

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

Blinn, Mirko; Kötter, Theo

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Blinn, M., & Kötter, T. (2022). Nachhaltige Siedlungsflächenentwicklung in prosperierenden Stadtregionen - Herausforderungen, Konzepte und Methoden der Modellierung. In *Flächennutzungsmonitoring XIV: Beiträge zu Flächenmanagement, Daten, Methoden und Analysen* (S. 63-73). Berlin: Rhombos-Verlag. <https://doi.org/10.26084/14dfns-p007>

#### Nutzungsbedingungen:

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

#### Terms of use:

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



## Flächennutzungsmonitoring XIV

Beiträge zu Flächenmanagement,  
Daten, Methoden und Analysen

IÖR Schriften Band 80 · 2022

ISBN: 978-3-944101-80-4

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

*Mirko Blinn, Theo Kötter*

Blinn, M.; Kötter, T. (2022): Nachhaltige Siedlungsflächenentwicklung in prosperierenden Stadtregionen – Herausforderungen, Konzepte und Methoden der Modellierung. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIV. Beiträge zu Flächenmanagement, Daten, Methoden und Analysen. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 80, S. 63-73.

DOI: <https://doi.org/10.26084/14dfns-p007>

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

*Mirko Blinn, Theo Kötter*

## Zusammenfassung

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

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

## 1 Landwirtschaftsflächen in Stadtregionen unter Stress

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

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

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

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

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

## 2 Das Modell der Landnutzungsmodellierung

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3 Resultate der Landnutzungsmodellierung

#### 3.1 Potenzielle Siedlungsflächenmuster

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

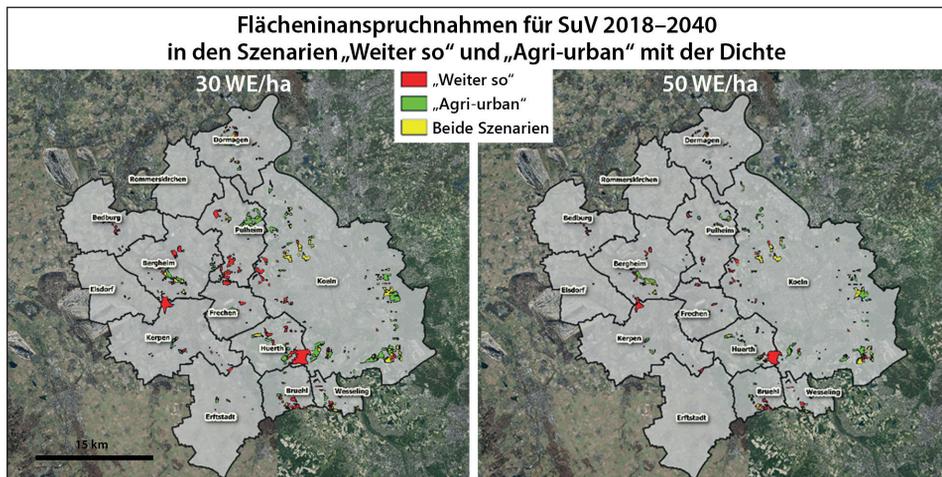


Abb. 2: Flächeninanspruchnahmen für SuV 2018-2040 in den Szenarien „Weiter so“ und „Agri-urban“ mit der Dichte 30 WE/ha und 50 WE/ha (Quelle: eigene Darstellung)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4 Wesentliche Erkenntnisse und Ausblick

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

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

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

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

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

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

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

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

## 5 Literatur

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

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