besteht darin, nur auf Datensätze zurückzugreifen, die in Kommunen üblicherweise bereits vorhanden sind. Damit werden Kosten minimiert und die automatisierte, GIS-basierte Methode kann vor dem Hintergrund der Vergleichbarkeit auch für andere Kommunen nützlich sein und das Interesse wecken.

Des Weiteren wird das Ergebnis in einer Auflösung von 10 cm x 10 cm berechnet. Bisher wurden in der Forschung zumeist geringer aufgelöste Versiegelungskarten erstellt. Deren verhältnismäßig niedrige Kosten und lange zeitliche Verfügbarkeit werden als Vorteile angesehen (Dams et al. 2013, 94). Eine hohe Auflösung kann jedoch mögliche Schwächen bei der Datenqualität oder Methodik eher offenlegen als geringer aufgelöste oder auf Raumeinheiten aggregierte Darstellungen.

Nachfolgend wird die Methodik dargelegt und vor deren Hintergrund die Stärken und Schwächen der eingesetzten Daten erläutert.

2.1 Fernerkundungsdaten – Colored Infrared Imagery

Hochaufgelöste (10 cm x 10 cm) Colored Infrared Imagery (CIR), Infrarot-Luftbilder, xstellen die Hauptdatengrundlage dar. Sie fallen häufig als Nebenprodukt einer Luftbildbefliegung an bzw. können bei einer solchen mit einem entsprechenden Sensor erfasst werden. Aus CIR-Daten können anhand des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Flächen mit Vegetation extrahiert werden. Im urbanen Bereich sind diese ein relativ sicherer Indikator für unversiegelte Flächen (Weng 2012).

Der Zeitpunkt der Befliegung spielt bei der Analyse eine entscheidende Rolle. Luftbilder werden zumeist vor oder zu Beginn der Vegetationsperiode erfasst, um möglichst viel Stadtraum auch unterhalb von Bäumen zu erfassen. Für die Berechnung des NDVI hingegen ist eine ausgeprägte Vegetation besser. Besonders geeignet scheint das Frühjahr mit dem Beginn der Vegetationsperiode.

Der Vegetationslayer des NDVI ist jedoch nicht mit unversiegelten Flächen gleichzusetzen. Problematisch sind, je nach Definition von Versiegelung, unterirdisch versiegelte Flächen wie Tiefgaragen oder Pflanzkübel. Des Weiteren reflektieren manche Objekte (vereinzelt Güterwaggons oder Photovoltaikmodule) in einem ähnlichen Spektralbereich wie Pflanzen.

Um diese Fehler zu korrigieren, ist der Einsatz von weiteren (Vektor-)Datensätzen unabdingbar. Der NDVI stellt die Basis dar, dem bestimmte Daten hinzugefügt oder entfernt werden müssen, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Diese werden im folgenden Kapitel 2.2 näher erläutert.

2.2 Vektordaten

Vektordaten müssen die CIR-Daten ergänzen, um insgesamt die Qualität der Versiegelungskarte zu verbessern. Bei ihrer Verwendung muss stets das Thema Datenqualität berücksichtigt werden. Dabei sind insbesondere die Parameter Vollständigkeit, logische Konsistenz, räumliche, zeitliche und thematische Korrektheit zu nennen (Barron et al. 2014, 879). Die Qualität der Analyseergebnisse in GIS-Prozessen ist immer abhängig von

der Qualität der Eingangsdaten. Es sollte auch beachtet werden, dass die Vektordaten aus derselben Zeit wie die Luftbilder stammen, um zeitliche Inkonsistenzen auszuschließen.

2.2.1 Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem

Das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) enthält unter anderem Daten zu Gebäuden und der Landnutzung in verschiedenen Kategorien. Je nach Kommune werden deren Qualitätsparameter unterschiedlich priorisiert. Im Untersuchungsgebiet Mannheim liegen Gebäudedaten sehr genau und aktuell vor, wohingegen die Landnutzung sowohl von der Lagegenauigkeit als auch von der attributiven Vollständigkeit nicht ausreichend fortgeführt wird.

Da sich die Verkehrsflächen, im Gegensatz zur tatsächlichen Nutzung, weniger dynamisch verändern, können diese jedoch problemlos als Basis für alle Straßen und Schienen- und Flugverkehrsflächen genutzt werden.

2.2.2 Grünflächenkataster

Das kommunale Grünflächenkataster stellt alle städtisch gepflegten Grünflächen dar. Dieser Datensatz ist notwendig, da nicht jedes als Vegetation klassifizierte Element der CIR-Aufnahme auch wirklich eine unversiegelte Fläche darstellt. Aufgrund der amtlichen Genauigkeit kann jede Fläche des Katasters als unversiegelt angesetzt werden, auch wenn die CIR-Aufnahme diese als (fälschlicherweise) unversiegelt identifiziert. Im Bereich von Bäumen beispielsweise, die den Straßenraum mit ihrer Krone überragen, sind nur die Fläche ihres Stammes bzw. ihrer Baumscheibe als unversiegelter Boden zu erfassen. Mithilfe des Grünflächenkatasters müssen diese aus den versiegelten Straßen des ALKIS-Datensatzes „ausgestanzt" werden.

Je nach zugrundeliegender Definition von Versiegelung ist auch das Straßenbegleitgrün entsprechend zu berücksichtigen. Oberflächlich betrachtet sind diese Flächen unversiegelt. Im hochverdichteten Stadtraum können diese jedoch auch ohne Bodenanschluss in einer trog-förmigen Fassung liegen und damit unterirdisch versiegelt sein. Der größte Nachteil jedoch ist die Beschränkung des Grünflächenkatasters auf den öffentlichen Raum. Privates Grün wird darin ebenso wenig abgebildet wie Grünflächen entlang von Bundesautobahnen.

2.2.3 Landwirtschaftliche Flächen

Daten aller landwirtschaftlichen Flächen können relevant werden, wenn zum Zeitpunkt der CIR-Befliegung die Felder (noch) nicht bestellt sind. Die CIR-Daten für das Untersuchungsgebiet Mannheim stammen aus einem Flug im März, sodass zahlreiche landwirtschaftliche Flächen im NDVI nicht als unversiegelt erkannt werden.

2.2.4 OpenStreetMap

Darüber hinaus kommen auch nicht-amtliche OpenStreetMap-Daten (OSM) zum Einsatz. OSM ist eine 2004 gegründete Initiative, welche die Erstellung einer „freien Weltkarte“ zum Ziel hat (Barron et al. 2014, 877 ff.). OSM-Daten werden weltweit täglich von tausenden Freiwilligen für die Erstellung und Fortführung einer „freien Weltkarte“ gesammelt. So können beispielsweise Wasserflächen oder Fußgängerwege dieser Quelle entnommen werden. Städte und Regionen mit einer hohen Anzahl an Beitragenden weisen eine hohe Genauigkeit und Aktualität auf (Barron et al. 2014, 877 ff.).

Problematisch ist die heterogene Attributvergabe, insbesondere bei Objekten, die nicht direkt auf der OSM-Standardkarte erscheinen. Hinzu kommen Eigenheiten des Datenmodells, weshalb Wege und Straßen häufig lediglich als Linienzüge vorliegen. Bei fehlenden Attributen müssen daher Standardbreiten verwendet werden.

3 Methodik

Die entwickelte Methodik wird als Skript in Python formuliert, um die Wiederholbarkeit der Analyse für zukünftige Datensätze zu gewährleisten und die Anwendbarkeit in anderen Untersuchungsgebieten zu ermöglichen. Das Skript wurde für ArcGIS 10.* programmiert und liefert, wie in Abbildung 1 abgebildet, räumlich in einem 10 cm x 10 cm Raster verortet, alle unversiegelten Flächen des Untersuchungsgebiets als Ergebnis. Das Skript zur Berechnung wird online für alle interessierten Nutzerinnen und

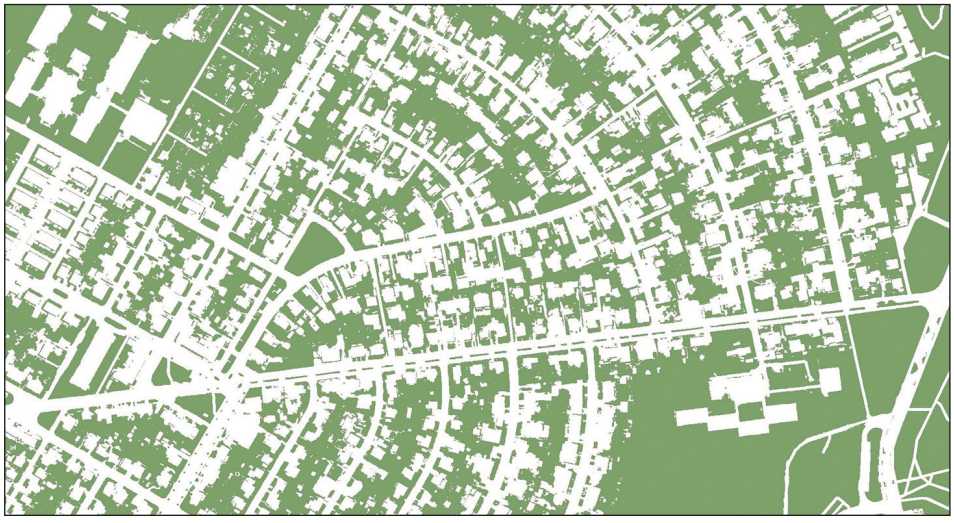


Abb. 1: Unversiegelte Flächen in Mannheim-Gartenstadt; 10 cm x 10 cm Auflösung (Quelle: eigene Darstellung, 2019)

Nutzer zur freien Verfügung unter der GNU General Public License v3.0 bereitgestellt (*https://github.com/zehpunktbarron/pervious_area_calculator*). Abbildung 2 veranschaulicht die Berechnungsschritte.

Vereinfacht ausgedrückt müssen für alle unversiegelten Flächen der NDVI und die landwirtschaftlichen Flächen zusammengefügt und von diesen wiederum die versiegelten Flächen abgezogen werden. Diese setzen sich zusammen aus Gebäuden, Verkehrsflächen (inkl. Wege, Parkplätze und Sportfelder). Wasserflächen werden je nach Versiegelungsdefinition separat betrachtet.

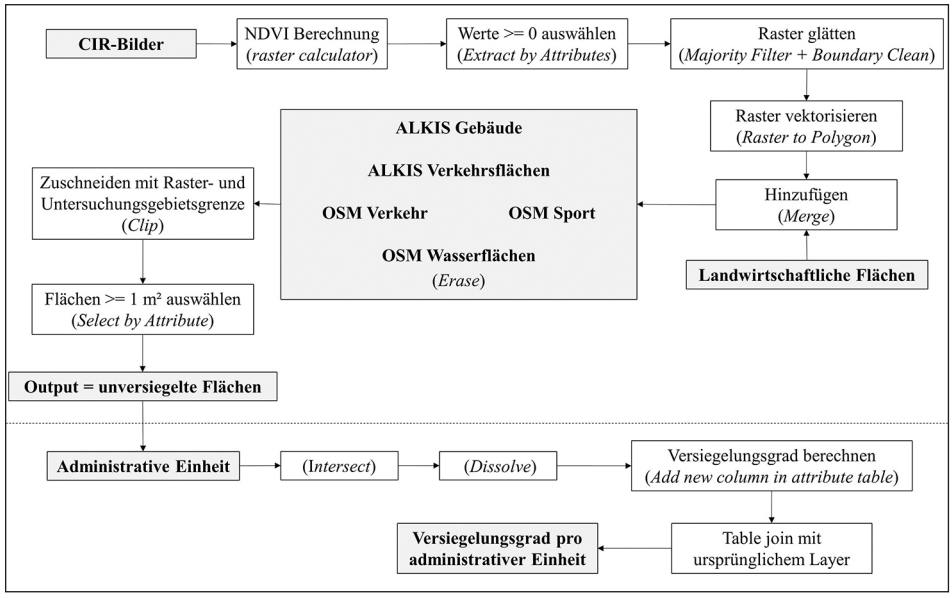


Abb. 2: Ablaufschritte des Python-Skripts zur Berechnung der unversiegelten Flächen (Quelle: eigene Darstellung, 2019)

Die Methodik wurde mit einer „Random Points"-Analyse validiert. Auf einer Fläche von ca. 4 km² wurden 100 zufällige Punkte ausgewählt und mit einem Luftbildabgleich analysiert. Insgesamt konnten 92 % korrekt klassifiziert werden. Die Ursachen der fehlerhaft klassifizierten, unversiegelten Flächen werden im folgenden Kapitel 4 näher erläutert.

4 Validierung und Optimierungspotenzial

Probleme bei der Analyse von Flächenversiegelung können sowohl eine Über- als auch eine Unterschätzung bedeuten. Neben der Beschreibung der Ursachen werden im Folgenden mögliche Lösungsansätze vorgeschlagen, welche die negativen Auswirkungen auf das Ergebnis minimieren können.

Brücken können aus OSM oder den ALKIS-Daten extrahiert werden. Allerdings werden die Flächen unter ihnen – und je nach Schattenwurf gegebenenfalls auch Bereiche darüber hinaus – im CIR-Luftbild stets als versiegelt klassifiziert. Innerhalb von Friedhöfen, Kleingartenanlagen oder Parkanlagen gibt es oftmals kleine versiegelte Flächen, die in Vektordatensätzen nicht enthalten sind und aufgrund ihrer Lage unterhalb von Baumkronen auf CIR-Luftbildern nicht zu erkennen sind. Dies können Spielelemente, Gartenhütten, Beete oder Wege sein. Letztere sind im ALKIS-Datensatz nicht enthalten und mithilfe von OSM nur dann annähernd korrekt zu bestimmen, wenn entsprechende Attribute zur Wegbeschaffenheit und -breite vergeben wurden. Die Frage, ob Beete als unversiegelt zu klassifizieren sind, hängt von der eingangs erwähnten Definition von Versiegelung ab. Dies gilt auch für Pflanztröge und Hochbeete auf Terrassen, Dächern oder Gartenmärkten.

Sportanlagen führen in mehrfacher Hinsicht zu Problemen bei der Analyse. Während Kunstrasenflächen über die NDVI-Berechnung als versiegelt klassifiziert werden, werden Rasenplätze darin als unversiegelt identifiziert. Rasenplätze haben jedoch oftmals einen versiegelten Unterbau (inkl. Drainage) und sind daher im Rahmen einer pedologischen Definition nicht als unversiegelt zu klassifizieren. Aus diesem Grund wurden aus den OSM-Daten alle Sportflächen mit dem Schlüssel-Wert-Paar „leisure=pitch“ extrahiert und von den unversiegelten Flächen subtrahiert.

Vegetationsarme Flächen werden bei der NDVI-Berechnung teilweise nicht erkannt, insbesondere Brachflächen oder Sand- und Kiesbänke entlang von Gewässern. Je nach Untersuchungsraum kann sich dies in der Gesamtbilanz bemerkbar machen. Mittels einer RGB-Bildklassifikation könnten künftig auch diese Flächen identifiziert werden.

Verkehrsflächen nehmen in Städten flächenmäßig einen großen Teil an der Gesamtgemarkung ein. In Städten mit Infrastruktur von übergeordneter Bedeutung sind dies insbesondere (Rangier-)Bahnhöfe mit großflächigen Gleisanlagen. Diese werden mithilfe von ALKIS-Daten abgedeckt, da nach der zugrunde liegenden pedologischen Definition von Versiegelung Gleisschotter keinen natürlichen Boden darstellt und daher als versiegelt zu klassifizieren ist. Eine hydrologische Definition hingegen würde die Flächen als unversiegelt bewerten. Die Herausforderung liegt darin, die zahlreichen kleineren Grünflächen innerhalb des Gleiskörpers im pedologischen Ansatz zu identifizieren. Dies ist jedoch abhängig von der Qualität der ALKIS- bzw. OSM-Daten. Die ausschließliche Nutzung von CIR-Daten ist nicht geeignet, da sich auch auf künstlichen Schotterflächen Vegetation mit geringen Ansprüchen an den Untergrund ausbilden kann.

Zu den Verkehrsflächen zählen auch Parkplätze. Diese stammen entweder aus den OSM-Daten oder aus ALKIS und werden, auch wenn sie aus teilversiegelten Materialien wie Rasengittersteinen bestehen, im pedologischen Ansatz als versiegelt klassifiziert.

Problematisch sind Rasenflächen, die sporadisch im Rahmen von Messen oder Sportveranstaltungen als Parkplatz genutzt werden, im Verkehrsdatensatz jedoch enthalten sind.

Neben den problematischen Flächen führt die Kombination von Daten unterschiedlicher Qualität (Abb. 2) zu Herausforderungen. Hierbei auftretende Ungenauigkeiten können auf eine geringe Auflösung oder Unvollständigkeit der Daten, temporäre Diskrepanzen oder Positionsungenauigkeiten zurückgeführt werden. Im Projektgebiet Mannheim lagen beispielsweise zwischen der Befliegung für die CIR-Daten im März 2017 und den kontinuierlich fortgeführten Geofachdaten mehr als anderthalb Jahre. Es ist offenkundig, dass dies, insbesondere vor dem Hintergrund der gegenwärtig stattfindenden Transformation ehemaliger Konversionsflächen, zu Abweichungen führt. Abhilfe kann hier einerseits ein zeitaufwändiger, manueller Abgleich schaffen. Andererseits wäre ein kartographisches Hervorheben derjenigen Gebiete denkbar, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit mit Unsicherheiten behaftet sind (Baugebiete, Konversionsflächen).

5 Fazit

Informationen zum Versiegelungsgrad stellen für Kommunen eine zentrale Planungsgrundlage dar. Ziel dieser Untersuchung ist die Entwicklung einer Methodik, die Versiegelung flächenscharf in einer 10 cm x 10 cm Auflösung abbildet. Hierfür wird eine Kombination aus hochaufgelösten Satellitendaten mit Geofach- und Geobasisdaten vorgeschlagen. Die individuellen Stärken der einzelnen Datensätze lassen sich dadurch gezielt nutzen.

Das Skript zur Berechnung wird online für alle interessierten Nutzerinnen und Nutzer zur freien Verfügung unter der GNU General Public License v3.0 bereitgestellt.

Aus den Erfahrungen dieses Projektes hat sich gezeigt, dass die Definition von Versiegelung zu Beginn der Analyse einen maßgeblichen Einfluss auf das Endergebnis hat. Es wird daher empfohlen, sich bei künftigen Arbeiten im Vorhinein intensiv mit der Zielsetzung der Arbeit und der hierfür geeignetsten Definition auseinanderzusetzen.

6 Literatur

Barron, C.; Neis, P.; Zipf, A. (2014): A Comprehensive Framework for Intrinsic OpenStreetMap Quality Analysis. In: Transactions in GIS 18, 877-895.

Dams, J.; Dujardin, J.; Reggers, R.; Bashir, I.; Canters, F.; Batelaan, O. (2013): Mapping Impervious Surface Change from Remote Sensing for Hydrological Modeling. In: Journal of Hydrology 485, 84-95.

LUBW-Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/boden/flaecheninanspruchnahme (Zugriff: 24.04.2019).

Prokop, G.; Jobstmann, H.; Schönbauer, A. (2011): Report on best Practices for Limiting Soil Sealing and Mitigating ist Effects. European Commission, DG Environment, Technical Report-2011-50. Brussels.

Weng, Q. (2012): Remote Sensing of Impervious Surfaces in the Urban Areas: Requirements, Methods, and Trends. In: Remote Sensing of Environment, 34-49.

Entwicklung der Nutzungsintensität baulich geprägter Siedlungsflächen in Deutschland

Tobias Krüger, Martin Schorcht, André Hartmann

Zusammenfassung

Flächenbezogene Indikatoren für eine nachhaltige bauliche Entwicklung sind zum einen die Zunahme der Bodenversiegelung, die Flächenneuinanspruchnahme für Siedlung und Verkehr sowie die Überbauung innerhalb baulich geprägter Flächen. Zielsetzungen zur flächensparenden Siedlungstätigkeit werden auf Bundes- oder Landesebene politisch fixiert, müssen jedoch auf lokaler Planungsebene umgesetzt werden. Das bedeutet Veränderung der Siedlungsstruktur aus lokal begrenzter Sicht.

Eine Bilanzierung von Änderungen kann erst im Zuge landes- oder bundesweiter Erhebungen erfolgen, etwa der statistischen Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung oder eines geodatenbasierten Monitorings (wie z. B. dem IÖR-Monitor).

Der Beitrag stellt aktuelle Analyseergebnisse aus dem IÖR-Monitor dar und untersucht, inwieweit sich bauliche Dichten bzw. Überbauungsgrade im Bestand sowie in neuen Siedlungsflächen baulicher Prägung entwickelt haben.

1 Einführung

Der nachhaltige Umgang mit der Ressource Fläche verlangt zum einen die Beschränkung des Ausgreifens von Siedlungs- und Verkehrsflächen in den Freiraum, zum anderen eine effiziente Nutzung ohnehin schon besiedelter Flächen. Die Ziele, um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, sind auf Landes- und Bundesebene gesetzt, so mit dem „30-ha-Ziel“ und dem planerischen Primat der Innen- vor Außenentwicklung im Verhältnis 3:1. Die quantitative Analyse der für das Monitoring dieser Ziele relevanten Indikatoren wird aus Daten der amtlichen Statistik sowie aus Geodaten der Vermessung und Erdbeobachtung gespeist. Auf diesem Wege lassen sich die Struktur und Entwicklung der Flächennutzung Deutschlands verfolgen. Speziell mit-hilfe amtlicher Geodaten des ATKIS Basis-DLM und der Hausumringe HU-DE lassen sich beanspruchte Flächen verorten und quantifizieren.

1.1 Flächennutzungsstruktur in Deutschland

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) umfasst ca. 12 % der Landesfläche Deutschlands; diese Fläche von 43 585 km² entspricht etwa der doppelten Landesfläche Hessens. Unter Siedlungsflächen werden dabei baulich geprägte Flächen wie Wohngebiete (inkl. gemischt genutzter Flächen), Industrie- und Gewerbeflächen oder Flächen besonderer funktionaler Prägung (Standorte für Verwaltung, Bildung und Forschung, Kultur, Gesundheit, Soziales, Sicherheit und Ordnung), Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Raststätten, Bahn- und Flugverkehrsflächen) und Siedlungsfreiflächen (Parks, Grünanlagen, Sport- und Erholungsflächen, Kleingartenanlagen, Golfplätze etc.) subsumiert. Diese Flächenkategorien verteilen sich auf baulich geprägte Flächen (8 %), Verkehr (3 %) und Siedlungsfreiflächen (1 %).

Dem Freiraum, der 88 % der Fläche der BRD einnimmt, gehören im wesentlichen landwirtschaftliche Produktionsflächen (Äcker, Grünland, Gartenbau, Weinbau etc.), Wald- und Gehölzflächen, Wasserflächen und Abbauflächen an. Der größte Teil der Landesfläche wird durch Landwirtschaft (52 %, davon 35 % Ackerbau, 16 % Grünland, 1 % sonstige) und Wald (32 %) belegt. Auf Wasserflächen (inkl. gemeindezugehöriger Küstengewässer/Bodden) und sonstige Flächenkategorien (hauptsächlich unkultivierte naturnahe Flächen) entfallen jeweils 2 % der Landesfläche (Abb. 1).

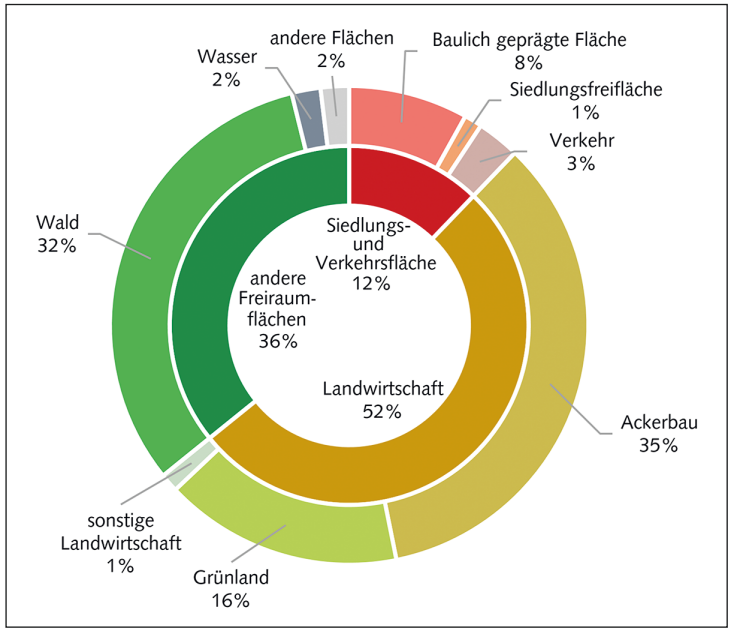


Abb. 1: Anteil der Flächennutzungsarten an der Gesamtfläche Deutschlands (Quelle: IÖR-Monitor, 2018)

1.2 Flächenneuinanspruchnahme

Die Flächenneuinanspruchnahme (FNI) beschreibt die Umwidmung von Landfläche aus dem Freiraum in Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV).

Um eine nachhaltige Entwicklung dauerhaft zu gewährleisten, ist die Flächenneuinanspruchnahme („Flächenverbrauch") zu begrenzen und damit die endliche Ressource Boden zu schützen. Mit dem Verlust von – oft qualitativ hochwertigen – landwirtschaftlichen Böden stehen diese für die Nahrungsmittelproduktion oder als natürliche Ressource nicht mehr zur Verfügung. Hinzu kommt, dass ökologische Ausgleichsmaßnahmen für Bauvorhaben auch häufig auf vormaligen Landwirtschaftsflächen durchgeführt werden. Strategische Zielsetzungen auf Bundes- sowie europäischer Ebene sollen eine signifikante Reduzierung des Flächenverbrauchs bewirken bzw. langfristig eine Flächenkreislaufwirtschaft ermöglichen (EU-Parlament 2013, BMU 2016).

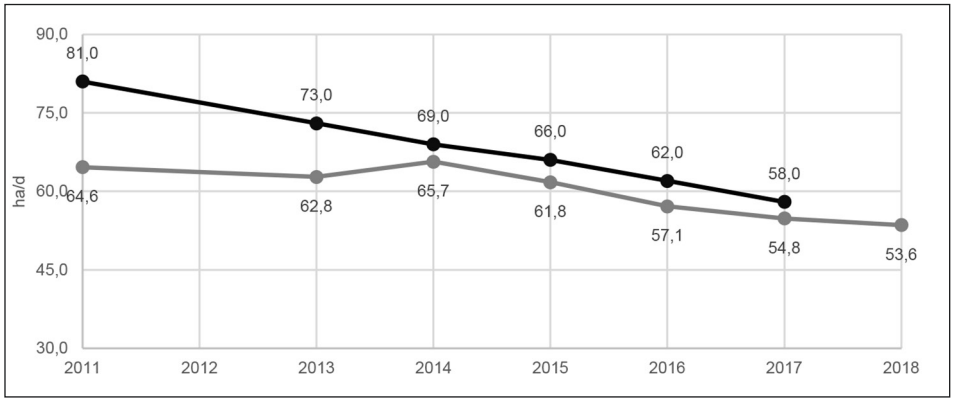


Abb. 2: Entwicklung des Indikators Flächenneuinanspruchnahme. Vergleich der Zahlen des UBA (schwarze Linie) und des IÖR-Monitors (graue Linie) (Datenquelle: UBA; IÖR)

Abbildung 2 visualisiert die Entwicklung der kumulierten FNI für Deutschland seit 2011. Die obere Kurve zeigt die auf den durch das Umweltbundesamt bereinigten Zahlen der amtlichen Flächenstatistik basierenden Werte des Nachhaltigkeitsindikators „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche". Die untere Kurve beschreibt den als Äquivalent für den Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung errechneten Wert. Dieser basiert auf einer am IÖR entwickelten Methodik zur Analyse von Flächennutzungsveränderung auf Grundlage des ATKIS Basis-DLM (Schorcht et al. 2016). Beide Kurven zeigen übereinstimmend einen sinkenden Verlauf der Flächenneuinanspruchnahme über die vergangenen Jahre. Unterschiede der absoluten Werte ergeben sich durch die verschiedenen Datengrundlagen.

Auf Ebene der Bundesländer existieren ebenfalls quantitative Flächensparziele, welche in Tabelle 1 den ermittelten FNI-Werten gegenübergestellt werden. Daraus wird sichtbar, dass die meisten Bundesländer mit definierten Flächensparzielen diese bislang noch nicht erreicht haben.

Tab. 1: Flächensparziele der Bundesländer im Vergleich zur jeweiligen Flächenneuinanspruchnahme, basierend auf dem IÖR-Monitor (Quelle: IÖR, Landesentwicklungspläne der Länder)

Land	FNI 2018 (ha/d)	Flächensparziel (ha/d)
Baden-Württemberg	6,0	3,0
Bayern	10,5	5,0
Berlin	0,1	
Brandenburg	0,3	
Bremen	0,0	0,1 – 0,3
Hamburg	0,1	
Hessen	1,6	2,5
Mecklenburg-Vorpommern	4,6	1,2
Niedersachsen	10,1	3,0
Nordrhein-Westfalen	5,9	5,0
Rheinland-Pfalz	2,7	1,0
Saarland	1,8	472 m²/Ew.
Sachsen	5,0	2,0
Sachsen-Anhalt	1,8	1,3
Schleswig-Holstein	2,3	1,3
Thüringen	0,7	
Deutschland	**53,6**	**< 30,0**

2 Überbauung

2.1 Versiegelung durch Gebäude

Gebäude tragen neben befestigten Verkehrsflächen wesentlich zur Bodenversiegelung bei. Durch die flächendeckende Kenntnis des Anteils der durch Gebäude überbauten Siedlungsflächen kann daher ein Großteil des städtischen Versiegelungsgrades erklärt werden. In der Schweizer Raumbeobachtung wird der Überbauungsgrad gemeinsam mit der Nutzungsdichte zur statistischen Beschreibung der Bauzonen verwendet. Er ist dort definiert als „die überbaute Bauzone in Prozent der gesamten Bauzone. Für die Berechnung des Überbauungsgrads werden die Wohn- und Mischzone, Industrie- und Gewerbezone sowie die Zone für öffentliche Bauten und Anlagen berücksichtigt (ohne Grün- und Spezialzone)." (Kanton Aargau 2013, 19). Auch in den Niederlanden sind

gebäude- und flächenscharfe Messkonzepte eine Grundlage für raumplanerische Fragestellungen. Dort wird der Überbauungsgrad zum Beispiel ground floor space index (GSI) genannt (Harbers et al. 2019; Kap. 1.3).

Der Überbauungsgrad beschreibt auf Baublockebene den Flächenanteil, der durch die Grundfläche von oberirdischen Gebäuden bedeckt ist. Im Gegensatz zur Grundflächenzahl (GRZ), welche im Planungsrecht verwendet wird und den maximal bebaubaren Flächenanteil eines Grundstücks festlegt, wird hiermit der tatsächliche Anteil Gebäudegrundfläche an der Bezugsfläche registriert.

Zur Berechnung des Überbauungsgrades von Siedlungsflächen werden die Geobasisdaten des ATKIS Basis-DLM sowie die amtlichen Hausumringsdaten HU-DE verwendet. Das Basis-DLM liefert hierbei die Informationen zur Flächennutzung in einem topographischen Erfassungsmaßstab, während die HU-DE-Daten als Produkt des Liegenschaftskatasters (ALKIS) alle ca. 53 Millionen Einzelgebäude in Deutschland abbilden.

Die zyklische Aktualisierung des ATKIS Basis-DLM sowie die kontinuierliche Aktualisierung der HU-DE erlauben multitemporale Analysen des Überbauungsgrades und damit Aussagen zur Nutzungseffizienz von Siedlungsflächen.

2.2 Innen- und Außenbereich

Von hoher Relevanz bei der Siedlungsentwicklung ist die Unterscheidung zwischen Innen- und Außenbereich. Eine flächensparende Siedlungspolitik zielt darauf ab, Entwicklungspotenzialen im Innenbereich den Vorzug gegenüber einer Flächenneuinanspruchnahme im Außenbereich – d. h. die bauliche Neuerschließung von Freiraumflächen („grüne Wiese“) – zu geben. Dies beinhaltet die Nutzung von Baulücken bzw. von Nachverdichtungspotenzialen. Unter dem Innenbereich wird üblicherweise die im § 34 BauGB benannte Zone „der im Zusammenhang bebauten Ortsteile“ verstanden. Eine allgemeingültige Definition dieses Bereiches existiert jedoch nicht, so dass die Festlegung derselben ortsüblich festgelegt wird. Der Außenbereich umfasst demnach alle Flächen, die nicht zur im Zusammenhang bebauten Fläche gehören und für deren Bebauung eine gesonderte Erschließung vonnöten ist.

Baulich geprägte Siedlungsflächen (Wohnbaufläche, Fläche gemischter Nutzung, Industrie- und Gewerbefläche, Fläche besonderer funktionaler Prägung), welche in zwei Vergleichszeitschnitten existieren, werden als Bestandsflächen im Siedlungsraum bzw. als Innenbereich definiert. Baulich geprägte Flächen zum zweiten Vergleichszeitpunkt, die ursprünglich dem Freiraum angehörten, werden als Flächenneuinanspruchnahme im Außenbereich definiert. Es handelt sich hierbei in den meisten Fällen um Landwirtschaftsflächen (Acker oder Grünland).

2.3 Forschungsfragen

In den Geodaten der HU-DE lassen sich über den Zeitraum von 2012 bis 2017 verschiedene bauliche Entwicklungen verfolgen. Dazu gehören: eine unveränderte Situation, die Nachverdichtung im Bestand, Rückbau im Bestand und die Neuinanspruchnahme von Außenbereichsflächen.

Generell ist bei einer Innenentwicklung und Nachverdichtung mit einer allgemeinen Zunahme des mittleren Überbauungsgrades zu rechnen. Als relevante Flächennutzungskategorien werden hierbei baulich geprägte Siedlungsflächen betrachtet. Die Flächeninhalte aller Hausumringe, die sich in einer der vier in Frage kommenden Objektarten einer baulichen Prägung aus dem ATKIS-Objektbereich Tatsächliche Nutzung (TN) befinden, werden aufsummiert und zur Gesamtfläche aller betrachteten Siedlungsflächen ins Verhältnis gesetzt. Durch separate Anwendung dieser Prozedur auf zwei Zeitschnitte und Vergleich der jeweils berechneten Mittelwerte kann eine Tendenz hinsichtlich der Entwicklung der baulichen Nutzungsintensität ermittelt werden. Daraus ergibt sich die folgende Frage: **Hat sich der Überbauungsgrad im Innenbereich zwischen 2012 und 2017 geändert?**

Flächenneuinanspruchnahme bzw. Bautätigkeit im Außenbereich zeichnet sich meist durch eine deutlich geringere bauliche Dichte als in bestehenden Siedlungsflächen aus. Beim langfristigen Ziel einer flächenschonenden Siedlungstätigkeit müssen Neubauflächen möglichst dicht bebaut werden, um den Flächenbedarf gering zu halten. Die bauliche Nutzungsintensität von Neubauflächen sollte daher möglichst nahe an Bestandsflächen heranreichen. Daraus resultierend kann die Frage gestellt werden: **Wie unterscheidet sich der Überbauungsgrad des Neubaus im Außenbereich im Vergleich zum Innenbereich?**

In der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (Biodiversitätsstrategie) wird für das Flächenverhältnis von Innenentwicklung zu Außenentwicklung die Zielvorgabe von 3:1 definiert. Dies soll durch „Lenkung der Flächeninanspruchnahme auf die Wiedernutzbarmachung von Flächen, die Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung“ erreicht werden. (BMU 2007, 51). Anhand der Geobasisdaten des ATKIS-Basis-DLM und der Amtlichen Hausumringe kann dieses Verhältnis ermittelt und die nachfolgend formulierte Frage beantwortet werden: **Wie ist das Verhältnis der baulichen Entwicklung im Innenbereich im Vergleich zum Außenbereich? Gibt es hierbei Unterschiede in unterschiedlichen Gemeindetypen?**

3 Ergebnisse

Der Vergleich zwischen 2012 und 2017 zeigt eine leichte Zunahme des mittleren Überbauungsgrades in Deutschland (Abb. 3). Industrie- und Gewerbeflächen haben generell den höchsten Überbauungsgrad und zeigen mit 1,4 Prozentpunkten auch den größten prozentualen Zuwachs.

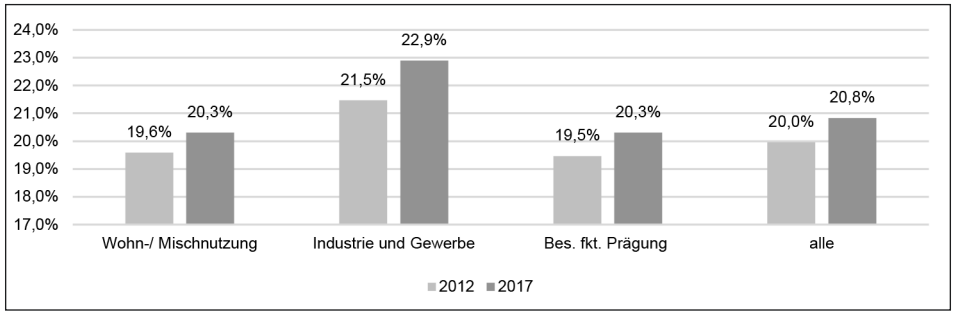


Abb. 3: Mittlere Überbauungsgrade verschiedener baulich geprägter Siedlungsflächen in Deutschland 2012 und 2017. (Quelle: eigene Berechnungen)

Zur Beantwortung der zweiten Frage wurden alle Siedlungsflächen derselben Nutzungsart in beiden Zeitschnitten selektiert, deren Überbauungsgrad im Jahr 2017 ermittelt und mit dem Wert der entsprechenden Neubauflächen verglichen. In allen Fällen bleibt die Überbauung auf den Neubauflächen deutlich geringer als im Bestand. Im Mittel beträgt das Verhältnis der Überbauungsgrade zwischen Bestandsflächen im Innenbereich und Neuinanspruchnahme im Außenbereich etwa 3:1.

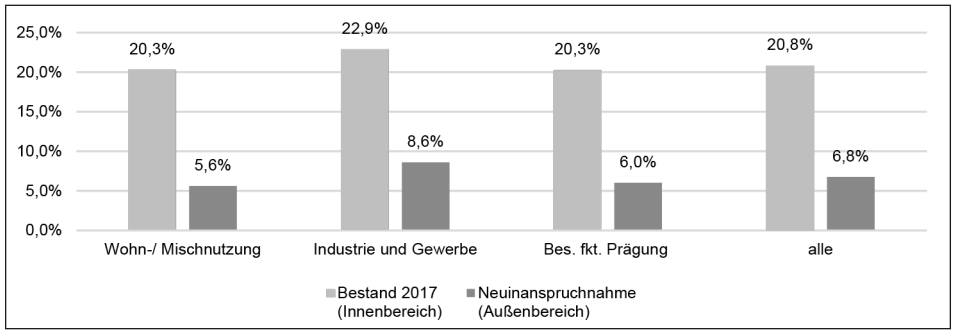


Abb. 4: Überbauungsgrade von Bestandsflächen im Innenbereich und Neubauflächen im Außenbereich nach verschiedenen Nutzungsarten 2017. (Quelle: eigene Berechnungen)

Abbildung 5 zeigt die im Zeitraum 2012-2017 neu erfassten Gebäudegrundflächen innerhalb der baulich geprägten Flächennutzungen. Es wird klar, dass die Neubauflächen im Innenbereich deutlich die Flächen im Außenbereich übertreffen. Für alle Gebäude ergibt sich ein Flächenverhältnis von etwa 3:1, Wohn- und Mischnutzungsflächen etwa im Innen- zu Außenverhältnis von 5:1 stehen.

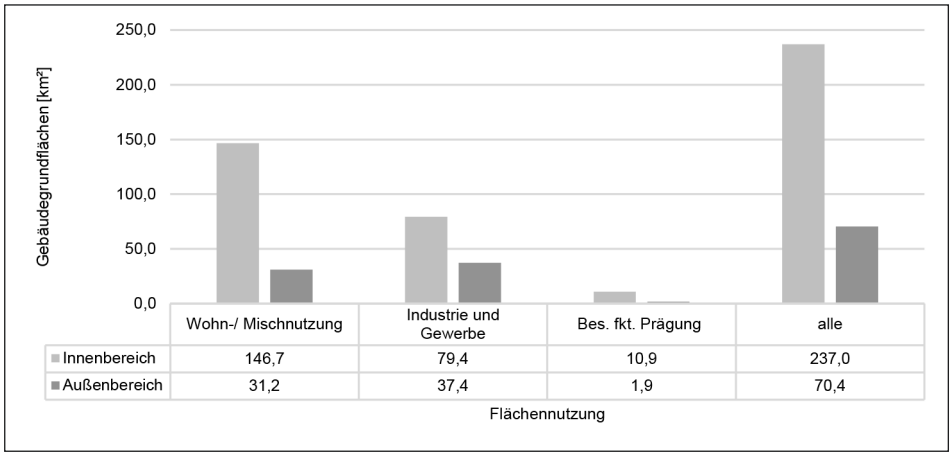


Abb. 5: Neubau Gebäudegrundflächen (km²) 2012-2017 im Innen- und Außenbereich (Quelle: eigene Berechnungen)

Eine Auswertung nach Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland zeigt, dass die Innenentwicklung die Bautätigkeit im Außenbereich bei allen Typen übertrifft (Abb. 6). Insgesamt entspricht das Muster der gesamtdeutschen Tendenz, wobei teilweise sehr hohe Faktorwerte erreicht werden. Die höchsten Werte bei Wohnbauflächen werden

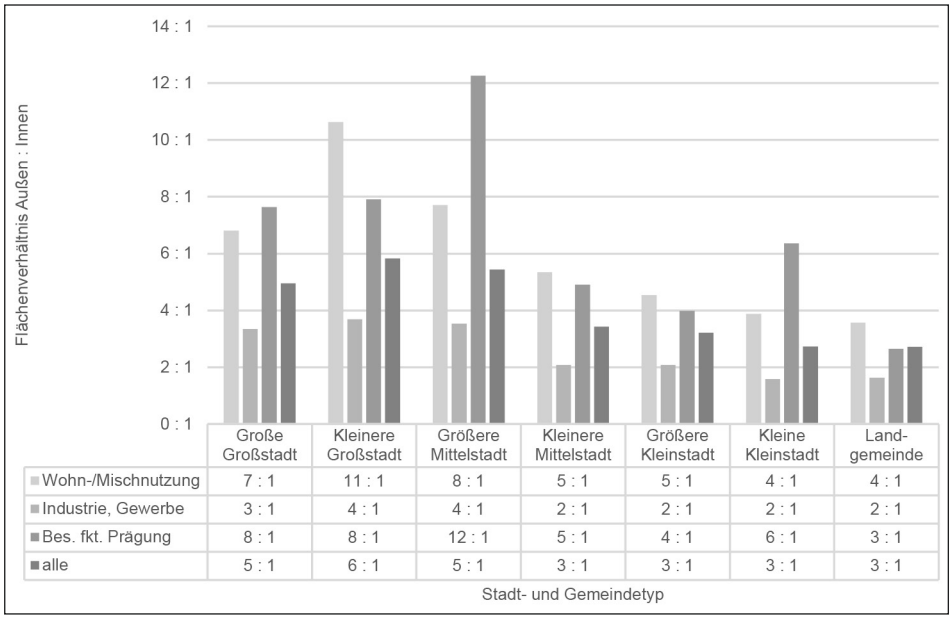


Abb. 6: Grundflächenverhältnis Neubau Innenbereich : Außenbereich nach Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland 2012-2017 (Quelle: eigene Berechnungen)

in Großstädten und größeren Mittelstädten erzielt. Dies betrifft auch Industrie- und Gewerbeflächen, jedoch mit kleineren Faktorwerten. Flächen besonderer funktionaler Prägung fallen bei großen Mittelstädten und kleinen Kleinstädten auf, allerdings sind deren Gesamtflächen auf bundesdeutscher Ebene gering.

4 Zusammenfassung

Der Siedlungskörper verändert sich im Zeitverlauf und im Verhältnis zur gesamten Landfläche nur langsam. Daher stellt das Monitoring von Änderungen der Siedlungsentwicklung hohe Anforderungen hinsichtlich Datenqualität und Analyseverfahren. Wertänderungen bei den erhobenen Indikatoren sollen auf tatsächlichen Veränderungen der Realität beruhen. Daten- und modellierungsbedingte Fehlereinflüsse sollen möglichst keinen Niederschlag in den gemessenen Änderungswerten finden.

Die auf dem ATKIS Basis-DLM beruhende Berechnung der Flächenneuinanspruchnahme, wie sie im Rahmen des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) angewendet wird, eliminiert bekannte Artefakte, die durch die Verschneidung zweier Datensätze des Basis-DLM entstehen. Dazu gehören zum einen geometrische Effekte durch die Lagekorrektur von Polygonstützpunkten, zum anderen spielen modell- oder erfassungstechnisch bedingte Umklassifizierungen von Objekten eine Rolle (Schorcht et al. 2016).

Aktuell wird für Deutschland eine tägliche Flächenneuinanspruchnahme von 54 Hektar Siedlungs- und Verkehrsfläche als Mittelwert der Periode 2013-2018 bestimmt. Die allgemeine Tendenz des FNI-Wertes ist fallend.

Der Wert der Flächenneuinanspruchnahme gibt nur Auskunft über die reine Quantität von neuer Siedlungsflächen in Bezug zu einem Vergleichszeitraum, trifft jedoch keine Aussage über Nutzungsintensitäten. Der Überbauungsgrad einer Fläche kann als Approximation der Nutzungsintensität derselben angegeben werden. Dies erfolgt über die Einzelgebäudedaten des Liegenschaftskatasters (HU-DE). Eine Analyse der baulichen Dichten von neu bebauten Siedlungsflächen gibt somit Anhaltspunkte über die Nutzungseffizienz dieser Flächenneuinanspruchnahmen. Gleichzeitig können Änderungen der baulichen Dichte (bzw. des Überbauungsgrades) in Neubauflächen (hier: Außenbereich) mit denen in Bestandsflächen (hier: Innenbereich) verglichen werden. Hierbei konnte festgestellt werden, dass im bundesweiten Durchschnitt über alle baulich geprägten Siedlungsflächentypen die bauliche Entwicklung im Innenbereich gegenüber dem Außenbereich im Verhältnis 3:1 überwiegt. In Großstädten liegt dieser Quotient sogar bei 5:1. Neben der anhaltenden Flächenneuinanspruchnahme – noch weit oberhalb der bis 2030 avisierten Schwelle von „weniger als 30 Hektar pro Tag“ (Bundesregierung 2017, 2002) – wird also in Bestandsflächen des Siedlungskörpers ein Vielfaches an Fläche überbaut.

5 Literatur

Kanton Aargau (Hrsg.) (2013): Raumbeobachtung 2013. Aktuelle Daten zur Raumentwicklung Juli 2014. Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abt. Raumentwicklung, Aarau.
https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/bvu/dokumente_2/raumentwicklung/grundlagen_6/raumbeobachtung_1/Raumbeobachtung_2013.pdf
(Zugriff: 27.06.2019).

Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin.

Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016. 11.1.a Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Berlin.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt – Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. Berlin.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/nationale_strategie_biologische_vielfalt_2015_bf.pdf (Zugriff: 06.08.2019).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) (2016): Klimaschutzplan 2050 – Klimapolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (Zugriff: 06.08.2019).

Destatis – Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2018): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Indikatorenbericht 2018. Wiesbaden.
https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Nachhaltigkeitsindikatoren/Publikationen/Downloads-Nachhaltigkeit/indikatoren-0230001189004.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Zugriff: 06.08.2019).

EU-Parlament (2013): Beschluss Nr. 1386/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates. vom 20. November 2013 über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2020 „Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten".
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ:L:2013:354:TOC
(Zugriff: 06.08.2019).

Harbers, A.; Spoon, M.; van Amsterdam, H.; van der Schuit, J. (2019): Ruimtelijke Dichtheden en Functiemenging in Nederland (RUDIFUN). PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.

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. In: International Journal of Geo-Information 5, (2016) 8, 20.

Stadtgrün

One size fits all? Die Qualität von Stadtgrün aus der Nutzerperspektive

Karsten Rusche, Stefan Fina

Zusammenfassung

Grüne Infrastruktur rückt immer stärker in den Fokus von Politik, Planung und Verwaltung. Der Nutzen einer geplanten, hochwertigen Stadtnatur liegt hierbei im Zentrum der planerisch fokussierten Diskussionen. Dieser Beitrag widmet sich den Anforderungen an ein geeignetes grundlegendes Monitoring des Stadtgrüns, welches für eine zielführende Planung unerlässlich ist. Weiterhin werden neben einer Übersicht über geeignete Indikatoren zur Bestimmung von Quantität und Qualität in der Grünversorgung Grenzen aufgezeigt, die sich nur durch die vertiefte Analyse kleinräumiger Grünelemente und durch die Verbindung mit sozio-ökonomischen wie auch räumlichen Variablen aufheben lassen. So ist es vor allem wichtig, die oft reine angebotsseitige Betrachtung der Grünversorgung um eine Nutzerperspektive zu erweitern. Nur wenn auch Anforderungen an Stadtgrün, Erreichbarkeiten, Überfüllungen und Präferenzen in die Analyse der Grünversorgung mit einbezogen werden, kann eine zu pauschale Bewertung umgangen werden und ein genaueres Bild dessen gezeichnet werden, was wir als grüne Infrastruktur bezeichnen.

1 Einführung

In der Stadtforschung ist das Konzept der „grünen Infrastruktur" in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus der Forschung geraten (Mell 2017, 139 f.). Viele Autoren sehen im Stadtgrün ein hohes Potential, um mit verschiedenen aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Stadtgesellschaft umzugehen, so zum Beispiel zur Kompensation hoher Abflussraten auf versiegelten Flächen bei Starkregenereignissen, zur Verbesserung der klimatischen Situation durch Frisch- und Kaltluftschneisen entlang von Grünkorridoren, auch zur Erhöhung der urbanen Lebensqualität und der Planung gesundheitsfördernder Stadtstrukturen (Fuller, Gaston 2009, 353).

Diese Wirkungsbreite leitet sich aus dem Verständnis der grünen Infrastruktur als „Ökosystemdienstleistungs-Multitalent" ab (Schröter-Schlaack, 2015, 17). Eine häufig genutzte Definition der Europäischen Kommission begründet dies (European Commission 2013, 1): „…ein strategisch geplantes Netzwerk wertvoller natürlicher und naturnaher Flächen mit weiteren Umweltelementen, das so angelegt ist und bewirtschaftet wird, dass sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum ein breites Spektrum an Ökosystemdienstleistungen gewährleistet und die biologische Vielfalt geschützt ist."

Hiernach lassen sich sowohl Straßenbäume, Parks und kleinere Grünflächen als auch Gewässerelemente sowie Sportplätze, Friedhöfe und vertikale Grünelemente zu Bausteinen einer grünen Infrastruktur zusammenfassen. Hervorzuheben ist, dass auch verbindende Elemente wie grüne Korridore oder andere Wegeverbindungen Teilkomponenten darstellen (Dige et al. 2014, 9-11).

Auf der politischen Ebene wurde das Potential des Stadtgrüns bereits erkannt und an vielen Stellen werden aktuell Pläne, Konzepte und Förderinstrumente vorgestellt und diskutiert. Zum Beispiel lehnt sich das Weißbuch Stadtgrün (BMI 2017, 7) in seinem Verständnis von Stadtgrün an die oben aufgeführte Definition an, so dass Stadtgrün und grüne Infrastruktur in diesem Kontext als synonym betrachtet werden können. In Ergänzung hierzu spricht der „Masterplan Stadtnatur" (BMU 2019, 3) eine sehr ähnliche Sprache und auch hier ist die Abgrenzung dessen, was zu „Stadtnatur" zählt, deckungsgleich mit der Definition grüner Infrastruktur zu sehen. Sowohl das Weißbuch als auch der Masterplan leiten eine sehr konkrete Agenda zur stärkeren Förderung grüner Infrastrukturen ab, die in Zukunft kommunales Handeln beeinflussen dürfte. Ebenso wird aber auch festgestellt, dass all dies nur umgesetzt werden kann, wenn die Datengrundlagen bundesweit verbessert werden. Es bedarf also einer analytischen Sicht auf Stadtgrün und Stadtnatur, sprich auf grüne Infrastrukturen. Aus dieser Motivation heraus bearbeitet das Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS) aktuell zusammen mit dem Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Luftbild Umwelt Planung GmbH (LUP) das Forschungsprojekt „Wie grün sind bundesdeutsche Städte? – Fernerkundliche Erfassung und stadträumlich-funktionale Differenzierung der Grünausstattung von Städten in Deutschland (Erfassung der urbanen Grünausstattung)"[1] im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), s. a. Beitrag Tenikl et al. in diesem Band.

2 Monitoring von Stadtgrün

Für ein solches analytisches Verständnis grüner Infrastruktur hilft eine Orientierung entlang zentraler Prinzipien, die in der Literatur als Charakteristika eines vernetzten, strategisch geplanten Stadtgrüns definiert wurden und bei der Indikatorbildung wichtige Orientierungspunkte darstellen. Hierbei sind zwei dieser Prinzipien besonders hervorzuheben: Multifunktionalität und Konnektivität (Grădinaru, Hersperger 2018, 17; Lennon, Scott 2014, 568 ff.). Aufbauend auf diese beiden Grundideen lässt sich ein Konzept des Monitorings von Stadtgrün ableiten.

Für den Bereich der Multifunktionalität existiert eine breite Literatur, welche vornehmlich die Messung, Kartierung und Bewertung von Ökosystemdienstleistungen als

[1] *https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ReFo/Staedtebau/2019/gruenmonitoring/start-node.html*

Kernziel hervorhebt (Maes et al. 2015, 517-519). Für die Ziele eines Planungsansatzes sind dies bereits sehr wichtige Einflussgrößen, die der Entscheidungsunterstützung dienen können. Durch eine gezieltere Information, an welchen Stellen innerhalb einer Stadt Defizite an und Unterversorgungen mit multifunktionalen Grünflächen vorliegen, können Investitionsentscheidungen zielgerichteter vorgenommen werden, um die positiven Wirkungen des Stadtgrüns in ökologischen, ökonomischen und sozialen Belangen entstehen zu lassen (Demuzere et al. 2014, 112 f.).

Die Konnektivität von Stadtgrün betrachtet die Literatur aktuell größtenteils unter dem Aspekt der Habitatverbindung oder der Migrationsoptionen für verschiedene Arten (Liquete et al. 2015, 270). Dies ist auch ein wesentlicher Grund, warum der Aspekt der Konnektivität für den Bereich der Stadtforschung im Vergleich zur Multifunktionalität relativ wenig beforscht wurde. Für urbane Räume wird Konnektivität daher häufig unter dem Aspekt der Erreichbarkeit von Grünflächen diskutiert, wobei dieser Aspekt eine zentrale Rolle bei der Bewertung der Grünversorgung einnimmt (Hansen, Pauleit 2014, 523). Ein Kernargument für diese Betrachtung ist, dass gerade im Bereich des Stadtgrüns ein Unterschied zwischen Gebieten, die Ökosystemdienstleistungen bereitstellen, und Gebieten, in denen der Nutzen des Stadtgrüns entsteht, festzustellen ist (Syrbe, Walz 2012, 81 ff.). Anders gesagt ist es für die Entfaltung vieler Nutzen von Stadtgrün entscheidend, dass die Flächen auch von Bürgern erreicht werden können (z. B. zur Naherholung) oder sie zumindest im Wirkungsradius dieser wohnen (z. B. für positive mikroklimatische Effekte).

Ebenfalls benennt die wissenschaftliche Begleitforschung der Bundesregierung eine Stärkung der Lebensbedingungen mit Grünräumen als vordringliche Aufgabe einer gesundheitsfördernden Stadtentwicklung. Neben Aspekten der sozialen Teilhabe wird insbesondere die Erholungswirkung von städtischem Grün oder Blau, d. h. städtische Gewässerflächen, hervorgehoben (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2016, 202 f.). Sozialräumliche Selektionsprozesse werfen jedoch die Frage auf, ob soziökonomisch benachteiligte Bevölkerungsgruppen diesen Zugang zu Grünflächen in ausreichendem Maße haben bzw. auch nutzen. Die Stadtforschung beschäftigt sich in diesem Zusammenhang zunehmend mit der Grünversorgung und -erreichbarkeit auch im Hinblick auf eine gerechte Verteilung und Zugänglichkeit von Grünressourcen über unterschiedliche Lebensstile und soziale Schichten (Böhme et al. 2015, 19). Gleichzeitig intensiviert die Raumforschung ihre Bemühungen, Ausstattungsstandards für gesundheitsfördernde Stadtstrukturen zu entwickeln und in der Planungspraxis zu etablieren (Baumgart et al. 2018, 6 f.). Vielfach scheitern diese Bemühungen jedoch an einer unzureichenden Datenlage über die Situation und Entwicklung grüner und blauer städtischer Infrastrukturen. Eine zentrale Herausforderung neben der fernerkundlichen Erfassung von Stadtgrün ist hierbei die Bildung geeigneter Indikatoren, die im Monitoring von Stadtgrün zur Bewertung einer adäquaten Grünversorgung beitragen können.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht einerseits über die Vielfalt an Variablen, die im Monitoring des Stadtgrüns eine Rolle spielen und andererseits über Möglichkeiten zur Bildung geeigneter Indikatoren bezogen auf einzelne Datenbereiche.

Viele Forschungsarbeiten orientieren sich stark an der Messung des generellen oder eines kleinräumigen Anteils der Grünflächen an den Siedlungsflächen (Poelman 2017, 2). In diesem Themenbereich wird stark mit Daten der Landnutzung gearbeitet (z. B. ATKIS-Basis-DLM) (Richter et al. 2016, 474) oder bei internationalem Vergleich mit dem European Urban Atlas. Die Größe und der Anteil von Grünflächen haben einen Einfluss auf ihre Multifunktionalität, allerdings klammert eine solche Betrachtung die Erreichbarkeit von Grünflächen durch Nutzer völlig aus und lässt somit keinen detaillierten Rückschluss über die Versorgungssituation mit Stadtgrün innerhalb einer Stadt zu. Neben diesen Anteilsbeschreibungen werden auch verschiedene Ansätze in der Planungsforschung diskutiert, die sich mit Mindeststandards in der Grünversorgung beschäftigen, entweder bezogen auf Mindestflächen pro Kopf oder ausführlicher mit Versorgungsniveaus verschiedener Größenklassen von Grünflächen (Handley et al. 2003, 6). Diese Ansätze erweitern die Anteilsbetrachtung um eine Möglichkeit der Klassifizierung von Teilräumen, die im Sinne der Mindeststandards unterversorgt sind. Allerdings lässt sich mit diesen Ansätzen keine räumlich explizite Verknüpfung von Angebot (an Ökosystemdienstleistungen) und Nachfrage (Bürger) herstellen.

Tab. 1: Monitoring und Indikatorik (Quelle: eigene Darstellung)

Daten	Landbedeckung	Landnutzung	Planung	Sozialraum	Verhaltensmuster
Indikatorik (Auswahl)	• Grünanteil • Grünvolumen • Versiegelung	• Flächenanteile • Nutzungstypen	• Biotopvernetzung • Klimaresilienz	• Nutzung • Erreichbarkeit • Ausstattung	• Qualitative Informationen • zur Nutzungsstruktur
Mono-funktional Monitoring	• Acker • Sümpfe • Heide • Moore • Grün • Wasser • Wald • Vegetationstypen	• Golfplatz • Gartenbau • Friedhof • Zoo • Erholung • Freizeit • Brachflächen	• Biotop • Grünzäsuren • Kaltluftschneisen • Naturschutz • Hitzeinseln • Regionaler Grünzug	• Bevölkerung • Lebensstile • Aktionsräume • Micro-publics	• Bewertungen • Bewegungsprofile • Befragungen Apps (z. B. IÖR Gris), BMVI meinGrün
Multi-funktional	Grüne Infrastrukturen				

Aus diesem Grund werden verstärkt Analysen vorgestellt, die eine Erreichbarkeit von Grünflächen modellieren. Entweder ausgehend von Siedlungsflächen oder ausgehend von kleinräumlich georeferenzierten Bevölkerungsdaten (Grunewald et al. 2017, 28 f.).

Somit erfolgt hier eine erste Verbindung von Landnutzung und Sozialraum (im Sinne von Tab. 1). Als einfacher Ansatz kann die Pufferung von Siedlungsflächen genannt werden, um z. B. eine fußläufige Erreichbarkeit abbilden zu können. In Ergänzung dazu werden aktuell auch die Nutzung von Routing der Fußwege in GIS Systemen als mögliche methodische Erweiterung diskutiert, so dass Barrierewirkungen durch die Modellierung von tatsächlichen Wegeverbindungen von Wohn- zu Grünflächen realitätsnäher abgebildet werden können (Richter et al. 2016, 479).

Neben diesen Verbesserungen in der Modellierung von Erreichbarkeiten von Stadtgrün wird in der Literatur auch die Unzulänglichkeit klassischer Landnutzungsdaten thematisiert (Lindholm 2017, 6 f.). Durch die eindeutige Zuordnung von Flächen zu einer bestimmten Nutzungsklasse gehen viele Informationen verloren, die gerade bei der Betrachtung von Stadtgrün eine wichtige Rolle spielen. So kann der Einfluss privaten Grüns nicht adäquat erfasst werden. Zum Beispiel spielen in Wohngebieten private Gärten und kleinteilige Begrünung eine wichtige Rolle für die qualitative Grünversorgung eines Quartiers, sie werden jedoch häufig durchgehend als Siedlungsfläche klassifiziert. Auch können bei der Betrachtung von Grünvernetzungen Wegeverbindungen häufig in ihren feinen linearen Verläufen nicht hinreichend abgebildet werden. Dies hebt noch einmal das hohe Potential von Fernerkundungsdaten in hoher Auflösung für das Monitoring des Stadtgrüns hervor.

Die diskutierte Bandbreite an möglichen Indikatoren klammert allerdings zu einem großen Teil die Nutzersicht neben der reinen Erreichbarkeit aus. Daher empfiehlt es sich, für eine Detailbetrachtung in einzelnen Kommunen den Indikatorenkatalog um qualitative Informationen zu ergänzen, die sowohl die Nutzertypen betrachten als auch eine Aussage über einzelne Grünflächen zulassen.

3 Stadtgrün aus der Nutzerperspektive

Um nun die Nutzerperspektive stärker in das Monitoring des Stadtgrüns einzubinden, kann auf verschiedenen Ebenen eine Qualifizierung von Datenbeständen in Untersuchungsräumen vorgenommen werden:

1. Ergänzung sozio-ökonomischer Informationen
2. Verbindung von Erreichbarkeiten von Flächen mit Kapazitäten von Flächen
3. Zusatzinformationen für einzelne Grünflächentypen

Wie bereits angesprochen ist ein wichtiger Aspekt bei der Grünversorgung die Umweltgerechtigkeit. Zentrale Fragestellung ist hier nicht die generelle Verteilung oder Erreichbarkeit von Grünflächen, sondern vielmehr ob gerade benachteiligte Personen, denen ein höherer Bedarf an öffentlichen Grünflächen unterstellt wird, einen ebenso guten Zugang zu Stadtgrün haben wie der Rest der Bevölkerungsschichten. Zur

Betrachtung dieser Aspekte in Monitoringansätzen für Stadtgrün können kleinräumige sozio-ökonomische Daten eine sinnvolle Erweiterung des Variablensets darstellen. Beispielsweise lassen sich zu den Bevölkerungsrastern in der kleinräumigen Betrachtung Informationen über Altersklassen oder Haushaltsgrößen integrieren. Darüber hinaus lassen sich soziale Schichten abbilden, welche z. B. aus Informationen zu Konsumverhalten und Einkommen abgeleitet werden. Eine solche Integration von Informationen über Sozialräume würde eine wertvolle Ergänzung im kleinräumigen Monitoring darstellen, da es gerade das Thema der ausreichenden Versorgung mit Stadtgrün in Richtung potentieller Nutzertypen ausdifferenziert. Klassische Erreichbarkeitsindikatoren könnten diesem Ansatz folgend dann nach Nutzergruppen unterschieden werden, um Räume zu identifizieren, in denen Planung aktiv werden sollte.

Die zweite anzudenkende Erweiterung von Monitoringansätzen befasst sich mit dem Aspekt der Auslastung von Grünflächen. Schließlich lässt sich aus der Betrachtung von Erreichbarkeiten keine Aussage treffen, ob z. B. ein Stadt- oder Quartierspark Überfüllungstendenzen aufweist, was ein entscheidender Faktor für Qualität und Attraktivität einer Fläche darstellen kann. In der Literatur existieren bereits Vorschläge für eine Berechnungslogik (Garske 2012, 129 ff.). Gerade in dicht besiedelten Quartieren könnte man dem Ansatz folgen, die kleiräumig im Datenbestand verorteten Bevölkerungen zu der ihnen nähesten Grünfläche „laufen zu lassen". Hinterlegt man für z. B. Parkflächen ein Kapazitätskriterium (in Personen pro Hektar), so lässt sich abschätzen, ob eine Fläche tendenziell übernutzt ist. Dies würde dazu führen, dass viele Bewohner eines Quartiers eher zur „zweit-nächsten" Fläche gehen als zur erstgenannten. Die so skizzierte Bewertungslogik ermöglicht es, für ein Stadtgebiet besonders ausgelastete Flächen zu identifizieren und hier für die Nutzer eine Entlastung herbeizuführen.

Eine dritte Erweiterung können Zusatzinformationen über einzelne Flächen darstellen, die einerseits wichtige Nutzungsmöglichkeiten abgrenzen und andererseits die Nutzerbewertung selbst einbeziehen. So lässt sich bei der klassischen Analyse von Grünversorgungen kritisieren, dass gar nicht abgebildet wird, ob und zu welchen Zeiten eine Fläche nutzbar ist und zu welchem Zweck sie von Nutzern betreten wird. Um diesen Aspekt zu integrieren, kann man individuelle Grünflächen wie Parks, Friedhöfe oder Sportanlagen mit den oftmals eingeschränkten Öffnungszeiten hinterlegen. Bei größeren Flächen spielt es auch gerade für die Erreichbarkeit eine Rolle, wo genau Zugangspunkte möglich sind. Darüber hinaus bietet sich eine Integration von Aspekten der citizen science an. Nutzer könnten durch geeignete Befragungsformate, z. B. in einer App (wie z. B. in dem Projekt „meinGrün"[2]), aufgefordert werden, Pflegezustand und Attraktivität von Grünflächen selber zu bewerten und zu kritisieren. Dies würde eine vertiefte Integration der Nutzerperspektive bedeuten.

[2] *http://meingruen.ioer.info/*

4 Fazit

In diesem Beitrag wurde hervorgehoben, dass für die wichtigen politischen Ziele einer qualitativ hochwertigen grünen Infrastruktur ein dezidiertes Monitoring nötig ist. Einen wichtigen Schritt hin zu einer bundesweiten Beurteilung der Grünversorgung wird durch das eingangs erwähnte BBSR-geförderte Forschungsprojekt des Monitorings des städtischen Grüns getätigt. Die Diskussion um mögliche Indikatoren und ihre jeweiligen Stärken und Schwächen hat aber ebenfalls gezeigt, dass gerade die Frage „wie gut ist die Ausstattung mit Stadtgrün" nicht einfach zu beantworten ist. Neben der Nutzung von Versorgungs- und Erreichbarkeitsindikatoren wurde daher angeregt, das Spektrum der Analysemöglichkeiten um die Nutzerperspektive zu erweitern. Deutlich hervorzuheben ist jedoch auch, dass mit zunehmendem Detailgrad die Datenanforderungen steigen und die Datenverfügbarkeiten abnehmen. Daher bieten sich die klassischen Indikatoren des Monitorings von Stadtgrün vor allem für einen interkommunalen Vergleich an. Bei einer fallstudienbezogenen, intrakommunalen Betrachtung sind die vertiefenden Indikatoren jedoch als eine effektive Erweiterung für das Spektrum eines qualitativ hochwertigen Monitorings zu sehen.

5 Literatur

Baumgart, S.; Köckler, H.; Ritzinger, A.; Rüdiger, A. (2018): Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL.

BMI – Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2017): Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Hrsg.: BMI. Berlin. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.html (Zugriff: 01.08.2019).

BMU (2019): Masterplan Stadtnatur. Maßnahmenprogramm der Bundesregierung für eine lebendige Stadt. Hrsg.: BMU, Berlin. https://www.bmu.de/download/masterplan-stadtnatur/ (Zugriff: 01.08.2019).

Böhme, C.; Preuß, T.; Bunzel, A.; Reimann, B.; Seidel-Schulze, A.; Landua, D. (2015): Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – Entwicklung von praxistauglichen Strategien und Maßnahmen zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Berlin.

Demuzere, M.; Orru, K.; Heidrich, O.; Olazabal, E.; Geneletti, D.; Orru, H.; Bhave, A. G.; Mittal, N.; Feliu, E.; Faehnle, M. (2014): Mitigating and adapting to climate change. Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. In: Journal of environmental management 146: 107-115. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.07.025.

Dige, G.; Liquete, C.; Kleeschulte, S.; Banko, G. (2014): Spatial analysis of green infrastructure in Europe. Luxembourg: Publications Office. Technical report/EEA, 2/2014.

European Commission (2013): COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital, vom /* COM/2013/0249 final */. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52013DC0249 (Zugriff: 01.08.2019).

Fuller, R. A.; Gaston, K. J. (2009): The scaling of green space coverage in European cities. In: Biology letters 5 (3): 352-355. DOI: 10.1098/rsbl.2009.0010.

Garske, T. (2012): "When is a city green?" Eine GIS-basierte Methode zur Ermittlung der städtischen Grünflächenversorgung. In: UVP-report 26 (3+4): 127-133.

Grădinaru, S. R.; Hersperger, A. M. (2018): Green infrastructure in strategic spatial plans. Evidence from European urban regions. In: Urban Forestry & Urban Greening. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.04.018.

Grunewald, K.; Richter, B.; Meinel, G.; Herold, H.; Syrbe, R.-U. (2017): Proposal of indicators regarding the provision and accessibility of green spaces for assessing the ecosystem service "recreation in the city" in Germany. In: International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 13 (2): 26-39. DOI: 10.1080/21513732.2017.1283361.

Handley, J.; Pauleit, S.; Slinn, P.; Barber, A.; Baker, M.; Jones, C.; Lindley, S. (2003): Accessible Natural Green Space Standards in Towns and Cities. A Review and Toolkit for their Implementation. Hrsg.: English Nature. English Nature Research Reports, 526.

Hansen, R.; Pauleit, S. (2014): From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. In: Ambio 43 (4): 516-529. DOI: 10.1007/s13280-014-0510-2.

Lennon, M.; Scott, M. (2014): Delivering ecosystems services via spatial planning. Reviewing the possibilities and implications of a green infrastructure approach. In: Town Planning Review 85 (5): 563-587. DOI: 10.3828/tpr.2014.35.

Lindholm, G. (2017): The Implementation of Green Infrastructure. Relating a General Concept to Context and Site. In: Sustainability 9 (4): 610. DOI: 10.3390/su9040610.

Liquete, C.; Kleeschulte, S.; Dige, G.; Maes, J.; Grizzetti, B.; Olah, B.; Zulian, G. (2015): Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks. A Pan-European case study. In: Environmental Science & Policy 54: 268-280. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.07.009.

Maes, J.; Barbosa, A.; Baranzelli, C.; Zulian, G.; Batista e Silva, F.; Vandecasteele, I.; Hiederer, R.; Liquete, C.; Paracchini, M. L.; Mubareka, S.; Jacobs-Crisioni, C.; Perpiña Castillo, C.; Lavalle, C. (2015): More green infrastructure is required to maintain ecosystem services under current trends in land-use change in Europe. In: Landscape ecology 30 (3): 517-534. DOI: 10.1007/s10980-014-0083-2.

Mell, I. C. (2017): Green infrastructure. Reflections on past, present and future praxis. In: Landscape Research 42 (2): 135-145. DOI: 10.1080/01426397.2016.1250875.

Poelman, H. (2017): A Walk to the Park? Assessing access to green areas in Europe's cities. Hrsg.: European Commission. Working Papers, 01/2016.

Richter, B.; Grunewald, K.; Meinel, G. (2016): Analyse von Wegedistanzen in Städten zur Verifizierung des Ökosystemleistungsindikators „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen". In: AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik (2): 472-481.

Schröter-Schlaack, C.; Schmidt, J. (2015): Ökosystemdienstleistungen grüner Infrastrukturen. Erfassung, Bewertung und Inwertsetzung. In: RaumPlanung, 180 (4): 17-21.

Syrbe, R.-U.; Walz, U. (2012): Spatial indicators for the assessment of ecosystem services. Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. In: Ecological Indicators 21: 80-88. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.02.013.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Hrsg.) (2016): Der Umzung der Menschheit. Die transformative Kraft der Städte. Hauptgutachten. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung: Globale Umweltveränderungen. Berlin: WBGU.

Satellitengestützte Vermessung von städtischem Grün in deutschen Städten

Julia Tenikl, Michael Wurm, Matthias Weigand, Jeroen Staab, Inken Müller, Hannes Taubenböck

Zusammenfassung

Urbane Grünflächen besitzen vielfältige Funktionen und sind als Bereitsteller von Ökosystemleistungen von zentraler Bedeutung. Sie dienen als Naherholungsflächen für die Stadtbevölkerung, als Lebensraum für Flora und Fauna und verbessern die Luftqualität. Mit Daten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus werden Satellitendaten in einer hohen geometrischen Auflösung sowie mit einer hohen räumlichen und zeitlichen Abdeckung kostenlos zur Verfügung gestellt. Die Aufnahmen der Sentinel-2 Satelliten des Copernicus Programms werden in dieser Analyse verwendet, um urbane Grünflächen in deutschen Städten zu kartieren. Um phänologische Einflüsse abzubilden wird der Jahresgang der Vegetation anhand eines Medianmosaiks bzw. über Vegetationsindizes berücksichtigt. Darauf aufbauend wurde eine Methodik zur Landnutzungs-/Landbedeckungsklassifikation auf Basis von LUCAS Referenzpunkten entwickelt und getestet. Die hohe Gesamtgenauigkeit von 92,3 % zeigt, dass innerstädtische Grünflächen mithilfe flächendeckender Satellitendaten in hohem Detailgrad erfasst werden können.

1 Einführung

Für die stetig wachsende städtische Bevölkerung sind urbane Grünflächen zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen von zentraler Bedeutung (Grunewald et al. 2017). Urbane Grünflächen besitzen vielfältige Funktionen, sie stellen eine Möglichkeit zur Naherholung, verbessern die Luftqualität sowie das Mikroklima in Städten und dienen als Lebensraum für Flora und Fauna (Santos et al. 2016). Eine systematische Erfassung und ein Monitoring der Grünflächen sind mit terrestrischen Methoden, wie z. B. der visuellen Interpretation von Luftbildern oder Feldarbeit, kosten- und zeitintensiv. Eine effizientere und kostengünstigere Variante stellt die satellitengestützte Fernerkundung dar. Mit diesen Daten und Methoden kann eine flächendeckende Erfassung innerstädtischer Grünflächen bei hoher geometrischer, zeitlicher und thematischer Auflösung erfolgen (Wurm et al. 2010; Huang et al. 2013; Taubenböck et al. 2016; Grunewald et al. 2017; Haas, Ban 2017). Für die automatisierte Erfassung von urbanen Grünflächen stellt die Heterogenität und Größe der Flächen sowie die Saisonalität der Vegetation eine Herausforderung dar. Auch das Vorhandensein von belastbaren Referenzdaten in ausreichender Anzahl ist von essentieller Bedeutung für die Bildung einer Klassifikation aus fernerkundlichen Daten.

2 Daten

Mit den Sentinel-2 Satelliten des Erdbeobachtungsprogramms Copernicus der EU sind Satellitendaten in einer hohen räumlichen Auflösung von 10 m kostenfrei vorhanden. Zusätzlich verfügt Sentinel-2 mit seiner Schwadbreite von 290 km über eine große räumliche Abdeckung bei gleichzeitiger hoher zeitlicher Abdeckung aufgrund zweier baugleicher Satelliten (Sentinel 2A+B), welche um 180° versetzt in der Erdumlaufbahn kreisen. Innerhalb von fünf Tagen wird jedes Gebiet auf der Landoberfläche mindestens einmal aufgenommen. Der Datenzugang erfolgt über verschiedene Online-Plattformen, wie beispielsweise CODE-DE (*https://code-de.org/*). Ein großer Vorteil dieser Satellitenmission stellt somit die große Datenverfügbarkeit aufgrund der hohen zeitlichen und räumlichen Abdeckung dar. Die Verfügbarkeit der Szenen für Deutschland wird in der Abbildung 1 dargestellt. Nach dem Start von Sentinel-2A im Juni 2015 wurden nach einer Comissioning-Phase ca. 20 Szenen für Deutschland pro Monat aufgenommen. Im März 2017 folgte Sentinel-2B, mit welchem sich die verfügbaren Szenen für Deutschland auf ca. 30 pro Monat erhöhten.

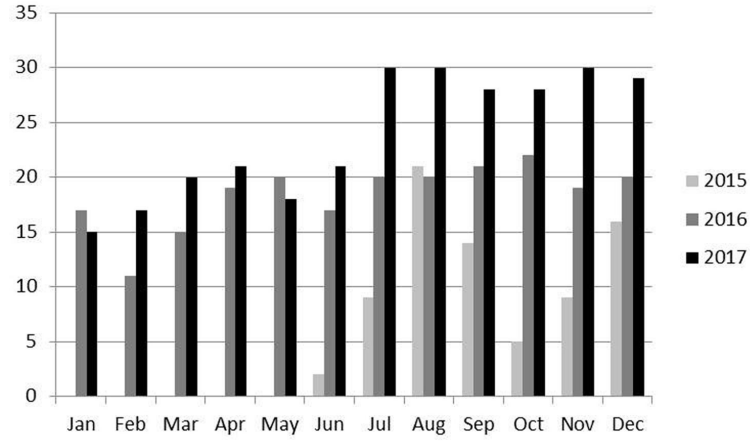


Abb. 1: Verfügbarkeit der Sentinel-2 Daten für Deutschland (Quelle: eigene Bearbeitung)

Für die Bildanalyse sind allerdings nicht sämtliche aufgezeichneten Szenen von ausreichender Qualität, da in mitteleuropäischen Breitengraden viele Satellitenaufnahmen durch atmosphärische Einflüsse wie vor allem Wolkenbedeckung keine ausreichende Betrachtung der Erdoberfläche zulassen. Durch die Festlegung eines maximalen Wolkenbedeckungsschwellwertes und einer Fokussierung auf die Sommermonate Mai bis September wird die Anzahl der auswertbaren Szenen signifikant reduziert. Die Konzentration auf die Sommermonate erfolgte, um phänologische Einflüsse durch die Variabilität der Vegetation zu berücksichtigen.

Die Sentinel-2 Szenen werden in 100 km x 100 km großen Kacheln bereitgestellt. Abbildung 2 zeigt die Abdeckungshäufigkeit für Deutschland mit einem Wolkenbedeckungsschwellwert < 60 %. Es kann der Abbildung 2 entnommen werden, dass alle Regionen in Deutschland trotz regionaler Unterschiede mit ausreichender Häufigkeit aufgenommen werden. Ein überregionaler Trend, dass im Norden des Landes weniger wolkenfreie Aufnahmen verfügbar sind ist sichtbar, jedoch nicht signifikant.

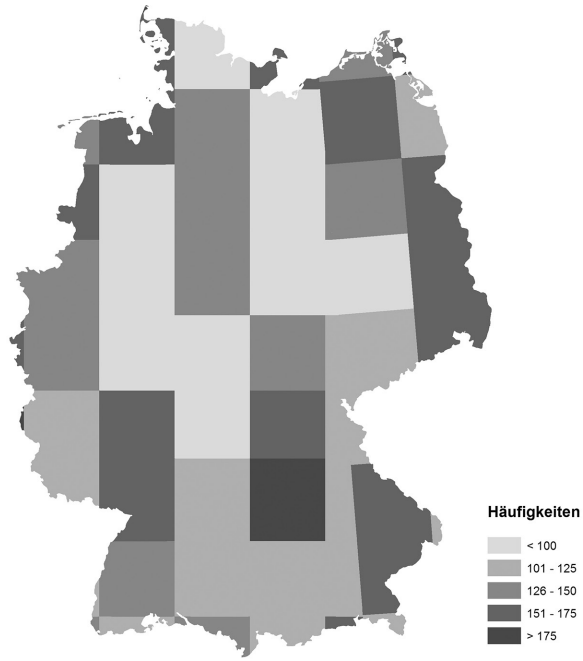


Abb. 2: Abdeckungshäufigkeiten der Sentinel-2 Daten für Deutschland mit einem Wolkenbedeckungsschwellwert < 60 % im Zeitraum 2015 bis 2017 (Quelle: eigene Bearbeitung)

Für die Klassifikation der innerstädtischen Grünflächen wird ein maschinelles Lernverfahren zunächst mit einer Stichprobe an bekannten Referenzdaten angelernt und das Modell in weiterer Folge auf die gesamte Bildszene übertragen. Für die Lern- und Validierungsphase wurden 80 %, bzw. 20 % der Land Use and Land Cover Survey (LUCAS) Referenzpunkte von Eurostat genutzt (Eurostat 2015). Diese Punkte sind in acht semantische Hauptklassen unterteilt, welche in noch weitere Subklassen differenziert sind und die Landbedeckung angeben. Die Hauptklassen setzen sich wie folgt zusammen: *Künstliche Flächen, Landwirtschaftliche Anbauflächen, Bewaldete Flächen, Gebüsche, Gras- und Grünflächen, Vegetationslose Flächen, Gewässer und Feuchtgebiete*. Für diese Analyse sind vor allem die Klassen *Landwirtschaftliche Anbauflächen, Bewaldete Flächen, Gebüsche sowie Gras- und Grünflächen* entscheidend, wobei der Großteil der Punkte in den Klassen *Bewaldete Flächen* und *Gras- und Grünflächen* vorhanden ist.

Für Deutschland sind insgesamt über 26 000 dieser Punkte verfügbar. In einem 2 x 2 km Raster werden die Punkte für die EU-Staaten erhoben. Diese Daten werden in situ durch Feldbegehungen aufgenommen und alle drei Jahre erneuert. Für die vorliegende Analyse wurden die LUCAS-Referenzpunkte aus dem Jahr 2015 verwendet, da die LUCAS-Referenzpunkte von 2018 noch nicht vorlagen und sich die ausgewählten Satellitenszenen auf die Zeitperiode 2015-2017 beziehen.

3 Methodik

Vor der thematischen Bildanalyse werden die Satellitenbilddaten vorprozessiert, um atmosphärische Einflüsse zu reduzieren. Für die Wolkendetektion wird, basierend auf dem QA-Band der Sentinel-2 Satelliten, eine Wolkenmaske erstellt. Anschließend kann durch eine Überlagerung der Kacheln ein wolkenfreies Bildmosaik aus dem Median aller sich überlagernden Grauwerte pro Bildpunkt (Pixel) für den Zeitraum 2015-2017 gebildet werden. Gegenüber einem arithmetischen Mittelwert wird durch dieses Verfahren sichergestellt, dass keine statistischen Ausreißer die Analyse beeinflussen. Im vorliegenden Beitrag wird die Bildklassifikation für ein Gebiet im Großraum Münchens entwickelt und getestet. Für die Identifikation von aktiver Vegetation wird in multispektralen Satellitendaten ein Vegetationsindex (NDVI) aus den spektralen Bändern des roten Wellenlängenbereichs (665 nm) und des nahen Infrarots (842 nm) gebildet (Tucker 1979):

$$\mathrm{NDVI} = \frac{\mathrm{NIR-Rot}}{\mathrm{NIR+Rot}}$$

Zusätzlich zum NDVI werden weitere Layer, die die Nachbarschaftsbeziehungen der Pixel umfassen, wie z. B. GLCM (Gray-Level Co-Occurrence Matrix), berechnet. Basierend auf diesen spektralen Indizes und räumlichen Bildmerkmalen wie der Bildtextur, wird eine große Anzahl an räumlich-spektralen Merkmalen generiert (ca. 200 Merkmale), welche für die darauffolgende Klassifikation mit dem maschinellen Lernverfahren Random Forest (Breiman 2001) verwendet werden. Dieser überwachte und nicht-parametrische Algorithmus basiert auf einer Vielzahl von Entscheidungsbäumen, die durch verschiedene Trainings gebildet werden. Für diese Trainings wurden als Datengrundlage 80 % der LUCAS-Referenzpunkte genutzt und 20 % dieser Referenzpunkte dienten in weiteren Schritten zur Validierung. Der große Vorteil des Random Forest Algorithmus liegt in seiner relativ einfachen Anwendung, welcher auch verglichen zu anderen bekannten Klassifikationsmethoden, nachgewiesen sehr gute Ergebnisse liefert (Fernández-Delgado et al. 2014).

4 Ergebnisse

Das Klassifikationsergebnis für einen Ausschnitt des Testgebiets in München ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Klassifikation besteht aus vier Grüntypklassen: *Laubbäume, Nadelbäume, Sträucher und Grasflächen*. Das Klassifikationsergebnis weist mit 92,3 % eine sehr hohe Gesamtgenauigkeit auf.

Größere urbane Grünflächen wie der Englische Garten (Nordosten), der Olympiapark (Norden) oder der Schlosspark Nymphenburg (Westen) werden gut abgebildet. Eine Differenzierung der verschiedenen Grüntypen wird in Abbildung 3 deutlich. Grasflächen, Laub- und Nadelbäume können mit hohen Genauigkeiten unterschieden werden. Aber nicht nur große, zusammenhängende Grünflächen werden erkannt, auch in den locker bebauten Gebieten im Westen der Stadt können teilweise sehr kleine Grünflächen (z. B. private Gärten) präzise erfasst werden. Die Klasse der Sträucher kommt in diesem Ausschnitt nur vereinzelt vor und stellt gleichzeitig die größte Herausforderung in der automatisierten Bildanalyse dar. Pixel dieser Klasse werden aufgrund der spektralen Ähnlichkeit häufig zu den Klassen Laubwald oder Grasfläche klassifiziert. Außerdem sind insgesamt für ganz Deutschland nur sehr wenige Trainings- und Referenzpunkte für die Klasse der Sträucher verfügbar. Darüber hinaus liegt die flächenhafte Ausdehnung von Sträuchern sehr häufig unter der Mindestkartiereinheit von 100 m².

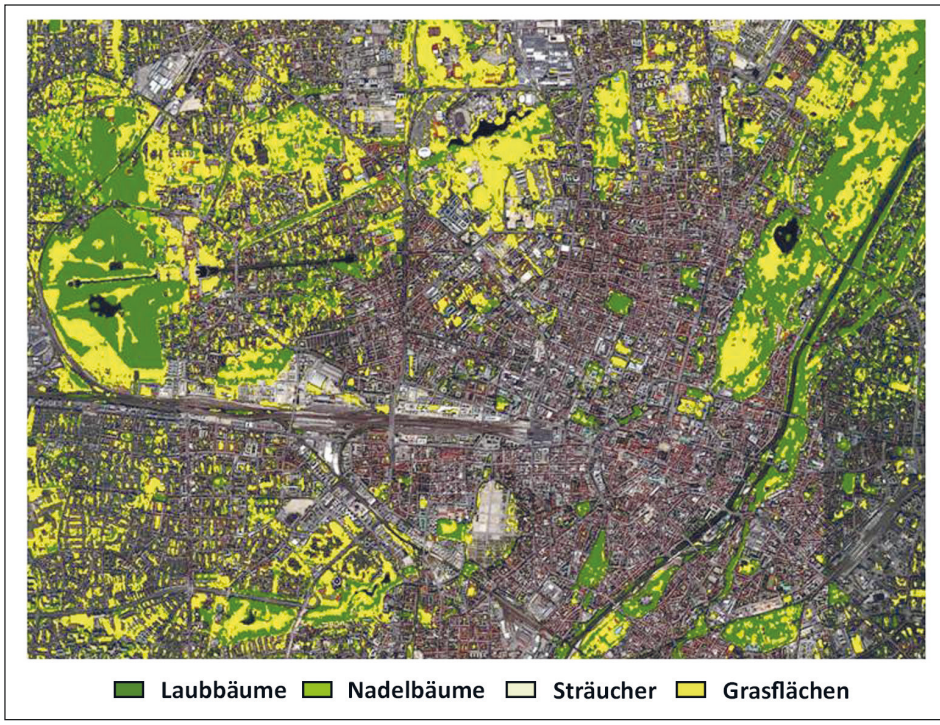


Abb. 3: Testklassifikation urbaner Grünflächen für das Stadtgebiet München (Quelle: eigene Bearbeitung)

Zum Vergleich mit einem gängigen Klassifikationsprodukt wird in der folgenden Abbildung 4 ein Ausschnitt der erzeugten Klassifizierung dem European Urban Atlas (UA) gegenübergestellt. Der UA ist ein kostenloses Produkt des Copernicus Programms der EU, welches eine Klassifizierung von Städten über 100 000 Einwohner darstellt. Zu

Illustrationszwecken werden beim UA nur die für diese Studie relevanten Klassen dargestellt. Die große Grünfläche des Schlossparks Nymphenburg wird bei beiden Produkten gut abgebildet (Abbildung 4a, b). Die Differenzierung zwischen Laub- und Nadelbäumen sowie Grasflächen funktioniert nur bei der Klassifizierung mit Sentinel-Daten räumlich und thematisch sehr gut. Auch die kleinen Grünflächen im Osten, wie Straßenbegleitgrün und private Gärten werden in dieser Klassifikation berücksichtigt und erkannt. Diese werden dagegen im UA nicht abgebildet (Abbildung 4b, d).

Des Weiteren weisen die verschiedenen Nutzungsklassen beim UA teilweise auch Grünflächen in industriell genutzten Flächen auf oder die Grünflächen werden als Sport- und Freizeiteinrichtungsflächen klassifiziert (Abbildung 4a, b). Die hier vorgestellte Klassifizierung besitzt im Gegensatz zum UA eine detailliertere Abstufung der Grünflächen und bildet auch sehr kleine Grünflächen ab. Bei diesem Vergleich muss noch angemerkt werden, dass der UA auf einer Baublockebene mit einer minimalen Mapping Unit von 2 500 m² gebildet wurde. Hingegen wurde das vorliegende Klassifikationsergebnis mit einer Pixelgröße von lediglich 100 m² berechnet.

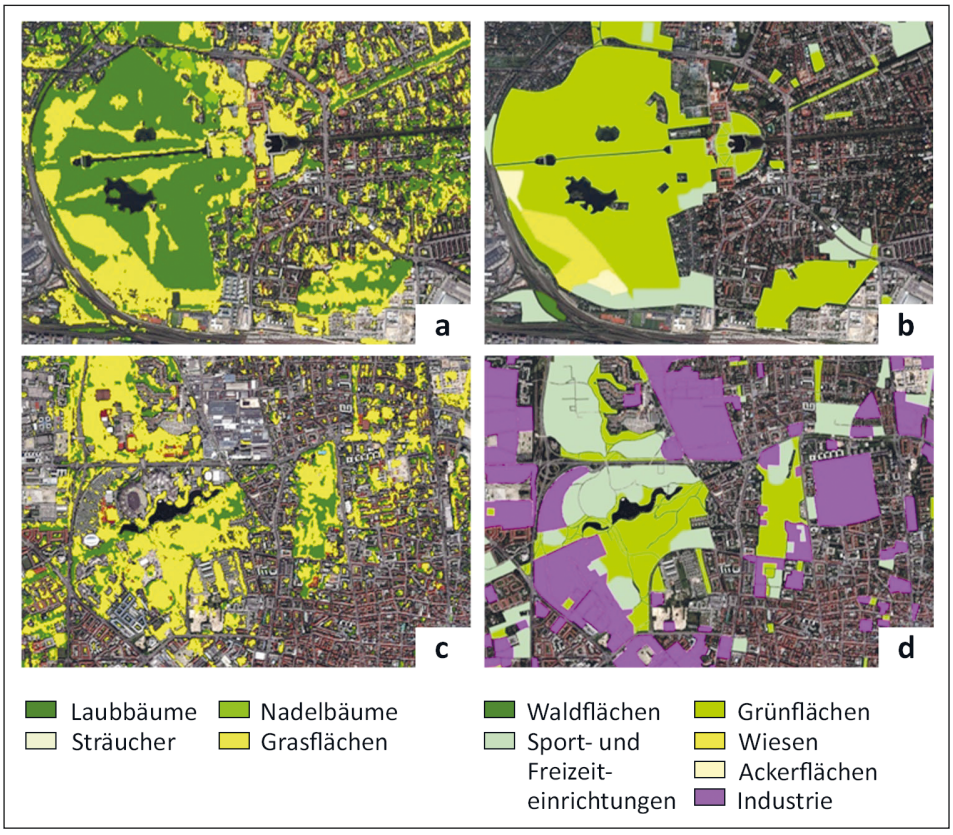


Abb. 4: a) Klassifikation Schlosspark Nymphenburg, b) UA Schlosspark Nymphenburg, c) Klassifikation Olympiaparkzentrum, d) UA Olympiaparkzentrum (Quelle: eigene Bearbeitung)

5 Fazit

Diese Studie zeigt einen Ansatz, um urbane Grünflächen aus Satellitendaten abzuleiten und eine Klassifikation zu bilden, welche vier Grüntypen (Laubwald, Nadelwald, Sträucher und Grasflächen) beinhaltet. Die verwendete Methode nutzt kostenfrei verfügbare Sentinel-2 Aufnahmen sowie kostenlos verfügbare Landbedeckungsreferenzpunkte der EU (LUCAS). Durch diese frei verfügbaren Daten wird eine Übertragbarkeit der Methode auf andere Gebiete gewährleistet. Die Klassifikation wurde am Beispiel eines Testgebietes für München entwickelt und durchgeführt. Das weiterführende Ziel ist eine Anwendung auf ganz Deutschland. Die hohe Gesamtgenauigkeit des Testklassifikationsergebnisses lässt auch gute Ergebnisse für andere Gebiete in Deutschland erwarten. Anhand des wolkenfreien Medianmosaiks, welches mit Szenen aus der Zeitperiode 2015-2017 gebildet wurde, kann eine Berechnung des NDVIs erfolgen und die Klassifikation berechnet werden. Aufbauend auf den weiteren Ergebnissen kann ein Überblick zu den urbanen Grünflächen in Deutschland geschaffen werden.

Danksagung

Die Autoren möchten sich für die Förderung beim Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen des Projekts Monitoring des Stadtgrüns sowie beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) für die Finanzierung der Projekte meinGruen (FKZ 19F2073B) und SAUBER (FKZ 19F2064B) bedanken.

6 Literatur

Breiman, L. (2001): Random forests. In: Machine learning, 45(1): 5-32.

Eurostat (2015): LUCAS Data 2015.
https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/data/primary-data/2015
(Zugriff: 17.01.2019).

Fernández-Delgado, M.; Cernadas, E.; Barro, S.; Amorim, D. (2014): Do we need hundreds of classifiers to solve real world classification problems? In: The Journal of Machine Learning Research 15(1): 3133-3181.

Grunewald, K.; Richter, B.; Meinel, G.; Herold, H.; Syrbe, R.-U. (2017): Proposal of indicators regarding the provision and accessibility of green spaces for assessing the ecosystem service "recreation in the city" in Germany. In: International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 13(2): 26-39.

Haas, J.; Ban, Y. (2017): Sentinel-1A SAR and sentinel-2A MSI data fusion for urban ecosystem service mapping. In: Remote Sensing Applications: Society and Environment, 8: 41-53.

Huang, Y.; Yu, B.; Zhou, J.; Hu, C.; Tan, W.; Hu, Z.; Wu, J. (2013): Toward automatic estimation of urban green volume using airborne LiDAR data & high resolution Remote Sensing images. In: Frontiers Earth Science 7(1): 43-54.

Santos, T.; Tenedório, J.; Gonçalves, J. (2016): Quantifying the city's green area potential gain using remote sensing data. In: Sustainability, 8(12): 1247.

Taubenböck, H.; Standfuß, I.; Klotz, M.; Wurm, M. (2016): The Physical Density of the City – Deconstruction of the Delusive Density Measure with Evidence from Two European Megacities. ISPRS International Journal of Geo-Information 5(11): 206.

Tucker, C. J. (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote sensing of Environment, 8(2): 127-150.

Wurm, M.; Taubenböck, H.; Dech, S. (2010): Quantification of urban structure on building block level utilizing multisensoral remote sensing data. In: Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications. International Society for Optics and Photonics, 7831: 78310H.

Nutzung künstlicher Neuronaler Netze zur Detektion von Stadtgrün

Amelie Haas

Zusammenfassung

Bäume sind eine wichtige Ressource für die Stadt- und Raumplanung. Um diese – beispielsweise zu Klimaschutzmaßnahmen – optimal nutzen zu können, werden entsprechende Informationen darüber benötigt. Die Erhebung von Baumstandorten, -höhen, Kronendurchmessern etc. vor Ort ist aufwändig und damit zeit- und kostenintensiv. Gleichzeitig steht eine große Menge an Fernerkundungsdaten, wie beispielsweise digitale Orthophotos oder Geländemodelle, in denen Bäume erfasst sind, zur Verfügung. Die Entwicklung geeigneter Methoden, um diese Daten (automatisiert) auszuwerten, ist von entscheidender Bedeutung, wobei im Zusammenhang mit der Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen derzeit verschiedene Methoden des maschinellen Lernens, insbesondere künstliche Neuronale Netze (kNN), Gegenstand intensiver Forschung sind.

Im Rahmen einer im Großraum der Stadt Leipzig durchgeführten Pilotstudie wird daher untersucht, inwiefern das Potenzial von CNNs (*convolutional neural networks*), einer spezifischen Form der kNN, genutzt werden kann, um Informationen über Stadtbäume aus Fernerkundungsdaten abzuleiten. Dabei können einzelne Bäume grob lokalisiert und verschiedene Baumgattungen mit einer Gesamtgenauigkeit von bis zu 72 % klassifiziert werden. Außerdem erfolgt eine Bestimmung des Baumalters, der Höhe sowie des Kronendurchmessers mit mittleren Fehlerwerten (RMSE) von bis zu 9 Jahren bzw. bis zu 1,8 m und 1,0 m.

1 Einführung

Grünflächen, insbesondere Bäume, bieten vor dem Hintergrund der Urbanisierung und des Klimawandels vielfältige Möglichkeiten, die Lebensqualität, speziell in urbanen Räumen, zu erhalten bzw. zu steigern (Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) 2016). In den letzten Jahren ist daher das Interesse am Thema „Stadtgrün“ sowohl von Seiten der Behörden als auch der Wissenschaft gestiegen. Für planerische Zwecke ist eine Datengrundlage über Stadtgrün (Stadtbäume, Gründächer, etc.) notwendiger Ausgangspunkt, aber nicht immer verfügbar. Fernerkundungsdaten wie Satellitenbilder, Luftbilder oder digitale Geländemodelle können hier einen wichtigen Beitrag leisten. Darüber hinaus rücken Methoden des maschinellen Lernens weiter in den Fokus der Wissenschaft. In dieser Arbeit wird eine Möglichkeit, künstliche Neuronale Netze bzw. CNNs zur Ableitung von Informationen über Bäume in urbanen Gebieten zu nutzen, vorgestellt.

2 Künstliche Neuronale Netze zur Auswertung von Fernerkundungsdaten

2.1 Aufbau und Funktionsweise künstlicher Neuronaler Netze

Künstliche Neuronale Netze bestehen aus (vielen) vernetzten Recheneinheiten bzw. Neuronen, die in Ebenen organisiert sind (Abb. 1). Sie sind eine Form von Modellen, mit denen sowohl eine Klassifikation als auch eine Regression durchgeführt werden kann. In ersterem Fall entsprechen die Ausgaben den Zugehörigkeitswahrscheinlichkeiten (p) zu verschiedenen Klassen; andernfalls werden Zahlenwerte (y) für die untersuchten Zielvariablen berechnet.

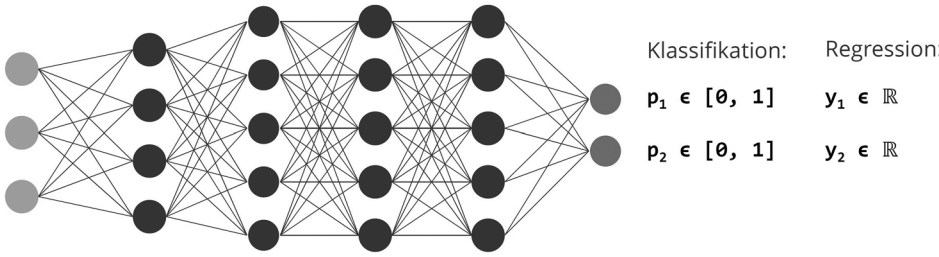


*Abb. 1: Skizze eines künstlichen Neuronalen Netzes mit drei Eingabe- und zwei Ausgabeneuronen. Es lassen sich Eingabeebene (*input layer, hellgrau/links*), Berechnungsebenen (*hidden layers, dunkelgrau*) und Ausgabeebene (*output layer, mittelgrau/rechts*) unterscheiden (Quelle: eigene Darstellung)*

Um die Modellparameter, auch Gewichte genannt, anzupassen, werden die Netzwerke mit Beispieldaten (*examples*) trainiert. Man spricht dabei von überwachtem Lernen. Die Beispieldaten bestehen aus Eingaben (*features*), z. B. Bildern, und den zugehörigen Ausgaben (*labels*), z. B. der Baumgattung oder -höhe, anhand derer das Netzwerk „lernt" bestimmte Merkmale in den Eingabedaten den entsprechenden Ausgabeklassen bzw. -werten zuzuordnen. Ein Teil der Beispieldaten (Testdatensatz) dient der Evaluation der Modelle und wird im Training nicht verwendet.

Da kNN i. d. R. (sehr) viele Parameter besitzen, ist eine dementsprechend große Menge an Trainingsdaten notwendig. Außerdem bedeutet sowohl das Training als auch die Anwendung dieser Modelle einen verhältnismäßig großen Rechenaufwand. Die erfolgreiche Anwendung künstlicher Neuronaler Netze in den letzten Jahrzehnten ist u. a. auf die immer bessere Datenverfügbarkeit („big data") sowie die Entwicklung immer leistungsfähigerer Rechner (insbesondere GPUs) zurückzuführen (Lantz 2013).

2.2 Convolutional Neural Networks (CNNs)

Convolutional Neural Networks (CNNs) sind eine speziell zur Klassifikation von Bild- bzw. Rasterdaten entwickelte Form der kNN (LeCun et al. 2015). Sie stammen aus dem

Bereich der computergestützten Bildverarbeitung (*computer vision*) und wurden von verschiedenen Autoren bereits erfolgreich für verschiedene Fernerkundungsanwendungen eingesetzt (Penatti et al. 2015; Hu et al. 2015; Längkvist et al. 2016; Castelluccio et al. 2015). Sie besitzen eine spezielle Struktur, u.a. sogenannte Konvolutions- und Poolingebenen, die es ermöglichen, verschiedene (zweidimensionale) Merkmale in den Eingabedaten, z. B. Kanten oder Farbverläufe, zu „erlernen" und entsprechenden Ausgabewerten, z. B. bestimmten im Bild erkennbaren Objekten oder Klassen, zuzuordnen.

Da sich Fernerkundungsdaten i. d. R. erheblich von RGB-Bilddaten wie beispielsweise Fotos unterscheiden, muss diese Methode für die Anwendung im Fernerkundungskontext entsprechend angepasst werden (Nogueira et al. 2017). Dabei muss insbesondere die Natur der Daten, z. B. zusätzliche Kanäle für Infrarot- oder Höhenwerte, sowie das i. d. R. sehr viel größere Format (mehrere Mio. Pixel) beachtet werden. Dazu wird die Modellstruktur auf die jeweilige Anzahl an Kanälen angepasst und große Raster üblicherweise mit Hilfe eines Suchfensters abgetastet (Girshick et al. 2013, 2), um kleinere Ausschnitte als Eingaben für die CNNs zu verwenden.

3 Pilotstudie zur Ableitung von Informationen über Stadtbäume

3.1 Methoden

Das für diese Pilotstudie untersuchte Gebiet befindet sich im Großraum Leipzig (Sachsen). Als Datengrundlage stehen digitale Orthophotos (DOPs) mit einer räumlichen Auflösung von 20 cm und Rot-, Grün-, Blau- und Infrarotwerten sowie ein digitales Gelände- und Oberflächenmodell (DGM, DOM) mit einer Auflösung von jeweils 2 m zur Verfügung. Um den Rechenaufwand zu minimieren, werden Rot- und Infrarotkanal zu NDVI-Werten (*normalized difference vegetation index*) zusammengefasst sowie die Differenz aus Oberflächen- und Geländemodell berechnet (normalisiertes digitales Oberflächenmodell, nDOM), sodass insgesamt drei Raster als Eingabe für die CNNs verwendet werden.

Aus diesen Eingaberastern werden, auf Basis des städtischen Straßenbaumkatasters, quadratische Ausschnitte in verschiedenen Formaten (24 x 24, 50 x 50 und 100 x 100 Pixel) als Beispieldaten extrahiert und mit verschiedenen Zielwerten (*labels*) gekennzeichnet (in Abb. 2 exemplarisch dargestellt). Insgesamt werden für jedes der drei Formate drei verschiedene CNNs mit unterschiedlichen Ausgaben (Zielvariablen) entwickelt. Das erste Modell (CNN1) ist auf die Auswahl von Bildausschnitten, die Bäume bzw. Baumkronen enthalten, spezialisiert. Ein weiteres Modell (CNN2) dient zur Klassifikation der Baumgattung. Mithilfe eines Regressionsmodells (CNN3) werden außerdem Baumhöhe, -alter und Kronendurchmesser berechnet.

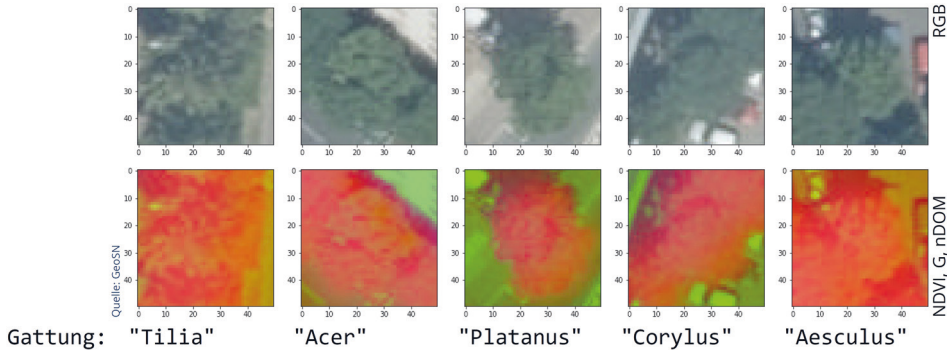


Abb. 2: Beispieldaten zur Klassifikation der Baumgattung (Quelle: eigene Darstellung)

Alle Modelle beruhen auf der gleichen Architektur. Diese umfasst je zwei Konvolutions- und Pooling-Ebenen, eine vollständig vernetzte Ebene und eine oder mehrere Ausgabeebene(n). Sie unterscheiden sich lediglich in der Eingabe (verschiedene Formate) sowie in der letzten Ebene (verschiedene Zielvariablen).

Der größte Teil (80 %) der erstellten Beispieldaten werden für das Training der Modelle verwendet, wobei unterschiedliche Trainings- bzw. Regularisierungsmethoden (*data augmentation*, L_1- und L_2-Regularisierung, Reduktion der Anzahl der Neuronen) verglichen werden. Anschließend werden die Modelle anhand der übrigen Beispieldaten (ca. 20 % Testdaten) evaluiert und die jeweils besten CNNs für die Untersuchung eines 1 km² großen Testgebietes ausgewählt.

Dabei erfolgt eine grobe Lokalisierung einzelner Bäume durch Verwendung des ersten Modells (CNN1) in Verbindung mit einem Suchfenster und dient als Basis zur Anwendung der übrigen Modelle (CNN2, CNN3). Deren Ausgaben werden nur für Bildausschnitte bzw. Fensterpositionen berechnet, in denen eine Baumkrone detektiert wurde.

3.2 Ergebnisse

Die Evaluation der Modelle erfolgt zunächst auf Basis der Testdaten, wobei alle Modelle anhand eines Genauigkeits- bzw. Fehlerwertes (Metrik) verglichen werden (Tab. 1). Die zur Erkennung einzelner Bäume bzw. Baumkronen trainierten Modelle (CNN1) weisen sehr hohe Vorhersagegenauigkeiten von nahezu 100 % auf. Für die Modelle zur Klassifikation der Baumgattung (CNN2) werden Gesamtgenauigkeiten (*overall accuracy*; Anteil der korrekt klassifizierten Bildausschnitte) von 65 %-72 % erzielt, wobei für das größte Eingabeformat (100 x 100 Pixel) die besten Ergebnisse erzielt werden. Die Ergebnisse der Regressionsmodelle (CNN3) mit den drei Zielvariablen Baumalter, -höhe und Kronendurchmesser erreichen für das kleinste Eingabeformat (24 x 24 Pixel) mittlere Fehlerwerte (RMSE) von bis zu 9 Jahren, sowie bis zu 1,8 m bzw. 1,0 m.

Die besten Modelle jedes Eingabeformates (Tab. 1) werden anschließend für die Untersuchung eines Testgebietes ausgewählt, wobei dieses mit Suchfenstern in den entsprechenden Formaten (24 x 24, 50 x 50 und 100 x 100 Pixel) abgetastet wird und die auf diese Weise extrahierten Bildausschnitte als Eingabedaten den Modellen übergeben werden. In diesem Fall ist aufgrund mangelnder Referenzdaten allerdings keine Validierung der Ergebnisse möglich.

Tab. 1: Genauigkeiten bzw. Fehlerwerte der jeweils besten Modelle für die drei Eingabeformate (Quelle: eigene Bearbeitung)

Modell	**Metrik**	**24 x 24**	**50 x 50**	**100 x 100**
CNN1 (Baum/nicht Baum)	Gesamtgenauigkeit (*overall accuracy*) (%)	97	98	99
CNN2 (Baumgattung)		69	65	72
CNN3 (Baumhöhe)	RMSE (*root mean squared error*) (m bzw. Jahre)	1,8	3,0	3,6
CNN3 (Baumalter)		9	28	31
CNN3 (Kronendurchmesser)		1,0	1,5	2,2

Die Modellausgaben für das Testgebiet werden daher visuell und statistisch ausgewertet. Bei der Lokalisierung einzelner Bäume anhand der Ausgaben von CNN1 zeigt sich, dass diese für freistehende Einzelbäume deutlich besser funktioniert als in zusammenhängenden Beständen (Abb. 3). Dies ergibt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit aus der Zusammensetzung der Beispieldaten, da diese sich auf Straßenbäume beschränken und daher Bäume mit ähnlichem Erscheinungsbild besser detektiert werden.

Die Ausgaben des Modells zur Klassifikation der Baumgattung beschränken sich im Wesentlichen auf die in den Beispieldaten am häufigsten vertretene Gattung (Linde/*Tilia*). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei der Modellauswahl lediglich die Gesamtgenauigkeit herangezogen wird. Da über die Hälfte der Testdaten Linden sind, würden auch Modelle, die alle Eingaben dieser Klasse zuordnen, eine Gesamtgenauigkeit von über 50 % aufweisen. Eine detaillierte Untersuchung der Konfusionsmatrix jedes Modells kann Aufschluss über gattungsspezifische Vorhersagegenauigkeiten geben, sodass für bestimmte Anwendungsfälle ggf. andere Modelle ausgewählt werden können.

In Abbildung 4 sind die von CNN3 berechneten Kronendurchmesser für einen Ausschnitt des Testgebietes visualisiert. Auch hier zeigt sich, dass die Modellausgaben für die verschiedenen Eingabeformate jeweils Häufungen in bestimmten Wertebereichen aufweisen, wobei ein Zusammenhang zur Verteilung der Zielvariablen in den Beispieldaten zu erkennen ist: Werte, die in den Trainingsdaten häufig vorkommen, werden auch bei der Anwendung auf neue Daten häufiger vorhergesagt.

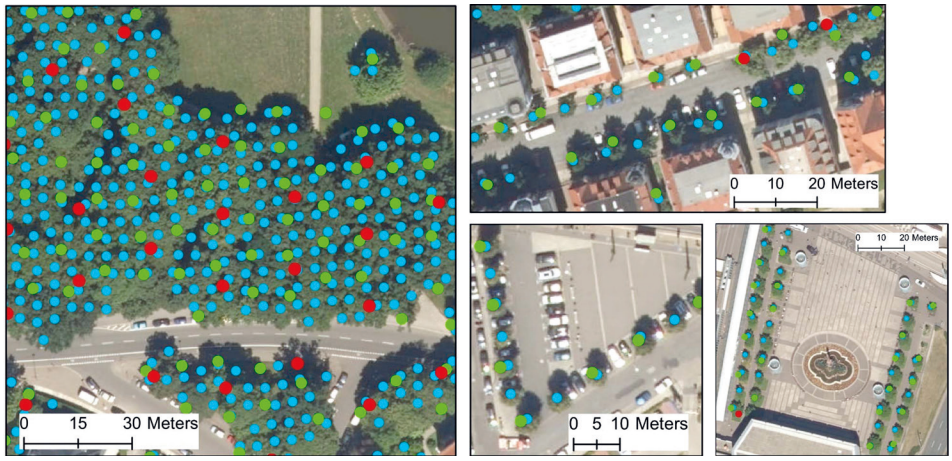


Abb. 3: Lokalisierung von Einzelbäumen im Testgebiet mit Hilfe der Ausgaben von CNN1 für die Eingabeformate 24 x 24 (blau). 50 x 50 (grün) und 100 x 100 (rot) Pixel (Quelle: GeoSN, eigene Bearbeitung)

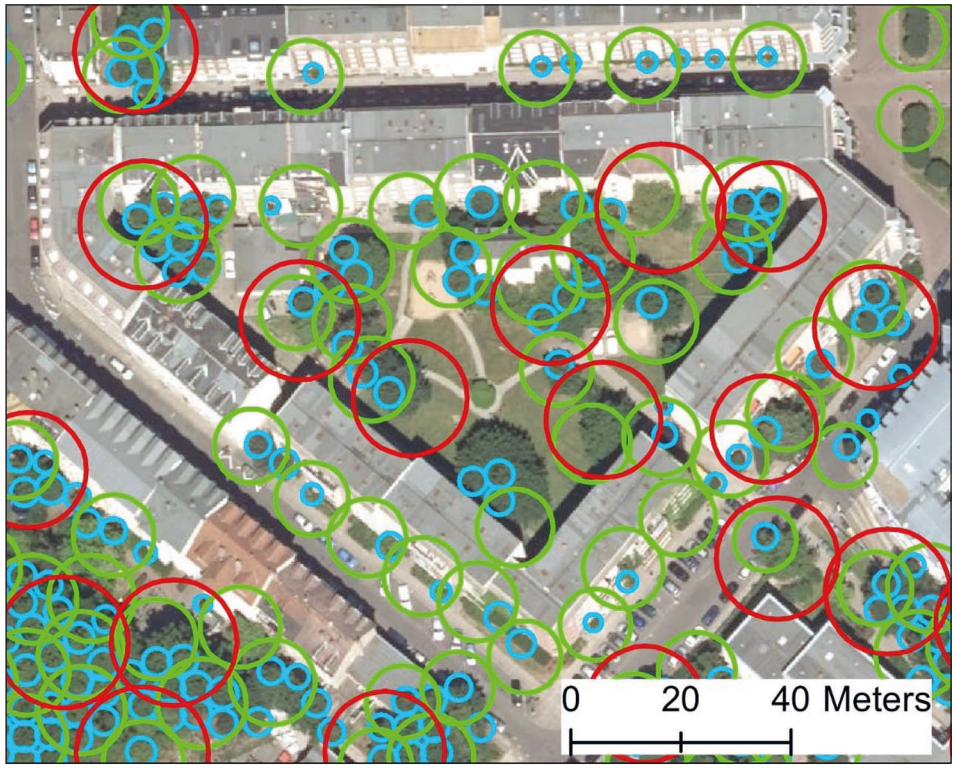


Abb. 4: Die mit Hilfe des Regressionsmodells (CNN3) berechneten Kronendurchmesser für die verschiedenen Eingabeformate (blau: 24 x 24, grün: 50 x 50, rot: 100 x 100 Pixel) können in Verbindung mit den Baumstandorten (CNN1) im Testgebiet visualisiert werden (Quelle: GeoSN, eigene Bearbeitung)

4 Fazit

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie zeigen, dass die Anwendung von CNNs zur Ableitung von Informationen über Stadtbäume aus Fernerkundungsdaten grundsätzlich möglich ist. Dabei können bereits vorhandene Daten (z. B. DOPs, DGM, DOM) genutzt werden. Die Verwendung einer nahezu identischen Modellarchitektur zur Ableitung verschiedener Informationen (Baumstandort, -gattung, -höhe, -alter, Kronendurchmesser) in verschiedenen Maßstäben bzw. Eingabeformaten (24 x 24, 50 x 50, 100 x 100 Pixel) zeigt, dass CNNs als generische Werkzeuge sehr flexibel eingesetzt werden können. Die für die Bestimmung der jeweiligen Zielvariablen nötigen Merkmale werden während des Trainings von den Modellen „erlernt" (*feature learning*), sodass kein zusätzlicher Arbeitsaufwand entsteht bzw. spezifische Fachkenntnisse in Bezug auf eine geeignete Datenvorverarbeitung nötig sind.

Allerdings ist zu beachten, dass je nach Größe des untersuchten Gebietes bei der Verwendung eines Suchfensters erhebliche Rechenzeiten entstehen können. Außerdem ist für die Modellgüte nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität, v. a. die Verteilung der Zielvariablen in den Beispieldaten, entscheidend. Je nach Anwendungsfall kann die Verfügbarkeit geeigneter Beispieldaten, insbesondere im Bereich der Fernerkundung, ein limitierender Faktor für die erfolgreiche Implementierung von CNNs sein.

In der Zukunft könnte diese Methode zur (automatisierten) Erstellung neuer oder Ergänzung bestehender Baumkataster genutzt werden. Bis dahin ist allerdings eine Vielzahl offener Forschungsfragen zu untersuchen, wie beispielsweise die Übertragbarkeit des beschriebenen Ansatzes auf andere Gebiete sowie der Vergleich der Ergebnisse mit bereits bestehenden Methoden.

5 Literatur

Castelluccio, M.; Poggi, G.; Sansone, C.; Verdoliva, L. (2015): Land Use Classification in Remote Sensing Images by Convolutional Neural Networks. https://arxiv.org/pdf/1508.00092.pdf (Zugriff: 17.06.2019).

FAO – Food and Agriculture Organisation of the United Nations (2016): Building greener cities: nine benefits of urban trees. Find out why trees in cities matter. http://www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/454543/ (Zugriff: 17.06.2019).

Girshick, R.; Donahue, J.; Darrell, T.; Malik, Jitendra (2013): Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. https://arxiv.org/pdf/1311.2524v5 (Zugriff: 17.06.2019).

Hu, F.; Xia, G.-S.; Hu, J.; Zhang, L. (2015): Transferring Deep Convolutional Neural Networks for the Scene Classification of High-Resolution Remote Sensing Imagery. In: Remote Sensing 7 (11): 14680-14707. DOI: 10.3390/rs71114680.

Längkvist, M.; Kiselev, A.; Alirezaie, M.; Loutfi, A. (2016): Classification and Segmentation of Satellite Orthoimagery Using Convolutional Neural Networks. In: Remote Sensing 8 (4). DOI: 10.3390/rs8040329.

Lantz, B. (2013): Machine Learning with R. Birmingham: Packt Publishing (EBL-Schweitzer). http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=656222 (Zugriff: 17.06.2019).

LeCun, Y.; Bengio, Y.; Hinton, G. (2015): Deep learning. In: Nature 521 (7553): 36-444. DOI: 10.1038/nature14539.

Nogueira, K.; Penatti, O. A. B.; dos Santos, J. A. (2017): Towards better exploiting convolutional neural networks for remote sensing scene classification. In: Pattern Recognition 61: 539-556. DOI: 10.1016/j.patcog.2016.07.001.

Penatti, O. A. B.; Nogueira, K.; dos Santos, J. A. (2015): Do deep features generalize from everyday objects to remote sensing and aerial scenes domains? In: 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). Boston, MA, USA, 07.06.2015-12.06.2015: IEEE: 44-51. https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_workshops_2015/W13/papers/Penatti_Do_Deep_Features_2015_CVPR_paper.pdf (Zugriff: 17.06.2019).

Wissen zum Stadtgrün durch neue Datenzugänge verbessern

Kerstin Krellenberg, Martina Artmann, Robert Hecht, Celina Stanley

Zusammenfassung

Auf der Basis innovativer Methoden der Informationsgewinnung aus verschiedenen offenen Geodaten wird eine WebApp als Informations- und Entscheidungstool für das Aufsuchen und die Nutzung urbaner Grünflächen entwickelt[1]. Die gewonnenen Informationen zur Qualität und Erreichbarkeit von Grünflächen sowie zu Nutzerpräferenzen werden der Öffentlichkeit über eine offene Dienste-Infrastruktur sowie gezielt für die Stadtverwaltungen der Pilotstädte Dresden und Heidelberg bereitgestellt. Die WebApp sowie die neuen Bewertungs- und Routingdienste sollen sowohl an den Interessen der Nutzerinnen und Nutzer als auch von Stadtverwaltungen orientiert sein bzw. die jeweiligen Bedarfe und Informationslücken entsprechend adressieren. Dazu ist eine enge Zusammenarbeit mit den verschiedenen städtischen Akteuren (insbesondere Verwaltung und Zivilgesellschaft) unerlässlich. Unterschiedliche Formate und Aktivitäten zum Informations- und Wissensaustausch lassen sich nutzen. Eine Möglichkeit bot das in diesem Jahr neu eingeführte Workshop-Format im Rahmen des Dresdner Flächennutzungssymposiums (DFNS); die Ergebnisse des DFNS-Workshops „Wissen zum Stadtgrün verbessern – neue Datenzugänge" werden in diesem Beitrag zusammengefasst.

1 Wissen zum Stadtgrün

Urbane Grünflächen erfüllen eine Reihe ökosystemarer Leistungen, die im Zusammenhang mit Stadtklima, Naturerfahrung, sozialer Interaktion und Entspannung stehen (Haase 2016). Sie spielen daher eine wichtige Rolle als Beitrag zur Lebensqualität in Städten (Menke 2016). Vor diesem Hintergrund sollten städtische Grünflächen unter dem zunehmenden Flächendruck nicht nur erhalten, sondern auch ihre Attraktivität für eine Nutzung durch die städtische Bevölkerung oder Besucherinnen und Besucher der Stadt gesteigert werden. Ein wichtiger Aspekt ist dabei eine angemessene Information über alle öffentlich nutzbaren Grünflächen innerhalb der Stadt bezüglich ihrer Lage, ihren Qualitäten und Ausstattung sowie ihrer Erreichbarkeit.

Vor dem Hintergrund, dass viele dieser Daten und Informationen zwar vorliegen, jedoch nur zum Teil und vor allem nicht in aggregierter Form öffentlich zugänglich sind, soll im Rahmen des meinGrün-Projektes durch die Kombination verschiedenster offener Daten

[1] Dies erfolgt im Rahmen des meinGrün-Projektes, ein vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (mFund) im Zeitraum von 2018-2021 gefördertes Verbundvorhaben, welches am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden koordiniert wird (*http://meingruen.ioer.info/*).

(Open Government Daten, Volunteered Geographic Information (VGI)) sowie Daten Sozialer Medien eine neue Datenbasis aufgebaut werden. Diese kann den Stadtverwaltungen als Zusatzinformation für die Grünflächenentwicklung oder den Bürgerinnen und Bürgern als Informations- und Entscheidungsgrundlage für das Aufsuchen und die Nutzung städtischer Grünflächen dienen.

Dem liegt die Entwicklung eines multikriteriellen Bewertungssystems zugrunde. Die Bewertung erfolgt über Indikatoren urbaner Ökosystemdienstleistungen sowie die Präferenzen der Nutzerinnen und Nutzer der Grünflächen. Letztere werden über verschiedene Umfragen im Projektverlauf erhoben und analysiert. Informationen zur physischen Struktur und Ausstattung von Grünflächen werden aus frei verfügbaren Geodaten sowie neuesten Fernerkundungsdaten der Sentinel-Mission des Copernicus-Programms abgeleitet und mit nutzergenerierten Daten in Bezug auf die Wahrnehmung der Bewohnerinnen und Bewohner kombiniert. Daraus wird eine homogene Datenbasis für die Ableitung relevanter Informationen zu urbanen Grünflächen und ihrer Nutzung geschaffen. Die meinGrün-App kombiniert diese Daten und ermöglicht es, den Nutzerinnen und Nutzern eine für ihre Aktivität geeignete Grünfläche in der Stadt zu finden.

Der Workshop „Wissen zum Stadtgrün verbessern – neue Datenzugänge" im Rahmen des 11. DFNS 2019 brachte rund 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmer zusammen, die sich im Rahmen einer Fishbowl-Diskussion[2] zum Stadtgrün austauschten (Abb. 1 und 2). Die Ergebnisse des Workshops dienen insbesondere der nutzerfreundlichen Entwicklung der WebApp und werden im Rahmen dieses Beitrages zusammengefasst. Der Workshop wurde von den Fragen geleitet, ob die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die öffentlichen Grünflächen in ihrer Stadt kennen und wissen, wie sie diese am besten erreichen können. Da Vertreter der Stadtverwaltungen verschiedener Städte (Bonn, Dresden, Leipzig, Berlin) und des Rhein-Sieg-Kreises vertreten waren, wurde deren spezifische Situation in den Fokus der Diskussion gestellt. Daran schloss sich ein Austausch zu fehlendem Wissen in Bezug auf Grünflächenqualität und -ausstattung an.

[2] Die Fishbowl-Diskussion wird als demokratische Diskussionsform ohne Podium verstanden. Eine kleine Gruppe von Teilnehmerinnen und Teilnehmern diskutiert in einem Innenkreis („Goldfisch-Glas"), während die übrigen Teilnehmenden die Diskussion von „außen" beobachten. Das Fishbowl kann jeder Zeit verlassen werden; neue Diskutantinnen und Diskutanten können von außen hinzukommen (Flor et al. 2013).

Abb. 1: Workshop-Impression (Quelle: © U. Schumacher, IÖR-Media)

Abb. 2: Workshop-Impression – Fishbowl-Diskussion (Quelle: © U. Schumacher, IÖR-Media)

2 Neue Daten und Informationen – wo ist Bedarf?

Die Diskussion im Rahmen des Workshops unterstrich, dass sowohl das Wissen als auch die Datenlage zu Grünflächen in den Städten sehr unterschiedlich ist. Während die Grünausstattung in allen fokussierten Städten als allgemein „sehr gut" bezeichnet wurde, zeigte der Verlauf der Diskussion, dass es mancherorts an aktuellen Informationen zur Ausstattung der Grünflächen bzw. zu Potenzialflächen, wie beispielsweise Brachflächen, fehlt. Insbesondere die Nutzersicht in Bezug auf Bedarfe, durchgeführte Aktivitäten und ihre spezifische Wahrnehmung der Grünraumqualitäten wird in der Regel von Seiten der Städte nicht erhoben und spiegelt sich somit auch in der jeweiligen Grünflächenplanung kaum wider. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des Workshops unter allen 40 Teilnehmenden die Frage adressiert, worin der konkrete Mehrwert einer auf urbane Grünflächen fokussierenden App in Bezug auf neue Daten oder neues Wissen besteht.

Entsprechend der Rückmeldungen der Workshopteilnehmerinnen und -teilnehmer stellt sich der Mehrwert eines Informations- und Entscheidungstools für das Aufsuchen und die Nutzung urbaner Grünflächen in Form einer WebApp sehr unterschiedlich dar:

Als besonderes Plus wird die Bereitstellung von Informationen gesehen, welche Grünflächen sich für die Ausübung bestimmter Aktivitäten besonders gut eignen. Diese Funktionalität unterscheidet die App von bestehenden Suchfunktionen anderer Anbieter. In diesem Zusammenhang steht auch der geäußerte Bedarf nach aktuellen Informationen zu den Ausstattungen öffentlicher Grünflächen und der Wahrnehmung dieser durch die Nutzerinnen und Nutzer.

Insbesondere wurde Interesse an einer standardisierten Feedbackauswertung geäußert, die Wissen und Tipps von App-Nutzenden für andere Nutzerinnen und Nutzer sowie die Stadtverwaltung transportiert, und zwar insbesondere mit Bezug auf die Qualitäten von Grünflächen. Dies schließt auch Verbesserungsvorschläge durch die Nutzerinnen und Nutzer mit ein.

In Bezug auf die Funktionen wurde mehrfach der Wunsch geäußert, dass die WebApp Informationen zu Treffpunkten, aber auch Kulturangeboten für Seniorinnen/Senioren, Migrantinnen/Migranten etc. liefern sollte, um somit mehr Lebendigkeit auf Grünflächen zu erzeugen sowie einen Beitrag zur sozialen Integration zu leisten. In diesem Kontext wurden auch Informationen zu seniorengerechten Grünflächen im Wohnumfeld, zur Barrierefreiheit (Erreichbarkeit mit Rollstuhl, Kinderwagen, ÖPNV) sowie Hundefreundlichkeit (Leinenzwang) als wichtig angesehen.

Ebenfalls als sehr wichtig wurde erachtet, Bürgerinnen und Bürger in die Erarbeitung der App einzubeziehen, um die Bedarfe der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer abzufragen, Transparenz bzgl. der Auswahl und Bewertung von Grünflächen (Prozess/Methodik) zu schaffen sowie sie allgemein über die Entwicklung der App zu informieren.

3 Fazit

Die meinGrün-App hat das Potenzial, einen Mehrwert für die Bürgerinnen und Bürger sowie die Stadtverwaltung zu kreieren. Dies steht bei ihrer Entwicklung im Fokus. Im Prozessverlauf können neue Methoden experimentell getestet und deren Potenzial unter Realbedingungen erprobt werden. Es wird darum gehen, die Balance herzustellen zwischen wissenschaftlichem Anspruch, der Umsetzung der Funktionalitäten, den Ansprüchen der Nutzerinnen und Nutzer sowie der Zusammenarbeit mit den Pilotstädten.

4 Literatur

Flor, P.; De Meulemeester, A.; Allen, T.; Isaksson, K. (2013): Use of the fishbowl method for a discussion with a large group. In: Journal of the European Association for Health Information and Libraries, 9: 24-25.

Haase, D. (2016): Was leisten Stadtökosysteme für die Menschen in der Stadt? In: Stadtökosysteme. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Menke, P. (2016): Grüne Infrastruktur. In: Standort, 40(2): 117-122.

Stadtklima

Multiskalige Erfassung und Prognose des Stadtklimas

Ronald Queck, Björn Maronga, Valeri Goldberg

Zusammenfassung

Im Rahmen der BMBF-Fördermaßname „Stadtklima im Wandel" werden Methoden und Werkzeuge zur multiskaligen Erfassung und Prognose des Stadtklimas erarbeitet. Der Beitrag gibt einen kurzen Überblick zum Gesamtprojekt und beschäftigt sich mit dem Teilbereich thermische Belastung von Stadtbewohnern. Zur Erfassung des Zustandes wurde ein Konzept mit mobilen Messsystemen entwickelt und angewendet. Die erhobenen Daten dienen unter anderem zur Evaluierung des neuen Stadtklimamodells PALM-4U. Dieses Werkzeug wird in „Stadtklima im Wandel" weiterentwickelt und in Zusammenarbeit mit Anwendern und Behörden auf Funktionalität getestet. Das Konzept wird anhand von Untersuchungen in Berlin getestet.

1 Einführung

Vor dem Hintergrund des projizierten Klimawandels und zunehmender Bevölkerungskonzentration in großen Städten mit Wärmeinseleffekt erarbeitet die BMBF-Fördermaßname „Stadtklima im Wandel" (Scherer et al. 2019b; *http://www.uc2-program.org*) Methoden und Werkzeuge zur Prognose der klimatischen Belastung von Großstadtbewohnern. Diese sollen auch zukünftige städtebauliche Änderungen bewerten können.

Bisherige Untersuchungen zur Veränderung des Basisklimas durch Städte tragen aufgrund von Skalenproblemen große Unsicherheiten in sich. Numerische Modelle, die z. B. Wärmeinseleffekte von Großstädten simulieren können, haben Gitterauflösungen von einem bis mehreren Kilometern (Lokalmodelle: COSMO-DE, ICON-EDA, WRF). Messungen in den Städten werden dagegen oft von lokalen Bedingungen dominiert und können daher nur bedingt zur Evaluierung bzw. Validierung dieser Modelle herangezogen werden. Simulationen auf der lokalen Ebene (z. B. mit ENVI-met) sind wiederum von einer Vorgabe der Umgebungsbedingungen abhängig, die den Wärmeinseleffekt bereits enthalten müssen.

Abbildung 1 zeigt die generelle Struktur der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel". Eine zentrale Aufgabe ist die Entwicklung des Stadtklimamodells PALM-4U in „Modul A" (Maronga et al. 2019a; *https://palm.muk.uni-hannover.de/mosaik/wiki*), welches in der Lage ist, sowohl den Wärmeinseleffekt von Großstädten als auch die Umströmung einzelner Gebäude und die Wirkung von Bäumen auf den Strahlungshaushalt zu simulieren. Neben der Einbeziehung der wesentlichen Skalen für das Stadtklima können optional Module zugeschaltet werden, die die Bearbeitung unterschiedlichster Fragestellungen erlauben, z. B. zur Luftchemie, Aerosolphysik und zum Innenraumklima.

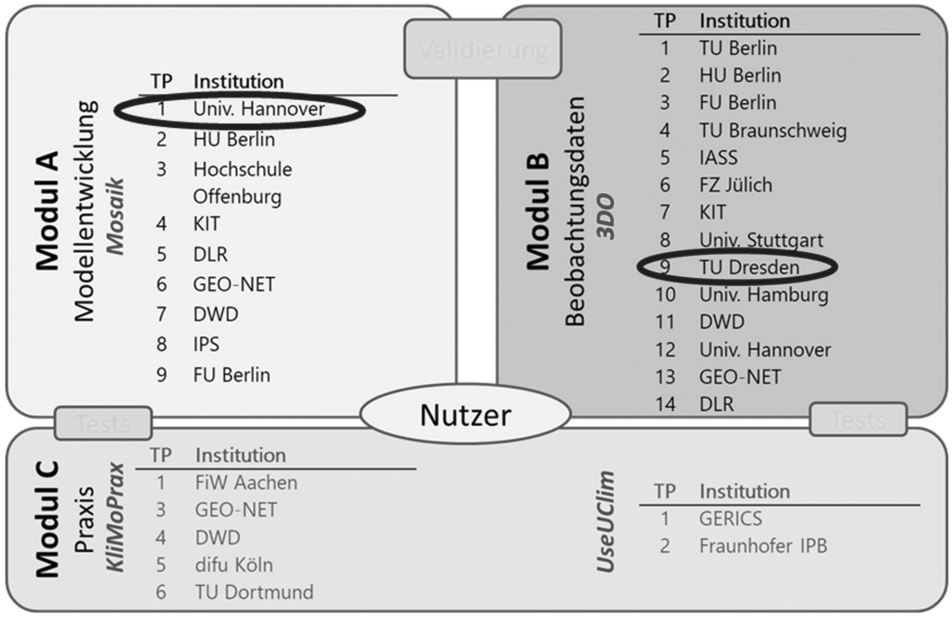


Abb. 1: Struktur des Projektverbundes mit Markierung der Institutionen der Autoren (Quelle: Scherer et al. 2019, modifiziert und ergänzt)

Zur Evaluierung des Modells wurden von Modul B in den drei deutschen Großstädten Berlin, Hamburg und Stuttgart umfangreiche Messungen zur dreidimensionalen räumlichen Erfassung des Stadtklimas durchgeführt (Scherer et al. 2019a). Zur Untersuchung des thermischen Wirkungskomplexes (KRdL 1998) wurde ein Netz von Messstationen genutzt und ein Konzept für Messungen mit mobilen Plattformen entwickelt. Letzteres liefert zum einen repräsentative Daten für bestimmte Orte, deckt zugleich aber auch den typischen Aktionsradius eines Stadtbewohners ab. Die eingesetzten mobilen Plattformen (Rucksack und Fahrrad) ermöglichen eine direkte Bestimmung der individuellen Exposition und repräsentieren Lebensräume in hoher räumlicher Auflösung.

Die Entwicklung von Methoden und Werkzeuge in den Modulen A und B wird von Modul C begleitet, in dem in Zusammenarbeit mit künftigen Nutzern Anforderungskataloge erstellt werden und die Praxistauglichkeit getestet wird (Halbig et al. 2019).

Der folgende Beitrag konzentriert sich auf den Teilbereich „Thermische Belastung von Stadtbewohnern". Er führt kurz in die Messmethodik ein und zeigt exemplarische Ergebnisse, abschließend werden die betreffenden Modell-Module von PALM-4U vorgestellt.

2 Thermische Belastung von Stadtbewohnern – die Bestimmung mit mobilen Messplattformen

2.1 Aufbau – Kriterien und Besonderheiten

Der Wärmehaushalt des Menschen bildet die Grundlage für die Bestimmung der thermischen Belastung. Er wird bestimmt durch thermophysiologische Regulationsmechanismen des menschlichen Organismus, die Bekleidung und die äußeren Umweltbedingungen. Letztere bilden praktisch die objektiven Randbedingungen, den thermischen Wirkungskomplex. Dieser umfasst die Größen Strahlung, Temperatur, Feuchte und Wind. Der Einfluss der Größen auf die thermische Belastung wird in Kennzahlen wie dem „Predicted Mean Vote" (PMV), der „Perceived Temperature" (PT) oder dem „Universal Thermal Climate Index" (UTCI) zusammengefasst (Freitas und Grigorieva 2017).

Abb. 2: Mobiles Meßsystem auf dem Rucksack im Einsatz (Foto: Queck 2018)

In komplexen Umgebungen bilden mobile Messplattformen die ideale Methode zur direkten Erfassung der Umweltbedingungen. Für den Vergleich mit Modellen ist jedoch eine zeitliche und räumliche Auflösung notwendig, die den Änderungen der Umweltbedingungen entspricht. Die räumliche Skala der Änderungen wird an der Einstrahlung in engen Straßenschluchten und bei der Betrachtung der Wirkung von Straßenbäumen deutlich, sie liegt im Bereich von 1 bis 5 m. Aus der Geschwindigkeit der mobilen Plattformen von 0 bis 8 m/s leitet sich eine Messfrequenz von 1 Hz ab. Diese Bedingung stellt besondere Anforderungen an die Ansprechzeit der Sensoren. Für die Messung der kurzwelligen Strahlung konnten dabei neu entwickelte Quantendetektoren genutzt werden. Die thermischen Detektoren für die langwellige Strahlung und die Feuchtesensoren sind mit 1-2 s Reaktionszeit die limitierenden Elemente für die zeitliche Auflösung der mobilen Messsysteme. Im Rahmen von „Stadtklima im Wandel" wurden Fahrräder und Rucksäcke (Abb. 2) als mobile Plattformen genutzt. Zur Qualitätsprüfung, Zuordnung und Einschätzung der Messungen wurden zeitlich synchronisierte Serienfotos aufgezeichnet, teilweise von einer 360°-Kamera. Damit sind Position, Ausrichtung und sich

ändernde Rahmenbedingungen der Messungen genau protokolliert (z. B. Bewölkung, dichter Verkehr). Zusätzlich lassen sich die Strahlungsmessungen (Umgebungstemperaturen) den bestimmenden Oberflächen zuordnen und es können Sky View Faktoren (Sichtbereich des Himmels) in hoher Dichte bestimmt werden (Abb. 3).

Ein nicht erwartetes Problem ergab sich aus der exakten räumlichen Zuordnung der Messungen. Globale Positionierungssysteme (GPS) können in Städten aufgrund von Reflexion und Dämpfung der elektromagnetischen Wellen Fehler von mehr als 30 m aufweisen. Differentielle GPS benötigen eine Funkverbindung zwischen Basis und mobiler Plattform, die in Straßenschluchten nur bis ca. 500 m Entfernung zuverlässig ist. Zur Lösung des Problems wurde eine Routine entwickelt, mit der die Messpunkte anhand der GPS-Aufnahmen zeitlich auf einem vorgegebenen Messpfad verteilt werden. Die exakte Zuordnung wird anhand der Fotografien überprüft.

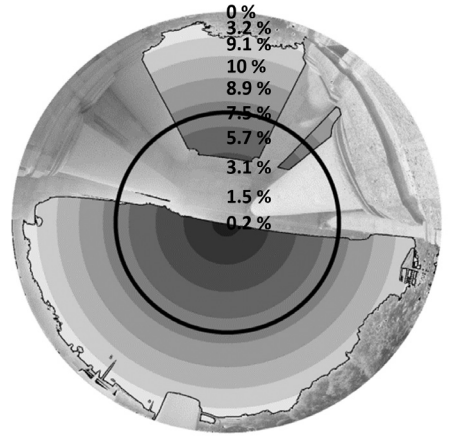


Abb. 3 Obere Hemisphäre aus einer 360°-Fotografie, mit Anteilen an sichtbarem Himmel (konzentrische Kreise), deren Summe den „Sky View Factor" ergibt. Die schwarze Linie umreißt den Bereich, der vom vertikalen Infrarotthermometer „gesehen" wurde. (Quelle: eigene Darstellung)

2.2 Anwendung

Erprobungen und erste Anwendungen der mobilen Messsysteme im Rahmen von „Stadtklima im Wandel" fanden in Hamburg (Winter 2018) und Berlin (Sommer 2017 und 2018) statt. Parallel dazu wurde der Messrucksack im Projekt „HeatResilientCities" in Dresden eingesetzt. In Berlin fanden 25 Messgänge mit dem Rucksack und Fahrrad statt, in Summe wurden dort 140 km bzw. 550 km vermessen.

Exemplarisch werden im Folgenden die Temperaturmessungen auf der Fahrradroute diskutiert. Während die Messungen am Tag (hier nicht dargestellt) eine hohe Variabilität der Lufttemperatur zeigen, die hauptsächlich durch die momentane Einstrahlung in den einzelnen Abschnitten der Messroute hervorgerufen wird, bildet sich in der Nacht eine deutliche Gliederung des Stadtgebiets heraus. Auf Abbildung 4 sind die Nachtmessungen über die Karte von Berlin geplottet (die Siegessäule im Tiergarten ist durch die Temperaturskale markiert). Unter dem Einfluss von Grünflächen und Wasserläufen kühlen sich die nordöstlichen Bereiche deutlich stärker ab. Die Temperatur um die Wohnblocks in der Nähe des Tiergartens liegt um 4 °C unter denen auf der Leibnizstraße, einem dichter bebauten Bereich (weißes Viereck im Südwesten). An der Spree liegende Wohn-

blocks (weißes Viereck im Norden), die am Abend aufgrund der westlichen Exposition sehr hohe Temperaturen zeigen, kühlen sich nachts schnell auf moderate Temperaturen ab. Dagegen wurden auf der Leibnizstraße Temperaturen bis zu 25 °C um Mitternacht gemessen, obwohl dort am Tag geringere Strahlungsbelastungen in Bodennähe zu verzeichnen waren.

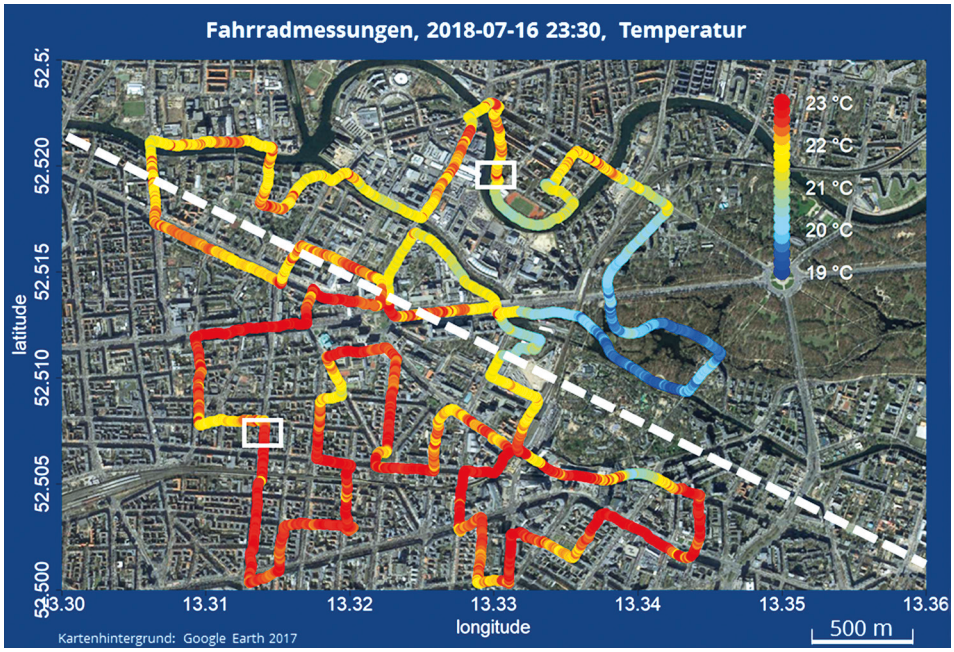


Abb. 4: Temperaturmessung auf Fahrradroute im Stadtgebiet Berlin (Quelle: eigene Darstellung mit Kartenhintergrund aus Google Earth, 2019)

3 Das Stadtklimamodell PALM-4U

3.1 Modellmerkmale

Das Modell PALM-4U bzw. die sogenannten PALM-4U-Komponenten für urbane Fragestellungen sind Teil des PALM-Modellsystems (Maronga et al. 2015; 2019b), das im Wesentlichen von der PALM-Arbeitsgruppe des Institutes für Meteorologie und Klimatologie der Leibniz-Universität Hannover entwickelt und betreut wird. Im Rahmen von „Stadtklima im Wandel" wurde und wird es von einem Konsortium von nationalen Institutionen (Abb. 1) sowie Kooperationspartnern aus dem Ausland um eine wesentliche Zahl von Komponenten und Methoden erweitert, die eine universelle Anwendung im Bereich der Erforschung des Stadtklimas und der Planung von Änderung erlauben. Das Modellsystem ist frei verfügbar (*http://palm-model.org,* open source), sehr gut dokumentiert und wird von einer zunehmenden Zahl von Anwendern weltweit genutzt.

Abbildung 5 gibt einen Überblick zu den in PALM-4U implementierten Prozessen für die Repräsentation der Wechselwirkung zwischen Oberfläche und Atmosphäre in Städten. Im Zusammenhang mit der Wärmebelastung sind vor allem die Strahlungsmodellierung, das Biometeorologiemodul und das Multiagentensystem von Bedeutung. Diese Komponenten erlauben eine detaillierte Untersuchung von baulichen Veränderungen auf den thermischen Komfort in Städten. Ein Alleinstellungsmerkmal bilden vor allem die Chemiemodule sowie der Vorteil, dass PALM-4U grundsätzlich turbulenzauflösend arbeitet. Mit dem Modell können daher sowohl die übergeordnete Strömung als auch die Umströmung von Gebäuden und deren Einfluss auf die Stoffkonzentrationen in Rezeptorhöhe unter Berücksichtigung der Thermodynamik und Strahlung simuliert werden.

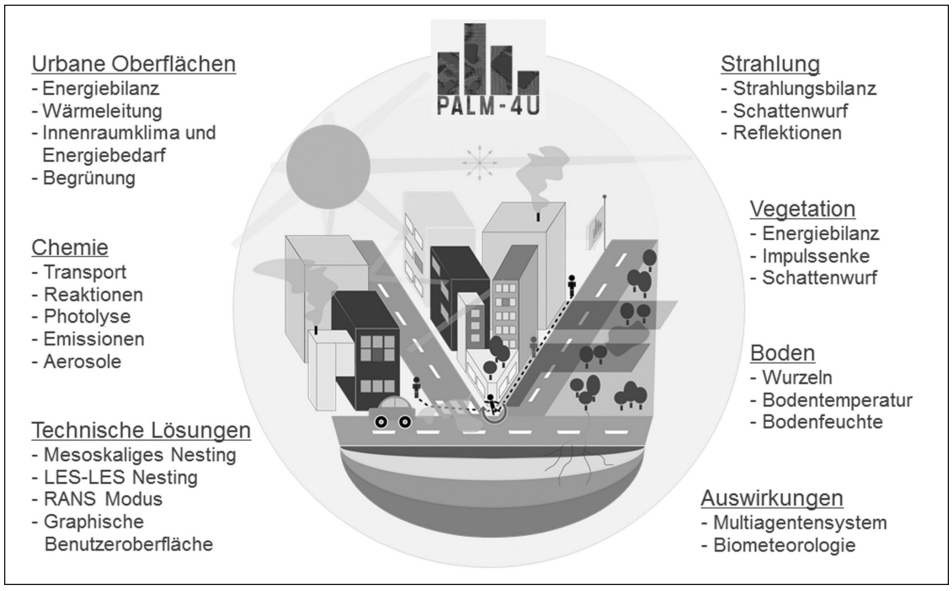


Abb. 5: PALM-4U, Überblick zum Modellsystem und den enthaltenen Modellkomponenten (Quelle: eigene Darstellung)

3.2 Fallbeispiel Berlin

Zur Verdeutlichung des betrachtbaren Skalenumfangs sind die mittäglichen Temperaturverteilungen für den Großraum Berlin (Abb. 6) und das Regierungsviertel (Abb. 7) an einem typischen Sommertag (21.07.2013) dargestellt.

Abbildung 6 macht den Wärmeinseleffekt von ca. 3 K im städtischen Bereich deutlich, aber auch die Abkühlung durch Seen und Waldgebiete. Das Signal der Wärmeinsel wird hier durch die thermische Konvektion überlagert, die zu einer zellähnlichen Temperaturverteilung führt. Zellähnlich heißt hier, dass es kleinräumige Gebiete mit Auf- und Abwinden gibt. Dadurch entstehen sehr warme (rote) Bereiche, die im Bild oft verbunden sind; davon eingeschlossen sind kühlere Bereiche.

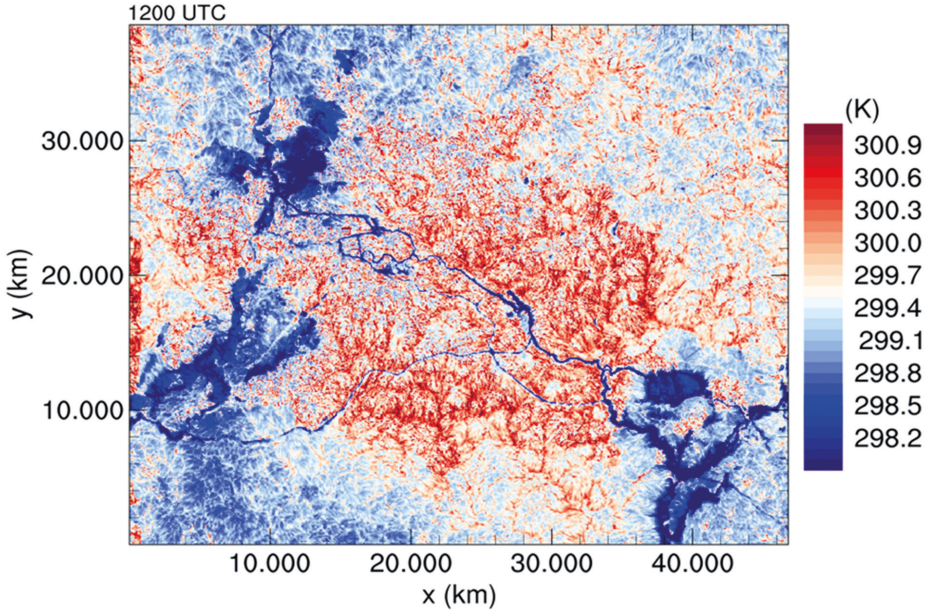


Abb. 6: PALM-4U Simulation für den Großraum Berlin an einem Sommertag – mittägliche instantane (augenblickliche) Temperaturverteilung in 2 m Höhe über Grund/Gebäude (Quelle: eigene Darstellung)

Die zu diesem Modelllauf gehörige Simulation des Regierungsviertels zeigt die Temperaturverteilung mit einer räumlichen Auflösung von 1 m. Es wird damit möglich, Hotspots, wie die Berliner Charité (x = 0,9 km, y = 0,8 km) und den südlichen Bereich des Kanzleramtes (x = 0,4 km, y = 0,3 km) zu erkennen und die Wirkung von Grün- und Wasserflächen genauer zu betrachten. Es können Orte ermittelt werden, in denen einzelne Maßnahmen am effektivsten zur Minderung von thermischem Stress eingesetzt werden.

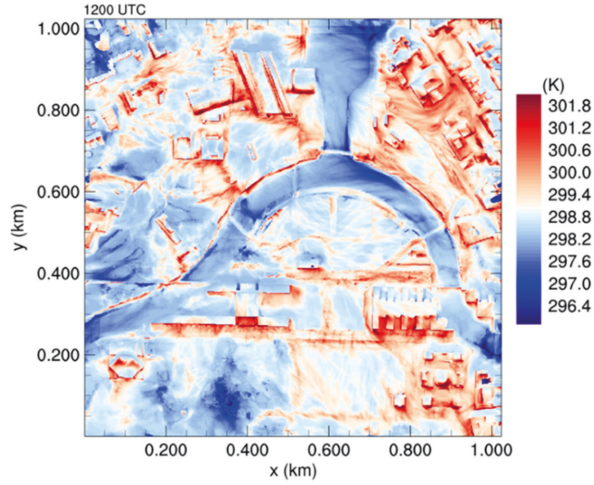


Abb. 7: PALM-4U Simulation für das Regierungsviertel in Berlin „Child-domain" – mittägliche instantane (augenblickliche) Temperaturverteilung in ca. 2 m Höhe über Grund/Gebäude (Quelle: eigene Darstellung)

4 Fazit

Die durchgeführten Messungen zeigen, dass thermische Bedingungen in Städten einer hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität unterliegen. Exponierte Wohnlagen zeichnen sich durch einen starken Tagesgang mit extremen Hitzebelastungen aus, während in dicht bebauten Gebieten mit geringer Strahlungsbelastung im Straßenniveau die nächtliche Abkühlung fehlt.

Mit den entwickelten Messkonzepten und PALM-4U wird es in Zukunft möglich sein, das Klima von Großstädten detailliert, aber auch flächendeckend zu untersuchen. PALM-4U ermöglicht es dabei, Einflussgrößen zu detektieren und die Wirkung von baulichen Änderungen und Adaptionsmaßnahmen zu quantifizieren. Weiterhin können Einflüsse von zukünftigen Änderungen des Basisklimas auf das Stadtklima prognostiziert werden.

5 Literatur

Freitas, C. R. de; Grigorieva, E. A. (2017): A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. In: Int. J. Biometeorol. 61: 487-512.

Halbig, G.; Steuri, B.; Büter, B.; Heese, I., Schultze, J., Stecking, M.; Stratbücker, S., Willen, L., Winkler, M. (2019): User requirements and case studies to evaluate the practicability and usability of the urban climate model PALM4U. In: Meteorol. Z.: 139-146.

KRdL – Kommission Reinhaltung der Luft (1998): VDI 3787, Blatt 2: Umweltmeteorologie; Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima.

Maronga, B.; Gryschka, M.; Heinze, R.; Hoffmann, F.; Kanani-Sühring, F.; Keck, M.; Ketelsen, K.; Letzel, M. O.; Sühring, M.; Raasch, S. (2015): The Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM) version 4.0 for Atmospheric and Oceanic Flows: Model Formulation, Recent Developments, and Future Perspectives. In: Geosci. Model Dev., 8: 2515-2551. DOI: 10.5194/gmd-8-2515-2015.

Maronga, B.; Gross, G.; Raasch, S.; Banzhaf, S.; Forkel, R.; Heldens, W.; Kanani-Sühring, F.; Matzarakis, A.; Mauder, M.;, Pavlik, D.; Pfafferott, J.; Schubert, S.; Seckmeyer, G.; Sieker, H.; Winderlich, K. (2019a): Development of a new urban climate model based on the model PALM – Project overview, planned work, and first achievements. In: Meteorol. Z. 28(2): 105-119.

Maronga, B.; Banzhaf, S.; Burmeister, C.; Esch, T.; Forkel, R.; Fröhlich, D.; Fuka, V.; Gehrke, K. F.; Geletič, J.; Giersch, S.; Gronemeier, T.; Groß, G.; Heldens, W.; Hellsten, A.; Hoffmann, F.; Inagaki, A.; Kadasch, E.; Kanani-Sühring, F.; Ketelsen, K.; Khan, B. A.; Knigge, C.; Knoop, H.; Krč, P.; Kurppa , M.; Maamari, H.; Matzarakis, A.; Mauder, M.; Pallasch, M.; Pavlik, D.; Pfafferott, J.; Resler, J.; Rissmann, S.; Russo, E.; Salim, M.; Schrempf, M.; Schwenkel, J.; Seckmeyer, G.; Schubert, S.; Sühring, M.; von Tils, R.; Vollmer, L.; Ward, S.; Witha, B.; Wurps, H.; Zeidler, J.; Raasch, S. (2019b, in Begutachtung): Overview of the PALM model system 6.0. In: Geosci. Model Dev. Discuss.

Scherer, D.; Ament, F.; Emeis, S.; Fehrenbach, U.; Leitl, B.; Scherber, K.; Schneider, C.; Vogt, U. (2019a): Three-Dimensional Observation of Atmospheric Processes in Cities. In: Meteorol. Z. 28(2): 121-138.

Scherer, D.; Antretter, F.; Bender, S.; Cortekar, J.; Emeis, S.; Fehrenbach, U.; Gross, G.; Halbig, G.; Hasse, J.; Maronga, B.; Raasch, S.; Scherber, K. (2019b): Urban Climate Under Change [UC]2 – A National Research Programme for Developing a Building-Resolving Atmospheric Model for Entire City Regions. In: Meteorol. Z. 28(2): 95-104.

Zur thermischen Wirkung von Dachbegrünung in Höhe des Straßenniveaus

Uta Moderow, Susan Thiel, Valeri Goldberg, Astrid Ziemann, Christian Bernhofer

Zusammenfassung

Dachbegrünung und Fassadenbegrünung sind mitunter die einzige Möglichkeit, Grün in bestehende oder neu-entstehende Bebauung einzubringen. In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, inwieweit Dachbegrünung zur Mitigation (Milderung) des thermischen Stresses von Passanten in Höhe des Straßenniveaus beitragen kann. Anhand numerischer Simulationen für ein Quartier in Dresden wird gezeigt, dass Dachbegrünung hier nur einen sehr geringen Einfluss hat. Dachbegrünung kann in dieser Hinsicht bodengebundenes Grün sinnvoll ergänzen, aber nicht ersetzen.

1 Einführung

Dachbegrünung kann auf vielfältige Art und Weise positiv auf unsere Umwelt einwirken. Hierzu zählen u. a.: Reduzierung und zeitliche Verzögerung des Abflusses vor und nach Niederschlägen, Mitigation von Luftverschmutzung und Lärmbelastung, Bereitstellung von Habitaten und somit Erhöhung der Biodiversität als auch die Mitigation thermischen Stresses vor allem in Höhe des Dachniveaus (Getter, Rowe 2006; Beradi et al. 2014). Die positive Wirkung von Dachbegrünung auf das Innenraumklima ist vielfach belegt (u. a. Getter, Rowe 2006; Synnefa, Santamouris 2012; GhaffarianHoseini et al. 2013).

Gegenstand dieser Arbeit ist die klimatische Wirkung von Dachbegrünung in Höhe des Straßenniveaus. Insgesamt widmet sich dieser Fragestellung nur eine vergleichsweise geringe Anzahl von Studien (Ng et al. 2012; Peng, Jim 2013; Ouldboukhitine et al. 2014; Beradi 2016). Häufig wird dabei die Lufttemperatur betrachtet, seltener die thermische Behaglichkeit des Menschen, die jedoch nicht allein von der Lufttemperatur bestimmt wird, sondern maßgeblich von der mittleren Strahlungstemperatur sowie auch von der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit (Jendritzky et al. 2006; Jendritzky et al. 2009). In Bezug auf die Wirkung von Dachbegrünung auf die thermische Behaglichkeit des Menschen in Höhe des Straßeniveaus konnten Ng et al. (2012) als auch Peng & Jim (2013) keinen wesentlichen Einfluss nachweisen. Peng & Jim (2013) zeigten weiterhin, dass die Wirkung der Dachbegrünung in Höhe des Straßenniveaus mit zunehmender Gebäudehöhe abnahm.

Ziel dieses Beitrages ist es, mittels Modellsimulationen die klimatische Wirkung von Dachbegrünung für eine relativ junge Stadtstruktur, wie sie sich in verdichtenden Bereichen von Städten in Europa finden lässt, in Höhe des Straßenniveaus darzustellen und

deren Wirkung auf die thermische Behaglichkeit mittels des bioklimatischen Indexes UTCI (Universal Thermal Climate Index; Jendritzky et al. 2006; Jendritzky et al. 2009) einzuschätzen. Dabei soll auch auf mögliche Unterschiede in der klimatischen Wirkung zwischen extensiver und intensiver Dachbegrünung eingegangen werden. Die Arbeit basiert auf Ergebnissen des Projekts „Urbane Wälder" (Förderträger Bundesamt für Naturschutz; *http://www.urbane-waelder.de*, Zugriff: 26.06.2019).

2 Material und Methoden

Die mikroklimatischen Simulationen wurden mit dem dreidimensionalen Klimamodell ENVI-met 3.1 (Bruse 1999; Bruse, Fleer 1998) durchgeführt. Als Modellgebiet wurde der Wiener Platz in der Dresdner Innenstadt ausgewählt und die Simulationen für einen Tag im Hochsommer durchgeführt. Einen kurzen Überblick zur grundlegenden Konfiguration im Modell gibt Tabelle 1.

Tab. 1: Konfiguration für die Modellierung der Projektgebiete (Quelle: Thiel 2015)

Projektgebiet	Rechengitter (x x y x z)	Domain	Initialwind in 10 m Höhe über Grund und Windrichtung
Wiener Platz Dresden	117 x 88 x 25	585 m x 440 m x 147 m	3,8 m s^{-1}/247.5°/

Das Modellgebiet wurde mit einer horizontalen Auflösung von 5 m x 5 m umgesetzt (Abb. 1). Die Höhe jeder vertikalen Gitterzelle steigt ab z = 1.10 m um 12 % an. Aus numerischen Gründen wurde ein größeres Gebiet simuliert als letztlich ausgewertet wurde. Im Auswertegebiet (Abb. 1, roter Rahmen) variieren die Gebäudehöhen zwischen 10 m und knapp 50 m. Eine detaillierte Darstellung der gesamten Modelleinstellungen gibt Thiel (2015).

Im Modell wurden verschiedene Varianten der Dachbegrünung simuliert, wovon hier die Variante 3 (Bebauung mit bodengebundenem urbanen Grün ohne Dachbegrünung), die Variante 4 (extensive Dachbegrünung) und die Variante 5 (intensive Dachbegrünung) vorgestellt wird. Die Variante 3 stellt die Bezugsvariante dar. Einen Überblick zu den Varianten 3, 4 und 5 gibt Tabelle 2. In den Varianten 4 und 5 wurden im Modell alle Dächer mit Dachbegrünung versehen, die dafür aufgrund ihrer horizontalen Ausrichtung geeignet sind, unabhängig davon, ob diese auch im bautechnischen Sinne dafür konditioniert sind. Dies bedeutet, dass die im Modell umgesetzten Dachbegrünungen Maximalvarianten darstellen.

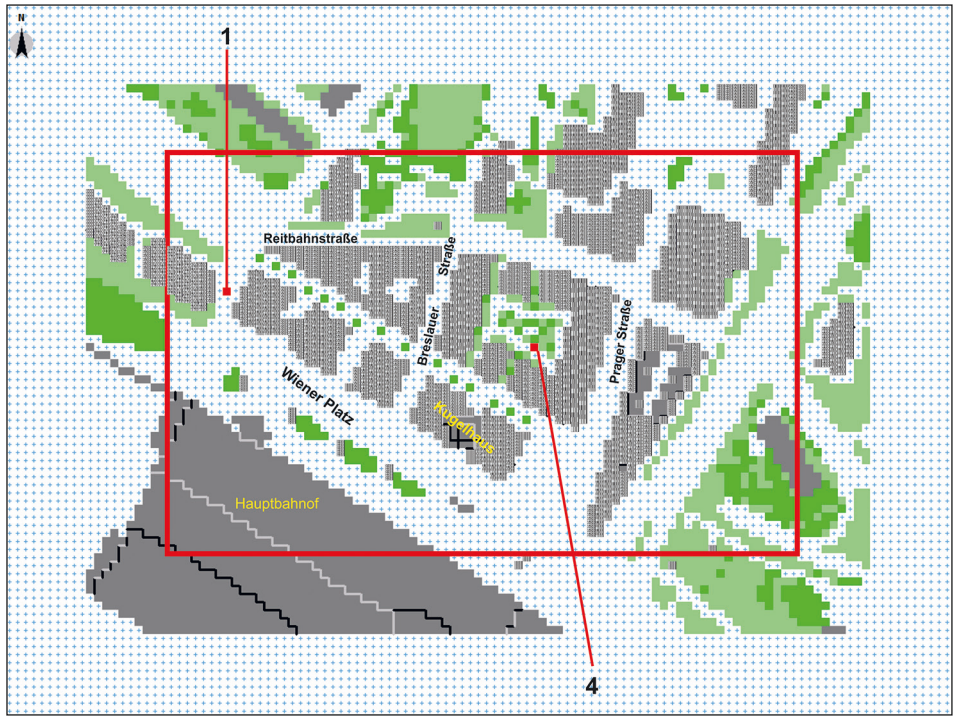


Abb. 1: Modellgebiet Wiener Platz in Dresden. In den Ergebnissen ausgewertet wurde das Gebiet in dem roten Rechteck (Auswertegebiet). Die Nummern beziehen sich auf Rezeptorpunkte, die in der Auswertung genauer betrachtet werden. Die horizontale Auflösung beträgt 5 m. Hellgrau schraffiert/dunkelgrau: Gebäude; hellgrau schraffiert: begrünte Dachflächen; hellgrün: Gras (50 cm Höhe); dunkelgrün: Bäume (10 m Höhe), Darstellung für Variante 4 und 5 (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Thiel 2015)

Tab. 2: Überblick über die mit ENVI-met 3.1. simulierten Varianten. Bei den Bäumen handelt es sich jeweils um Laubbäume (Quelle: Thiel 2015)

Nr	Bezeichnung	Albedo Gebäudewände Gebäudedächer	Modellierung urbanes Grün	
			Straßenniveau	Dach
3	Bebauung mit urbanem Grün	0.3	Gras (50 cm Höhe) Baum (10 m Höhe)	keine Dachbegrünung
4	Bebauung mit urbanem Grün, Extensivbegrünung aller begrünbaren Dächer	0.3	Gras (50 cm Höhe) Baum (10 m Höhe)	Extensivbegrünung Gras (50 cm Höhe)
5	Bebauung mit urbanem Grün und Intensivbegrünung aller begrünbarer Dachflächen	0.3	Gras (50 cm Höhe) Baum (10 m Höhe)	Intensivbegrünung Gras (50 cm Höhe) Hecke (2 m Höhe) Baum (10 m Höhe)

Die Beurteilung der thermischen Belastung erfolgt mithilfe des bioklimatischen Indexes UTCI (Jendritzky et al. 2006; Jendritzky et al. 2009). Dieser drückt die thermische Belastung in °C aus und unterscheidet zwischen verschiedenen Belastungsstufen (Tab. 3). Zur Berechnung des UTCI wurden die benötigen Daten aus den Ergebnisdateien von ENVI-met 3.1 selektiert und der UTCI mit einem separaten Programm berechnet.

Tab. 3: Beurteilung der menschlichen Hitzebelastung mithilfe des UTCI (Quelle: Jendritzky et al. 2006; Jendritzky et al. 2009)

UTCI in °C	Thermisches Empfinden
> 46	extremer Hitzestress
38 – 46	sehr starker Hitzestress
32 – 38	starker Hitzestress
26 – 32	moderater Hitzestress
9 – 26	kein thermischer Stress

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse werden im Folgendem für den Zeitpunkt der maximalen Hitzebelastung (14 Uhr) in Höhe des Straßenniveaus dargestellt (x-y-Schnitt bei k = 2, Modellhöhe z_2 mit unterem Rand bei z = 1,10 m und oberem Rand bei z = 2,75 m). Rasterzellen mit Gebäudebebauung werden bei der Betrachtung ausgeschlossen. Abbildung 2a gibt einen Überblick über den UTCI für die Referenzvariante (Variante 3, bodengebundenes Grün, keine Dachbegrünung) und die beiden Varianten mit Dachbegrünung (Variante 4, Variante 5).

Es zeigt sich, dass die UTCI-Werte im Auswertegebiet für alle Varianten einen ähnlichen Bereich überstreichen (Abb. 2a). Um die Unterschiede zwischen den Varianten klarer

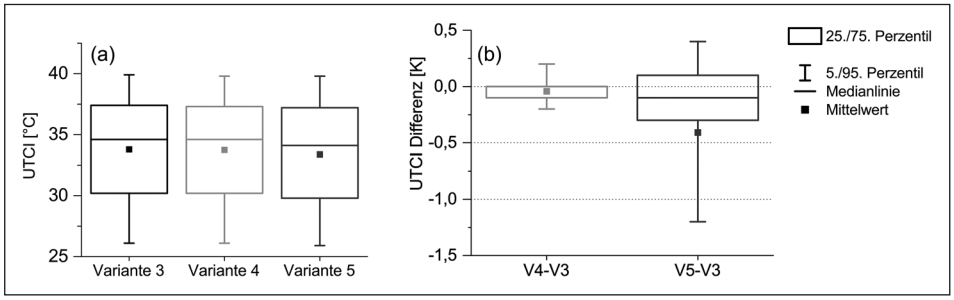


Abb. 2: (a): Verteilung des UTCI in Höhe des Straßenniveaus (in ca. 2 m Höhe) für die Varianten (siehe Tab. 2) mit und ohne Dachbegrünung für alle Rasterzellen ohne Gebäude. (b): Verteilung der Differenzen im UTCI in Bezug auf die Variante 3 (Variante ohne Dachbegrünung und mit bodengebundenem Grün) (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Thiel 2015)

darstellen zu können, wurden Differenzen berechnet. Hierzu wurden von den UTCI-Werten der Variante 4 bzw. der Variante 5 jeweils die zugehörigen UTCI-Werte der Variante 3 (Bezugsvariante) abgezogen. Die Änderungen, die sich im UTCI aufgrund der Dachbegrünung ergeben, betragen im Mittel ca. -0.04 K (-0,4 K) für die extensive (intensive) Dachbegrünung (Abb. 2b). Im Mittel ist somit für dieses Modellgebiet aufgrund der numerischen Simulationen keine signifikante Beeinflussung der thermischen Behaglichkeit in Höhe des Straßenniveaus darstellbar. Abbildung 2b zeigt aber auch an, dass sich eine gewisse Spannbreite der klimatischen Wirkung der Dachbegrünung im betrachteten Gebiet ergibt. Dies spiegelt auch die flächenhafte Darstellung der Differenzen zwischen den Varianten 5 und 3 wider (Abb. 3). Hier zeigt sich, dass in vielen Bereichen die thermische Wirkung der Dachbegrünung in Höhe des Straßenniveaus sehr klein ausfällt (grüne Bereiche). Es zeichnen sich aber auch Bereiche ab, wo die Dachbegrünung eine etwas größere Reduzierung des UTCI bewirkt (blaue Bereiche). Dem gegenüber stehen Bereiche, in denen sich der UTCI geringfügig aufgrund der Dachbegrünung erhöht (gelb, orange, rote Bereiche).

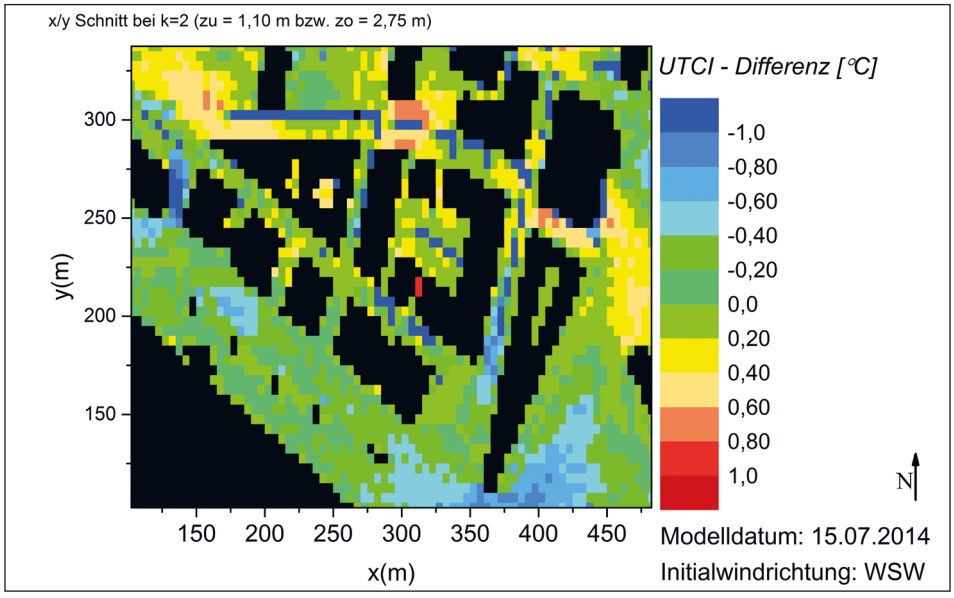


Abb. 3: Änderung des UTCI in Höhe des Straßenniveaus (in ca. 2 m Höhe), wenn intensive Dachbegrünung im Modell umgesetzt wird. Dargestellt ist die Differenz Variante 5 (Bebauung mit urbanem Grün und intensiver Dachbegrünung) – Variante 3 (Bebauung mit urbanem Grün ohne Dachbegrünung) (Quelle: Thiel 2015)

Die Gebiete mit erhöhtem UTCI sind im Allgemeinen durch eine Reduzierung der Windgeschwindigkeit aufgrund der Dachbegrünung charakterisiert. Mit der Implementierung von Dachbegrünung kann man eine Veränderung der Luftfeuchte erwarten.

Die Luftfeuchte wird im Modell durch die Dachbegrünung kaum geändert. Im Mittel erhöht sich die spezifische Luftfeuchte für die Variante 5 sehr geringfügig um 0,05 g kg^{-1}. Für die Variante 4 (extensive Dachbegrünung) fällt dieser Wert noch geringer aus. Es ist somit von keiner maßgeblichen Beeinflussung des UTCI aufgrund von Feuchteänderungen auszugehen.

Die Frage ist nun, unter welchen Bedingungen eine etwas größere klimatische Wirkung der Dachbegrünung in Höhe des Straßenniveaus zu erwarten ist. Hierzu werden die Rezeptorpunkte 1 und 4 näher betrachtet.

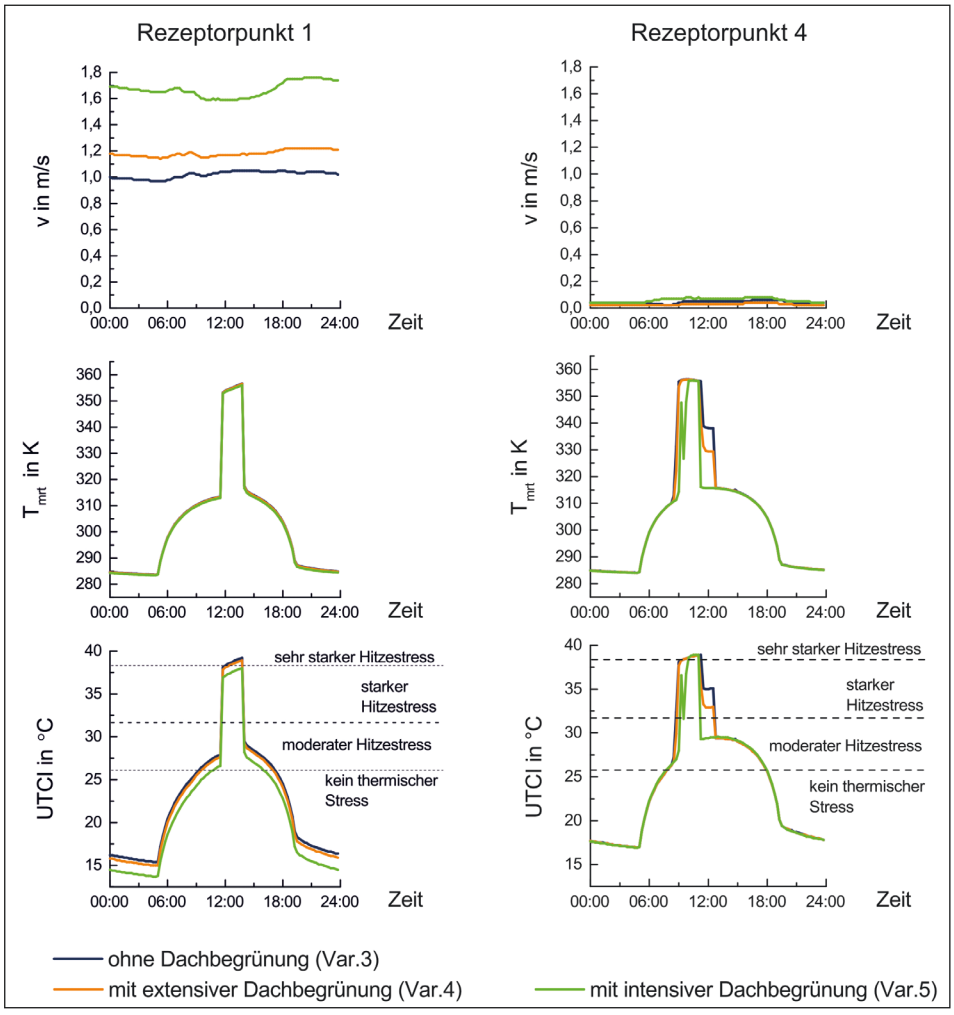


Abb. 4: Links: Detailbetrachtungen für Rezeptorpunkt 1. Rechts: Detailbetrachtung für Rezeptorpunkt 4. Tmrt Strahlungstemperatur, v Windgeschwindigkeit, UTCI bioklimatischer Index, jeweils in Höhe des Straßenniveaus (in ca. 2 m Höhe über Grund) (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Thiel 2015)

Der Rezeptorpunkt 1 befindet sich in einer Straßenschlucht mit Nord-Südausrichtung (Abb. 1). Hier nimmt die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Intensität der Dachbegrünung zu (Abb. 4). Die mittlere Strahlungstemperatur als auch die Feuchte (ohne Abbildung) hingegen ändern sich kaum. Die Reduktion des UTCI ist vornehmlich auf die Änderung der Windgeschwindigkeit an diesem Punkt zurückzuführen. Für den Rezeptorpunkt 4 (Innenhof) hingegen ändert sich die Windgeschwindigkeit kaum ebenso wie die Feuchte (ohne Abb.). An diesem Punkt ist jedoch eine Reduzierung der Strahlungstemperatur aufgrund des vergrößerten Schattenwurfs durch die Dachbegrünung zu verzeichnen und führt entsprechend zu einer Reduzierung des UTCI zu diesen Zeitpunkten. Für beide Rezeptorpunkte gilt, dass der UTCI leicht verringert wird. Diese Verringerung führt aber nicht immer zu einer geringeren thermischen Belastungsstufe.

Eine Verringerung der bioklimatischen Belastungsstufe wird primär durch eine Reduzierung der mittleren Strahlungstemperatur erreicht, insbesondere durch vergrößerte Schattenwürfe. Allgemein gilt dies vor allem für windarme Situationen und/oder windberuhigte Bereiche, wie bereits in anderen Studien zum Stadtklima beschrieben (z. B. Ali-Toudert, Mayer 2006; Matzarakis et al. 2009; Goldberg et al. 2013).

4 Fazit

Die Analyse der mit ENVI-met simulierten Daten für ein Gebiet in Dresden (Wiener Platz) zeigt, dass es nur geringe thermische Fernwirkungen von Dachbegrünungen in Höhe des Straßenniveaus gibt. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit anderen Studien, die nur geringe bis gar keine Wirkungen von Dachbegrünungen in Höhe des Straßenniveaus feststellen (Ng et al. 2012; Peng, Jim 2013). Günstigste Variante ist dabei eine intensive Dachbegrünung. Im Flächenmittel wird der UTCI-Wert auf Fußgängerniveau bei dieser Variante um -0,4 K reduziert in Bezug auf die Referenz (Bebauung mit urbanem bodengebundenem Grün, aber ohne Dachbegrünung), wobei es lokal zu größeren Abkühlungseffekten kommen kann. Eine Verringerung der thermischen Belastung wird vor allem durch veränderte Strahlungsbedingungen (Vergrößerung Schattenwurf) sowie aufgrund erhöhter Windgeschwindigkeiten erreicht. Bei extensiver Dachbegrünung ändert sich der UTCI auf Fußgängerniveau im Flächenmittel nur marginal (-0,04 K).

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch Dachbegrünung in stark verbauten urbanen Gebieten vorherrschende Kanal- und Düseneffekte verstärkt werden und die dadurch veränderte Durchlüftungssituation dazu beitragen kann, die thermische Behaglichkeit in Höhe des Straßenniveaus zu verbessern. Belüftungssituationen lassen sich nicht pauschal auf andere urbane Gebiete übertragen (Oke 1988). Dies legt entsprechende Simulationen beziehungsweise Messungen in einem bestimmten Planungsgebiet nahe.

Abschließend lässt sich feststellen, dass Dachbegrünung bodengebundenes Grün im Hinblick auf die Mitigation von Hitzestress in Höhe des Straßenniveaus sinnvoll ergänzen jedoch nicht ersetzen kann.

Unabhängig davon ist die positive Wirkung von Dachbegrünung auf das Innenraumklima sowohl in Hitze- als auch Kälteperioden hervorzuheben (u. a. Getter, Rowe 2006; Synnefa, Santamouris 2012; Ghaffarian-Hoseini et al. 2013). Sie sollte daher bei baulichen Maßnahmen allgemein Beachtung finden.

5 Literatur

Ali-Toudert, F.; Mayer, H. (2006): Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. Building and Environment 41: 94-108.

Berardi, U. (2016): The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits. Energy and Buildings 121: 217-229.

Berardi, U.; GhaffarianHoseini, A.; GhaffarianHoseini, A. (2014): State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. Applied Energy 115: 411-428.

Bruse M. (1999): Die Auswirkungen kleinskaliger Umweltgestaltung auf das Mirkoklima. Entwicklung des prognostischen numerischen Models ENVI-met zur Simulation der Wind, Temperatur und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Dissertation, Universität von Bochum, 217 Seiten.

Bruse, M.; Fleer, H. (1998): Simulating surface-plant air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. Environmental Software and Modelling 13: 373-384.

Getter, K. L.; Rowe, D. B. (2006): The role of extensive green roofs in sustainable development. HortScience 41: 1276-1285.

GhaffarianHoseini, A.; Dahlan, N. D.; Berardi, U.; GhaffarianHoseini, A.; Makaremi, N.; GhaffarianHoseini, M. (2013): Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews 25: 1-17.

Goldberg, V.; Kurbjuhn, C.; Bernhofer, C. (2013): How relevant is urban planning for the thermal comfort of pedestrians? Numerical case studies in two districts of the City of Dresden (Saxony/Germany). Meteorologische Zeitschrift 22: 739-751.

Jendritzky, G.; Bröde, P.; Fiala, D.; Havenith, G.; Weihs, P.; Batcharova, E.; De Dear, R. (2009): Der Thermische Klimaindex UTCI. DWD, Klimastatusbericht 2009: 96-101.

Jendritzky, G.; Havenith, G.; De Dear, R. (2006): Stand der Entwicklung beim Universellen Thermischen Klimaindex UTCI. Berichte des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg 16: 16-18.

Matzarakis, A.; De Rocco, M.; Najjar, G. (2009): Thermal bioclimate in Strasbourg – the 2003 heat wave. Theoretical and Applied Climatology 98: 209-220.

Ng, E.; Chen, L.; Wang, Y.; Yuan, C. (2012): A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. Building and Environment, International Workshop on Ventilation, Comfort, and Health in Transport Vehicles 47: 256-271.

Oke, T. R. (1988): Boundary Layer Climates. 2. Auflage, Routledge, London und New York, 435 Seiten.

Ouldboukhitine, S.-E.; Belarbi, R.; Sailor, D. J. (2014): Experimental and numerical investigation of urban street canyons to evaluate the impact of green roof inside and outside buildings. Applied Energy 114: 273-282.

Peng, L. L. H.; Jim, C. Y. (2013): Green-roof effects on neighborhood microclimate and human thermal sensation. Energies 6: 598-618.

Synnefa, A.; Santamouris, M. (2012): Advances on technical, policy and market aspects of cool roof technology in Europe: The Cool Roofs project. Energy and Buildings, Cool Roofs, Cool Pavements, Cool Cities, and Cool World 55: 35-41.

Thiel, S. (2015): Dachbegrünung – Thermische Wirkung an einem heißen Sommertag. Werkvertragsbericht an die Professur für Meteorologie der TU Dresden, unveröffentlicht.

Thermische Exposition von Fußgängern im Dresdner Stadtteil Gorbitz im Sommer 2018: Auswertung von Fußgänger-Messungen und Modellsimulationen

Astrid Ziemann, Valeri Goldberg, Benjamin Richter, Christian Bernhofer

Zusammenfassung

Im Rahmen des Verbundprojektes HeatResilientCity (HRC) wurden im Sommer 2018 Messungen der Hitzebelastung eines Fußgängers mit einem Messrucksack im Stadtteil Dresden-Gorbitz durchgeführt. Die mobilen Messungen erfolgten auf einem ca. 4 km langen Rundkurs durch das überwiegend aus Plattenbauten der 1980er Jahre bestehende Stadtquartier. Dabei führt die Route an markanten Punkten vorbei, die von vielen Bewohnern im Quartier frequentiert werden, z. B. Schule, Kitas, Wohnhäuser, Haltestellen, Einkaufsmärkte, Seniorenheim. An diesen Stellen werden stationäre Dauermessungen der Lufttemperatur und -feuchte durchgeführt.

Erste Auswertungen der Messdaten zeigen die starke Abhängigkeit der thermischen Exposition von der solaren Einstrahlung und damit von den Licht- und Schattenverhältnissen auf der Messroute. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit Befragungsergebnissen vor Ort, dass das Vorhandensein von Schattenflächen ein entscheidendes Kriterium für die Qualität einer Fußgängerpassage ist.

Die Messdaten dienen im Projekt u. a. als Input für Modellrechnungen bzw. Vergleichswerte für Stadtklimasimulationen. Beispielhafte Ergebnisse dieses Wertevergleichs demonstrieren die Anforderungen an Standorte für repräsentative Stadtklimamessungen.

1 Einleitung

Steigende Wärmebelastung ist eine der markantesten Wirkungen des Klimawandels, v. a. in Großstädten (IPCC 2012). Damit sind zum Teil erhebliche negative Auswirkungen auf die Lebensqualität und die Gesundheit der Stadtbewohner/innen verbunden. In diesem Zusammenhang steigen der Bedarf und die Nachfrage von kommunalen Behörden an räumlich und zeitlich hochaufgelösten meteorologischen Daten zur Quantifizierung der thermischen Belastung in speziellen Stadtquartieren. Zwar gibt es dazu mittlerweile zahlreiche Modelluntersuchungen (u. a. mit dem Modell ENVI-met: z. B. Ali-Toudert, Mayer 2006; Shashua-Bar et al. 2006; Goldberg et al. 2014), jedoch fehlt es i. allg. an Messdaten, die sowohl für eine Modellevaluierung als auch als Grundlage für statistische Verfahren zum Downscaling von regionalen Klimadaten auf Quartiersebene geeignet sind.

Im Rahmen des BMBF Verbundprojektes „HeatResilientCity (HRC)“ werden durch die Professur für Meteorologie der TU Dresden die meteorologischen und humanbiometeorologischen Wirkungen in hitzebelasteten Stadtquartieren in Dresden und Erfurt untersucht. Zielgebiet in Dresden ist ein Fokusgebiet im Stadtteil Dresden-Gorbitz. Dieses Stadtquartier ist aufgrund seiner demographischen Struktur (kinderreiche Familien, Senioren) besonders sensitiv gegenüber einem zunehmenden Hitzerisiko. In Dresden-Gorbitz soll die Belastung durch Sommerhitze reduziert werden, indem innerhalb des Projektverbundes Anpassungsmaßnahmen an Gebäuden und in Freiräumen entwickelt, umgesetzt und bewertet werden.

Die dabei eingesetzten und aufeinander abgestimmten Simulationen mit dem Mikroklimamodell ENVI-met (Bruse, Fleer 1998) und Messungen mit einem Messrucksack sowie an stationären Stationen sollen einen Beitrag leisten, um den o. g. Informationsbedarf zu adressieren und methodische Probleme zu lösen. Darüber hinaus eignen sich lokal erhobene Messdaten zum Stadtklima, soweit sie mit Behörden und Interessenverbänden koordiniert und abgestimmt werden, für die Steigerung des Problembewusstseins in der Bevölkerung und eine allgemeine Akzeptanzerhöhung von Klimaanpassungsmaßnahmen.

2 Datengrundlage: Rucksackmessungen und Stadtklimasimulationen

Der Stadtteil Dresden-Gorbitz befindet sich linkselbisch im Südwesten der Landeshauptstadt Dresden in einer Hanglage. Ein großer Teil des Stadtgebietes von Gorbitz ist mit Plattenbauten bebaut, die in den 1980er Jahren entstanden sind. Anfang der 1990er Jahre begann die Umgestaltung der vorhandenen Wohnblöcke. Der durch sinkende Bevölkerungszahlen notwendige Wohnungsrückbau nahm auch Einfluss auf die Stadtteilstruktur. Gorbitz ist relativ weiträumig bebaut und teilt sich in mehrere, in sich geschlossene Quartiere. Charakteristisch für Gorbitz ist die homogene Struktur der meist langen Zeilenbebauung, die fast ausschließlich parallel zum Hang steht. Im Süden von Gorbitz verläuft der Gorbitzbach. Der Stadtteil ist durch zahlreiche Grünflächen und begrünte Innenhöfe gekennzeichnet. Eine markante Parkanlage, die auch in die Messroute involviert war, ist der Gorbitzer Park (Details siehe *http://heatresilientcity.de/projekt/beispielquartier-dresden-gorbitz/*).

Für mobile Messungen des Stadtklimas wurde an der Professur für Meteorologie, TU Dresden, ein Messrucksack mit folgenden Gerätetypen entwickelt (Abb. 1):

Multisensor:
Windgeschwindigkeit und -richtung, **Lufttemperatur und -feuchte**, Luftdruck, Niederschlag,

Thermoelement (Neben Pyranometer): Lufttemperatur,

Pyranometer:
Sonnenstrahlung: kurzwellige Strahlung mit Inklinometer, optional photosynthetisch aktive Strahlung,

Pyrometer:
Wärmestrahlung: langwellige Strahlung für Messungen in vier Raumrichtungen nach oben, unten und seitwärts,

GPS-Gerät (neben Pyranometer) und Datenlogger (Kasten am Gestell): Verortung, Aufzeichnung und Speicherung der Daten (Messintervall: 2 s).

Abb. 1: Messrucksack für Bewertungen des Stadtklimas und der thermischen Belastung von Fußgängern (Foto: Astrid Ziemann, 2018)

Die Geräte sind auf dem Tragegestell eines Rucksacks angebracht, um die thermische Belastung eines Fußgängers direkt zu erfassen. Dabei wurde auf eine minimale Beeinflussung der Messungen durch den Träger des Rucksacks geachtet. Die Messhöhe einiger Geräte (Multisensor, Thermoelement, Pyranometer) befindet sich in ca. 2 m Höhe, d. h. in der klimatologischen Standardmesshöhe.

Die Gesamtlänge der Messroute betrug ca. 4 km (Abb. 2). Für die gesamte Messroute wurde in etwa 1 Stunde benötigt. Folgende markante Punkte wurden in die Route aufgenommen: zwei Kindertagesstätten (Kita: Nr. 1 und 5 in Abb. 2), Gorbitzbach (2), ASB-Seniorenheim (6), Leutewitzer Ring Nr. 23 und 25 (Begleitung der Gebäudesanierung durch das Projekt HRC), Gorbitzer Park (9), Grundschule (4). An den genannten Punkten wurden Messungen über wenige Minuten durchgeführt, um einen repräsentativen Vergleichswert für die stationären Temperatur- und Feuchtemessungen der Landeshauptstadt Dresden zu generieren.

Für die Modellsimulationen wird ENVI-met (ENVIronmental meteorology) benutzt. ENVI-met ist ein dreidimensionales, nicht-hydrostatisches mikroskaliges Grenzschichtmodell (Bruse und Fleer, 1998). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie wurden mit der Modellversion 4.0 Preview II (Build: 23.01.2015) simuliert. Das prognostische Modell ENVI-met arbeitet mit verschiedenen Teilmodellen, einem Boden- und Grenzflächenmodell und einem Atmosphärenmodell einschließlich der Vegetationsparametrisierung.

In der Modellgebietsdatei werden die Eigenschaften jeder Gitterbox festgelegt, beispielsweise Gebäude mit einer definierten Geometrie und aus bestimmten Materialien, die Vegetationsarten mit vertikal variablen Eigenschaften (z. B. Pflanzenflächendichte) oder Bodenauflagen, wie Asphalt oder Beton. Die Modellsimulation für Dresden-Gorbitz an einem strahlungsreichen Sommertag wurde mit folgenden Startwerten und mit zyklischen Randbedingungen betrieben:

- Auflösung von 4 m in horizontaler (x und y) Richtung bzw. von 2 m oberhalb des Bodens und um 12 % zunehmende Schichtdicke in vertikaler (z) Richtung
- Windgeschwindigkeit und -richtung in 10 m Höhe über Grund: 2,5 m/s, Ostwind
- Lufttemperatur: 24,4 °C, Bodentemperatur: 23,9 °C.

3 Datenauswertung: Gemessene und simulierte thermische Belastung in Dresden-Gorbitz

3.1 Auswertung der Rucksackmessdaten im Vergleich zu den stationären Messungen

Abbildung 2 zeigt die Lufttemperatur im Quartier während eines Messrundgangs am Vormittag eines strahlungsreichen Sommertags. Die räumliche Verteilung wird vor allem durch den Tagesgang und die damit verbundene Zunahme der Lufttemperatur beeinflusst. Während des Rundgangs steigt die Lufttemperatur um ca. 1 K, siehe auch Abbildung 3. Der Einfluss unterschiedlicher Umgebungsbedingungen zeichnet sich nur geringfügig ab. Demgegenüber variiert die kurzwellige solare Einstrahlung zwischen Werten von nahe 0 bis über 900 W/m², je nachdem, ob der Rucksackträger im Schatten oder über besonnte Flächen läuft (Abb. 3). Diese Strahlungsunterschiede führen auch zu einer variablen Hitzebelastung von Fußgängern (siehe Kap. 3.2).

Die unterschiedliche Sonneneinstrahlung beeinflusst auch die Abweichung zwischen stationären und Rucksackmessungen (Abb. 4, 11.06.19). Ein Beispiel zeigt die Messung am Standort 1 (Kita). Dieser Standort ist in den Vormittagsstunden besonnt und führt zu einem deutlichen Strahlungsfehler von 1,5 K der stationären Station. Der Messstandort im Park ist demgegenüber im Baumschatten angebracht, was zu einer negativen Abweichung von bis zu 0,7 K zum Rucksack führt, der hier teilweise besonnt unterwegs war. Generell zeigen die stationären Messungen, dass der von Bäumen beschattete und auf einer belüfteten Anhöhe gelegene Gorbitzer Park bei Hitzeperioden ein empfehlenswerter Erholungsort ist.

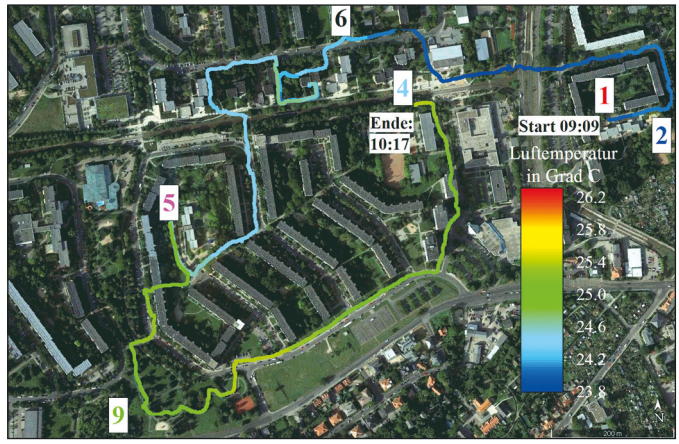


Abb. 2: Lufttemperatur am 07.06.2018 in Dresden-Gorbitz aus Rucksackmessungen (Multisensor) zwischen 09:09 und 10:17 MEZ, Zahlen → markante Messpunkte (Quelle: Temperaturdaten: eigene Messungen 2018; Luftbild: © 2009 GeoBasis-DE/BKG und © 2018 Google)

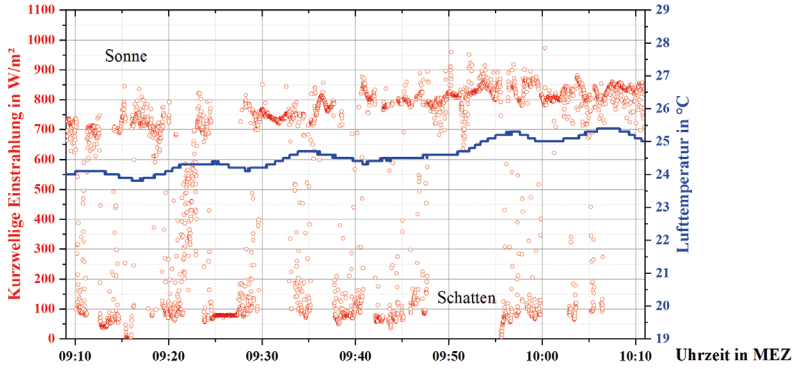


Abb. 3: Lufttemperatur (blau) und kurzwellige Einstrahlung (rot) am 07.06.2018 in Dresden-Gorbitz aus Rucksackmessungen (Quelle: eigene Messungen 2018)

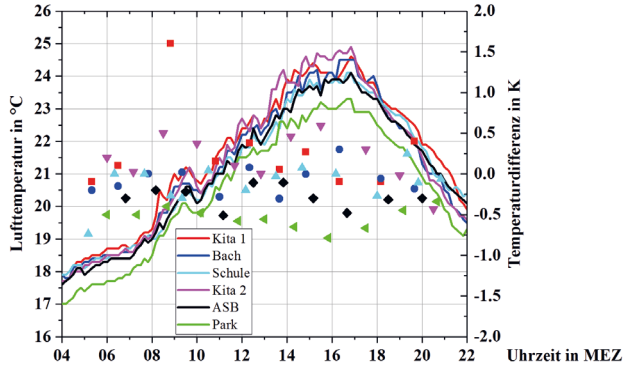


Abb. 4: Lufttemperatur am 11.06.2018 in Dresden-Gorbitz an verschiedenen Standorten aus stationären Messungen (Linien) und Temperaturdifferenz zu Rucksackmessungen (Symbole) (Quelle: eigene Messungen 2018)

3.2 Auswertung der Modellsimulationen im Vergleich zu Rucksackmessungen

Abbildung 5 zeigt die mit dem Modell ENVI-met simulierte Temperaturverteilung am Vormittag eines strahlungsreichen Sommertags in Dresden-Gorbitz. Deutlich erkennbar sind die höchsten Temperaturwerte im Bereich der sonnenexponierten Freiflächen (südlicher Bereich) und die niedrigsten Werte im Schatten von Baumalleen (nordöstlicher Bereich). Im Vergleich zu den gemessenen Temperaturabweichungen zeigt sich die beste Übereinstimmung in den besonnten Bereichen. Generell sind die Temperaturdifferenzen im Stadtteil jedoch gering (Simulation 1 Kelvin, Messung 2 Kelvin).

Deutlich größere Unterschiede treten bei den Werten der Physiologischen Äquivalenttemperatur PET (Höppe, 1999) auf (Abb. 6). Hier lässt sich deutlich zwischen Sonnen- und Schattenbereichen differenzieren. Entsprechend der thermischen Komfortskala für PET (18-23 °C Komfortbereich, 23-35 °C warm, 35-41 °C heiß, > 41 °C sehr heiß) befinden sich alle windgeschützten und besonnten Flächen bereits am Vormittag im Bereich hoher thermischer Belastung, während Schattenareale (von Bäumen und Gebäuden) nur geringe oder keine Belastung aufweisen. Im Vergleich zu den Messwerten wird PET durch ENVI-met etwas überschätzt, bedingt durch Überschätzung der Solarstrahlung im Modell.

Die Verteilung von PET in der Nacht (nicht dargestellt) wird von der langwelligen Strahlungsbilanz bestimmt. Die höchsten Werte von PET treten zwischen dicht zusammenstehenden Gebäuden (hoher Wärmespeicher mit hoher Abstrahlung) und dicht mit Bäumen überschirmten Bereichen (erhöhte Gegenstrahlung) auf. Niedrige Werte für PET zeigen eine geringere Strahlungstemperatur an, bedingt durch günstige effektive Ausstrahlungsbedingungen. Dies betrifft offene Areale mit niedriger oder keiner Vegetation (südlicher und östlicher Bereich).

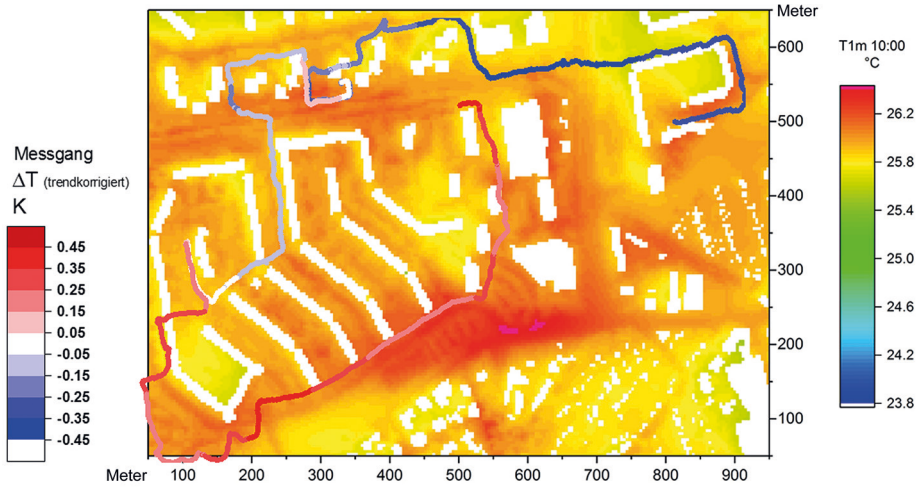


Abb. 5: ENVI-Met Simulation der Lufttemperatur in 1 m Höhe am 07.06.2018 in Dresden-Gorbitz; Linie in Abb.: Abweichung vom Zeitmittel im Rucksackmessrundgang, Trend auf 10:00 MEZ korrigiert (Quelle: eigene Messungen und Modellsimulationen 2018)

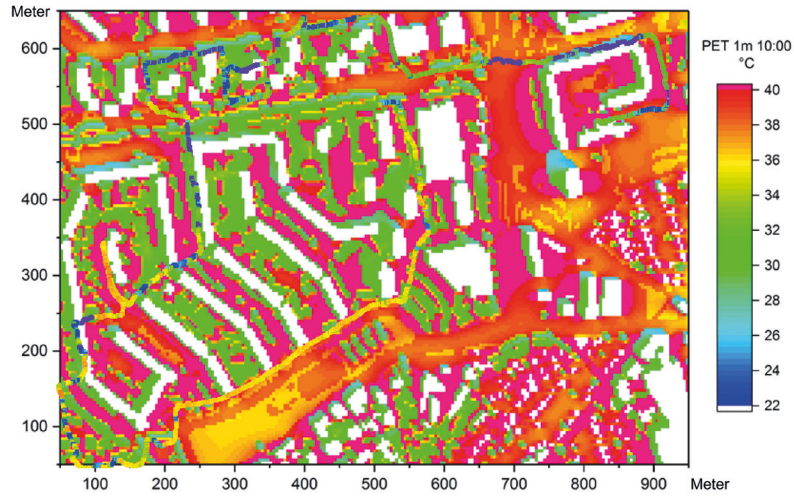


Abb. 6: ENVI-Met Simulation der Physiologischen Äquivalenttemperatur (PET) in 1 m Höhe am 07.06.2018, 10:00 MEZ in Dresden-Gorbitz; Linie in Abb.: PET, berechnet mit dem Modell Rayman (Matzarakis et al. 2010) aus Messdaten (Quelle: eigene Messungen und Modellsimulationen 2018)

4 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Rucksackmessungen und der Modellsimulationen mit ENVI-met haben gezeigt, dass die räumliche Verteilung der thermischen Belastung im Stadtteil Dresden-Gorbitz in Abhängigkeit von Gebäude- und Vegetationsstruktur und der Tageszeit abgebildet werden kann. Die Ergebnisse von ENVI-met sind qualitativ vergleichbar mit ähnlichen Untersuchungen in anderen Stadtgebieten von Dresden (Goldberg et al. 2014) sowie in anderen Städten (z. B. Srivanit, Hokao 2013). Der Vergleich von Messung und Modell zeigt die prinzipielle Eignung von ENVI-met, die sommerliche Wärmebelastung in einem Stadtteil zu modellieren.

Die Ergebnisse der Modellsimulationen mit ENVI-met werden innerhalb des Projektes HRC als Input für die Gebäudeklimasimulationen verwendet, deren Ergebnisse als Grundlage für konkrete Anpassungsmaßnahmen dienen. Die Messdaten sind zur Unterstützung und Entscheidungshilfe für die Durchführung konkreter Maßnahmen der Klimaanpassung in Dresden-Gorbitz durch Praxispartner verwendbar.

Die Daten der Rucksackmessungen und Modellsimulationen werden bedarfsorientiert weiter ausgewertet (z. B. mittels Informations- und Faktenblättern für die Anwohner). Zur Überprüfung der Wirksamkeit konkreter Klimaanpassungsmaßnahmen in Dresden-Gorbitz sind zusätzliche zielorientierte Modellsimulationen sowie Messungen geplant.

5 Literatur

Ali-Toudert, F.; Mayer, H. (2006): Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. In: Building and Environment 41, 94-108.

Bruse, M.; Fleer, H. (1998): Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. In: Environmental Modelling & Software 13, 373-384.

Goldberg, V.; Kurbjuhn, C.; Bernhofer, C. (2014): How relevant is urban planning for the thermal comfort of pedestrians? Numerical case studies in two districts of the City of Dresden (Saxony/Germany). In: Meteorologische Zeitschrift 22, 739-751.
http://heatresilientcity.de/projekt/beispielquartier-dresden-gorbitz
(Zugriff: 28.06.2019).

Höppe, P. (1999): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. In: Int J Biometeorol 43, 71-75.

IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Field, C. B.; Barros, V.; Stocker, T. F.; Qin, D.; Dokken, D. J.; Ebi, K. L.; Mastrandrea, M. D.; Mach, K. J.; Plattner, G.-K.; Allen, S. K.; Tignor, M.; Midgley, P. M. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA: 582 pp.

Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H. (2010): Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. In: Int J Biometeorol 54, 131-139.

Shashua-Bar, L.; Hoffman, M.E .; Tzamir, Y. (2006): Integrated thermal effects of generic built forms and vegetation on the UCL microclimate. In: Building and Environment 41, 343-354.

Srivanit, M.; Hokao, K. (2013): Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer. In: Building and Environment 66, 158-172.

Indikatoren und Methoden

Der neue UBA-Umweltatlas und der Baustein „Bauen, Wohnen, Haushalte“

Daniel Eichhorn, Alexander Neuberger

Zusammenfassung

Die Information über den Zustand der Umwelt und den Umweltschutz ist eine der Kernaufgaben des Umweltbundesamtes (UBA). Das UBA plant im 2. Halbjahr 2019 die Veröffentlichung eines neuen, internetbasierten thematischen Umweltatlas als Teil der Website *www.umweltbundesamt.de*. Das Projekt soll die bestehende Lücke in der raumbezogenen Darstellung von Umweltthemen schließen und eine öffentlichkeitswirksame, informative und ansprechend gestaltete Informationsplattform entwickeln.

„Bauen, Wohnen, Haushalte“ und „Reaktiver Stickstoff“ sind die zwei Themenschwerpunkte, die vordringlich und exemplarisch für die zukünftigen Atlasinhalte bearbeitet werden. Das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) hat den Auftrag erhalten, für den Themenkomplex „Bauen, Wohnen, Haushalte“ Umweltwirkungen, -belastungen, -zustand und politische Lösungsansätze inhaltlich und grafisch aufzubereiten. Die Bosch & Partner GmbH bearbeitet den Themenbereich „Reaktiver Stickstoff“. Die Agentur Kopfarbyte UG übernimmt das Webdesign und die technische Umsetzung.

Der vorliegende Beitrag gibt einen Einblick in die Umweltberichterstattung des UBA und stellt das Vorgehen und die Umsetzung des neuen UBA-Umweltatlas anhand des Themenkomplexes „Bauen, Wohnen, Haushalte“ vor.

1 Die Umweltberichterstattung im Umweltbundesamt

Das Umweltbundesamt (UBA) ist durch das Umweltinformationsgesetz (UIG) gesetzlich dazu verpflichtet, die Öffentlichkeit regelmäßig über den Zustand der Umwelt in Deutschland zu informieren (BMJV 2019). Der Umweltberichterstattung des Umweltbundesamtes kommt dabei die Aufgabe zu, Umweltinformationen, die für die Belange und den Schutz der Umwelt bedeutsam sind, redaktionell zu prüfen, aufzubereiten und mit verschiedenen Formaten und Instrumenten an die Öffentlichkeit zu kommunizieren.

1.1 Datenangebote der Umweltberichterstattung

Um Umweltdaten der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, nutzt die Umweltberichterstattung eine Reihe von Print- und Online-Medien. Zum einen veröffentlicht sie regelmäßig Umweltberichte und Fachbroschüren als Printfassungen unter der Dachmarke

„Daten zur Umwelt“. Zum anderen präsentiert sie konkrete Umweltinformationen auf der UBA-Website im Bereich „Daten“ (*www.umweltbundesamt.de/daten*) (Abb.1).

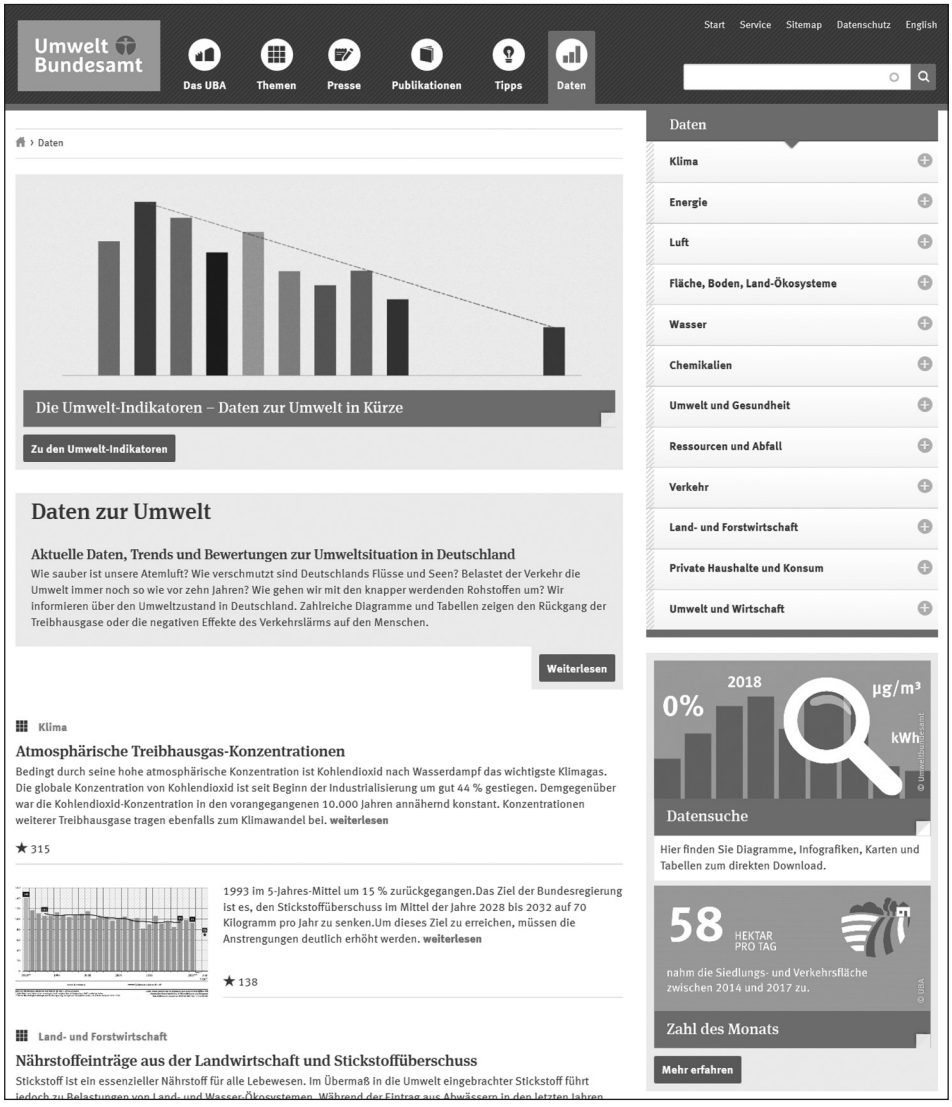


Abb. 1: Datenangebote der Umweltberichterstattung auf der UBA-Webseite (Quelle: Umweltbundesamt 2019)

Im Bereich „Daten“ findet der Nutzer/die Nutzerin Zahlen, Fakten, Trends und Bewertungen zur Umweltsituation in Deutschland. Die Umweltdaten, die hier gezeigt werden, stammen größtenteils aus den Umweltmessprogrammen des Bundes und der Länder. Teilweise handelt es sich um Ergebnisse statistischer Erhebungen oder um Resultate abgeschlossener Forschungsprojekte.

1.2 Online-Formate zur Kommunikation von Umweltdaten

Um die Daten in einer angemessenen und adressatengerechten Form an die Bevölkerung zu kommunizieren, nutzt die Umweltberichterstattung des UBA unterschiedliche Online-Formate.

Das wichtigste Kommunikationsformat sind „Datenartikel“. Diese beinhalten Fachinformationen zu aktuellen Umweltthemen und spiegeln den Umweltzustand in Deutschland wider. Momentan gibt es auf den Datenseiten etwa 200 Datenartikel mit zahlreichen Abbildungen, Tabellen und Karten, die von den Fachgebieten des Umweltbundesamtes fortlaufend gepflegt und aktualisiert werden.

Ein weiteres Kommunikationsmedium sind „Umweltindikatoren“. Anhand dieser Indikatoren können die Bürgerinnen und Bürger Umwelttrends und den Erreichungsgrad umweltpolitischer Zielsetzungen auf einen Blick erfassen. Aktuell hat die Umweltberichterstattung etwa 50 Umweltindikatoren jeweils in deutscher als auch in englischer Sprache in ihrem Angebot.

Weitere neue Formate sind die „Datensuche“, die die Auffindbarkeit von Umweltdaten verbessert und die Nutzerinnen und Nutzer bei der Suche nach Umweltdaten unterstützt sowie die „Zahl des Monats“ – einem Format, das anhand einer aussagekräftigen Kennzahl auf aktuelle Umweltbelastungen hinweist.

Nicht zuletzt setzt die Berichterstattung auch geodatenbasierte Formate (z. B. das Portal „Aktuellen Luftdaten“) und neue Visualisierungswerkzeuge (z. B. das „GeoVis-Tool“) ein, um raumbezogene Umweltinformationen anhand von Karten, interaktiven

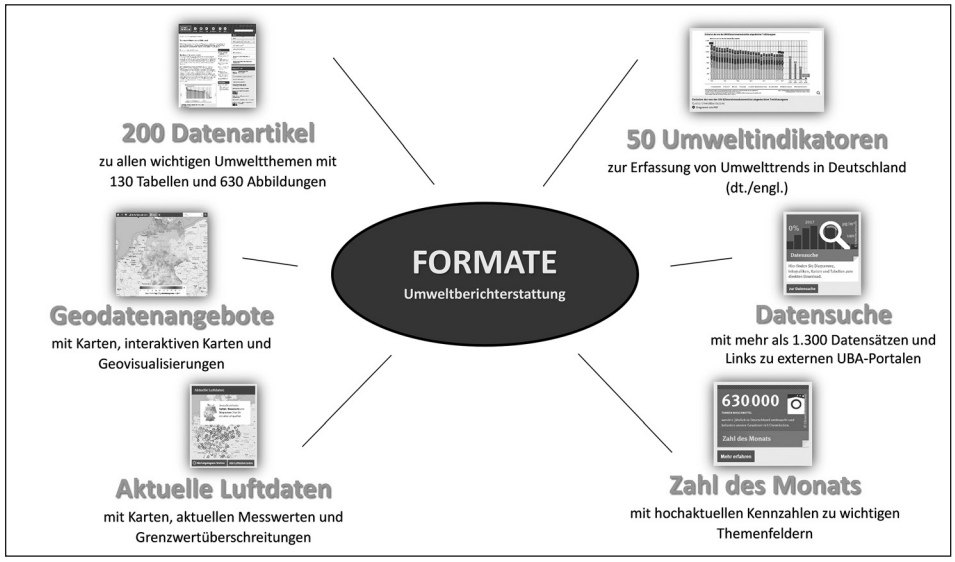


Abb. 2: Formate der Umweltberichterstattung im Umweltbundesamt (Quelle: Umweltbundesamt 2019)

Darstellungen und Geovisualisierungen mediengerecht an die Nutzerinnen und Nutzer der Website zu transportieren (Abb. 2).

2 Der UBA-Umweltatlas

2.1 Hintergrund

Obwohl die bisherigen Formate ein großes inhaltliches und mediales Spektrum abdecken, zeigten interne Analysen, dass der Berichterstattung noch ein Format fehlt, um komplexe Querschnittsthemen fachgerecht darzustellen und an die Öffentlichkeit zu kommunizieren. Darüber hinaus ergab eine Nutzerbefragung aus einem Forschungsvorhaben im Jahr 2016, dass es bei den Nutzerinnen und Nutzern der UBA-Website großen Bedarf für neue digitale Informationsmedien und interaktive Produkte mit Raumbezug gibt.

Um das Informationsangebot der Umweltberichterstattung mit neuen digitalen Angeboten zu versehen und die Qualität des Online-Auftritts zu erhöhen, beschloss man im Umweltbundesamt, ein neues Format zur Darstellung komplexer Querschnittsthemen zu entwickeln. Mit Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und mit Mitteln des Ressortforschungsplans wurde ein neues Forschungsvorhaben ins Leben gerufen, um einen digitalen Umweltatlas zu konzipieren und zu realisieren. Dieser neue UBA-Umweltatlas soll als interaktives Berichtsformat die bisherigen Instrumente der Umweltberichterstattung auf der Website des Umweltbundesamtes ergänzen.

2.2 Produktanforderungen

Zur Definition der Eigenschaften des UBA-Umweltatlas wurden in der Leistungsbeschreibung verschiedene Produktanforderungen formuliert.

Wichtige Vorgaben sind zum Beispiel, dass mit dem Umweltatlas ein Format zur Darstellung komplexer Querschnittsthemen auf der Website des Umweltbundesamtes geschaffen werden soll. Es sollte eine vielschichtige digitale Wissens- und Informationsplattform für interessierte Bürgerinnen und Bürger und Multiplikatoren realisiert werden, die eine themen- und medienübergreifende Betrachtung von Umweltzusammenhängen ermöglicht und zur Bewusstseinsbildung der Bevölkerung beträgt. Darüber hinaus wurde in der Leistungsbeschreibung dargelegt, dass der Umweltatlas eine modulare und erweiterbare Struktur mit mehreren Bausteinen aufweisen soll.

Hinsichtlich der Grundstruktur wurde festgelegt, dass die Umweltinformationen nach einer Ursache-Wirkung-Systematik im Umweltatlas anzuordnen sind. Die Grundstruktur sollte sich nach Möglichkeit an einem modifizierten DPSIR-Schema (EEA 1999)

orientieren, so dass Informationen getrennt und nach verschiedenen Rubriken (z. B. nach Umweltbelastungen oder Umweltwirkungen) präsentiert werden können (Abb. 3).

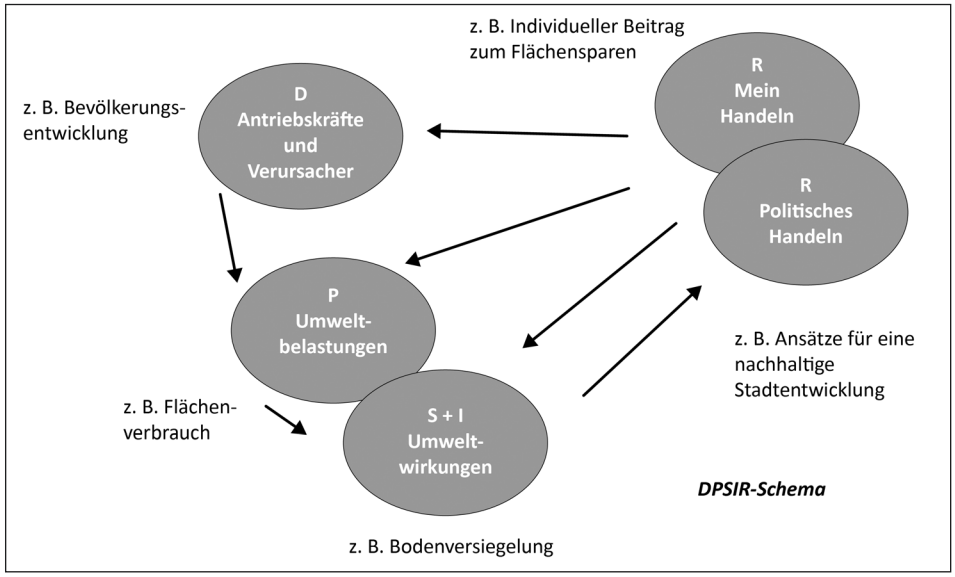


Abb. 3: Grundstruktur des Umweltatlas nach DPSIR-Schema (Quelle: Umweltbundesamt 2019)

Hinsichtlich der Gestaltung und der technischen Umsetzung wurde vorgegeben, dass der Umweltatlas über eine moderne Navigation und eine nutzerfreundliche Bedienung verfügen soll. Zudem sollte er innovative Medientypen, wie z. B. 3D-Visualisierungen, Infografiken oder digitale Zeitstrahlen beinhalten und ein hohes Maß an Interaktivität aufweisen. Die Webseiten des Umweltatlas sollten so gestaltet und programmiert werden, dass es zu einer Interaktion zwischen Texten und Grafikelementen kommt. Nicht zuletzt ist eine leichte redaktionelle Pflege und Aktualisierung des Produktes von Bedeutung.

3 Der Baustein „Bauen, Wohnen, Haushalte“ im Umweltatlas

Der Baustein „Bauen, Wohnen, Haushalte“ wurde als Pilotanwendung realisiert. Die Themen „Bauen“ und „Wohnen“ sind wichtige Forschungsthemen im Umweltbundesamt, die auch für viele ökologische Fragestellungen von Bedeutung sind. Mit dem Baustein wird im Umweltbundesamt erstmalig eine Plattform geschaffen, die Forschungsergebnisse zu diesen Bereichen bündelt und themenübergreifend auf der Website darstellt.

3.1 Vorgehen bei der Umsetzung

In einem ersten Schritt wurden digitale Umweltatlanten sowie ähnlich gelagerte Informationsplattformen mit räumlichen und statistischen Daten recherchiert und analysiert,

mit dem Ziel, eigene Ansätze von bestehenden guten Lösungen, z. B. zur Integration von textlichen, grafischen und kartografischen Elementen oder zur Nutzung interaktiver Möglichkeiten und Animationen, ableiten zu können.

Als weiterer Bestandteil des methodischen Vorgehens wurde der Wissensstand zum Baustein „Bauen, Wohnen, Haushalte“ fachlich aufbereitet. Neben den inhaltlichen Recherchen wurden auch Karten, Diagramme und sonstige Infografiken hinsichtlich der dargestellten Parameter und verwendeten Datensätze, des Zeitbezuges, der räumlichen Auflösung und Abdeckung sowie der jeweiligen Literaturquelle dokumentiert. Des Weiteren enthalten die Faktenblätter Informationen zu Dokumenten und Publikationen, Artikeln, Multimedia-Angeboten etc. der UBA-Website, auf die aus dem Umweltatlas verwiesen werden könnte.

In einem weiteren Schritt wurden für die Themenfelder des Bausteins Kernbotschaften entwickelt, um in der Öffentlichkeit ein Bewusstsein für die Umweltprobleme zu schaffen, die verschiedenen Facetten der Thematik zu beleuchten und die bestehenden umweltpolitischen Ziele, Maßnahmen und Handlungserfordernisse vorzustellen. Darüber hinaus sollen Handlungsmöglichkeiten und Lösungsansätze für die privaten Haushalte aufgezeigt werden. Parallel zu den Kernbotschaften wurde ein Themenbaum nach Gliederung des DPSIR-Modells der Europäischen Umweltagentur (EEA 1999) entwickelt, der alle relevanten Themen des Bausteines abdeckt (Abb. 4).

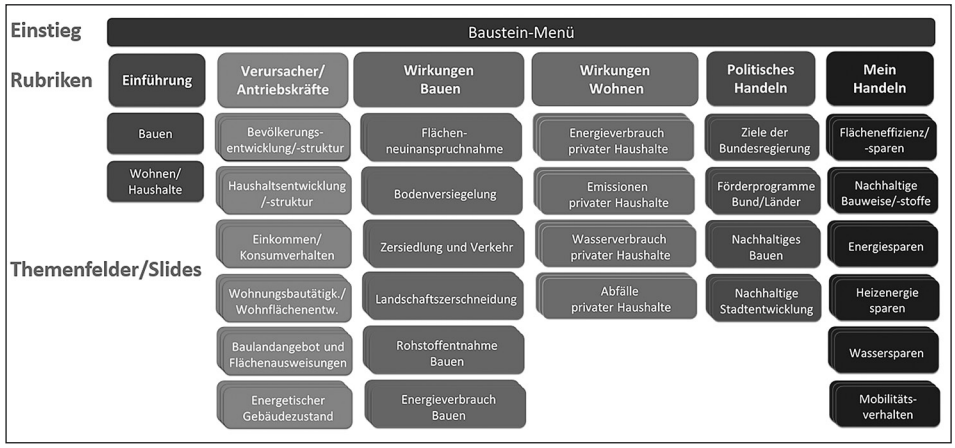


Abb. 4: Themenbaum des Bausteins „Bauen, Wohnen, Haushalte“ (Quelle: IÖR 2019)

Auf Grundlage der Kernbotschaften und des grafischen Themenbaums wurde anschließend ein Slide-Plan für den Baustein „Bauen, Wohnen, Haushalte“ ausgearbeitet. Darin wurde die Struktur des Bausteins ausdifferenziert und eine auf den Kernbotschaften basierende Inhaltsskizze für die einzelnen Slides entwickelt. Der Slide-Plan war die Grundlage für die weitere inhaltliche und gestalterische Ausarbeitung sowie die technische Umsetzung.

3.2 Gestaltungskonzept und Medientypen

Die Struktur des Bausteins „Bauen, Wohnen, Haushalte“ lässt sich in zwei Richtungen denken – vertikal und horizontal (Abb. 4). Die vertikale Struktur ist die Grundlage für eine Navigationsstruktur, die es den Nutzern ermöglicht, sich innerhalb des Themas zu orientieren und zielgerichtet zu bewegen. Die Rubriken und Themenfelder sind dabei so ausgearbeitet, dass die Nutzer den Baustein selbst nach ihren eigenen Interessen erkunden können. Die horizontale Gliederung auf Ebene der Rubriken umfasst eine an das DPSIR-Modell angelehnte, an die Erfordernisse des Umweltatlas angepasste Gliederung. Die Rubriken sind gegliedert in Themenfelder. Die Themenfelder können über ein Flyout-Menü ausgewählt werden. Diese umfassen dabei jeweils ein Set aus mehreren Slides. Eine Slide ist dabei als Einzelseite bzw. Folie zu verstehen.

Die Slides dienen jeweils dazu, eine einzelne Botschaft zu einem thematischen Aspekt des Themenfeldes zu vermitteln. Die Navigation zur nächsten bzw. vorhergehenden Slide erfolgt über die Pfeiltasten am rechten bzw. linken Seitenrand. Die Slides sind nach einer homogenen Struktur aufgebaut. Bei allen Slides ist der Text einschließlich der Überschrift (als Leitfrage) auf der linken Seite angeordnet, während die rechte Seite der Slides den grafischen Darstellungen vorbehalten ist. Die Slides vermitteln als zentrales Element die relevanten Informationen mittels unterschiedlicher Medien und den zugehörigen Erläuterungstexten. Im Umweltatlas finden die folgenden Medientypen Verwendung:

- Karten
- Diagramme
- Infografiken (Illustrationen, Schaubilder)
- Bilder
- Multimediaelemente (Video- und Audio-Beiträge)

Die verwendeten Medien sind ein wesentliches Gestaltungselement, um im Umweltatlas Umweltthemen für dessen Hauptzielgruppe, die breite Öffentlichkeit, verständlich aufzubereiten. In der Regel wurden die für die Informationsvermittlung verwendeten bzw. erstellten Medien interaktiv gestaltet.

Abschließend wird exemplarisch ein Gestaltungsbeispiel für eine Slide aus dem Themenfeld Flächenneuinanspruchnahme der Rubrik Wirkungen Bauen dargestellt, das den Medientyp Karten verwendet (Abb. 5).

In der Slide wird die Flächenneuinanspruchnahme in Deutschland auf regionaler Ebene mittels einer Kartenanwendung dargestellt. Darin können die Nutzer den Inhalt (Jahre), Maßstab (Zoomstufe), Ausschnitt etc. individuell steuern. Es handelt sich also um Kartendarstellungen, die in hohem Maße interaktiv sind. Sie verfügen über eine flexible Grundkarte, die sich den unterschiedlichen Zoomstufen anpasst und ermöglichen z. B. eine gezielte Ortssuche. Die textlichen Ausführungen zum Thema unterstützen dabei

die grafischen Informationen. Diese dienen zum einen dazu, die Botschaft der jeweiligen Slide zu vermitteln und die Infografik soweit erforderlich zu beschreiben. Zum anderen bieten die Texte erläuternde Informationen zu den dargestellten Daten.

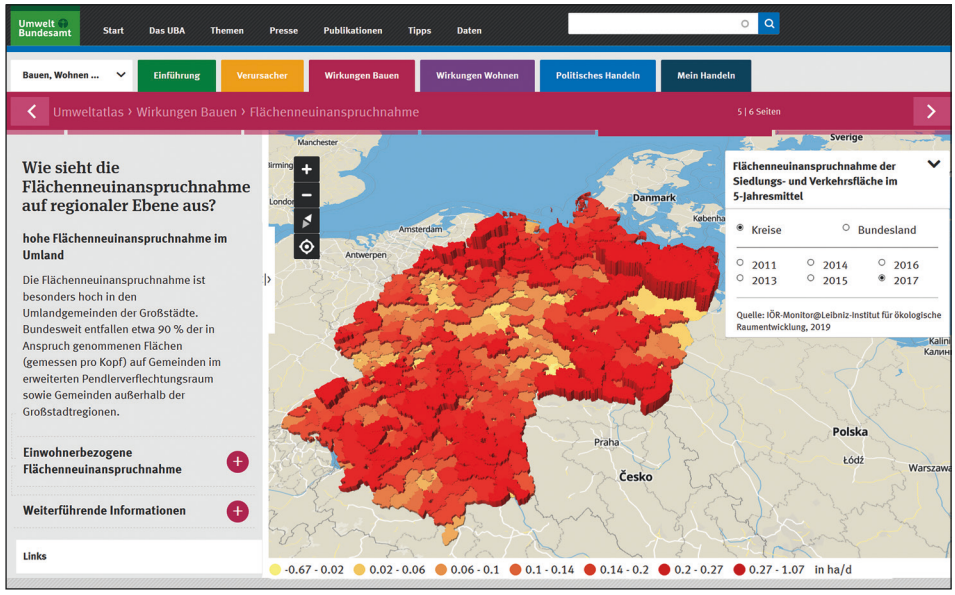


Abb. 5: Slide „Wie sieht die Flächenneuinanspruchnahme auf regionaler Ebene aus?" des Bausteins „Bauen, Wohnen, Haushalte" im UBA-Umweltatlas (Quelle: IÖR; Bosch & Partner; Kopfarbyte 2019)

4 Fazit

Der thematische Umweltatlas soll eine integrierte Informationsplattform zu umweltpolitischen Querschnittsthemen darstellen. Er soll insbesondere die interessierte Öffentlichkeit ansprechen und darüber hinaus Angebote für Multiplikatoren, wie Journalistinnen und Journalisten sowie Lehrende enthalten. Der Umweltatlas soll mit kurzen Texten und anhand von Daten aus der amtlichen Statistik und der Umweltberichterstattung, die in Form von Karten, Diagrammen und Infografiken präsentiert werden, über die gewählten Schwerpunktthemen informieren. Zudem soll der Atlas zur Bewusstseinsbildung beitragen und zum Handeln anregen, indem er die wichtigsten umweltpolitischen Botschaften zu den Themen verständlich vermittelt. Der Umweltatlas ist dabei als nachhaltig bestehendes Instrument angelegt und soll dauerhaft über die ausgewählten Themen informieren können. Generell wird darauf geachtet, dass der UBA-Umweltatlas eine modulare Struktur aufweist, inhaltlich erweiterbar und ohne größeren Aufwand zu pflegen ist, um eine stetige Aktualisierung des Produkts zu ermöglichen.

5 Literatur

BMJV – Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2019): Umweltinformationsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Oktober 2014 (BGBl. I S. 1643), zuletzt geändert durch Artikel 2, Absatz 17 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I, S. 2808): https://www.gesetze-im-internet.de/uig_2005/index.html (Zugriff: 13.06.2019).

EEA – European Environment Agency (1999): Environmental indicators – Typology and overview. Technical report No 25. Copenhagen.

Wirkungsabschätzung von Flächenbelegungen in Ökobilanzen: Arbeitsstand einer Methodenentwicklung

Daniel Reißmann, Horst Fehrenbach

Zusammenfassung

Die Ökobilanz hat unter den in Anwendung befindlichen Umweltbewertungsmethoden einen besonderen Stellenwert und ist zwischenzeitlich bereits in einigen Gesetzen verankert. Für die Betrachtung der Flächennutzung in Ökobilanzen ist eine allgemein anerkannte methodische Lösung bislang allerdings noch nicht vorhanden. Zwar gibt es erste Ansätze, doch wird dabei auch der Bedarf an methodischer Erweiterung und insbesondere die Verbesserung der Datengrundlagen herausgestellt. Dieser Beitrag thematisiert eine Methodenentwicklung am Umweltbundesamt zur Berücksichtigung von temporärer Flächenbelegung und direkter sowie indirekter Flächennutzungsänderung von Produkten und Dienstleistungen im Rahmen der Ökobilanzierung. Zentraler Bestandteil ist die qualitative Bewertung der Flächennutzung und -änderung anhand von Charakterisierungsfaktoren auf Basis eines erweiterten Hemerobieansatzes. Die bisher erarbeitete Methode wurde u. a. für Biogas testweise angewendet, allerdings steht eine umfangreiche Erprobung noch aus. Dieser Beitrag stellt den bisherigen Arbeitsstand vor.

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 bilanziert werden (Klöpffer, Grahl 2014). Dabei wird grundsätzlich das in Abbildung 1 skizzierte Prinzip zugrunde gelegt, d. h. auf Basis der Daten aus der sogenannten Sachbilanz wird anhand einer Wirkungskategorie und derer zugrundeliegenden Charakterisierungsfunktion ein Wirkungsindikator abgeleitet der die potenzielle Umweltwirkung eines Produkts oder einer Dienstleistung abbildet.

Abb. 1: Kernelemente der ökobilanziellen Bewertung (Quelle: eigene Darstellung)

Für die „klassischen" Umweltwirkungen der Ökobilanz (z. B. Eutrophierung), die zumeist von Stoffströmen (Inputs, Outputs bez. Emissionen) beschrieben werden, sind im Wesentlichen weitläufig anerkannte Methoden und Ansätze in Anwendung (Klöpffer, Grahl 2014).

Für die Bewertung der Flächennutzung existiert abseits der reinen Sachbilanzierung (z. B. Hektar in Anspruch genommener Fläche) bislang in Ökobilanzen allerdings keine anerkannte allgemeine methodische Lösung (Curran et al. 2016; Winter et al. 2017). Dennoch ist zu erkennen, dass dem Thema in den letzten Jahren große Aufmerksamkeit in der internationalen Fachszene gewidmet wurde und wird. Die UNEP/SETAC-Life Cycle Initiative hat es zu einem wesentlichen Schwerpunkt erhoben und hat mit der im Januar 2017 veröffentlichten „Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators" auch für die Bewertung der Flächennutzung die Methode und Charakterisierungsfaktoren zugänglich gemacht. Daneben existieren zahlreiche weitere Ansätze (z. B. Schmitz, Paulini 1999; Chaudary, Brooks 2018; Lindner et al. 2019; de Baan et al. 2013; Brandão, Mila y Canals 2012; Koellner et al. 2013; Beck et al. 2010).

Auch im Umweltbundesamt haben Arbeiten zur sogenannten vereinfachten Umweltbewertung (VERUM) versucht, das Thema aufzugreifen und geeignete Wirkungskategorien und Indikatoren für temporäre Flächeninanspruchnahme und direkte und indirekte Flächennutzungsänderungen bei Produkten und Dienstleistungen zu erarbeiten (Berger, Finkbeiner 2017). Die in diesem Beitrag vorgestellten Arbeiten knüpfen daran an. Das übergreifende Ziel ist, eine für die Ökobilanz geeignete Methode zur Abbildung der Umweltwirkungen von Flächennutzung und Flächennutzungsänderungen zu erarbeiten, die über die bisherige sachbilanzielle Erfassung hinaus geht und die alle Schritte gemäß Abbildung 1 abdeckt. Darüber hinaus sollen geeignete Datenquellen ermittelt und Daten erhoben, die Methode anhand von Fallbeispielen erprobt und die Anschlussfähigkeit der Basis- und Metadaten an geeignete Datenbanken (z. B. ProBas) sichergestellt werden. Eine künftige regelmäßige Datenpflege wird zudem angestrebt. Da das Vorhaben noch nicht abgeschlossen ist, stellt der hiesige Beitrag die wichtigsten Punkte des aktuellen Bearbeitungsstandes dar.

2 Bisherige methodische Arbeiten

Die aktuellen methodischen Arbeiten haben sich vor allem auf die Erarbeitung einer Methodik zur Erfassung der temporären Flächenbelegung und deren Charakterisierung im Rahmen der Wirkungsabschätzung und erste Erprobungen anhand von Fallbeispielen konzentriert, weshalb die folgenden Kapitel darauf fokussieren werden. Im Weiteren sollen methodische Arbeiten zur Darstellung von direkten und indirekten Flächennutzungsänderungen stärker in den Blick genommen werden. Dieser Beitrag wird diesen Bereich aufgrund des derzeitigen Arbeitsstandes im Vorhaben allerdings nicht näher betrachten.

2.1 Methodische Anforderungen und Bestandteile

Die in Erarbeitung befindliche Methodik soll folgende Anforderungen (Tab. 1) erfüllen, um die Umweltwirkungen der Flächenbelegungen sowie Flächennutzungsänderungen durch Produkte und Dienstleistungen (Lebenszyklusbasiert) möglichst ganzheitlich abzubilden:

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

Methodische Anforderungen	Kurzerläuterungen
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	Betrachtet wird der der Nutzung vorausgehende Zustand der Fläche in Gegenüberstellung mit dem Zustand bei der Nutzung. Der Bereitstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung wird außerdem die mit seiner Bereitstellung verursachte Veränderung der Kategorie (Hemerobiestufe) auf der betroffenen Fläche (direkt) und an anderer Stelle (indirekt) zugerechnet.
Charakterisierung der erhobenen Daten zur Flächenbelegung und zu Flächennutzungsänderungen anhand des Hemerobiekonzepts	In der Landschaftsökologie drückt Hemerobie „Naturferne“ aus. Für die Ökobilanzierung wurde das Konzept unter anderem in der UBA-Bewertungsmethode (Schmitz, Paulini 1999) als Wirkungskategorie „Naturraumbeanspruchung“ weiterentwickelt und soll daher auch in der hier zu entwickelten Methode Anwendung finden, allerdings auch entsprechend weiterentwickelt werden.

Wie bereits erwähnt, wird dieser Beitrag ausschließlich auf die temporäre Flächenbelegung und deren Charakterisierung fokussieren. Die folgenden Unterkapitel werden daher auf diese Aspekte näher eingehen.

2.2 Sachbilanz: Ermittlung der temporären Flächenbelegung

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 Sachbilanzdaten 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, umweltbezogene Lasten und deren potenzielle Wirkungen, die mit der Produktion von Wirtschaftsgütern verbunden sind, zu untersuchen. Werden Flächen beispielsweise zur Produktion nachwachsender Rohstoffe genutzt, wird die Fläche mit dem entsprechenden Aufwuchs immer vom unbeeinflussten Zustand entfernt sein.

2.2.1 Funktionelle Einheit, Referenzfluss und zeitliche Systemgrenze

Die funktionelle Einheit ist eine Bezugsgröße für den Nutzen des Produktionssystems mit Bezugnahme auf die In- und Outputflüsse aus der Sachbilanz (Peyrl 2014). Die Definition der funktionellen Einheit bei materiellen Produkten und Dienstleistungen unterscheidet sich allerdings grundsätzlich. Eine Dienstleistung ist als ein immaterielles Gut anzusehen, in dessen Mittelpunkt eine Leistung steht, welche zur Bedarfsdeckung erbracht wird. Es wird eine Fläche gebraucht, auf der die Dienstleistung erbracht werden kann sowie materielle Güter, ohne die die Dienstleistung nicht erbracht werden kann. In diesem Fall ist die klare Definition des Bedarfs zentral zur Ableitung einer funktionellen Einheit. Anhand des folgenden Beispiels (Tab. 2) für die Produktion von Buchenparkett und damit aus dem Kontext der Nutzung von Wald wird verdeutlicht, wie schrittweise Sachbilanzdaten zur temporären Belegung für ein Produkt generiert werden können:

Tab. 2: Beispiel für das schrittweise Vorgehen zur Generierung der Sachbilanzdaten (Quelle: eigene Erarbeitung)

Nr.	Schritt bei der Generierung der Sachbilanzdaten
1	Zunächst interessierte nur die Produktion von Holz auf einer Waldfläche. Die Qualität dieser Fläche wird in einem weiteren Schritt eingeordnet.
2	Beschreibung der funktionellen Einheit: Belegung einer definierten Fußbodenfläche in einem Gebäude mit einem Bodenbelag definierter Haltbarkeit für einen definierten Zeitraum.
3	Referenzfluss: Es wird errechnet, wie viel Buchenparkett zur Erfüllung der Funktion erforderlich ist.
4	Ausgehend davon wird errechnet, wie viel Holz unter den definierten Produktionsbedingungen des Parketts erforderlich ist (z. B. Verschnitte, Qualität des erforderlichen Holzes).
5	Ausgehend davon wird errechnet, welche Fläche in einem Wald für den Aufwuchs dieser Holzmenge erforderlich ist. Hier ist bereits eine Spezifikation des Waldtyps und der Erntemethode erforderlich. Welche Fläche soll beispielsweise bei Einzelstammentnahme zugrunde gelegt werden? Insofern ist die Quantifizierung der Sachbilanzgröße „Fläche“ nicht trivial. Es müssen vermutlich Konventionen festgelegt werden.
6	Entsprechend der geographischen Systemgrenze wird die geographische Lage der Holzerntefläche definiert.
7	Entsprechend der Gliederung des gewählten Charakterisierungsmodells wird die Flächenqualität definiert.

Anhand dieses Beispiels wird im Folgenden die Vorgehensweise zur Zuordnung der Flächengröße zur Masse Holz im Produkt beschrieben. Als Basisdatum kann die Grundfläche eines Baumes verwendet werden. Unter Grundfläche ist diejenige Fläche zu verstehen, die der Stamm belegt. Beispiel Buche: Die spezifische Grundfläche von Buchen in einem natürlich gewachsenen Buchenwaldsystem beträgt 35,5 m^2/ha. Bei einer solchen Dichte von Bäumen ist davon auszugehen, dass sich die Bäume untereinander nicht stören. In dieser Zahl sind dicke (alte) und dünne (junge) Bäume enthalten. Zur weiteren Berechnung werden folgende Schritte durchgeführt:

1. Ausgehend vom Produktdatum „Ein Quadratmeter Buchenparkett" kann berechnet werden, wie viele Festmeter Buchenholz (m^3) zur Produktion benötigt werden.
2. Ausgehend von der spezifischen Grundfläche kann berechnet werden, welche tatsächliche Grundfläche für die benötigten Festmeter erforderlich ist.
3. Ausgehend von der tatsächlichen Grundfläche kann berechnet werden, wie viele Hektar als Sachbilanzdatum eingehen.

Um die Systemgrenzen klar zu definieren, ist allerdings auch der zeitliche Erfassungsbereich wesentlich. Im hiesigen Beispiel, muss das aus dem Wald/Forst für die Produktion entnommene Holz je nach Produkt, welches daraus hergestellt werden soll, unterschiedliche Qualitätsanforderungen erfüllen (z. B. Holzart, Dicke des Stamms, Wuchsform des Stamms). Die Umtriebszeit, die durchschnittliche Dauer der Entwicklung eines Waldes bis hin zu seiner Ernte, ist eine Orientierungsgröße für die Mindestdauer der Belegung einer Fläche. Die Umtriebszeiten unterscheiden sich von Art zu Art jedoch erheblich, was es zu beachten gilt. Unabhängig vom Produktionssystem Forstwirtschaft gilt allgemein, dass das hier zugrundeliegende Charakterisierungsmodell „Naturfernepotenzial" (Kapitel 2.3), je nach Charakteristik der abiotischen Umweltfaktoren, der derzeitigen Nutzungsart und der Lebensgemeinschaft auf der Fläche (Biotop und Biozönose) angepasste zeitliche Erfassungsbereiche zur Abschätzung der Naturferne benötigt.

2.3 Wirkungsabschätzung: Hemerobie und Naturfernepotenzial

Schmitz & Paulini (1999) haben als Schutzgut die Struktur und Funktion von Ökosystemen determiniert, die es mit der Maßeinheit Naturnähe von Flächen zu quantifizieren gilt. Zur Messung dient dabei die negative Größe Naturferne (Hemerobie). Auch in dieser Arbeit wird auf dieses Grundverständnis zurückgegriffen, wobei die Methodik weiterentwickelt wird. Wesentlich ist, dass es sich bei der Betrachtung von Flächen in Ökobilanzen immer um produktive Flächen handeln muss, da Produkte oder Dienstleistungen bilanziert werden. Eine völlig unberührte Fläche, welche am naturnächsten ist, kann in diesem Kontext nicht als Grundlage dienen. Daher bezieht sich das Begriffsverständnis auf ein grundsätzliches „Sich selbst überlassen" von natürlichen Abläufen im entsprechenden Produktionssystem als naturnächste Form im Kontext der Bewertung. Dieses Verständnis schließt eine Nutzung nicht aus, sondern erlaubt eine stufenweise Bewertung eines mehr oder weniger ausgeprägten „sich selbst Überlassens" und dient im Rahmen des Hemerobie-Konzepts als Leitbild für die Naturnähe.

Die Eigenschaften der Naturnähe sind zu vielschichtig, um sie mit einem einzigen messbaren Parameter ausdrücken zu können. 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. Jedes numerisch präzise angegebene Indikatorergebnis würde eine scheinobjektivierte Genauigkeit suggerieren, die die Wissenschaft hier nicht liefern kann.

Die 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 in der Datenerhebung praktikabel bleiben. In Ökobilanzen wird i. d. R. nicht eine einzige konkrete Fläche untersucht, sondern ein generisches Datum für z. B. das Produkt ein Kilogramm Weizenmehl benötigt. Entscheidend sind die Flächen auf denen produziert wird (z. B. forstlich genutzter Wald, Agrarland, Bergbau) oder die anderweitig innerhalb der Systemgrenze genutzt werden (z. B. Deponie, Siedlungen). Diese Flächen werden je nach Ergebnis des Punktwerteverfahrens (Abb. 2) in die Hemerobieklassen II bis VII einsortiert. Abbildung 2 zeigt die Systematik zur Einordnung der Flächen in Hemerobieklassen.

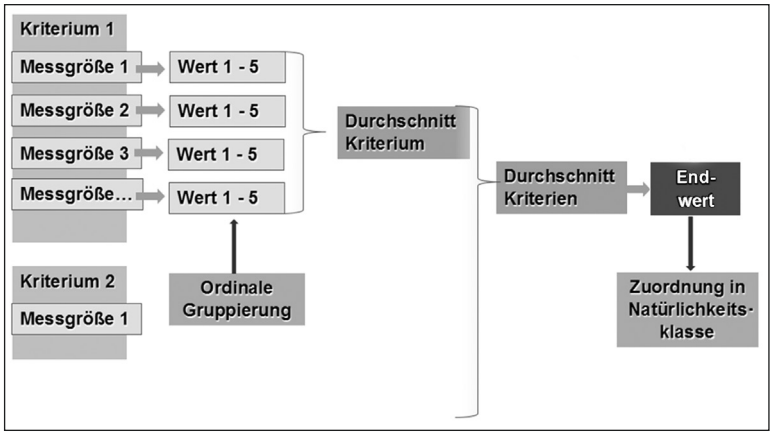


Abb. 2: Struktur des messgrößenbasierten Punktwerteverfahrens (Quelle: eigene Darstellung nach Fehrenbach et al. 2015)

Der hier vorgestellte Ansatz fokussiert auf einer Beurteilung der Flächenqualität wie sie vorliegt und verwendet wird als Einheit der Flächennutzung: Fläche x Nutzungszeit [m^2*a]. Die Daten werden auf ein Jahr bezogen. Bei Bedarf müssen Zurechnungsregeln (Allokationsregeln) definiert werden.

Auf Basis der Sachbilanzdaten und der Zuordnung der Flächen in die jeweilige Hemerobieklasse, wird nun der eigentliche Wirkungsindikator, das Naturfernepotenzial (NFP), abgeleitet. Die Ableitung des NFP erfolgt in zwei Schritten und ist bei Fehrenbach et al. (2015) sowie Detzel et al. (2016) ausführlich beschrieben: (i) Bestimmung der maximalen Spanne zwischen den Charakterisierungsfaktoren der Flächenkategorien und (ii) 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.

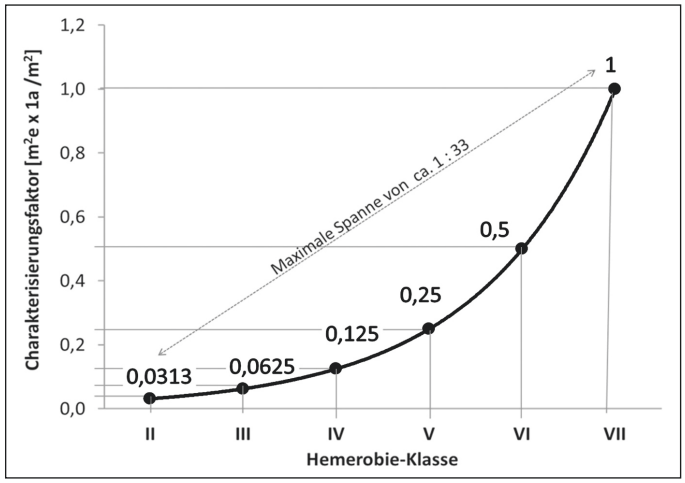


Abb. 3: Zuordnung von Charakterisierungsfaktoren zu den einzelnen Hemerobieklassen (Quelle: eigene Darstellung nach Fehrenbach et al. 2015)

3 Ergebnisse einer Probeanwendung

Das folgende Beispiel aus dem Bereich der Biogaserzeugung dient zur Veranschaulichung des Nutzeffektes der NFP-Charakterisierungsmethodik. Verglichen werden hierzu zwei verschiedene Produktionssysteme: (i) Basis Maissilage (aus intensivem Maisanbau) und (ii) Basis Grassilage (von extensivem Grünland).

In der reinen Sachbilanz (in Quadratmeter) wird auf Basis Mais für ein Megajoule Gas weniger Fläche beansprucht. Wird ergänzend die Flächenqualität berücksichtigt, führt die höhere Flächeninanspruchnahme durch das Extensivgrünland zu einem insgesamt geringeren Naturfernepotenzial (Abb. 4). Tabelle 3 gibt einen Überblick über die zugrundeliegenden Daten.

Tab. 3: Beispielhafte Daten für die Bestimmung von Flächenbedarf und Naturfernepotenzial (NFP) für Biogas aus Mais und Grasschnitt (Quelle: eigene Zusammenstellung)

Kategorie	Mais (Ganzpflanzensilage)	Grassilage (Extensivgrünland)	Einheit
Ernteertrag	41 000	20 000	kg / (ha · a)
Silierverluste	10 %	10 %	
Biogasertrag	4,23	3,6	MJ / kg Silage
Flächenbedarf (Sachbilanz)	0,064	0,154	m^2 ·1a / MJ Biogas
Hemerobie der Anbauflächen (Schätzung)	10 % Klasse V 90 % Klasse VI	80 % Klasse IV 20 % Klasse V	
Naturfernepotenzial (NFP)	0,0304	0,0232	m^2e · 1a/MJ

Abbildung 4 veranschaulicht die Wirkung der NFP-Charakterisierung grafisch.

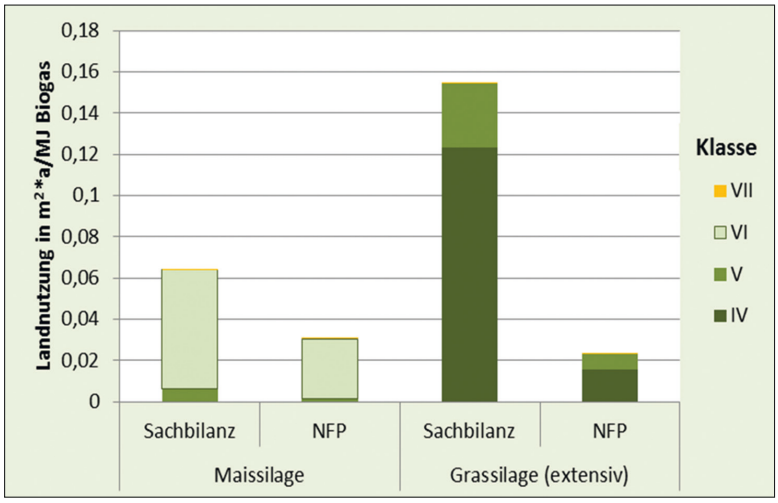


Abb. 4: Vergleich der reinen Sachbilanz mit der Charakterisierung gemäß NFP für Biogas aus Mais und Grasschnitt (Quelle: eigene Darstellung)

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 Ökosystemdienstleistungen, fruchtbaren Böden oder Naturnähe? Jede dieser Antworten ist möglich und 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 aus und ihren Abstand zu einem unbeeinflussten Zustand.

Die Bestimmung der Hemerobie erfolgt über multikriterielle Messvorschriften und führt zu einer Zuordnung der bewerteten Flächen in ein System ordinaler Klassen (I bis VII). Dies steht im vollen Einklang mit der Vorgehensweise der relevanten Fachwissenschaft im Umgang mit Hemerobie.

Das dargestellte Konzept ist anwendungsbereit für nahezu jede Art von Flächennutzung im mittel- bis nordeuropäischen Raum. Bedarf zur Erweiterung besteht für weitere Regionen der Welt, in erster Linie für solche, in denen biogene Rohstoffe für die globale Stoffstromwirtschaft erzeugt werden. Ziel ist ein über Europa hinausgehender Ausbau des Ansatzes zur Berücksichtigung der Naturraumbeanspruchung und der differenzier-

ten 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 (z. B. Deponien), angestrebt. In einem zweiten Bewertungsablauf, der allerdings getrennt von der Betrachtung der temporären Flächenbelegung erfolgt, wird zudem eine Methode für die Bewertung direkter und indirekter Flächennutzungsänderungen erarbeitet werden.

5 Literatur

AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2003): ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Teil D1, Version 3.2, Stand 01.07.2003. Teilkatalog Basis-DLM. http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/ok_d1.pdf (Zugriff: 13.07.2010).

de Baan, L.; Alkemade, R.; Koellner, T. (2013): Land use impacts on biodiversity in LCA: a global approach. Int J Life Cycle Assess (2013) 18: 1216-1230.

Beck, T.; Bos, U.; Wittstock, B.; Baitz, M.; Fischer, M.; Sedlbauer, K. (2010): LANCA – land use indicator value calculation in life cycle assessment. Fraunhofer, Stuttgart.

Berger, M.; Finkbeiner, M. (2017): Vereinfachte Umweltbewertung des Umweltbundesamtes (VERUM 2.0). UBA – Projektnummer 48059. TEXTE 28/2017.

Brandão, M.; Mila i Canals, L. (2013): Global characterisation factors to assess land use impacts on biotic production. Int J Life Cycle Assess (2013) 18: 1243-1252.

Bräuer, A. (2008): Bestimmung der Bodenversiegelung auf Basis des ATKIS Basis-DLM der Ausbaustufe 3. TU Dresden, Institut für Kartographie (Diplomarbeit, unveröffentlicht).

Chaudhary, A.; Brook, T. (2018): Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints; Environ. Sci. Technol. 2018, 52: 5094-5104.

Curran, M.; Maia de Souza, D.; Antón, A.; Teixeira, R. F. M.; Michelsen, O.; Vidal-Legaz, B.; Sala, S.; Milà i Canals, L. (2016): How Well Does LCA Model Land Use Impacts on Biodiversity? – A Comparison with Approaches from Ecology and Conservation; Environ. Sci. Technol.20165062782-2795.

Detzel, A.; Kauertz, B.; Grahl, B.; Heinisch, J. (2016): Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Geträn-keverpackungen. Im Auftrag des Umweltbundesamts, FKZ 3711 92 315. Texte | 19/2016. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pruefung-aktualisierung-der-oekobilanzen-fuer

EEA – European Environment Agency (2010): The European Environment – State and Outlook 2010: Land Use. European Environment Agency, Copenhagen.

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.

Klöpffer, W.; Grahl, B.:(2014): Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice. Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-32986-1, 440 Pages.

Koellner, T.; de Baan, L.; Beck, B.; Brandão, M.; Civit, B.; Margni, M.; Milà i Canals, L.; Saad, R.; Maia de Souza, D.; Müller-Wenk, R. (2013): UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and eco-system services in LCA. Int J Life Cycle Assess (2013) 18: 1188-1202.

Lindner, J. P.; Eberle, U.; Schmincke, E.; Luick, R.; Niblick, B.; Brethauer, L.; Knüpffer, E.; Beck, Schwendt, P.; Schestak I.; Arana, D. (2019): Biodiversität in Ökobilanzen. BfN-Skripten 528.

Meinel, G.; Förster, J.; Witschas, S. (2009): Geobasisdaten – Grundlage für die Berechnung von Indikatoren zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung. In: Kartographische Nachrichten 59 (2009) 5: 243-250.

Peyrl, R. (2014): Ökobilanzen und Lebenszyklusanalysen – Möglichkeiten und Grenzen. Bericht. Land Oberösterreich, Linz.

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). Texte 92/99. ISSN 1862-4804.

Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen, Heft 130. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.

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, November 2017, Pages 88-100.

Aufbau interkommunaler Geoportale für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung – technische Umsetzungsmöglichkeiten zur Verankerung eines Stadt-Land-Management-Werkzeuges in der Region

Matthias Pietsch, Matthias Henning, Susan Milatz

Zusammenfassung

In der Region Leipzig hat sich das Projekt StadtLandNavi zum Ziel gesetzt, die Entwicklung der Kulturlandschaft und der Bedarfe an Wohnbauflächen besser planen und einschätzen zu können. Dies geschieht vor dem Hintergrund einer Region, welche zeitlich und räumlich nah beieinander liegenden Wachstums- und Schrumpfungsprozessen unterliegt. Um eine bessere und dynamischere Informationsversorgung zu gewährleisten, soll unter anderem ein Stadt-Land-Management-Werkzeug entwickelt werden, welches den Akteuren in der Region aktuelle und auf die Fragestellung angepasste Informationen liefert. Schwerpunkt ist weiterhin die bedarfsorientierte Analyse der Inhaltstiefe und räumliche Betrachtungsebene. Für die Bereitstellung der dazu notwendigen Daten, Informationen und Visualisierungen in einem interkommunalen Geoportal nach der Projektlaufzeit wurden mögliche technische Umsetzungswege analysiert und mit den Bedarfen abgeglichen. Diese dienen als Abstimmungs-Basis für eine zukünftige Verankerung bei einem oder mehreren Akteuren in der Region.

1 Einführung

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung über die Förderrichtlinie Stadt-Land-Plus geförderte Vorhaben StadtLandNavi erarbeitet seit Ende 2018, zusammen mit dem eng verbundenen Projekt Interko2, Ansätze zur abgestimmten Entwicklung von Wohnbauflächen und zur Gestaltung der Kulturlandschaft vor dem Hintergrund von teils starkem Wachstum und Schrumpfung in der Region (*www.stadtlandnavi.de*). Mit einer durch Wachstumsprozesse verursachten Inanspruchnahme von Flächen für den Wohnungsneubau ist gleichzeitig aber ein Verlust auf Kosten anderer Landnutzungen verbunden (Potschin 2009; Schetke et al. 2012). Siedlungen übernehmen dagegen vielfältige weitere ökonomische, kulturelle und umweltrelevante Aufgaben (Amin, Tamima 2015, Bentivegna et al. 2002). Durch eine Neuausrichtung der kommunalen und regionalen Flächenpolitik und die Entwicklung einer integrierten Flächenkreislaufwirtschaft, die die Neuinanspruchnahme von Flächen für Baumaßnahmen reduziert, wird der Fokus verstärkt auf das Innenentwicklungspotenzial gerichtet (Spannowsky 2009; Weith 2009; Kötter et al. 2009). Damit sollen die ökologischen Funktionen unbebauter Flächen und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen langfristig gesichert werden.

Spätestens seitdem die Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung im Jahr 2002 (Bundesregierung 2002) veröffentlich und seither weiter fortgeschrieben wurden und im Jahr 2015 die Agenda 2030 für eine nachhaltige Entwicklung von allen UN-Mitgliedern verabschiedet wurde, spielt das Thema Flächenmanagement auf allen Verwaltungsebenen eine zunehmend größere Rolle. Dem Thema Flächenverbrauch werden mit dem 30-Hektar-Ziel der Bundesregierung und dem SDG 11.3 der UN Anforderungen an eine nachhaltige Siedlungsentwicklung gestellt (SDG konkretisiert auf die Ebene der Kommunen in Assmann et al. 2018). Eng damit verbunden stehen Fragen hinsichtlich demografischer Entwicklung und Daseinsvorsorge, welche auf der Ebene der Kommunen einen starken Einfluss auf die Entwicklung und den Bedarf an Flächen bewirken und gleichfalls eigene Ziele der Agenda der Bundesregierung und UN darstellen.

Um diese Ziele erreichen und nachverfolgen zu können, muss eine qualifizierte Informationsbereitstellung, für die Entwicklung von Siedlungsräumen mit den notwendigen Daten eines Flächenmanagements ergänzt um Daten der Demografie und der Daseinsvorsorge, erfolgen (Romano et al. 2017; Pietsch et al. 2017). Damit können wertvolle Informationen für eine Flächenreaktvierung von beispielsweise Brachflächen oder Baulücken gewonnen und Funktionen über ein Entscheidungsunterstützungssystem bereitgestellt werden. Dies trägt dazu bei, einen weiteren Flächenverbrauch für einen Neubau, welcher mit 58 Hektar (Statistisches Bundesamt 2018) nach wie vor weit über den Zielen liegt, zu vermeiden (Schmidt-Eichstaedt 2000). Mit der Bereitstellung kleinräumiger Bevölkerungsdaten sowie der Ableitung der demografischen Entwicklung kann die Bedarfsplanung in Siedlungsteilen weiter verbessert werden. Standorte und Auslastung von Daseinsvorsorgeeinrichtungen können die Datengrundlage für eine strukturierte Entscheidungsunterstützung ergänzen (Henning et al. 2019).

Die Informationsbereitstellung in hoher Aktualität und der notwendigen Informationstiefe wird zur besonderen Herausforderung, wenn Datenflüsse über Verwaltungsebenen oder Fachabteilungsgrenzen hinaus etabliert werden müssen. Geoportale und Web-GIS-Lösungen bieten seit einigen Jahren die benötigten Werkzeuge und können den Datenaustausch vereinfachen, die Datenqualität erhöhen, redundante Datenhaltungen vermeiden und schaffen die Voraussetzungen für zeit- und ortsunabhängige Verwaltungsdienste (Deutscher Städtetag/Deutscher Landkreistag/Deutscher Städte- und Gemeindebund 2013; Müller, Würriehausen 2013).

Eines der Ziele des Projektes StadtLandNavi ist die Einrichtung eines Stadt-Land-Management-Tools. Dies soll die notwendigen Informationen und Daten zur Entscheidungsunterstützung bereitstellen. Die im Folgenden dargestellten technischen Umsetzungsmöglichkeiten sind das Ergebnis der ersten Evaluierungen im Projekt.

2 Zielstellung des Vorhabens StadtLandNavi

Das Projekt StadtLandNavi möchte Ansätze zu einer abgestimmten Entwicklung in der Leipziger Region erarbeiten. Dies geschieht vor dem Hintergrund des Wunsches nach besserer Abschätzbarkeit von zeitlich und räumlich nah beieinander liegenden Wachstums- und Schrumpfungsprozessen in der Stadt selbst so wie in den Gemeinden des Umlandes. Ein Ansatz des Projektes ist die Einrichtung eines sogenannten Stadt-Land-Management-Tools. Dieses führt Funktionen eines Geoportals, eines Entscheidungsunterstützungssystems und einer Wissensplattform zusammen. Im Projekt zu erarbeitende und mit den Akteuren der Region abzustimmende Indikatoren sollen über eine gezielte Informationsversorgung Hilfestellung während Planungsprozessen leisten. Mit konkreten Umsetzungsprojekten werden die erarbeiteten Lösungsansätze des Stadt-Land-Management-Tools evaluiert und die Informationsversorgung überprüft. Ein entscheidender Faktor wird in der Projektlaufzeit die Verankerung des Werkzeugs in der Region sein sowie die Verstetigung der Datenflüsse und Verwaltungsvereinbarungen, welche für die Informationsbereitstellung nach dem Projekt notwendig sind. Eine akteursbezogene Bedarfsanalyse auf allen Ebenen (Kommunen, Landkreis, Regionaler Planungsverband und weitere Akteure in der Region) in der Region liefert die Anforderungen, welche im einzurichtenden Stadt-Land-Management-Tool umgesetzt werden sollen. Für eine Diskussion der späteren Verankerung in der Region mit potenziellen Akteuren müssen die technischen Möglichkeiten analysiert werden.

3 Evaluierung von Varianten der technischen Umsetzung

Ein Schwerpunkt während der Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems bzw. Geoportals ist die technische Umsetzung und Verankerung in der Region. Besondere Rücksicht sollte bei der technischen Umsetzung auf die bereits existierende Infrastruktur genommen werden. Eine Integration in eine bestehende Infrastruktur ist dabei ebenso möglich wie der Parallelbetrieb einzelner Komponenten. Im Folgenden werden Lösungen diskutiert, welche unterschiedlichen Einrichtungsaufwand erfordern und unterschiedlichen Funktionsumfang bieten. Die Rahmenbedingungen der Umsetzungsmöglichkeiten sollen in den kommenden Schritten des Projektes dabei helfen, einen geeigneten Akteur in der Region zu finden, welcher ein Hosting und Pflege des Systems auch nach der Projektlaufzeit leisten könnte.

Bei der Folgenden Diskussion der Möglichkeiten wird nicht auf Kosten oder einzelne Softwareprodukte eingegangen, da diese im jeweiligen Einzelfall zu betrachten sind. Die beiden abgebildeten Beispiele im Kapitel 3.1 und 3.2 dienen nur der Veranschaulichung, und die Wahl der Software ist wertungsfrei zu verstehen.

3.1 Lokale Erarbeitung und Bereitstellung von Karten und Analysen über eine Wissensplattform (Webseite)

Eine Möglichkeit ohne Änderung bestehender Infrastruktur ist die lokale Datenverwaltung und Erstellung von Kartenlayouts und Analysen, welche als PDF-Dateien veröffentlicht werden. Die Ergebnisse können über Netzwerkfreigaben, Cloud-basierte Ordnerfreigaben oder über eine bereits existierende Webseite den Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Um den Nutzern insbesondere bei Kartenlayouts grundlegende GIS-Funktionalitäten zur Verfügung stellen zu können bietet es sich an, die räumlichen Erweiterungen des PDF-Formats zu nutzen („Geospatial-PDF"). Dies erlaubt eine Layersteuerung, Attribut-Abfragen sowie Messwerkzeuge. Da nur PDF-Dateien für die Informationsbereitstellung verwendet werden, ist eine Pflege dieser Daten in einem Webauftritt sehr einfach. Ein Zugriff auf einen Webserver selbst ist nicht notwendig und die Änderungen können über Contentmanagement-Werkzeuge erfolgen. Zur Erstellung ist ein Desktop-GIS notwendig sowie ein Export oder Umwandlung in ein Geospatial-PDF. Hierfür existieren kommerzielle wie auch freie Lösungen. Für die Betrachtung von PDF mit räumlichen Inhalten muss ein geeigneter Betrachter genutzt werden. Der häufig vorzufindende Reader von Adobe erfüllt dies ohne weitere Kosten. Eine Karte, welche als Beispiel mit Daten des Bundesamtes für Kartografie und Geodäsie erstellt wurde, zeigt Abbildung 1.

Vorteile:
Einfach umzusetzen, da Voraussetzungen häufig bereits vorhanden sind. Ein Zugangsschutz kann neben den Möglichkeiten des Webservers auch mit einem Schutz der Dokumente selbst erreicht werden.

Nachteile:
Erfahrener GIS-Anwender für die Datenverwaltung, Layouterstellung und Indikatoren-Berechnung notwendig. Jede Aktualisierung muss im Einzelfall erfolgen, oder es müssen automatisierte Programmabläufe entwickelt werden. Keine Geodienste möglich. Funktionsumfang auf der Seite des Nutzers richtet sich nach den Möglichkeiten der PDF.

3.2 Lokale Erarbeitung und Veröffentlichung über Webserver ohne zusätzlichen Geoserver

WebGIS-Anwendungen besitzen einen Funktionsumfang, welcher über die Möglichkeiten einer PDF-Nutzung hinausgeht. Diese in JavaScript programmierten Anwendungen werden im Browser des Nutzers ausgeführt und der Programmcode wird über einen Webserver ausgeliefert. Die dazu notwendigen JavaScript-Bibliotheken existieren sowohl von kommerziellen Anbietern als auch als freie Software. Um den Programmieraufwand zu vermeiden, existieren wiederum Anwendungen, welche ein einfaches Erstellen

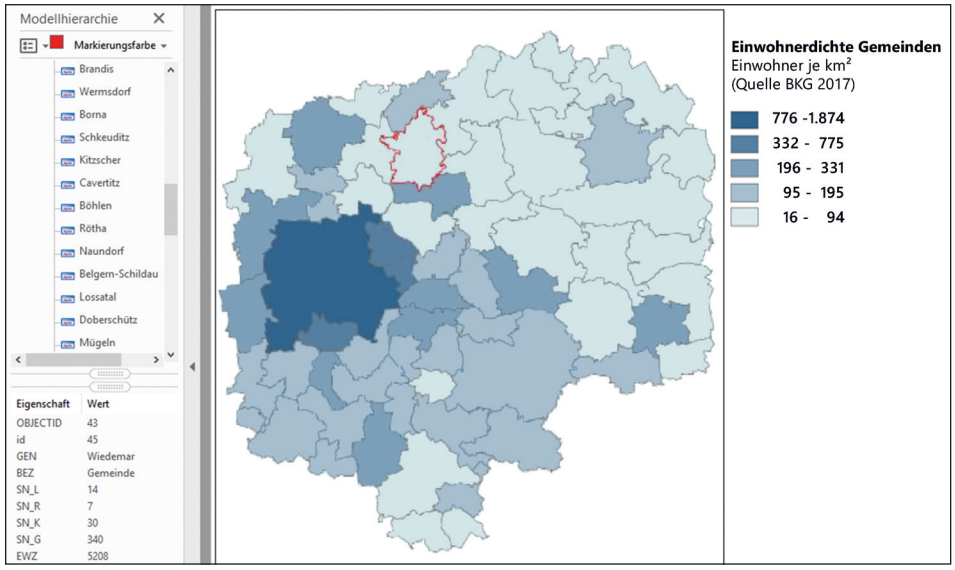


Abb. 1: Beispiel der Objektdatenwerkzeuge in einem Geospatial PDF im Adobe Acrobat Reader

über eine grafische Oberfläche erlauben oder den direkten Export aus GIS-Programmen heraus ermöglichen (Abb. 2). Es existiert kommerzielle und freie Software für Erstellung oder Export. Im Ergebnis werden die Dateien der Webanwendung zusammen mit den Geodaten als einfache Ordner und Dateien auf den Webserver kopiert. Die Webanwendung wird über die index.html und die darin verlinkten Dateien ausgeliefert und im Browser gestartet. Für die Pflege eines solchen Systems muss der Ersteller Zugriff auf den Webserver haben, um die Dateien dort hochladen zu können.

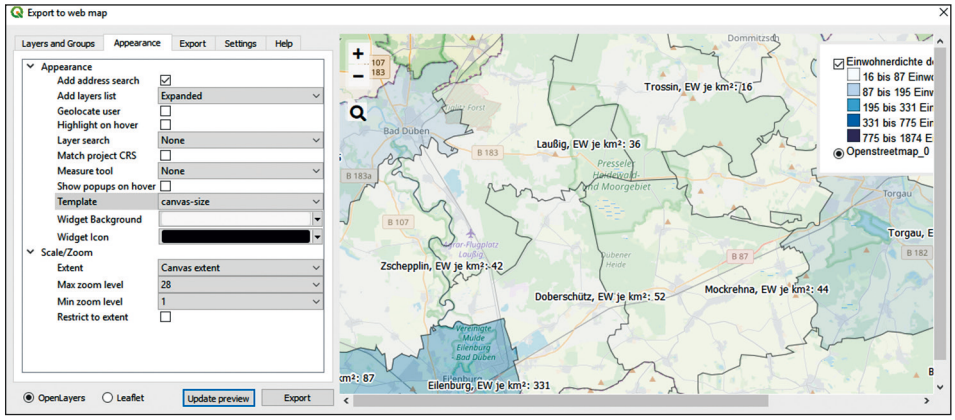


Abb. 2: Beispiel einer Webclient-Exportfunktion aus einem GIS heraus. QGIS mit der Erweiterung Qgis2Web und Gemeinde-Daten des BKG sowie Openstreetmap als Hintergrundkarte

Vorteile:
Für erfahrene GIS-Anwender stehen automatisierte Export-Anwendungen zur Verfügung. Webanwendungen können mit geringem Aufwand erzeugt werden. Ein einfacher Zugangsschutz kann über die Zugriffsregeln des Webservers umgesetzt werden. Teilweise ist die Einbindung von Webdiensten möglich, wodurch Datensätze anderer Dienstleister und Behörden automatisch aktuell genutzt werden können.

Nachteile:
Die Verfügbarkeit und Erfahrung mit einem Desktop-GIS ist notwendig. JavaScript-Programmierer oder eine zusätzliche Erstellungs- oder Exportsoftware ist notwendig. Vor diesem Hintergrund können Zusatzkosten entstehen. Funktionsumfang und Einfachheit der Nutzung ist stark von der gewählten Software abhängig.

3.3 Veröffentlichung über Cloud-Dienste

Wenn die Veröffentlichung der Indikatordarstellungen nicht über eine eigene Webseite erfolgen soll, aber dennoch eine Sichtbarkeit für die Öffentlichkeit gegeben sein soll, bieten sich Cloud-Dienste an. Dabei wird von den Cloudanbietern der gesamte Software-Unterbau eines Geoportals zur Verfügung gestellt (auch „Plattform as a Service“). Auch die Nutzung von Geoprozessierungs-Funktionen existiert. Damit ist, neben der Indikatoren-Berechnung im Desktop-GIS, auch eine Bearbeitung ohne eigenes GI-System möglich. Teilweise ist die Einbindung von Geodiensten möglich, wodurch stets aktuelle Daten anderer Dienstleister und Behörden abrufbar sind. Gegenüber dem einfachen Passwortschutz der ersten beiden Varianten muss in den Cloud-Diensten ein Rechte- und Rollenkonzept vorhanden sein, sollte eine gezielte Freigabe erforderlich werden. Die Abrechnungsmodelle der Anbieter sind unterschiedlich und richten sich aber häufig nach der Anzahl der Seitenaufrufe oder der Speichermenge, welche für die Daten verwendet wird. Es existieren in begrenztem Umfang kostenfreie Varianten.

Vorteile:
Der Vorteil besteht in der einfach einzurichtenden Umsetzung einer Veröffentlichung über Web-Technologien. Die Datenhaltung, Backup etc. sind nicht in der eigenen Verantwortung.

Nachteile:
Nachteile bestehen eventuell in den, nicht für jede Aufgabenstellung ausreichenden, Grundfunktionen. Die Erweiterung erfordert Programmieraufwand (JavaScript). Unter Umständen unklare Datenhoheit bei der Speicherung von Daten in der Cloud.

3.4 Veröffentlichung über ein Geoportal

Soll ein Geoportal verwendet werden, ergeben sich die Vor- und Nachteile dieses Systems. Einer der größten Vorteile ist allerdings, dass häufig bereits Geoportale oder fertige Lösungen in einer Region existieren und die zusätzlichen Informationen und Indikatordarstellungen sich leicht ergänzen lassen. Muss ein Geoportal aufgebaut werden, so ist das Hosting, die Datenhaltung, Webserver, Geoserver, Rechtekonzepte und Webclient einzurichten. Sollen mehr als nur einfache Grundfunktionen im Geoserver oder Webclient verwendet werden, entsteht ein zusätzlicher Administrationsaufwand für den Geoserver und teils erheblicher Entwicklungsaufwand für die Webanwendung. Durch die Daten-Auslieferung auf Basis von Geodiensten, wie WMS und WFS, können Mehrwerte geschaffen werden. Dies kann zum einen die Weiterverarbeitung in Desktop-GIS sein und zum anderen die Integration in andere Plattformen oder Geoportale.

Vorteile:
Der Vorteil liegt im hohen Funktionsumfang. Die Daten-Auslieferung über die Geodienste liefert Mehrwerte in der Weiternutzung. Zumeist bereits bei einem Akteur in der Region vorhanden.

Nachteile:
Soll ein Geoportal eigens für den Zweck eines Stadt-Land-Management-Werkzeuges eingerichtet werden, ist dies mit hohem Aufwand für Einrichtung und Pflege verbunden.

4 Fazit

Für eine Verankerung eines Stadt-Land-Management-Werkzeuges in Form einer interkommunalen Lösung ist ein Akteur in der Region notwendig, welcher sich den personellen und ressourcenseitigen Herausforderungen stellen kann, auch wenn Förderungen oder interkommunale Verträge dies unterstützen sollten. Mit der Analyse von technischen Varianten zur Informationsbereitstellung kann auf vielfältige Anforderungen oder Ausgangslagen in einer Region reagiert werden. Damit können in Diskussionen mit möglichen Akteuren für die Verwaltung und das Hosting eines Stadt-Land-Management-Werkzeuges bereits die notwendigen Vor- und Nachteile abgewogen werden.

5 Literatur

Amin, R. S.; Tamima, U. (2015): Spatial pattern of sustainable urban development indicator for the montreal urban community. Journal of Architecture and Urbanism, Vol. 39 (4): 220-231.

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.

Bentivegna, V.; Curwell, S.; Deakin, M.; Lombardi, P.; Mitchell, G.; Nijkamp, P. (2002): A vision and methodology for integrated sustainable urban development: BEQUEST, Building Research & Information 30(2): 83-94.

Bundesregierung. (2002): Perspektiven für Deutschland: Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung.

DEUTSCHER STÄDTETAG, DEUTSCHER LANDKREISTAG, DEUTSCHER STÄDTE- UND GEMEINDEBUND (Hrsg.) (2013): Einsatz von Geoinformationen in Kommunen, Berlin. German Council of Sustainability 2004 Mehr Wert für die Fläche: Das „Ziel-30-ha" für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land, Empfehlungen an die Bundesregierung.

Henning, M.; Pietsch, M.; Schlaugat, J. (2019): Entwicklung eines Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystems als Baustein für Smart Regions. In: Schrenk, Popovich, Zeile, Elisei, Beyer (Hrsg.): REAL CORP 2019 Proceedings, 281-289.

Kötter, T.; Frielinghaus, B.; Schetke, S.; Weigt, D. (2009): Intelligente Flächennutzung – Erfassung und Bewertung von Wohnbaulandpotenzialen in der Flächennutzungsplanung Flächenmanagement und Bodenordnung, 1 (2009): 39-45.

Müller, H.; Würriehausen, F. (2013): Semantic Interoperability of German and European Land-Use Information. In: Murgante B. et al. (Eds.): ICCSA 2013, Part III, LNCS 7973, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 309-323.

Pietsch, M.; Henning M.; Richter, A. (2017): Nutzungsmöglichkeiten des Standards Xplanung für ein nachhaltiges Flächenmanagement. In: Bill, Zehner, Golnik, Lerche, Schröder, Seip (Hrsg.): GeoForum MV 2017 – Mit Geoinformationen planen!, GITO mbh Verlag, 15-22.

Potschin, M. (2009): Land use and the state of the natural environment. Land Use Policy. Vol. 26, p. 170-177.

Romano, B.; Fiorini, L.; Zullo, F.; Marucci, A. (2017): Urban growth control DSS techniques for de-sprinkling process in Italy, Sustainability 9, 1-15.

Schetke, S.; Haase, D.; Kötter, T. (2012): Towards sustainable sttlement growth: A new multi-criteria assessment for implementing environmental targets into strategic urban planning. Environmental Impact Assessment Review, Vol. 32, 195-210.

Schmidt-Eichstaedt, G. (2000): Das Baulandkataster. vhw Verlag Deutscher Volksheimstättenwerk GmbH, Bonn.

Spannowsky, W. (2009): Rahmenbedingungen für den Aufbau eines Flächenmanagements. In: Weith, T. (Hrsg.): Flächenmanagement im Wandel. Sonderheft Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 16/2009, 9-19.

Statistisches Bundesamt (2018): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2017.

Weith, T. (2009): Bausteine zur Nachhaltigkeit in Flächenpolitik und Flächenmanagement. In: Weith, T. (Hrsg.): Flächenmanagement im Wandel. Sonderheft Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 16/2009, 23-37.

Pole der Unerreichbarkeit in Deutschland

Martin Behnisch, Martin Schorcht, Hanna Poglitsch, Denis Reiter

Zusammenfassung

Es wird die Frage adressiert, ob es in Deutschland überhaupt noch gebäudefreie Zonen bzw. sogenannte Pole der Unerreichbarkeit gibt. Auf Basis eines Berechnungsansatzes mittels Euklidischer Distanzen wird gezeigt, dass der abgelegenste Pol der Unerreichbarkeit nur 6,3 km vom nächsten Gebäude entfernt liegt, d. h. einem Kreis mit einem Durchmesser von 12,6 km entspricht. Die ersten fünf Pole werden oder wurden ironischerweise als Truppenübungsplätze genutzt. Die empirischen Befunde stehen im Kontext vieler ökologischer, soziokultureller und wirtschaftlicher Fragen der Stadt- und Raumentwicklung, wie dem Einfluss des Naturschutzes, dem Verlust wertvoller Böden, den Bedingungen für Arbeit, Wohnen und Erholung sowie den Kosten der Infrastruktur.

1 Einführung

Der vorliegende Beitrag basiert auf dem englischsprachigen Originalbeitrag (Behnisch et al. 2019) und fokussiert hier in Auszügen auf die Fragestellung, inwieweit es in Deutschland überhaupt noch gebäudefreie Zonen gibt. Als theoretischer Ankerpunkt dient das Konzept der Pole der Unerreichbarkeit bzw. der Pole der Unzugänglichkeit (Englisch: 'pole of inaccessibility'; Stefansson 1920; siehe Abschnitt 3). Aufgrund der Verfügbarkeit neuer georeferenzierter Datenquellen haben sich die Möglichkeiten zur Beschreibung des Siedlungssystems hinsichtlich seiner physisch-strukturellen Eigenschaften deutlich verbessert. Die gebäudefreien Zonen stehen in Verbindung mit den Bestrebungen hin zu einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung und ordnen sich ein in die Debatte um den immer größer werdenden Bedarf an Wohnraum und den schonenden Umgang mit der begrenzten Ressource Boden.

2 Daten

In der vorliegenden Studie wird das Produkt „Amtliche Hausumringe Deutschland" (HU-DE) verwendet, welches georeferenzierte Umringpolygone der Gebäudegrundrisse aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) der Vermessungsverwaltungen der Bundesländer enthält. Das Produkt entspricht den von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) festgelegten Standards für Datenformate und -inhalte und wird von der Zentralen Stelle Hauskoordinaten und Hausumringe (ZSHH) vertrieben. Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) bietet für Bundesbehörden und

wissenschaftlichen Einrichtungen eine gesonderte Version dieser Daten an. Die Qualität der Daten hängt von der Darstellung der Gebäude und der Gebäudeerfassung in ALKIS ab. Die hier angewendete Datenvorverarbeitung basiert auf einem entwickelten und getesteten Verfahren mit den folgenden Teilschritten (Hartmann et al. 2016): (i) Behebung von topologischen Inkonsistenzen, (ii) Entfernung von Kleinstpolygonen (Schwellenwert Mindestfläche 10 m²) und (iii) Entfernung von atypischen Polygonen. Nach der Datenaufbereitung besteht der Gebäudebestand im Jahr 2015 aus 48 791 451 Gebäudepolygonen.

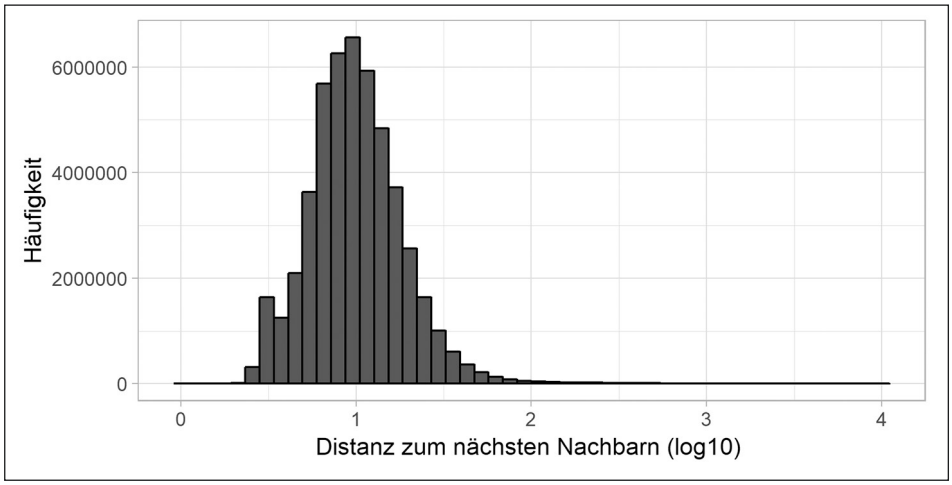


Abb. 1: Histogramm der Nächste-Nachbar-Distanz von Gebäuden (Quelle: eigene Bearbeitung; Geobasis-DE/BKG 2017)

Abbildung 1 zeigt ein Histogramm für die Nächste-Nachbar-Distanz der Gebäudepolygone. Der Median der Nächste-Nachbar-Distanz beträgt 9,61 m und der Mittelwert liegt bei 12,73 m. 90 % aller Gebäude weisen eine Nächste-Nachbar-Distanz von unter 21,15 m auf. Diesbezüglich deutet sich eine sehr große Nähe von Gebäuden an.

Abbildung 2 zeigt die Gebäudedichte als klassifizierte Rasterdarstellung mit 10 km Auflösung. Gezählt wird hier die Anzahl der Gebäude in jeder Zelle. Hervorzuheben ist, dass jede der klassifizierten Rasterzellen mindestens ein Gebäude enthält. Es zeichnet sich insgesamt ein kontrastierendes Bild von hoch verdichteten und geringer verdichteten Untersuchungseinheiten ab. Zahlreiche Stadtregionen und Agglomerationen verfügen erwartungsgemäß über besonders hohe Dichten. Der größte Ballungsraum ist die Metropolregion Rhein-Ruhr.

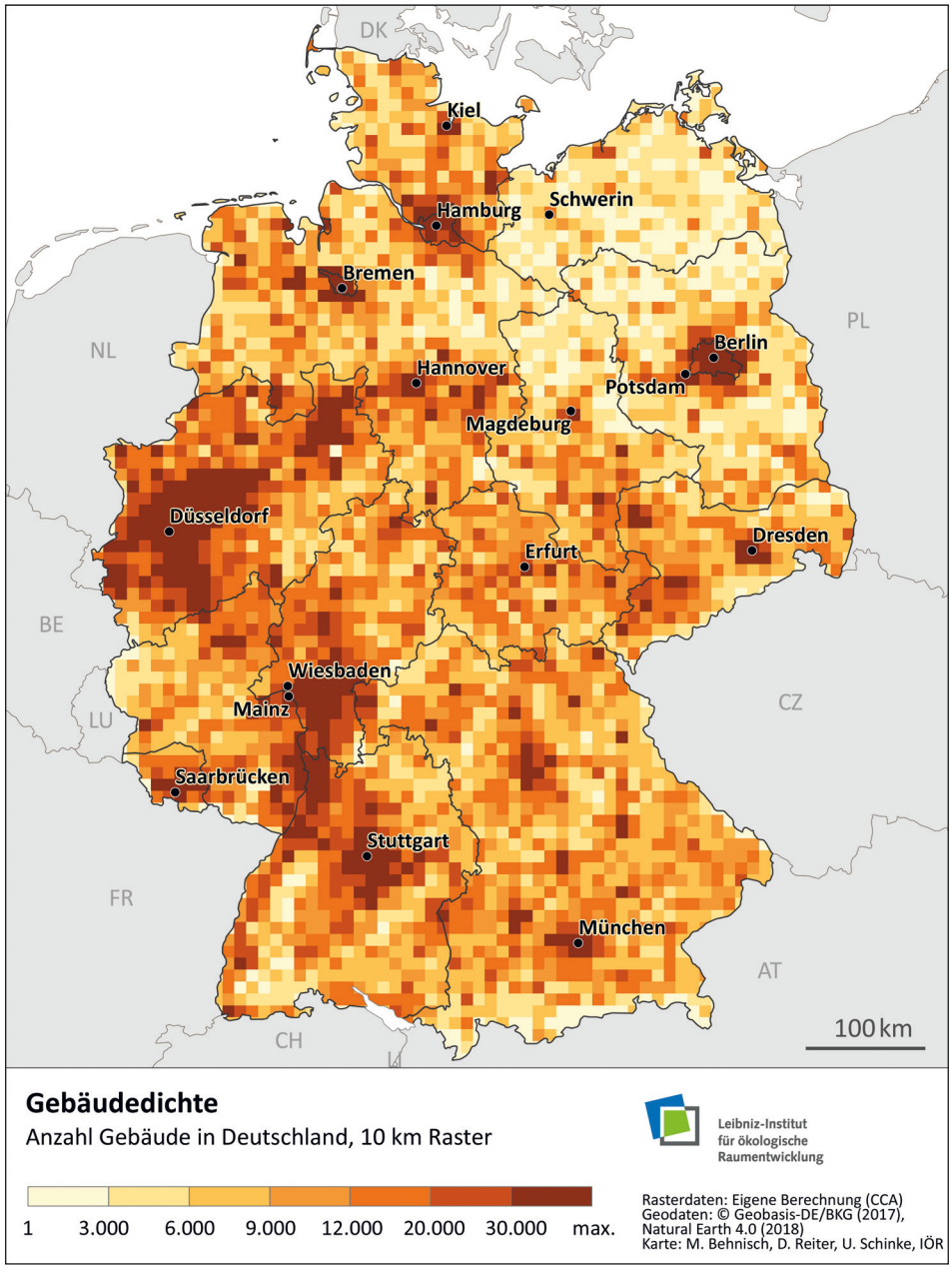


Abb. 2: Rasterbasierte Darstellung der Gebäudedichte in Deutschland. Die Farbcodierung markiert die Anzahl der Gebäude pro Rasterzelle mit einer Zellgröße von 10 km². Zusätzlich dargestellt sind die 16 Bundesländer und ihre Landeshauptstädte (Quelle: s. Abb.)

3 Messansatz zu den Polen der Unerreichbarkeit

Das hier verwendete Konzept zur Bestimmung der Pole der Unerreichbarkeit wurde erstmals von Vilhjalmur Stefansson (1920), einem kanadischen Polarforscher, eingeführt, um zwischen dem Nordpol und schwer zugänglichen Orten in der Arktis zu unterscheiden. Zu dieser Zeit wurde die Entfernung vom Meer mit Isolation und Unzugänglichkeit assoziiert. Ein Pol der Unzugänglichkeit wurde als jener Standort definiert, der am weitesten von der Küstenlinie entfernt ist. In der Folgezeit wurde der Begriff häufig verwendet, um auch die Punkte zu bezeichnen, die am weitesten von einer bestimmten Küste entfernt liegen – entweder an Land oder im Meer (siehe beispielsweise Garcia-Castellanos, Lombardo 2007). In diesem Beitrag wird zur gebäudebasierten Polbestimmung ein binäres Raster mit 10 m Auflösung als Ausgangspunkt genutzt, wobei eine Zelle belegt ist, wenn sie mindestens ein Gebäude enthält. Darauf aufbauend wird eine euklidische Entfernungsfunktion verwendet, die für alle Rasterzellen die Entfernung zum nächsten Gebäude bestimmt. Die sogenannten Pole der Unerreichbarkeit ergeben sich als Zentren derjenigen Zonen mit den größten Distanzen zu Gebäuden.

4 Ergebnisse zu den Polen der Unerreichbarkeit

Abbildung 3 veranschaulicht die Entfernung zum nächstgelegenen Gebäude. Es zeigt sich, dass die meisten Gebiete in Deutschland eine geringe Distanz zum nächsten Gebäude aufweisen. Es gibt nur wenige Bereiche mit Entfernungen größer als 2 000 m. Besonders hervorgehoben sind die fünf größten gebäudefreien Zonen bzw. Pole der Unerreichbarkeit.

Abbildung 4 zeigt die fünf Pole in höher aufgelöster Einzeldarstellung. Es deutet sich an, dass noch genutzte oder ehemalige Truppenübungsplätze wohl die am wenigsten mit Gebäuden bebaute Fläche aufweisen. Es handelt sich um die Truppenübungsplätze (TÜP) Bergen im Süden der Lüneburger Heide (maximale Entfernung zum nächsten Gebäude: 6 320 m), Baumholder (4 850 m) in Rheinland-Pfalz, Hohenfels (4 250 m) in der Oberpfalz und Oberlausitz (4 170 m) im Nordosten von Sachsen sowie der ehemalige TÜP Kyritz-Ruppiner Heide (4 440 m) in Brandenburg. In den Detaildarstellungen ist zu beachten, dass sich die drei nächstgelegenen Gebäude aus geometrischen Gründen etwa auf den Kreisen um die Pole befinden (Dreipunktproblem des Apollonius), welche die größtmögliche Entfernung hervorheben.

Im Zuge einer visuellen Inspektion auf Basis von Luftbildern wurde festgestellt, dass die fünf größten Pole durchaus weitere Gebäude beinhalten können, allerdings sind diese nicht Teil des amtlichen Liegenschaftskatasters und dienen wahrscheinlich häufig zu Ausbildungszwecken. Die Kyritz-Ruppiner Heide, der fünfte Pol im Nordwesten Berlins, wird auch als „Bombodrom“ bezeichnet und war bis 2011 ebenfalls ein Truppenübungsplatz. Seine ökologische Bedeutung wird mittlerweile explizit hervorgehoben

Abb. 3: Pole der Unerreichbarkeit (Quelle: s. Abb.)

(Petrischak, Fürstenow 2018). Die jüngste Erkenntnis, dass die ersten Territorien, die von Wölfen in Deutschland über weite Strecken rekolonisiert wurden, Truppenübungsplätze sind (Reinhardt et al. 2019), legt paradoxerweise auch nahe, die Pole der Unerreichbarkeit als stille Orte zu verstehen. Diese Sichtweise ist natürlich eher metaphorisch, da in diesem Messansatz andere Infrastrukturen wie Straßen keine Berücksichtigung erfahren.

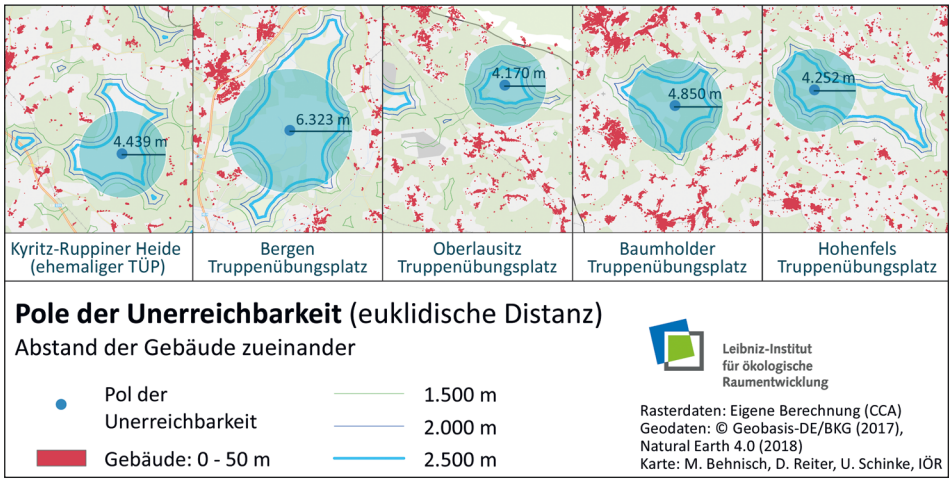


Abb. 4: Details zu den Polen der Unerreichbarkeit (Quelle: s. Abb.)

5 Fazit

In vielen Teilen der Welt wird Boden zu einer knappen Ressource, die Kompromisse zwischen Urbanisierung, landwirtschaftlicher Expansion und Naturschutz erfordert (Foley et al. 2005; Haber 2007). Die vorgestellte Analyse zu den Polen der Unerreichbarkeit in Deutschland zeigt, dass selbst die abgelegensten Orte vom Menschen genutzt werden und die größten Flächen ohne Bebauung in der Regel keine Nationalparks oder anderweitig geschützte Flächen sind. Bezogen auf die gesamte Landesfläche in Deutschland betragen die Siedlungs- und Verkehrsflächen im Jahr 2015 laut amtlicher Statistik rund 13,7 % (Beckmann, Dosch 2018). Die distanzbasierten Messansätze erhöhen das Verständnis über das räumliche Muster der bestehenden Siedlungen (Stand 2015). Vor dem Hintergrund der nachhaltigen Siedlungsentwicklung können sicherlich sowohl die flächen- als auch die entfernungsbasierten Messkonzepte wichtige Beiträge für die Planung und Entscheidungsfindung leisten.

Künftig lassen sich mittels Daten zum Straßen- und Wegesystem aus ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) die gebäudebasierten Messergebnisse in ihrer Aussage überprüfen. Darüber hinaus sind neben Ländervergleichen

auch zeitliche Vergleichsuntersuchungen denkbar, um die Größenveränderung der gebäudefreien Zonen abzubilden.

Es bleibt zu prüfen, ob die vorgestellten distanzbasierten Messungen und abgeleiteten Pole auch das Potenzial besitzen, um in bestehenden Umweltmonitoringinstrumenten Anwendung zu finden.

6 Literatur

Beckmann, G.; Dosch, F. (2018): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Springer, Wiesbaden, Ch. 1: 3-23.

Behnisch, M.; Schorcht, M.; Kriewald, S.; Rybski, D. (2019): Settlement percolation: A study of building connectivity and poles of inaccessibility. Landscape and Urban Planning, Volume 191, 2019, 103631, ISSN 0169-2046. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103631

Garcia-Castellanos, D.; Lombardo, U. (2007): Poles of inaccessibility: A calculation algorithm for the remotest places on earth, Scottish Geographical Journal, 123/3, 227-233. DOI: 10.1080/14702540801897809.

Foley, J. A.; DeFries, R.; Asner, G. P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S. R.; Chapin, F. S.; Coe, M. T.; Daily, G. C.; Gibbs, H. K.; Helkowski, J. H.; Holloway, T.; Howard, E. A.; Kucharik, C. J.; Monfreda, C.; Patz, J. A.; Prentice, I. C.; Ramankutty, N.; Snyder, P. K. (2005): Global consequences of land use. Science 309 (5734): 570-574.

Haber, W. (2007): Energy, food and land the ecological traps of humankind. Environ. Sci. Pollut. R. 14 (6): 359-365.

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. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 5 (8): 142.

Petrischak, H.; Fürstenow, J. (2018): Vielfältiges Leben in Sand und Heide: Exkursion in Brandenburg. Biologie in unserer Zeit 48 (3): 180-188.

Reinhardt, I.; Kluth, G.; Nowak C.; Szentiks, C. A.; Krone, O.; Ansorge, H.; Mueller, T. (2019): Military training areas facilitate the recolonization of wolves in Germany. Conservation Letters. 2019; 12:e12635. https://doi.org/10.1111/conl.12635 (Zugriff: 19.08.19).

Stefansson, V. (1920): The region of maximum inaccessibility in the Arctic. Geogr. Rev. 10 (3): 167-172. URL https://www.jstor.org/stable/207749 (Zugriff: 19.08.19).

Smarte Datenerhebung

Die Planet-Konstellation – Kleinstsatelliten für ein automatisiertes Landbedeckungs-Monitoring

Rainer Malmberg, Jörg Ullrich, Michaela Zschunke, Sabine Rogge

Zusammenfassung

Die Planet-Konstellation bietet die einzigartige Möglichkeit einer täglichen Abdeckung der Erdoberfläche mit hochaufgelösten Satellitenbilddaten. Basierend auf diesen Daten – ergänzt um die frei verfügbaren Sentinel-Satellitenbilddaten – entwickelt die IABG verschiedene Monitoring- und Analyse-Services, welche potenziellen Entscheidungsträgern zur Verfügung gestellt werden. So lassen sich gezielt Naturkatastrophen und deren Auswirkungen möglichst zeitnah nach dem Ereignis flächenhaft darstellen oder langfristige Monitoring-Systeme etablieren. So können flächig wirkende Maßnahmen an die jeweiligen Lokalitäten angepasst geplant, überwacht und gesteuert werden.

Die Planet-Konstellation befindet sich in stetiger Erweiterung und Verbesserung. Die enge Zusammenarbeit von Planet mit seinen Partnern schafft Synergien und fördert die Entwicklung neuer Technologien und Services, so dass zukünftige Analysen und Services für Bedarfs- und Entscheidungsträger noch schneller und kosteneffizienter zur Verfügung gestellt werden können.

1 Die IABG mbH

Satellitentechnik und Fernerkundung haben in der IABG eine jahrzehntelange Tradition. Neben der Prüfung zahlreicher Satelliten in unserem Raumfahrt-Testzentrum auf ihre Weltraumtauglichkeit, werden auch Informationen aus den Bildern unterschiedlichster Aufnahmesysteme extrahiert. Unsere Geodatenexperten verarbeiten dabei Bilddaten optischer Sensoren und Radaraufnahmen ebenso wie LIDAR-Punktwolken. In Abhängigkeit vom gewünschten Detaillierungsgrad kommen dabei Aufnahmen von Satelliten, Flugzeugen oder Drohnen (Remotely Piloted Aircraft Systems – RPAS) zum Einsatz. Siebzig hochqualifizierte Mitarbeiter nutzen die Erdbeobachtung für eine Vielzahl von Fragestellungen, die einen ganzen Kontinent betreffen können oder auch ein einzelnes Flurstück. Dabei werden die Bilder nicht nur visuell ausgewertet, sondern mit Methoden der Objekt-basierten Bildanalyse (OBIA) semiautomatisch klassifiziert. Zusätzlich wird Deep Learning, ein Teilbereich der Künstlichen Intelligenz, genutzt, um die immer größer werdenden Datenmengen (Big Data) adäquat zu analysieren. Diese Datenarchive ermöglichen das Training der Neuronalen Netze und bilden zugleich die Grundlage für umfangreiche Analysen und ein effizientes Monitoring.

Ein Anbieter großer Bilddatenmengen ist Planet, welche eine umfangreiche Flotte von Kleinstsatelliten betreiben. Diese Kleinstsatelliten werden weiter unterteilt in (Wikipedia):

- Minisatelliten (100-500 kg)
- Mikrosatelliten (10-100 kg)
- Nanosatelliten (1-10 kg)
- Picosatelliten (0,1-1 kg)
- Femtosatelliten (< 0,1 kg).

Die IABG mbH arbeitet bereits seit mehreren Jahren als Reseller und Entwicklungspartner für Planet.

2 Die Planet-Konstellation

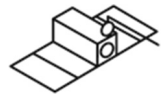
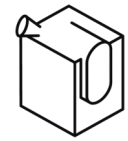
Stetig wachsende Naturgefahren stellen die Erdbeobachtung vor neue Herausforderungen. Mit der Planet-Konstellation wird ein tägliches Bild der gesamten Landmasse der Erde aufgenommen. Die Daten stehen spätestens 24 Stunden nach ihrer Aufnahme in einem cloud-basierten Archiv für die Weiterverarbeitung zur Verfügung. Planet erfasst und liefert Informationen schneller als alle anderen. Das bedeutet, dass man nahezu in Echtzeit Erdbeobachtung durchführen kann. Derzeit verfügt Planet über mehr als 120 Dove-, 14 SkySat- und 5 RapidEye-Satelliten. Die stetige Erweiterung der Flotte sowie die Kombination aus Abdeckung und Wiederholrate macht die Planet-Konstellation unvergleichbar.

2.1 Produkte und Spezifikationen

Neben den Bilddaten der durch Planet betriebenen Systeme Dove, SkySat und RapidEye kann man über die Plattform auch Daten beispielsweise von Landsat und Sentinel einsehen.

Die Dove-Satelliten stellen aktuell die größte Satelliten-Flotte für die Erdbeobachtung dar. Mit ihren mehr als 120 Einzelsatelliten kann die gesamte Erdmasse mindestens einmal täglich abgedeckt werden und das mit einer geometrischen Auflösung von ca. 3 m und 4 Spektralkanälen (BGRNir). Ergänzend dazu können die SkySat-Satelliten genutzt werden. Diese haben eine sehr hohe Auflösung (0,8 m) durch den zusätzlichen panchromatischen Kanal. Diese Satelliten werden v. a. durch das angebotene Tasking interessant, bei dem man individuell die gewünschten Aufnahmegebiete und Zeiträume beauftragen kann (Datenbestellung und Tasking erfolgt über Reseller). Die RapidEye-Satelliten fügen sich ergänzend durch ihren Red Edge-Kanal in die Konstellation ein. Eine Übersicht der Spezifikationen aller 3 Satelliten ist in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Spezifikationen der Planet Konstellation (Quelle: eigene Bearbeitung)

	PlanetScope	SkySat	RapidEye
			
Größe	10 x 10 x 30 cm	60 x 60 x 95 cm	< 1 m³
Masse	4 kg	110 kg	150 kg
Anzahl Satelliten	120+	14	5
Spektralkanäle [nm]	Blau: 455 – 515 Grün: 500 – 590 Rot: 590 – 670 NIR: 780 – 860	Blau: 450 – 515 Grün: 515 – 595 Rot: 605 – 695 NIR: 750 – 900 Pan: 450 – 900	Blau: 440 – 510 Grün: 520 – 590 Rot: 630 – 685 Red Edge: 690 – 730 NIR: 760 – 850
Flughöhe	475 km	600 km	630 km
Pixelgröße	3 m	1 m 0,8 m (PAN)	5 m
Abdeckung pro Szene	~ 24,6 km x 16,4 km	~ 3,2 km x 1,3 km	~ 25 km x 25 km (Tiles)
Farbtiefe (Analytic)	16 bit	16 bit	16 bit
Wiederholrate	täglich	Individuelles Tasking	5,5 Tage (Nadir)

2.2 Roadmap

Die „klassischen" Dove-Satelliten werden nach und nach abgelöst. Die neue Generation der Dove-R-Satelliten ist seit 2018 mit einem verbesserten Kamerasystem ausgerüstet. Die Spektralkanäle sind geschärft, womit eine höhere Brillanz der Bilder erreicht wird. Außerdem ist eine bessere Coregistrierung der multisensoralen Bilddaten möglich. Derzeit wird an einer Verbesserung der spektralen Auflösung der Dove-Satelliten gearbeitet. Einen Überblick zu den spektralen Bändern der verschiedenen Dove Produkte gibt Abbildung 1.

3 Anwendungsbeispiele

3.1 Change Detection

Der Begriff Change Detection besagt nichts anderes, als dass mindestens zwei Bilder vom gleichen Gebiet miteinander verglichen werden. Dabei können die Änderungen durch direkten Bildvergleich ermittelt werden oder durch den Vergleich von Bildindizes. Änderungen können dabei unterschiedliche Ursachen haben, z. B. natürliche Veränderungen wie Vegetationswachstum oder Veränderungen durch äußere Einflüsse

(Schädlinge, Sturmschäden o. ä.). Die Methodik lässt sich in den unterschiedlichsten Bereichen einsetzen, beispielsweise Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Siedlungswirtschaft.

Die Ergebnisse einer Change Detection können unterschiedlichen Nutzen haben. Im Forstbereich beispielsweise können sie flächendeckend im Rahmen von Wiederaufforstungsprojekten genutzt werden, um betroffene Flächen z. B. bundeslandweit zu ermitteln und anschließend die Kosten für Aufforstungsmaßnahmen gezielt abschätzen zu können. Im Landwirtschaftsbereich werden die Daten u. a. für Vitalitätsanalysen, Fruchtfolgenbestimmung oder zur Überprüfung von Agrarbeihilfen (InVeKoS) eingesetzt.

In den folgenden beiden Abschnitten werden zwei Anwendungsbeispiele näher beleuchtet, bei denen eine Change Detection zum Einsatz gekommen ist.

3.1.1 Sturmschadenermittlung

Der Wald leidet unter dem Klimawandel. Die Folgen sind in den letzten Jahren deutlich zu sehen gewesen und werden es künftig noch mehr. Durch Stürme und Trockenheit sterben die Bäume ab oder werden geschwächt. Dies führt zu einer höheren Anfälligkeit für Schädlinge wie Borkenkäfer oder Pilze. Die entstandenen Schäden müssen schnell erfasst werden, um rasche Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Der Sturm Kolle vom 18. August 2017 richtete massive Waldschäden in Niederbayern an. Im Auftrag der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) erfasste die IABG Waldschäden des Sturmereignisses. Die tagesaktuellen PlanetScope-Satellitenbilder lieferten dabei entscheidende Vorteile. Zum einen konnten äußerst zügig wolkenfreie post-Disaster Bilder zur Verfügung gestellt werden. Zum anderen konnte durch die äußerst kurze Zeitspanne zwischen pre- und post-Disaster Aufnahmen der Einfluss weiterer waldbaulicher Maßnahmen weitestgehend ausgeschlossen werden, wodurch die Aussageschärfe der Ergebnisse deutlich gesteigert wurde. Im Rahmen einer Change Detection Analyse wurden die Änderungen im Waldbestand automatisch ermittelt und visuell verifiziert (Abb. 2). Innerhalb weniger Tage konnten wichtige Ergebnisse geliefert werden, die das LWF direkt bei der Schadensermittlung einsetzen konnte.

3.1.2 Erosionsschadenermittlung

Im Zuge von Starkregenereignissen, die voraussichtlich durch den Klimawandel noch zunehmen werden, entstehen immer wieder große Schäden. Um die Ausmaße möglichst schnell zu ermitteln, bieten sich auch hier die tagesaktuellen PlanetScope Daten an.

Im Raum Oelsnitz (Vogtland, Sachsen) gab es am 24.05.2018 ein Starkregenereignis, bei dem innerhalb einer Stunde bis zu 150 l/m² Regen gefallen sind. Darauf folgten einen Tag später weitere starke Gewitter mit Hagelschlag. Dadurch entstanden schwe-

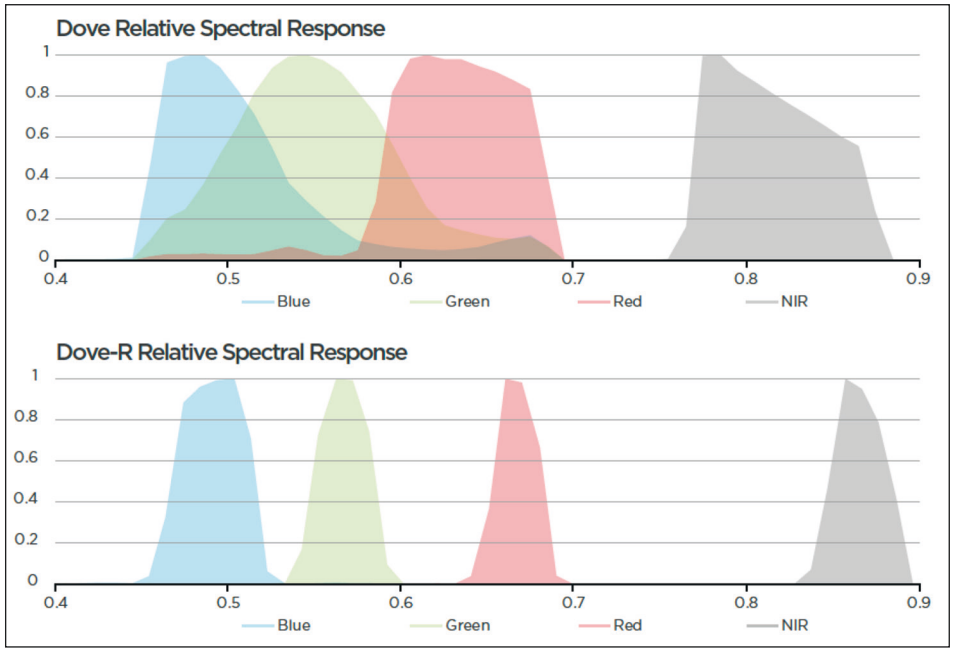


Abb. 1: Spektralkanäle der Dove Produkte (Quelle: IABG mbH, Hintergrundbild: © Planet Labs, Inc.)

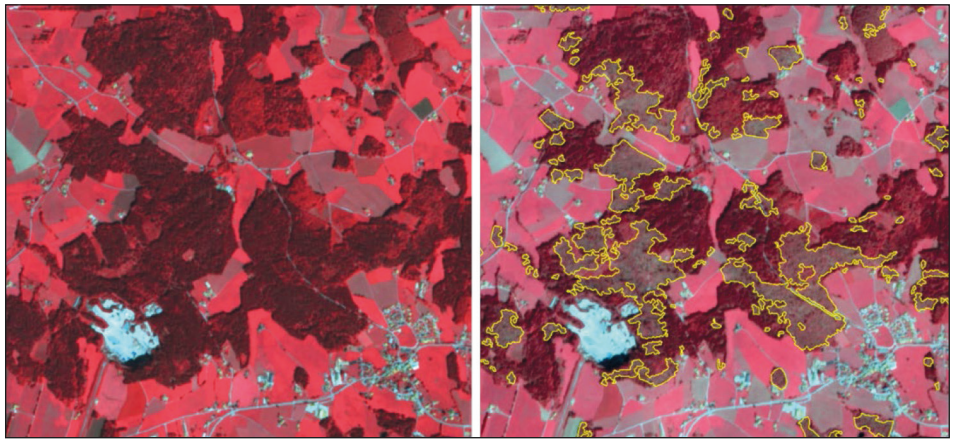


Abb. 2: Ergebnisse der Change Detection, links: © PlanetScope 15.08.2017, rechts: PlanetScope 30.08.2017 inkl. detektierte Schadflächen (Quelle: IABG mbH, Hintergrundbilder: © Planet Labs, Inc.)

re Schäden an Straßen und Bahntrassen. Für die Ermittlung der betroffenen Flächen wurden PlanetScope-Bilder vom 20.05.2018 (vorher) mit Bilddaten vom 29.05.2018 (nachher) verglichen. Die Bildauswertung erfolgte dabei automatisiert. Einen Ausschnitt der Ergebnisse zeigt die Abbildung 3.

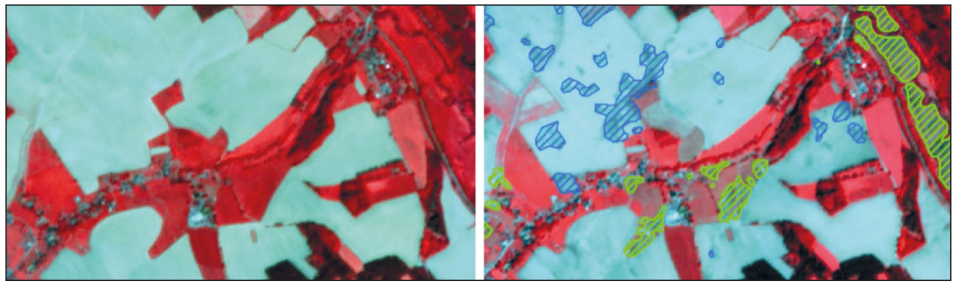


Abb. 3: Ergebnisse einer Change Detection aufgrund von Starkregenereignissen, links: PlanetScope 20.05.2018, rechts: PlanetScope 29.05.2019 inkl. detektierter potenzieller Vegetationsschädigung in Grün und Schwemmbereiche in Blau (Quelle: IABG mbH, Hintergrundbilder: © Planet Labs, Inc.)

3.2 Infrastruktur-Ableitung

Über 2 Milliarden Menschen leben ohne Stromanschluss oder erhalten sehr unzuverlässig Strom. Um ihnen den Zugang zu Elektrizität zu ermöglichen, werden bis 2030 mehr als 300 000 Mini-Netze (Mini-Grids) benötigt. Mini-Grids bilden einen Mittelweg zwischen autonomer Stromversorgung (z. B. Diesel-Generatoren) und dem Hauptstromnetz (MacGill, Watt 2015). Um den tatsächlich vorhandenen Bedarf zu ermitteln, sind

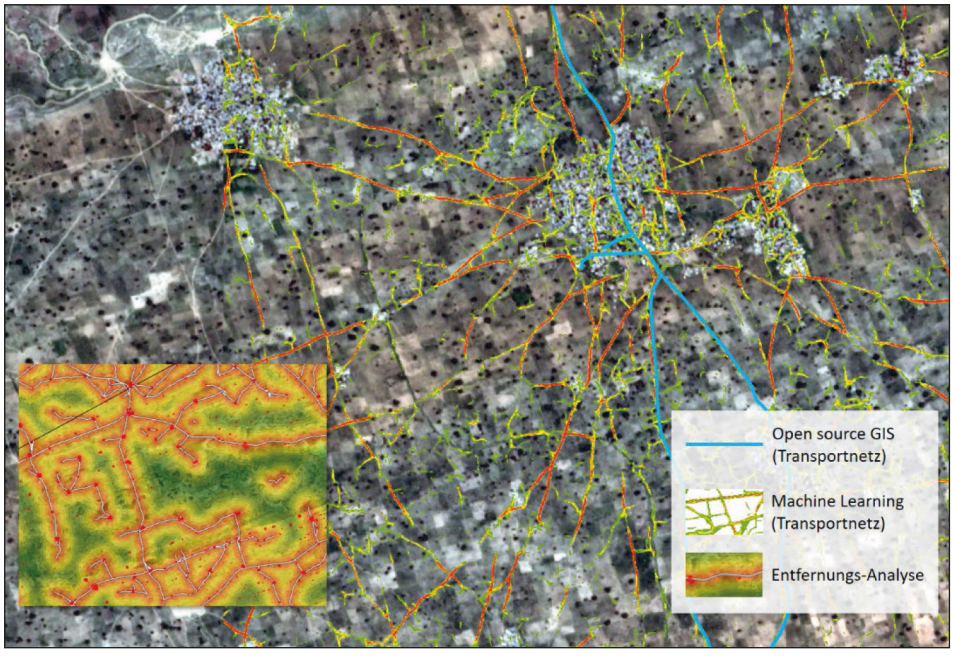


Abb. 4: Automatische Extraktion des Transportnetzes auf PlanetScope – Ausgabe Transportwege mit entsprechender Wahrscheinlichkeit gekennzeichnet durch Farbskala Rot-Gelb-Grün (Quelle: IABG mbH, Hintergrundbild: © Planet Labs, Inc.)

umfangreiche Analysen notwendig. Zur schnellen und kostengünstigen Ermittlung von Parametern, wie Erreichbarkeit über bestehende Infrastrukturen, Besiedelungsdichte und potenzielle Risiken (z. B. Überflutungsbereiche), werden Fernerkundungsdaten eingesetzt. Auch wenn es mittlerweile eine große Sammlung an frei verfügbaren Geodaten gibt, reichen diese nicht immer aus. Das Straßennetz wurde deshalb mit einem eigens entwickelten machine-learning Algorithmus erstellt, da beispielsweise die vorhandenen Daten aus OpenStreetMap nicht ausreichend vorhanden waren. PlanetScope-Daten dienten dabei als Bilddatengrundlage. Das daraus erstellte Transportnetz konnte dann wiederum in die weiteren Analysen mit einbezogen werden, beispielsweise durch Entfernungs-Analysen. Einen kleinen Ausschnitt der Transportnetzextraktion östlich von Kano (Nigeria) zeigt Abbildung 4.

4 Fazit

Mittels PlanetScope ist ein engmaschiges Monitoring für vielfältige Anwendungen u. a. im Sicherheits- und urbanen sowie im Forst- und Landwirtschaftsbereich etabliert. Die hohe Wiederholrate garantiert die maximale Wahrscheinlichkeit für Wolkenfreiheit. Gerade bei Ereignissen, bei denen Bilddaten möglichst zeitnah (z. B. Sturm, Starkregen, Brände) benötigt werden, stellen das nahezu lückenlose PlanetScope-Bilddatenarchiv und die täglich neu hinzukommenden Aufnahmen einen wertvollen Beitrag dar. Alle optischen Sensoren sind dabei auf Wolkenfreiheit oder auf einen möglichst geringen Wolkenanteil angewiesen. Allerdings erhöht sich die Chance bei täglichen Aufnahmen, wie bei PlanetScope der Fall, dies zu erreichen. Alternativ lassen sich die meisten Aufnahmesysteme direkt beauftragen (Tasking), was allerdings wenig nützt, wenn man Daten vor einem aktuellen Ereignis benötigt (z. B. aktueller Ist-Zustand vor einem Sturm). Ein Tasking kann niemals rückwirkend durchgeführt werden.

Spielen Aufnahmen aus der Vergangenheit keine entscheidende Rolle, bietet das agile SkySat-System die hochaufgelöste Ergänzung zu PlanetScope, um Detailinformation schnellstmöglich und zielgenau zu erhalten.

5 Literatur

MacGill, I.; Watt, M. (2015): Economics of Solar PV Systems with Storage, in Main Grid and Mini-Grid Settings. In Solar Energy Storage (2015), Kapitel 10.3.5. Mini-Grids. https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/mini-grids (Zugriff: 23.09.2019).

Planet (2019): Planet Imagery Product Specifications. http://assets.planet.com/docs/combined-imagery-product-spec-final-may-2019.pdf (Zugriff: 12.09.2019).

Planet (2019): Planet Science Applications 2019.
https://gdcs.asu.edu/sites/default/files/2019-04/Planet_Science_Applications_04082019_webview.pdf (Zugriff: 13.09.2019).

Satellite Imaging Coorporation: Satellite Sensors (0.31-2 m).
https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/ (Zugriff: 19.09.2019).

Satellite Imaging Coorporation: Satellite Sensors (2.5-20 m).
https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/ (Zugriff: 19.09.2019).

Wikipedia: Kleinsatellit.
https://de.wikipedia.org/wiki/Kleinsatellit (Zugriff: 19.09.2019).

SmartRain – Aufbau eines Bürgermessnetzes zur Bestimmung und Analyse lokaler Niederschlagsverteilungen

Pierre Karrasch, Robert Krüger, Matthias Müller, Jacob Mendt, Stefan Hennig

Zusammenfassung

Das Projekt SmartRain (*https://smart-rain.de/*) widmet sich dem Aufbau eines bürgerschaftlichen Messnetzes zur Bestimmung von Niederschlagsverteilungen in der Landeshauptstadt Dresden. Es wird dargelegt, welchen Wert eine smarte Datenerhebung im Bereich der Umweltsensorik haben kann, aber auch, mit welchen Herausforderungen bei der organisatorischen Umsetzung eines solchen Projektes gerechnet werden muss.

1 Motivation und Anforderungen

Smart Cities nutzen digitale Technologien um mit wirtschaftlichen, sozialen und politischen Herausforderungen besser umzugehen. Viele Szenarien gehen davon aus, dass die Smart Cities der Zukunft flächendeckend mit Sensoren versehen sind, die vielfältigste Daten erfassen und über Cloud-Dienste bereitstellen (McLaren, Agyeman 2015; Hamblen 2015). Die Auswertung dieser Daten führt nach Einschätzung von Experten künftig zu besseren Einsichten und Entscheidungen sowie zu mehr Ressourceneffizienz in allen städtischen Aufgabenfeldern. Darüber hinaus pflegen Smart Cities enge Interaktionen mit ihren Bürgern, sodass beide Seiten beobachten können, was in der Stadt geschieht, wie sie sich verändert und weiterentwickelt.

Das Projekt SmartRain widmet sich dem Aufbau und der Erprobung eines verdichteten Messnetzes zur Bestimmung und Auswertung lokaler Niederschläge in der Landeshauptstadt Dresden. Das Projekt bewegt sich in den Themenfeldern Umweltmonitoring, Resilienz und Gesundheit, die im Kontext von Smart Cities häufig diskutiert werden. Lokale Niederschlagsereignisse haben in der Vergangenheit immer wieder große Schäden im öffentlichen und privaten Bereich verursacht.

Derzeit stehen in der Landeshauptstadt Dresden Niederschlagsschreiber unterschiedlicher öffentlicher Akteure (z. B. Stadtentwässerung, Stadtreinigung) und privater Betreiber zur Verfügung. Liegen im ersten Fall qualitativ hochwertige Daten vor, kann davon im zweiten Fall nicht immer ausgegangen werden. Häufig fehlen bei privat betriebenen Messstationen für meteorologische Parameter (Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit) Informationen über die Aufstellbedingungen und die Genauigkeit der verwendeten Messtechnik.

Aus diesen Notwendigkeiten lässt sich eine Reihe von Anforderungen an die verwendete Messtechnik ableiten. Bedingt durch das Ziel eines bürgerschaftlichen Netzwerks mit einer großen Anzahl an Stationen, sollten die Einzelkosten etwa im Bereich von 200 € liegen und eine Niederschlagsauflösung von 0,2 mm erreichen. Der Betrieb der Stationen sollte weitgehend autark erfolgen und keine externe Stromversorgung erforderlich machen (Akku, Solarzelle). Die Übertragung der minütlich aufgezeichneten Daten sollte ereignisabhängig, aber spätestens nach einer Stunde über GSM erfolgen.

Abb. 1: SmartRain Messstation, Dresden Coschütz (Bild: Pierre Karrasch)

Die in einer ersten Phase erfassten meteorologischen Parameter sind die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit sowie der Niederschlag. Das System sollte derart gestaltet sein, dass es bei Bedarf schnell durch weitere Sensoren ergänzt werden kann.

Die Einbindung der Dresdner Bevölkerung in das Projekt (Citizen Science) ermöglicht eine deutliche Verbesserung der Netzabdeckung im Stadtgebiet und sensibilisiert gleichzeitig für das Thema Stadtklima.

2 Projektorganisation und Ziele

Die Organisation eines im Wesentlichen durch die Bürgerschaft der Landeshauptstadt Dresden getragen Messnetzes zur Erhebung meteorologischer Parameter erfordert ein abgestimmtes Vorgehen unterschiedlicher Akteure in der Wissenschaft und der Wirtschaft in Zusammenarbeit mit der Bürgerschaft. Abbildung 2 zeigt die strukturelle Organisation des Projektes SmartRain.

Die Projektleitung und Organisation erfolgt durch die Professur für Geoinformatik der TU Dresden. Diese organisiert die gesamte Citizen Science Kampagne (Kapitel 3), identifiziert lokale Akteure in der Landeshauptstadt Dresden, zu denen städtische Einrichtungen wie die Stadtentwässerung, die Versorgungsbetriebe oder die Stadtreinigung gehören. Darüber hinaus erfolgen auch die Ansprache der Bürger sowie die Messnetzplanung, die Kalibrierung der Geräte und der Aufbau des Messnetzes. Insbesondere die Kalibrierung der verwendeten Sensoren stellt einen wesentlichen Arbeitsschritt zur Sicherung der Datenqualität dar.

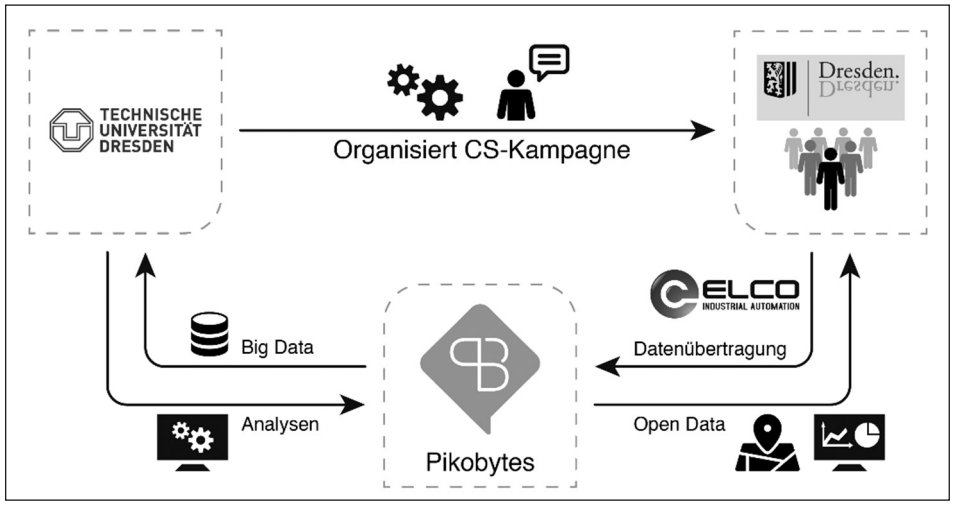


Abb. 2: Struktureller Aufbau des Projektes SmartRain (Quelle: eigene Darstellung)

Die Übermittlung der bei den Bürgern erhobenen Daten erfolgt über Hardware des Projektpartners ELCO Industrie Automation GmbH an den Projektpartner Pikobytes GmbH in Echtzeit und mit voller Historie. Die Bereitstellung und Darstellung der Daten erfolgt im OpenSensorWeb (Kapitel 4). Hier stehen sie den Projektpartner aber auch weiteren Akteuren in Wissenschaft, Wirtschaft und der interessierten Öffentlichkeit als Open Data zur Verfügung.

Tabelle 1 zeigt anschaulich das Zusammenspiel zwischen Aufgaben und Zielen der beteiligten Projektpartner.

Tab. 1: Zusammenfassung der Aufgaben im Projekt SmartRain (Quelle: eigene Darstellung)

	TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN	PIKOBYTES	ELCO
Aufgaben	• Aufbau Bürgermessnetz • Datenauswertung • Konzeption der Stationen	• Aufbau Datenplattform • Kontextdaten (DWD, LfULG) • Konzeption der Stationen	• Hardwarefertigung • Firmware • Datenübertragung
Ziele	• Datengewinnung • Wissenschaftliche Fragestellungen • Erprobung v. Bürgermessnetzen	• Erprobung von SensorHub • Showcase Umweltsensorik	• Erprobung IoT-Hub • Übertragungs-technologien
	Skalierung		

Die Umsetzung des Projektes in die Praxis erfolgt im Wesentlichen über zwei der vorgestellten Komponenten. Zum einen handelt es sich dabei um die durchgeführte Citizen Science Kampagne (Kapitel 3), zum anderen um das Datenportal *OpenSensorWeb.de*, das neben dem Projektblog das wichtigste Werkzeug der Kommunikation des Projektfortschrittes und der erhobenen Daten dargestellt (Kapitel 4).

3 Citizen Science Kampagne

Bürgerwissenschaftliche Tätigkeit (Citizen Science) kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden. So unterscheidet man Kooperationen, Kollaborationen, Ko-Produktionen und Co-Design Prozesse (Pettibone et al. 2016). Die Idee der Unterstützung der Wissenschaft durch Bereitstellung von Standorten und dem verantwortlichen Messen der genannten meteorologischen Parameter ist den Bereichen Kollaboration und Ko-Produktion zuzuordnen. Allen Formen der Citizen Science gemein ist jedoch, dass die Bürger auf ein wissenschaftliches Anliegen aufmerksam gemacht werden müssen und es ein gewisses Maß an Motivation erfordert, sich an diesen zu beteiligen. Neben ohnehin an meteorologischen Themen interessierten Bürgern, sind es vor allem auch solche, die in gewisser Weise Betroffene sind. Es zeigte sich, dass von den mehr als 100 vorliegenden Angeboten, Sensorstationen in Obhut zu nehmen, etwa jedes vierte aus dem Umfeld der Kleingartenvereine stammt. Jedes zweite Angebot kommt von Bürgern mit Privatgrundstücken. Die Kommunikation mit beiden Gruppen zeigt, dass ein wesentlicher Anteil dieser, die zunehmende Trockenheit und die damit einhergehende Notwendigkeit der Bewässerung der eigenen Gärten, als Motivation benennt, einen Beitrag für das Projekt SmartRain zu leisten. In diesem Sinne sind sie Betroffene der jeweils aktuellen Wetterbedingungen. Darüber hinaus zeigt sich auch das große Interesse öffentlicher Einrichtungen (ca. 25 %) an den Daten, durch die Bereitschaft ebenfalls Standorte zur Verfügung zu stellen. Neben den bereits genannten Akteuren auf der kommunalen Ebene gehören dazu auch Landesbehörden (z. B. LfULG Sachsen).

Die Fragestellung, wo gemessen werden könnte (Standortangebot), behandelt aber nur einen Aspekt der Standortwahl. Ein weiterer Aspekt, der eng mit der zu erwartenden Datenqualität zusammenhängt, ist jener der an den angebotenen Aufstellorten anzutreffenden Standortbedingungen. Das betrifft insbesondere die Abschattung der Niederschlagsmesser. Hierbei sollte ein Mindestabstand der doppelten Objekthöhe (z. B. Gebäudehöhe, Baumhöhe) eingehalten werden (WMO 2017). Abbildung 3 zeigt Ausschnitte der Analyse digitaler Oberflächenmodelle und die Bewertung der Flächen entsprechend der genannten Mindestanforderungen. In eher ländlich geprägten Teilen der Landeshauptstadt Dresden (Abb. 3, rechts) sind potentielle Aufstellorte vielfach und flächendeckend zu finden (grün). In Bereichen dichter Bebauung (Abb. 3, links) stellt sich die Lage durchaus schwieriger dar. Aber auch hier finden sich vereinzelt Bereiche, in denen eine Aufstellung möglich wäre. Es zeigt sich, dass auch in solchen innerstädtischen Lagen dem Projekt SmartRain Flächen als Aufstellstandorte zur Verfügung gestellt wurden (Abb. 3, schwarze Kreise).

Die Initialisierung der Citizen Science Kampagne erfolgte durch die Einbindung lokaler Medien in den Prozess der Projektkommunikation. Zwar sind Projektwebseiten obligatorisch und für den interessierten Bürger informativ, die Kenntnis über die

Informationswege gelingt aber nur durch die Einbindung der Medien. Im Falle von SmartRain handelte es sich dabei in erster Linie um Berichte im Radio sowie einer ganzen Reihe von Printmedien.

Die Erfahrungen haben gezeigt, dass bürgerwissenschaftliche Projekte so aufgebaut sein sollten, dass die teilnehmenden Bürger nicht nur über Forschungsergebnisse informiert werden, vielmehr sollten sie die Möglichkeit haben, am gesamten Forschungs- und Entwicklungsprozess teilzuhaben. Im Blog des SmartRain-Projektes (*https://smart-rain.de/blogs.html*) werden die Öffentlichkeit und die teilnehmenden Bürger regelmäßig über den Projektfortschritt und die aktuellen Tätigkeiten im Projekt informiert. Darüber hinaus ist es natürlich die Datenplattform OpenSensorWeb.de, die die Schnittstelle zum Bürger bilden soll, um ihm Zugang zu seinen und den Daten Anderer zu gewährleisten.

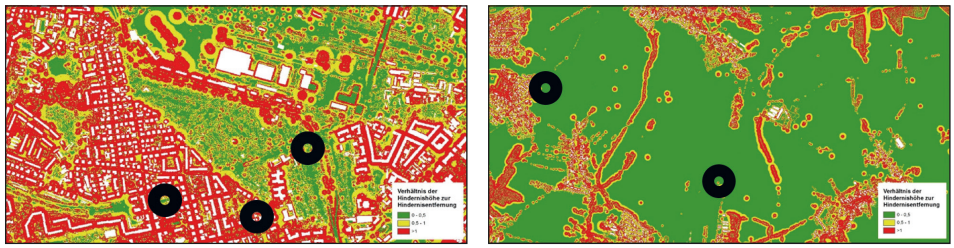


Abb. 3: Abschätzung der Standortqualität durch Analyse Digitaler Oberflächenmodelle und der Berechnung von Abschattungen durch Objekte wie Bäume oder Gebäude (Quelle: eigene Darstellung)

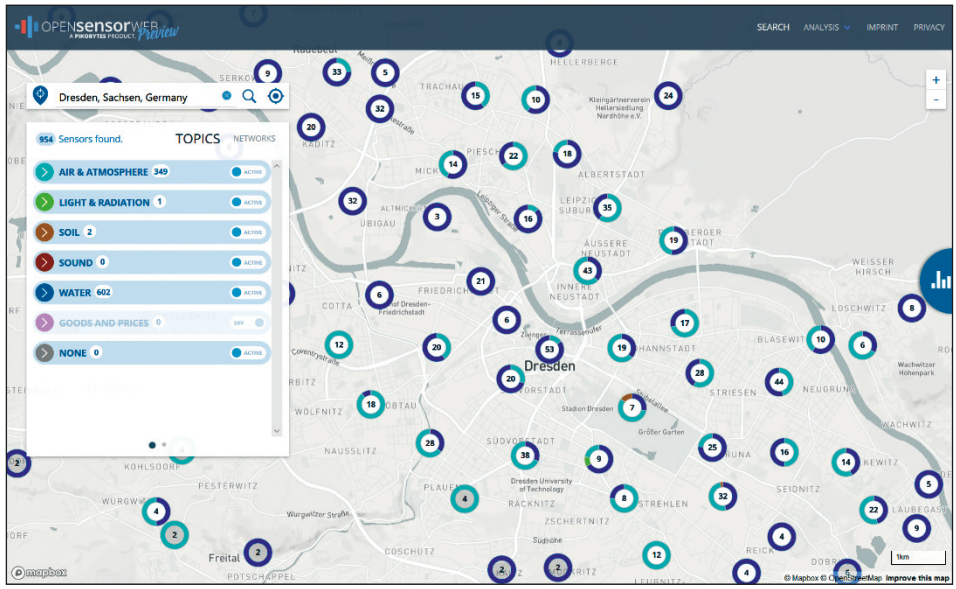


Abb. 4: OpenSensorWeb.de (Quelle: eigene Darstellung)

4 Datenbereitstellung – OpenSensorWeb.de

OpenSensorWeb gibt Bürgern und Datenanalysten leistungsfähige Werkzeuge zur Darstellung, Verwaltung und Bewertung von Umweltsensordaten an die Hand. Es handelt sich um eine Plattform zur Datenerfassung und -exploration, die die Umweltsensordaten aus verschiedensten öffentlichen und unternehmensbezogenen Quellen zusammenführt, harmonisiert und somit für Datenanalysen in Echtzeit verfügbar macht. Sie ist für den Umgang mit räumlich verorteten Zeitreihen konzipiert und bietet für diese Datenstruktur ein BigData-fähiges Speichermodell (Abb. 4). Mit verzögerungsarmen Visualisierungs- und Generalisierungswerkzeugen, insbesondere zur Aggregation der hochaufgelösten Rohdaten auf Stunden und Tage sind auch besonders umfangreiche Messreihen mit mehreren Millionen Datenpunkten in einem „heißen Archiv“ ständig zugreifbar und können in Echtzeit analysiert und mit aktuellen Messdaten fortgeschrieben werden (Abb. 5). Für den maschinellen Zugriff auf die Daten steht eine REST-API zur Verfügung.

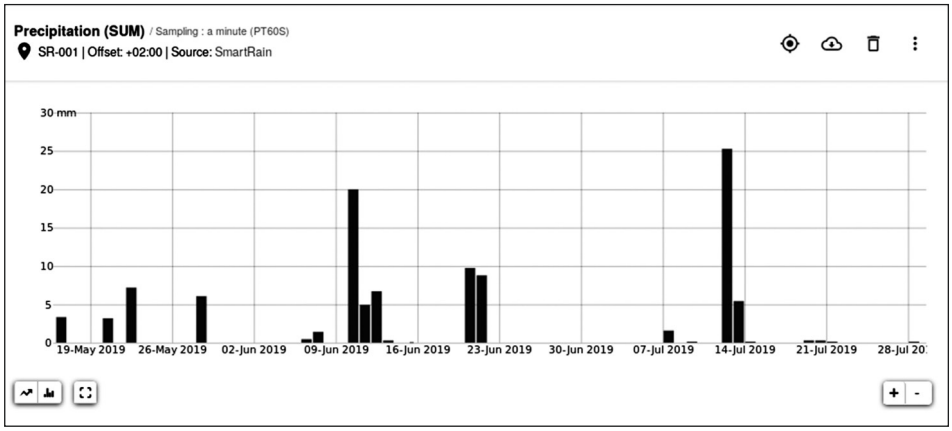


Abb. 5: Diagrammdarstellung der Niederschläge an der Sternwarte Gönnsdorf (Dresden) im OpenSensorWeb (Quelle: eigene Darstellung)

Die im Projekt SmartRain gewonnenen Daten werden in der Datenplattform mit weiteren externen Datenquellen, z. B. vom Deutschen Wetterdienst oder dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Geologie (LfULG), angereichert und so in einen größeren Datenkontext eingebettet. Für den wissenschaftlichen Betrieb ist der Zugriff auf Kontextdaten insbesondere wichtig, um die Daten aus dem Bürgermessnetz zu überprüfen und in einen zeitlichen Kontext zu räumlich benachbarten Messreichen zu stellen.

5 Projektstatus und Ausblick

Das Amt für Wirtschaftsförderung der Landeshauptstadt Dresden fördert im Rahmen der Fachförderrichtlinie *Innovationsförderung* das Projekt SmartRain, auch als Teil der Smart-City-Initiative. Die Beteiligung der Stadtgesellschaft an diesen Transformationsprozessen ist ebenfalls ein Anliegen. SmartRain nutzt das große Interesse in der Bevölkerung an meteorologischen Informationen und bindet sie so in den Prozess des Projektes ein. Die zur Verfügung gestellte Sensorik misst bei den Bürgern und für die Bürger und soll in Zukunft, nach erfolgter Auswertung der Daten, auch einen Beitrag zum besseren Verständnis des lokalen Stadtklimas leisten. SmartRain soll einen Prozess initialisieren, der im besten Fall zu einem weiteren Ausbau des Sensornetzes der Landeshauptstadt Dresden führt. Das bezieht sich sowohl auf die Anzahl der Sensorstationen als auch die Art der datenerhebenden Sensoren. So sind in einer weiteren Ausbauphase Parameter wie die Bodenfeuchtigkeit oder die Luftschadstoffbelastung möglich. Darüber hinaus ist es natürlich auch ein Ziel des Projektes, die entwickelte Technik und den bürgerwissenschaftlichen Ansatz in andere Regionen zu transferieren.

Die Nutzung der erhobenen Daten, aber auch die Sensorstationen selbst, können auch im Bereich der Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung eine Rolle spielen. Sie ermöglichen es Schülerinnen und Schülern, selbständig meteorologische Daten zu erheben und zum Gegenstand der durch curriculare Vorgaben gesetzten Themen, beispielsweise im Geographieunterricht, zu machen. Die Erweiterung des bürgerschaftlichen Ansatzes von SmartRain auf Bildungseinrichtungen wie Schulen ist vorgesehen, steht aber noch aus.

Der Mehrwert der smarten Datenerhebung wird wachsen, wenn gewährleistet werden kann, dass die Qualität der erhobenen Daten ein Niveau erreicht, um bestehende amtliche Messnetze sinnvoll zu erweitern. Dabei geht es ausdrücklich nicht um eine Ablösung dieser Netze, sondern um eine verdichtende Ergänzung.

Der Aufwand der Organisation solcher bürgerschaftlichen Netze ist dabei nicht zu unterschätzen. Es handelt sich nicht um ein sich selbst organisierendes System. Der Anspruch hoher Datenqualität verlangt eine professionelle Organisation und Koordinierung. Herausforderungen bestehen vor allem dann, wenn wissenschaftliche Prozesse, wie beispielsweise die Technologieentwicklung und der Wunsch der Bürger schnell auf Daten des Messnetzes zurückgreifen zu können, nicht synchron verlaufen.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die Einbindung lokaler Akteure und Bürger einer Stadt einen wesentlichen Beitrag zur smarten Umweltdatenerhebung leisten kann. SmartRain zeigt, dass das Interesse an Teilhabe ausgeprägt ist und in Zukunft stärker genutzt werden kann und sollte.

6 Literatur

Hamblen, M. (2015): Just what IS a smart city? https://www.computerworld.com/article/2986403/just-what-is-a-smart-city.html (Zugriff: 30.08.2019).

McLaren, D.; Agyeman, J. (2015): Sharing Cities – A Case for Truly Smart and Sustainable Cities. MIT Press.

Pettibone, L.; Vohland, K.; Bonn, A.; Richter, A.; Bauhus, W.; Behrisch, B.; Borcherding, R.; Brandt, M.; Bry, F.; Dörler, D.; Elbertse, I.; Glöckler, F.; Göbel, C.; Hecker, S.; Heigl, F.; Herdick, M.; Kiefer, S.; Kluttig, T.; Kühn, E.; Kühn, K.; Oswald, K.; Röller, O.; Schefels, C.; Schierenberg, A.; Scholz, W.; Schumann, A.; Sieber, A.; Smolarski, R.; Tochtermann, K.; Wende, W.; Ziegler, D. (2016): Citizen Science für alle – eine Handreichung für Citizen Science Akteure. Bürger Schaffen Wissen (GEWISS)-Publikation. Deutsches Zentrum für Integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig; Berlin-Brandenburgisches Institut für Biodiversitätsforschung (BBIB), Museum für Naturkunde (MfN) – Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, Berlin. https://www.buergerschaffenwissen.de/sites/default/files/grid/2017/11/20/gewiss_citscifueralle_handreichung_web_0.pdf (Zugriff: 30.08.2019).

WMO – World Meteorological Organization (2017): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, World Meteorological Organization (WMO). http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html (Zugriff: 30.08.2019).

Unter vier Augen – Erkenntnisse aus einer Eyetracking-Studie zum IÖR-Monitor

Lisa Eichler

Zusammenfassung

Der IÖR-Monitor stellt für das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) die zentrale Plattform zur Publikation von Geoinformationen für die Bundesrepublik Deutschland dar. Die Anforderungen an die Nutzerfreundlichkeit (Usability) des IÖR-Monitors erhöhen sich mit der Vielzahl und Heterogenität der Nutzer dieser Anwendungen, wie beispielsweise GIS-Experten oder politischen Entscheidern. Dabei stellt eine benutzerfreundliche und intuitiv bedienbare Oberfläche eine wesentliche Grundlage für die Recherche und Analyse der enthaltenen thematischen Geoinformationen dar.

In einer Nutzerstudie wurde die Usability des IÖR-Monitors eingehend untersucht. Mit einer Methode zur Blickverfolgung (Eyetracking) konnten die Blicke der Probanden bei der Arbeit mit dem Monitor aufgezeichnet und analysiert werden. Zusammen mit den Ergebnissen der begleitenden Befragung, in denen subjektive Eindrücke der Teilnehmer erfasst wurden, ließen sich an die Usability des IÖR-Monitors neben derer Wahrnehmung auch weitere Anforderungen ermitteln. So zeigten sich neben den Stärken der Anwendung auch kleinere Schwächen.

Auf Grundlage der Studienergebnisse wurden Vorschläge zur Verbesserung der bereits guten Usability des Monitors erarbeitet, die teilweise schon im aktuell verfügbaren und 2018 maßgeblich hinsichtlich Funktionalität, Technologie und Usability überarbeiteten Monitor umgesetzt wurden.

1 Einführung

Usability ist ein Maß dafür, inwieweit ein Nutzer mit einer Anwendung festgelegte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend erreichen kann (DIN EN ISO 9241-210 2011). Dabei beschreibt die Effektivität die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der ein Benutzer ein bestimmtes Ziel erreicht. Mit Effizienz wird der hierfür benötigte Aufwand beschrieben. Unter Zufriedenstellung werden die Freiheit von Beeinträchtigungen und die positive Einstellung gegenüber der Nutzung des Produkts verstanden.

Usability ist ein Qualitätsmerkmal von Software. Vom Beginn des Entwicklungsprozesses einer Anwendung an bis zur Fertigstellung, steht für die Verbesserung und Überprüfung der Usability eine Vielzahl von Methoden zur Verfügung. So können die Vorlieben und Gewohnheiten einer Zielgruppe beispielsweise über ethnografische Forschung,

Umfragen, Zielgruppen-Forschung oder eine Screenshot-Analyse bestimmt werden (Rubin, Chisnell 2008; Haklay, Zafiri 2008). Für die Überprüfung eines Prototyps oder der fertig gestellten Anwendung eignen sich unter anderem Usability-Tests. Dabei werden in der Regel repräsentativen Nutzern einer Zielgruppe typische Aufgaben vorgelegt, welche diese mit der Anwendung lösen sollen. Mittels Fragebögen, Interviews oder lautem Denken können die subjektiven Eindrücke der Probanden erfasst werden (Marsch 2007; Nielsen, Loranger 2006).

Eine Möglichkeit der Erfassung objektiver Daten zum Test bietet das Eyetracking (Blickbewegungsmessung). Dabei werden mittels eines Eyetrackers Blickbewegungen des Probanden aufgezeichnet und analysiert. Bei den Blickbewegungen kann zwischen Fixationen und Sakkaden unterschieden werden. Fixationen sind Zeiträume, in denen das Auge relativ stationär auf einem Punkt ruht, um sinnvolle Informationen zu sammeln. Nach jeder Fixation folgt eine Sakkade, eine schnelle Bewegung des Auges zum nächsten Punkt des Interesses (Gilchrist 2011). Die gemessenen Fixationen und Sakkaden dienen als Grundlage für verschiedene Blickbewegungsmetriken, welche auf Usability-Probleme hindeuten können, wie beispielsweise viele schnelle und verteilte Fixationen.

2 Usability-Test

2.1 Untersuchungsgegenstand

Untersuchungsgegenstand des durchgeführten Usability-Tests ist der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung. Als frei zugängliches Rauminformationssystem zur Flächennutzungsstruktur und Landschaftsqualität Deutschlands (*https://monitor.ioer.de*) unterstützt dieser, mittels interaktiven Karten, in Form von Wertetabellen oder Diagrammen, bundesweite Analysen zu deren Entwicklung. Hierfür werden gegenwärtig 85 Indikatoren bereitgestellt. Die Anwendung wurde 2010 öffentlich freigeschaltet und kontinuierlich durch Ergänzung neuer Geodaten und Nutzung neuer Technologien weiterentwickelt. Im Jahr 2018 fand eine maßgebliche Überarbeitung des IÖR-Monitors hinsichtlich seiner Funktionalität und Usability statt. Die Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Oberfläche des IÖR-Monitors zum Zeitpunkt der Studie.

2.2 Probanden

Die Hauptzielgruppen des IÖR-Monitors sind Verwaltungen, Planungsbehörden, Politikvorbereitung, Ingenieurbüros, (Umwelt-)Verbände, Wissenschaft, Medien und die breite Öffentlichkeit (Förtsch 2017). Für die Studie konnten aus allen Hauptzielgruppen (mit Ausnahme der breiten Öffentlichkeit) Vertreter als Probanden gewonnen werden.

Insgesamt nahmen am Usability-Test 28 Probanden teil. Hinsichtlich ihrer durch Ausbildung und berufliche Tätigkeit begründeten Erfahrungen im Umgang mit Kartenanwendungen und GIS, wurden die Probanden in zwei Gruppen unterteilt: die GIS-Experten und die Fachanwender. Hierfür wurde im Vorfeld der Studie ein Fragebogen eingesetzt.

2.3 Untersuchungsdesign

Den Probanden beider Nutzergruppen wurden jeweils drei Aufgaben mit entsprechenden Teilaufgaben zur Visualisierung, Analyse und Nutzung von Ergebnissen des IÖR-Monitors vorgelegt, welche sie mit dessen Hilfe bearbeiteten sollten. Währenddessen erfolgte mittels Eyetracking und weiterer Trackingsoftware die Erfassung der Augenbewegungen (Fixationen und Sakkaden) sowie der Bearbeitungsdauer und der Mausklicks. Zudem wurden spontane Aussagen der Probanden während der Lösung der Aufgaben notiert. Nach jeder Aufgabe erfolgte eine aufgabenspezifische Befragung der Probanden. Des Weiteren kam nach dem Absolvieren aller Aufgaben der System-Usability-Scale (SUS-Fragebogen) nach Brooke (1986) zum Einsatz. In einer abschließenden Befragung wurden darüber hinaus weitere subjektive Eindrücke, Anmerkungen und Vorschläge der Probanden ermittelt.

3 Ergebnisse

Aufgrund von Usability-Problemen gelang es den beiden Nutzergruppen GIS-Experten und Fachanwendern nicht, alle Aufgaben mithilfe der Anwendung effektiv, effizient und zufriedenstellend zu lösen. Unabhängig, ob GIS-Experten oder Fachanwender, wurden die Usability-Probleme in beiden Probandengruppen gleichermaßen wahrgenommen.

Insbesondere bei der Beobachtung der Fachanwender zeigten sich aber auch Unterschiede in der objektiven und subjektiven Betrachtung der Usability. Diese Probanden gaben oft an, keine Probleme gehabt zu haben. Die Auswertung der Eyetracking-Daten zeigte jedoch, dass sie z. B. mehrfach Menüs betrachteten, die nicht zum Erfüllen der jeweiligen Aufgabe beitrugen. Die Unterschiede zwischen subjektiven Fragebogenantworten und objektiv gemessenen Eyetrackingdaten dieser Usability-Studie weisen darauf hin, dass die Usability freier WebGIS vielschichtig betrachtet werden muss.

Nachfolgend sollen zwei ausgewählte Ergebnisse zur Usability des IÖR-Monitors vorgestellt werden, welche Potentiale zur Verbesserung und daraus resultierenden Handlungsbedarf aufzeigen.

3.1 Freitextsuche

Der IÖR-Monitor bietet eine Freitextsuche an, mit welcher sowohl Indikatoren als auch Orte gesucht werden können. Das Suchfeld ist links oben, oberhalb der Menüs

angeordnet. Die Auswahl der Indikatoren mittels Freitextsuche ist effizienter im Vergleich zur Nutzung des Menüs *Indikatorauswahl*. Aufgrund des unscheinbaren Designs des Suchfeldes mit hellgrauer Umrandung und Schrift wurde dieses vom Nutzer jedoch nicht wahrgenommen, sodass der gewünschte Indikator über das Menü *Indikatorauswahl* gewählt wurde. Bei der Eingabe eines Ortes als Suchbegriff wird nur der Ortsname ohne vorangestellte Raumeinheit (z. B. Gemeinde) akzeptiert, wodurch Probleme bei der Eingabe auftraten.

3.2 Hintergrundkarte

Im IÖR-Monitor stehen verschiedene Hintergrundkarten für die Darstellung der Ergebnisse zur Auswahl. Die Einstellung der Hintergrundkarte erfolgt über einen Button, welcher auf der rechten Seite angeordnet ist. Die Nutzer erwarteten jedoch die Auswahl im Menü Kartengestaltung. Dies wird deutlich in der in Abbildung 2 dargestellten Heatmap, bei der die Fixationen der Probanden addiert wurden. Mit einen großen rotem Fleck auf der linken Seite der Anwendung, wird der Bereich, den die Probanden dabei am stärksten fokussierten, aufgezeigt.

4 Empfehlungen

Aus den vielschichtigen Ergebnissen der Studie können folgende Leitlinien zur Entwicklung nutzerfreundlicher freier WebGIS formuliert werden:

- Omni-Suchfelder sollten optisch hervorgehoben werden und Informationen zu möglichen Suchen bereitstellen.
- Funktionen sollten klar strukturiert und logisch und optisch sortiert angeboten werden.
- Zeitschieberegler sollten gruppiert mit anderen Karteneinstellungsoptionen platziert werden.
- Bei Farbschemata sollte die Barrierefreiheit berücksichtigt werden (z. B. Rot-Grün-Sehschwäche).
- Für Datentabellen sollten Sortier- und Filtermöglichkeiten angeboten werden.
- Bei der Gestaltung von Buttons sollten etablierte Icons oder klar formulierte Buttontexte verwendet werden. Dazugehörige Mouseover-Texte sollten eindeutig formuliert werden.

Weitere Usability-Empfehlungen zur Gestaltung von Kartenanwendungen werden auf dem Usability-Portal der TU Dresden bereitgestellt: *https://usability.geo.tu-dresden.de*

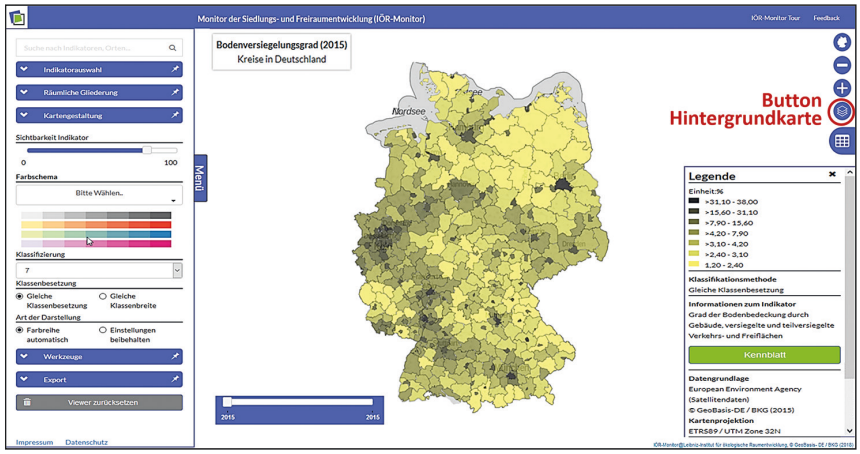


Abb. 1: Untersuchungsgegenstand IÖR-Monitor (Quelle: IÖR-Monitor 2019)

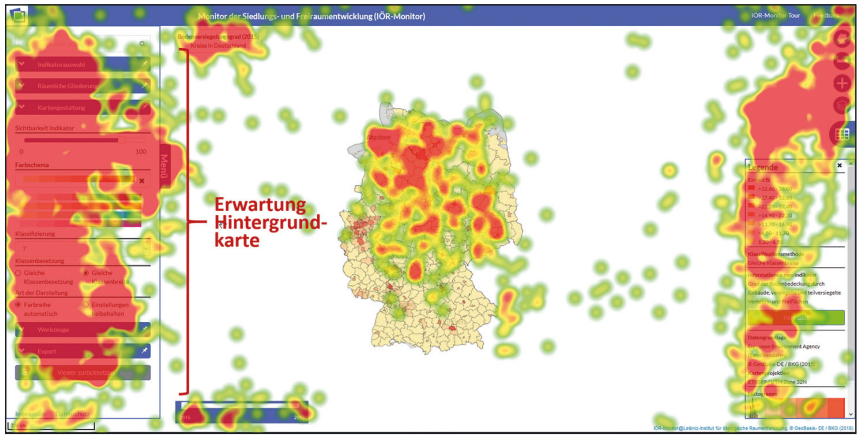


Abb. 2: Heatmap (Quelle: Eichler 2019)

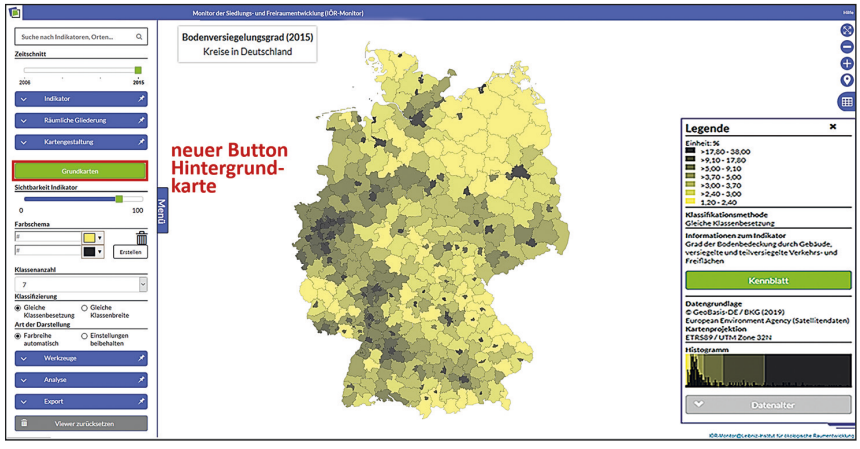


Abb. 3: IÖR-Monitor nach Umsetzung der Empfehlungen (Quelle: IÖR-Monitor 2019)

5 Umsetzung

Ein Großteil der Empfehlungen aus der Usability-Studie wurde zum gegenwärtigen Zeitpunkt (August 2019) bereits für den IÖR-Monitor umgesetzt. So zeichnet sich nun beispielsweise das Suchfeld durch eine kontrastreichere Umrandung und Schrift mit einer besseren Erkennbarkeit aus (Abb. 1 und Abb. 3). Die Funktion für die Einstellung der Hintergrundkarte ist in das Menü Kartengestaltung integriert worden (Abb. 3). Generell wurden verschiedene Funktionen nach logischen Aspekten neu in Menüs einsortiert oder gruppiert angeordnet. Zudem erfolgten eine Überarbeitung der Icons bzw. Buttonbeschriftungen und deren Mouseovertexte. Hervorzuheben ist die Bereitstellung eines für den Nutzer individuell einstellbaren Farbschemas, wie die Abbildung 3 unter anderem zeigt.

6 Literatur

Brooke, J. (1986): SUS – A quick and dirty usability scale. https://cui.unige.ch/isi/icle-wiki/_media/ipm:test-suschapt.pdf (Zugriff: 17.07.2019).

DIN EN ISO 9241-210 (2011): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.

Eichler, L. (2019): Usability in der Geoinformatik am Beispiel einer Eyetracking-Studie für den IÖR-Monitor. Masterarbeit Hochschule für Technik und Wirt-schaft, Dresden.

Förtsch, D. (2017): Nutzergruppenanalyse des IÖR-Monitor und Hinweise zu dessen Weiterentwicklung. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden (unveröffentlicht).

Gilchrist, I. (2011): Saccades. In: Liversedge, S.; Gilchrist, I.; Everling, S. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Eye Movements. Oxford: Oxford University Press.

Haklay, M.; Zafiri, A. (2008): Usability Engineering for GIS: Learning from a Screenshot. In: The Cartographic Journal, Vol: 45: 87-97.

IÖR-Monitor (2019): Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden. https://monitor.ioer.de (Zugriff: 22.08.2019).

Marsh, S. L. (2007): Using and Evaluating HCI Techniques in Geovisualization: Applying Standard and Adapted Methods in Research and Education. Dissertation, City University of London. Information Science.

Nielsen, J.; Loranger, H. (2006): Web Usability. München: Addison-Wesley Verlag.

Rubin, J.; Chisnell, D. (2008): Handbook of Usability Testing – How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests (2. Ausg.). Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Autorenverzeichnis

Dr. Juliane Albrecht
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: J.Albrecht@ioer.de

Dr. Martina Artmann
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: M.Artmann@ioer.de

Christopher Barron
Stadt Mannheim
Collinistr. 1
68161 Mannheim
E-Mail: christopher.barron@mannheim.de

Sebastian Bartel
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
August-Böckstiegel- Str. 1
01326 Dresden
E-Mail: Sebastian.Bartel@smul.sachsen.de

Dr. Martin Behnisch
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: M.Behnisch@ioer.de

Prof. Dr. Christian Bernhofer
Technische Universität Dresden
Institut für Hydrologie und Meteorologie
01737 Tharandt
E-Mail: christian.bernhofer@tu-dresden.de

Björn Braunschweig
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Institut für Geographie
Löbdergraben 32
07743 Jena
E-Mail: bjoern.braunschweig@uni-jena.de

Karl Eckert
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Halsbrücker Str. 31a
09599 Freiberg
E-Mail: karl.eckert@smul.sachsen.de

Daniel Eichhorn
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: D.Eichhorn@ioer.de

Lisa Eichler
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: L.Eichler@ioer.de

Horst Fehrenbach
Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Im Weiher 10
69121 Heidelberg
E-Mail: horst.fehrenbach@ifeu.de

Eliette Felkel
Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) Geschäftsstelle
Fleischmarkt 1
1010 Wien / ÖSTERREICH
E-Mail: felkel@oerok.gv.at

Dr. Uwe Ferber
STADTLAND GmbH
Pfaffendorferstr. 26
04105 Leipzig
E-Mail: uwe.ferber@stadtland.eu

Prof. Dr. Stefan Fina
Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung – ILS
Brüderweg 22-24
44135 Dortmund
E-Mail: stefan.fina@ils-forschung.de

Dr. Andrea Früh-Müller
Forschungsgruppe Agrar- und Regionalentwicklung Triesdorf GbR
Steingruberstr. 4
91746 Weidenbach
E-Mail: frueh-mueller@fg-art.de

Laura Göhler
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden
E-Mail: Laura.Goehler96@web.de

Dr. Valeri Goldberg
Technische Universität Dresden
Institut für Hydrologie und Meteorologie
Pienner Str. 23
01737 Tharandt
E-Mail: valeri.goldberg@tu-dresden.de

Christian Günster
DB Netz AG
Weilburger Str. 22
60326 Frankfurt am Main
E-Mail: christian.guenster@deutschebahn.com

Leilah Haag
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen
Fehrbelliner Platz 1
10707 Berlin
E-Mail: leilah.haag@sensw.berlin.de

Amelie Haas
Technische Universität Dresden
Helmholtzstr. 10
01069 Dresden
E-Mail: amelie.haas@tu-dresden.de

André Hartmann
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: A.Hartmann@ioer.de

Dr. Robert Hecht
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: R.Hecht@ioer.de

Matthias Henning
Hochschule Anhalt
Strenzfelder Allee 28
06406 Bernburg
E-Mail: matthias.henning@hs-anhalt.de

Dr. Stefan Hennig
ELCO Industrie-Automation GmbH
Benzstr. 7
71720 Oberstenfeld
E-Mail: s.hennig@elco-automation.de

Prof. h. c. Dr. Anna M. Hersperger
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf / SCHWEIZ
E-Mail: anna.hersperger@wsl.ch

Prof. Dr. Gerold Janssen
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: G.Janssen@ioer.de

Dr. Mathias Jehling
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: M.Jehling@ioer.de

Stefan Jünger
Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften
Unter Sachsenhausen 6-8
50667 Köln
E-Mail: stefan.juenger@gesis.org

Dr. Pierre Karrasch
Technische Universität Dresden
Fachrichtung Geowissenschaften
Helmholtzstr. 10
01069 Dresden
E-Mail: Pierre.Karrasch@tu-dresden.de

Cornelia Krajasits
ÖIR-Projekthaus GmbH
Sedlitzkygasse 23/1
1110 Wien / ÖSTERREICH
E-Mail: office@projekthaus.at

PD Dr. habil. Kerstin Krellenberg
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: K.Krellenberg@ioer.de

Robert Krüger
Technische Universität Dresden
Fachrichtung Geowissenschaften
Helmholtzstr. 10
01069 Dresden
E-Mail: Robert.Krueger@tu-dresden.de

Dr. Tobias Krüger
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: T.Krueger@ioer.de

Dr. Tobias Langanke
European Environment Agency
Kongens Nytorv 6
1050 Kopenhagen / DÄNEMARK
E-Mail: tobias.langanke@eea.europa.eu

Dr. Rainer Malmberg
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH – IABG
Einsteinstr. 20
85503 Ottobrunn
E-Mail: malmberg@iabg.de

Dr. Björn Maronga
Leibniz Universität Hannover
Institut für Meteorologie und Klimatologie
Herrenhäuser Str. 2
30419 Hannover
E-Mail: maronga@muk.uni-hannover.de

Dr. Gotthard Meinel
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: G.Meinel@ioer.de

Jacob Mendt
PIKOBYTES GmbH
Schnorrstr. 70
01069 Dresden
E-Mail: jacob.mendt@pikobytes.de

Dr. Markus Meyer
Forschungsgruppe Agrar- und Regionalentwicklung Triesdorf GbR
Steingruberstr. 4
91746 Weidenbach
E-Mail: meyer@fg-art.de

Susan Milatz
Hochschule Anhalt
Strenzfelder Allee 28
06406 Bernburg
E-Mail: susan.milatz@hs-anhalt.de

Prof. Dr. Manfred Miosga
Universität Bayreuth
Geographisches Institut
Universitätsstr. 30
95447 Bayreuth
E-Mail: manfred.miosga@uni-bayreuth.de

Dr. Uta Moderow
Technische Universität Dresden
Institut für Hydrologie und Meteorologie
Pienner Str. 23
01737 Tharandt
E-Mail: uta.moderow@tu-dresden.de

Loren Mucha
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: L.Mucha@ioer.de

Inken Müller
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Münchener Str. 20
82234 Weßling
E-Mail: inken.mueller@dlr.de

Dr. Matthias Müller
PIKOBYTES GmbH
Schnorrstr. 70
01069 Dresden
E-Mail: Matthias.Mueller@pikobytes.de

Dr. Alexander Neuberger
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: alexander.neuberger@uba.de

Gertrude Penn-Bressel
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: Gertrude.Penn-Bressel@uba.de

Prof. Dr. Matthias Pietsch
Hochschule Anhalt
Strenzfelder Allee 28
06406 Bernburg
E-Mail: matthias.pietsch@hs-anhalt.de

Hanna Poglitsch
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: H.Poglitsch@ioer.de

Dr. Ronald Queck
Technische Universität Dresden
Institut für Hydrologie und Meteorologie
Pienner Str. 23
01737 Tharandt
E-Mail: ronald.queck@tu-dresden.de

Daniel Reißmann
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: Daniel.Reissmann@uba.de

Denis Reiter
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: D.Reiter@ioer.de

Benjamin Richter
Landeshauptstadt Dresden
Umweltamt
Grunaer Str. 2
01069 Dresden
E-Mail: brichter2@dresden.de

Sabine Rogge
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH – IABG
Hermann-Reichelt-Str. 3
01109 Dresden
E-Mail: rogge@iabg.de

Dr. Karsten Rusche
Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung GmbH – ILS
Brüderweg 22-24
44135 Dortmund
E-Mail: karsten.rusche@ils-forschung.de

Christian Schaser
Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München
Arnulfstr. 60
80335 München
E-Mail: c.schaser@pv-muenchen.de

Christian Scheler
ARGUS Stadt und Verkehr
Admiralitätsstr. 59
20459 Hamburg
E-Mail: c.scheler@argus-hh.de

Christian Schleicher
GeoVille Information Systems and Data Processing GmbH
Sparkssenplatz 2
6020 Innsbruck / ÖSTERREICH
E-Mail: schleicher@geoville.com

Martin Schorcht
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: M.Schorcht@ioer.de

Prof. Dr. Ormar Seibert
Forschungsgruppe Agrar- und Regionalentwicklung Triesdorf GbR
Steingruberstr. 4
91746 Weidenbach
E-Mail: seibert@fg-art.de

Thilo Sekol
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Fürstengraben 1
07743 Jena
E-Mail: t_sekol@yahoo.de
E-Mail: info@thilosekol.de

Bernd Siemer
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Halsbrücker Str. 31a
09599 Freiberg
E-Mail: bernd.siemer@smul.sachsen.de

Jeroen Staab
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Münchener Str. 20
82234 Weßling
E-Mail: jeroen.staab@dlr.de
und
Humboldt-Universität zu Berlin
Geographisches Institut

Celina Stanley
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: C.Stanley@ioer.de

Magdalena Steidl
GeoVille Information Systems and Data Processing GmbH
Sparkssenplatz 2
6020 Innsbruck / ÖSTERREICH
E-Mail: steidl@geoville.com

Dr. Hannes Taubenböck
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Münchener Str. 20
82234 Weßling
E-Mail: hannes.taubenboeck@dlr.de

Julia Tenikl
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Münchener Str. 20
82234 Weßling
E-Mail: julia.tenikl@dlr.de

Susan Thiel
E-Mail: susan.thiel@greenadapt.de

Dr. Silvia Tobias
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Zürcherstr. 111
8903 Birmensdorf / SCHWEIZ
E-Mail: silvia.tobias@wsl.ch

Jörg Ullrich
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH – IABG
Hermann-Reichelt-Str. 3
01109 Dresden
E-Mail: ullrichj@iabg.de

Nina Wahrhusen
Technische Universität Kaiserslautern
Pfaffenbergstr. 95
67663 Kaiserslautern
E-Mail: nina.wahrhusen@ru.uni-kl.de

Prof. Dr. habil. Ulrich Walz
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie
Pillnitzer Platz 2
01326 Dresden
E-Mail: ulrich.walz@htw-dresden.de

Jürgen Weichselbaum
GeoVille Information Systems and Data Processing GmbH
Sparkssenplatz 2
6020 Innsbruck / ÖSTERREICH
E-Mail: weichselbaum@geoville.com

Matthias Weigand
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Münchener Str. 20
82234 Weßling
E-Mail: matthias.weigand@dlr.de

Franziska Wolff
Öko-Institut e. V.
Schicklerstr. 5-7
10179 Berlin
E-Mail: F.Wolff@oeko.de

Dr. Michael Wurm
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Münchener Str. 20
82234 Weßling
E-Mail: michael.wurm@dlr.de

Dr. Astrid Ziemann
Technische Universität Dresden
Institut für Hydrologie und Meteorologie
Pienner Str. 23
01737 Tharandt
E-Mail: astrid.ziemann@tu-dresden.de

Michaela Zschunke
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH – IABG
Hermann-Reichelt-Str. 3
01109 Dresden
E-Mail: zschunke@iabg.de

IÖR Schriften

Herausgegeben vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.

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 Ressourceneffinzienzstrategien 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 Umgebindehaus 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

68 Markus Egermann
Kommunale Akteure zwischen Wettbewerb und Kooperation
Zum kollektiven Handeln kommunaler Akteure im Rahmen regionaler Kooperationen am Beispiel der Metropolregion Mitteldeutschland
Dresden 2015, ISBN: 978-3-944101-68-2

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 Flächenneuinanspruchnahme von der wirtschaftlichen Entwicklung abzukoppeln. Das ist das 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 2019 präsentiert und diskutiert wurden.

Der vorliegende Band fokussiert auf die Themen: internationale und nationale Entwicklungen in der Flächenpolitik, Flächenmanagement, Flächenmonitoring und -analysen, Bodenversiegelung, Indikatoren und Methoden, smarte Datenerhebung sowie Grün in der Stadt.

Das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung veröffentlicht innerhalb der Reihe IÖR-Schriften mittlerweile den 11. Band zum Thema „Flächennutzungsmonitoring“ (*www.ioer.de/publikationen/ioer-schriften*).

RHOMBOS

ISBN 978-3-944101-77-4