

GeoBerichte 14



LANDESAMT FÜR
BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE



Flächenneuinanspruchnahme
und Bodenversiegelung in
Niedersachsen



Niedersachsen



GeoBerichte 14

Landesamt für
Bergbau, Energie und Geologie

Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung in Niedersachsen

HANS-WERNER BASEDOW, IRMGARD BOLZE,
NICOLE ENGEL, MARION GUNREBEN,
UWE HAMMERSCHMIDT, SYLVIA PALM,
JAN SBRESNY, ROBIN STADTMANN &
ANJA STEININGER

Hannover 2021

Impressum

Herausgeber: © Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Stilleweg 2
30655 Hannover
Tel. (0511) 643-0
Fax (0511) 643-2304

Download unter www.lbeg.niedersachsen.de

4. Auflage.

Version: 03.11.2021

Redaktion: Ricarda Nettelmann
Mail: bodenkundlicheberatung@lbeg.niedersachsen.de

Titelbild: R. Stadtmann (LBEG).

ISSN 1864–6891 (Print)

ISSN 1864–7529 (digital)

DOI 10.48476/geober_14_2021

GeoBer.	14	S. 3 – 84	39 Abb.	13 Tab.	2 Anh.	Hannover 2021
---------	-----------	-----------	---------	---------	--------	---------------

Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung in Niedersachsen

HANS-WERNER BASEDOW, IRMGARD BOLZE, NICOLE ENGEL, MARION GUNREBEN,
UWE HAMMERSCHMIDT, SYLVIA PALM, JAN SBRESNY, ROBIN STADTMANN & ANJA STEININGER

unter Mitarbeit von TOBIAS MATTNER

Kurzfassung

Die zunehmende Nutzung von Flächen als Siedlungs- und Verkehrsflächen und die damit zusammenhängende Versiegelung von Böden zählen seit langem zu den drängenden Problemen im Umweltschutz. Auch wenn in den letzten Jahren eine Reduzierung der Flächeninanspruchnahme erreicht werden konnte, wurden die bis 2020 formulierten Ziele auf Bundes- und Länderebene verfehlt. Das bekannteste Beispiel ist das nicht erreichte bundesweite „30-Hektar-Ziel“. Zusätzliche Anstrengungen sind erforderlich, um die natürliche Lebensgrundlage Boden zu sichern und eine deutliche Senkung von Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung zu erreichen.

Um hierfür eine aktuelle Informationsgrundlage für Niedersachsen zu bieten, wurde der 2009 erstmalig veröffentlichte und anschließend mehrfach aktualisierte GeoBericht 14 (BASEDOW et al. 2017) umfangreich überarbeitet. Hierzu zählt auch die Einarbeitung von neuen Datengrundlagen zur Überwachung der Entwicklung von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung. Hierbei wurden die Versiegelungsdaten des Copernicus-Programms sowie die CLC5-Daten des BKG in das Niedersächsische Bodeninformationssystem (NIBIS®) integriert, um eine regelmäßig aktualisierte Datengrundlage mit guter räumlicher und zeitlicher Auflösung vorzuhalten.

Im vorliegenden Bericht wird der Themenkomplex Flächeninanspruchnahme aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet. Zum einen werden die vielfältigen Gründe für die anhaltende Flächeninanspruchnahme aufgezeigt. Um das Problembewusstsein für die Flächeninanspruchnahme zu schärfen, werden zum anderen die ökologischen und sozioökonomischen Folgen der Flächenneuinanspruchnahme verdeutlicht. Die Entwicklung der Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie der Bodenversiegelung in Niedersachsen werden dokumentiert und Auswertungen über die räumliche und zeitliche Verteilung der Flächeninanspruchnahme vorgelegt.

In einem abschließenden Kapitel werden konkrete Instrumente zur Reduktion von Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung aus planerischer und bautechnischer Sicht vorgestellt und Empfehlungen ausgesprochen, um für Kommunen Handlungsoptionen und positive Aspekte von flächensparender und versiegelungsreduzierter Planung aufzuzeigen.

Inhalt

Vorwort.....	5
Zusammenfassung für Entscheidungsträger/innen.....	6
1. Einleitung	7
1.1. Formulierte Ziele zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme.....	7
1.2. Themenkomplex Flächeninanspruchnahme	8
1.3. Definition zentraler Begriffe.....	11
2. Folgen von Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung	13
2.1. Ökologische Folgen	13
2.2. Soziale und ökonomische Folgen	16
3. Umfang von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung in Niedersachsen ...	20
3.1. Daten der tatsächlichen Nutzung – Katasterdaten	20
3.1.1. Methodik.....	20
3.1.2. Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung in Niedersachsen.....	20
3.2. Raumzeitliches Monitoring von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung	28
3.2.1. Datengrundlagen.....	28
3.2.1.1. Copernicus-Satellitenbilddauswertungen	28
3.2.1.2. CLC5-Landbedeckungsdaten des BKG.....	30
3.2.2. Auswertungsergebnisse.....	30
4. Empfehlungen zur Reduzierung von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung	33
4.1. Rechtlicher Rahmen.....	33
4.1.1. Raumordnungsrecht.....	34
4.1.2. Baurecht.....	35
4.1.3. Schutzgüter Fläche und Boden.....	36
4.2. Planungsinstrumentarien	37
4.2.1. Flächenrecycling	37
4.2.2. Innenentwicklung	39
4.2.3. Handelbare Flächenzertifikate	43
4.2.4. Folgekostenrechner	43
4.3. Minderungsmaßnahmen bei Bauvorhaben.....	44
4.3.1. Versickerungsfähige Flächenbefestigungen – Belag und Baustoffwahl.....	44
4.3.1.1. Allgemeine Aspekte bei der Anlage von versickerungsfähigen Flächenbefestigungen	45
4.3.1.2. Begrünbare Flächenbefestigungen.....	45
4.3.1.3. Versickerungsfähige Verkehrsflächen	50
4.3.2. Regenwasserversickerung.....	51
4.3.2.1. Gesetzliche Vorgaben.....	51
4.3.2.2. Voraussetzungen für die Planung von Versickerungsanlagen	52
4.3.2.3. Versickerung von Niederschlagsabflüssen	57
4.3.3. Teilversiegelung und Entsiegelungsmöglichkeiten	63
5. Ausblick	71
6. Literatur.....	71
7. Anhang.....	80

Vorwort

Als Staatlicher Geologischer Dienst für Niedersachsen und Fachbehörde für Bodenschutz stellt das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) Informationen zu den Eigenschaften, Ausprägungen und Gefährdungen von Böden und Bodenfunktionen bereit.

Böden sind die Lebensgrundlage für Mensch und Umwelt. Niedersachsen ist durch eine große Bodenvielfalt gekennzeichnet und weist auch besonders leistungsfähige Böden auf. Durch Bodenversiegelung ist allerdings ein immer weiter fortschreitender Verlust dieser wertvollen Ressource und essenziellen Lebensgrundlage zu verzeichnen.

Mit dieser neu erarbeiteten Auflage des GeoBerichts 14 stellt das LBEG aktuelle Auswertungen zu den Indikatoren Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung zur Verfügung. Zudem werden die ökologischen und sozioökonomischen Folgen dieser Prozesse erläutert und, darauf aufbauend, Instrumente für eine Reduzierung von Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung aufgezeigt.

Darüber hinaus werden neue Datengrundlagen für das Umweltmonitoring eingeführt. Auf dem NIBIS®-Kartenserver verfügbare Geodaten, wie die Copernicus-Daten zur Bodenversiegelung oder Auswertungen zur Veränderung der Landbedeckung, werden hierzu bezüglich ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung erläutert und mit Auswertungsbeispielen verdeutlicht.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre des vorliegenden Geoberichts.

Carsten Mühlenmeier
Präsident LBEG



Zusammenfassung für Entscheidungsträger/innen

Boden und Fläche sind endliche Umweltgüter. Während Flächen wieder umgenutzt werden können, sind Böden nach einer Bodenversiegelung, welche mit der Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen einhergeht, häufig unwiederbringlich zerstört.

Die Begrenztheit der Ressourcen wird aktuell durch gesellschaftliche Diskussionen deutlich, die sich um unterschiedliche Nutzungsansprüche an Boden und Fläche drehen. Beispiele sind landwirtschaftliche Nutzung und steigende Boden- und Pachtpreise, der Wunsch nach regionaler Nahrungsmittelproduktion bei fortschreitendem Verlust der dafür notwendigen landwirtschaftlichen Flächen, der Bedarf an bezahlbarem Wohnraum in boomenden Regionen, schrumpfende Regionen mit Leerstandsproblematiken, der Verlust von Lebensräumen und Biodiversität sowie kontrovers diskutierte „Schottergärten“.

Diese Diskussionen zeigen, dass das Problembewusstsein für „Flächenverbrauch“ steigt. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) führt die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen seit Jahrzehnten als eines der „persistenten Umweltprobleme“, welche sich vor allem durch eine Irreversibilität der Schadensentwicklung oder ein hohes Schadensausmaß auszeichnen. Neben ökologischen Folgen kann die zunehmende Ausbreitung von Siedlungs- und Verkehrsflächen auch soziale und ökonomische Folgen haben, über die in diesem Bericht ebenfalls ein Überblick gegeben wird.

Es gilt, dringend Flächen zu sparen und Böden zu schonen, um die natürlichen Lebensgrundlagen für kommende Generationen zu erhalten. Der Geobericht verdeutlicht, dass die notwendigen Instrumente zu einem nachhaltigen Umgang mit Boden und Fläche bereits vorhanden sind. Als Träger der Bauleitplanung kommt den Kommunen beim Thema Flächeninanspruchnahme eine besondere Verantwortung zu, allerdings sind auch andere Planungsträger bzw. Planungsebenen in der Pflicht.

Für die kommunale Ebene besteht die Möglichkeit, den steigenden Bedarf nach flächensparender Planung als Chance zu nutzen, um lebendige Ortskerne mit wenig Leerstand und zudem hochwertige Grünflächen zu gestalten, die auch an zukünftige Herausforderungen wie den Klimawandel angepasst sind.

Der vorliegende Leitfaden bietet einen Überblick zu Instrumenten wie Leerstands- und Brachflächenkatastern zur Förderung der Innenentwicklung oder Folgekostenrechnern für eine transparente finanzielle Planung von Baugebieten. Zudem werden für versiegelte Flächen bautechnisch fundierte Vorschläge für eine versickerungsfreundliche Gestaltung gemacht und Entsiegelungspotenziale dargestellt, um Lösungswege und Entwicklungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

1. Einleitung

Die Inanspruchnahme von Böden für Siedlungs- und Verkehrsflächen wird auch als Flächenverbrauch bezeichnet. Mit diesem Prozess sind negative ökologische Folgen verbunden. Aus Sicht des Bodenschutzes besonders bedeutsam ist die mit der Überbauung einhergehende Bodenversiegelung, welche zu erheblichen negativen Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen führt. Darüber hinaus sind auch ökonomische und soziale Probleme mit der Flächeninanspruchnahme verknüpft, wenn z. B. Wohnbebauungen und Einkaufszentren „auf der grünen Wiese“ zu einem Bedeutungs- und Einwohnerverlust der Innenstädte und zu weiten Wegen für die Bürgerinnen und Bürger führen.

Um den rechtlich verankerten Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen für kommende Generationen umzusetzen, muss die Inanspruchnahme von Böden für Siedlungs- und Verkehrsflächen unbedingt reduziert werden. Auf den ersten Blick dieser Notwendigkeit gegenüberstehend sind hohe Wohnungsbedarfe sowie steigende Mieten und Bodenpreise in Ballungsräumen und deren Umland zu verzeichnen. Auf den zweiten Blick wird allerdings deutlich, dass der Flächenverbrauch nicht nur in diesen Ballungsräumen, sondern gerade auch in Gebieten mit geringer Bevölkerungs- und Siedlungsdichte und schlechter Erreichbarkeit hoch ist (BARON & DROSS 2016, SIEDENTROP 2018, UBA 2018). Es ist also eine differenzierte Betrachtung der Faktoren für die anhaltende Flächeninanspruchnahme notwendig. Eine nachhaltige und gemeinwohlorientierte Bodenpolitik gewinnt zunehmend an Bedeutung (BAULANDKOMMISSION 2019). Hierbei sind insbesondere die zukünftige Bevölkerungsentwicklung und eine transparente Darstellung der (Folge-)Kosten sowie der ökologischen Folgen von Flächeninanspruchnahmen einzubeziehen.

Mit dem vorliegenden Bericht wird dargestellt, welchen Umfang Flächenneuanspruchnahme und Bodenversiegelung in Niedersachsen haben und welche Entwicklungstendenzen nach derzeitigem Sachstand vorliegen (Kap. 3). Hierzu werden auch Instrumente zum Monitoring dieser Indikatoren vorgestellt. Um das Problembewusstsein für die Flächeninanspruchnahme zu schärfen, werden zudem die ökologischen und sozioökonomischen Folgen des Flächenverbrauchs verdeutlicht (Kap. 2).

In einem weiteren Kapitel werden Handlungsoptionen aufgezeigt, indem praktische Empfehlungen zur Reduktion von Flächenverbrauch und Bodenversiegelung aus Sicht des Bodenschutzes gegeben werden (Kap. 4). Dabei finden bautechnische Anforderungen ebenso Berücksichtigung wie Instrumente des Flächenmanagements.

Der Bericht ist sowohl an Mitarbeitende von Kommunen als auch Praktizierende aus Raum- und Stadtplanung gerichtet. Auch interessierte Bürgerinnen und Bürger, die ihre eigenen Baumaßnahmen versickerungsfreundlich gestalten möchten, sind angesprochen.

Über die Inhalte dieses Berichts hinausgehende relevante Aspekte, die auch in Zusammenhang mit Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung stehen, ergeben sich für die Kommunen aus den Herausforderungen des Klimawandels. Weitergehende Hinweise zu einer nachhaltigen Wohnbaulandentwicklung in Niedersachsen, in denen Aspekte des Flächensparens sowie auch der zunehmend wichtigen klimagerechten Entwicklung von Wohnbauland aufgeführt sind, beinhaltet die Veröffentlichung „Wohnbauland nachhaltig entwickeln“ des niedersächsischen Umweltministeriums (MU 2019). Informationen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, basierend auf den Böden einer Gemeinde sowie zur Erfassung der bedeutendsten Böden im Gemeindegebiet über eine regionale Bodenfunktionsbewertung, finden sich in ENGEL & STADTMANN (2020).

1.1. Formuliert Ziele zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme

Zur Beschränkung der Flächenneuanspruchnahme sind auf unterschiedlichen Ebenen Zielvorgaben formuliert worden. Die bekannteste Vorgabe ist das so genannte 30-Hektar-Ziel der Bundesregierung (BMU 1998, BUNDESREGIERUNG 2002, CDU/CSU/SPD 2005). Es besagte ursprünglich, dass die Flächeninanspruchnahme bis 2020 auf bundesweit 30 ha pro Tag reduziert werden sollte. Zwar wurden, ausgehend von über 120 ha pro Tag um die Jahrtausendwende, Erfolge erzielt. Derzeit liegt der Wert allerdings noch bei bundesweit täglich über 56 ha (gleitender Vierjahresdurchschnitt 2015–2018; STATISTISCHES BUNDESAMT 2020). Das somit deutlich verfehlt 30-Hektar-Ziel bis 2020 wurde in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (2016, Aktualisierung 2018) sowie im

aktuellen Koalitionsvertrag dahingehend verändert, dass nun bis 2030 eine tägliche Flächeninanspruchnahme von unter 30 ha erreicht werden soll (BUNDESREGIERUNG 2018, CDU/CSU/SPD 2018). Das integrierte Umweltprogramm des Bundesumweltministeriums setzt mit 20 ha pro Tag bis 2030 ambitioniertere Ziele (BMUB 2016).

Auch Niedersachsen bekennt sich dazu, die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie der Bodenversiegelung einschränken zu wollen. Das Ziel, die Flächenneuinanspruchnahme zu reduzieren, wurde in die CDU-FDP-Koalitionsvereinbarung 2008–2013 aufgenommen (CDU/FDP 2008) sowie im Koalitionsvertrag der Rot-Grünen Landesregierung 2013–2018 verankert. Dort wurde als konkretes Ziel formuliert, den täglichen Flächenverbrauch bis zum Jahr 2020 auf nur noch 3 ha zu senken (SPD/GRÜNE 2013). Darüber hinaus wurde in der 6. Regierungskommission der Niedersächsischen Landesregierung „Energie- und Ressourceneffizienz“ 2008 ein eigener Arbeitskreis „Flächenverbrauch und Bodenschutz“ eingerichtet. Dessen Ziel war es, Handlungsempfehlungen zur Begrenzung der Flächenneuinanspruchnahme zu erarbeiten. Dabei sollten ökologische, ökonomische und soziale Aspekte beachtet werden (MU 2008). Bereits zuvor wurden im Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen ökologische Zielvorgaben für Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung empfohlen: So sollten die Obergrenzen der Grundflächen- und der Geschossflächenzahlen besser als bisher ausgenutzt werden, um ein Flächen sparendes Bauen zu gewährleisten (GUNREBEN et al. 2003).

Der niedersächsische Koalitionsvertrag SPD/CDU (2017–2022) beinhaltet keine konkrete Hektarzielsetzung, jedoch das Ziel, dem Flächenverbrauch vorzubeugen und mit Fläche sparsam umzugehen. Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie für Niedersachsen (2017) wird dies mit dem Ziel konkretisiert, die Flächeninanspruchnahme pro Tag bis zum Jahr 2030 auf maximal vier Hektar zu begrenzen. Im „Niedersächsischen Weg“ (MU 2020a) wird der Fokus auf die Neuversiegelung gelegt (nicht zu verwechseln mit Flächenverbrauch bzw. Flächenneuinanspruchnahme, vgl. Kap. 1.3), welche bis 2050 auf Netto-Null und bereits bis 2030 auf unter drei Hektar pro Tag reduziert werden soll.

Für das Jahr 2050 wird auch durch die EU sowie durch den Klimaschutzplan der Bundesregierung eine Netto-Null-Flächeninanspruchnahme als Ziel ausgegeben (UBA 2019a). Dieses Ziel wurde auch in die Weiterentwicklung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie 2021 aufgenommen (BUNDESREGIERUNG 2021). Die Schweiz hat ein solches Ziel bereits in einer nationalen Bodenstrategie festgeschrieben. Ab 2050 soll netto kein Boden mehr verbraucht werden. Dies bedeutet, dass zwar weiterhin Böden überbaut werden können, die dadurch verlorenen Bodenfunktionen allerdings an anderer Stelle wiederhergestellt werden müssen (SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT 2020).

1.2. Themenkomplex Flächeninanspruchnahme

In diesem Kapitel wird ein knapper Überblick über wesentliche Wirkungszusammenhänge in dem Themenkomplex der Flächeninanspruchnahme gegeben. Für tiefergehende Betrachtungen wird allerdings auf weiterführende Literatur verwiesen (u. a. SIEDENTROP et al. 2009; PREUSS et al. 2015; SRU 2016, 2018; UBA 2018, 2019b; BEHNISCH, KRETSCHMER & MEINEL 2018; LABO 2020).

Für ein besseres Verständnis der Flächeninanspruchnahme können die relevanten Faktoren in zwei zu betrachtende Seiten unterteilt werden: die Nachfrage- und die Angebotsseite.

Die sogenannte „Nachfrageseite“ beinhaltet durch Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen entstehende Ansprüche an die Flächennutzung, die zur Flächeninanspruchnahme führen. Beispiele hierfür sind durch Wachstum (Zuzug in Ballungsräume), Wohlstand (größere Wohneinheiten), der Wunsch nach einem „Haus im Grünen“ oder den demografischen Wandel (mehr Haushalte mit wenigen Bewohnenden) beeinflusste Flächenbedarfe. So liegen die Gründe für die anhaltende Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche also auch in umfangreichen gesellschaftlichen Veränderungsprozessen, welche die Nutzung von Wohn-, Arbeits-, Verkehrs- und Erholungsflächen beeinflussen. Zum anderen sind ökonomische Interessen von privaten und öffentlichen Akteuren (z. B. Immobilienmarktakteure auf der einen und Kommunen auf der anderen Seite) zu betrachten, welche Angebote bzw. Anreize für Haushalte und Unternehmen zur Flächeninanspruchnahme schaffen („Angebotsseite“). Die

Grundlage hierfür sind z. B. auch Steuer- oder Subventionspolitiken, die u. a. zum Erwerb von Wohneigentum oder zum Ausbau des Straßennetzes anregen (SIEDENTROP 2018).

Im Folgenden sollen einige Aspekte dieser beiden Komplexe Nachfrage- und Angebotsseite betrachtet werden. SIEDENTROP (2018) führt, basierend auf den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen, aus, dass in Deutschland insgesamt die Bedeutung der Nachfrageseite (z. B. Wohlstands- und Wachstumsfaktoren) zur Erklärung der Flächeninanspruchnahme abnimmt und die Angebotsseite (z. B. staatliche und kommunale Subventions- und Baulandpolitik) an Bedeutung gewinnt.

Teil der Nachfrageseite ist der Anspruch der Bürgerinnen und Bürger an die Wohnsituation und die Infrastruktur. Zwischen 1991 und 2014 wuchs die Wohnfläche pro Person in Deutschland von 34,8 m² auf 46,1 m². Für die Zukunft wird eine weitere Erhöhung der Zahl erwartet (SRU 2018). Erklärt werden kann dies z. B. durch zunehmende Ansprüche an den Wohnraum (Wohlstandseffekte) sowie gestiegene Zahlen von Ein- und Zweipersonenhaushalten (SRU 2016). Ebenfalls eine Zunahme erfuhr die Automobilität (SRU 2020), u. a. durch die steigende Anzahl an Menschen, die zu ihrer Arbeitsstelle pendeln. Sowohl für das Wohnen als auch für den Autoverkehr wird also mehr Fläche pro Person beansprucht. Mit diesen Veränderungen sind auch politische Instrumente verknüpft, wie beim Beispiel des Pendelns die Pendlerpauschale.

Das Wohnen ist ein wesentlicher Treiber der Flächeninanspruchnahme, und insbesondere die Art des Wohnens hat Auswirkungen auf deren Umfang (SRU 2016). Dies kann anhand der folgenden Zahlen verdeutlicht werden:

- Eine Auswertung im Mittel der Jahre 2006 bis 2009 zeigte, dass in diesem Zeitraum in Niedersachsen 2,9 ha pro Tag (ca. 1.060 ha pro Jahr), und damit ca. ein Drittel des täglichen Flächenverbrauchs, für den Wohnungsbau benötigt wurden.
- 2,5 ha davon wurden durch Einfamilienhäuser beansprucht (10.500 Einfamilienhäuser pro Jahr). Für 470 Gebäude des Geschosswohnungsbaus (3.250 Wohnungen) wurden 0,1 ha pro Tag umgewandelt. 0,3 ha pro Tag entfielen auf 960 Zweifamilienhäuser (1.920 Wohnungen; MU 2011).

- Laut der Wohnbaulandumfrage (N-BANK 2018, 2020) sind anhaltende Neuausweisungen von Wohnbauland zu verzeichnen. 2016 und 2017 wurden in Niedersachsen ca. 1.792 ha Wohnbauland für 34.200 Wohnungen ausgewiesen; 2018 und 2019 waren es 1.715 ha für 37.000 Wohneinheiten. Die meisten Flächen werden für Familieneigenheime ausgewiesen (N-BANK 2020).

- Es ist allerdings eine Veränderung bzgl. des Anteils an Geschosswohnungen zu verzeichnen, welche in der Befragung 2018 etwa die Hälfte der Wohneinheiten auf den neuen Flächen ausmachten (375 ha bei ca. 16.400 Wohnungen; N-BANK 2018). Bei diesem beträchtlichen Anteil an den Wohneinheiten machten die Geschosswohnungen lediglich 20 % des Flächenbedarfs aus.

Durch Geschosswohnungsbau erfolgt also eine deutlich effizientere Flächenausnutzung als durch Ein- oder Zweifamilienhausbebauungen. Der Wunsch nach einem Ein- oder Zweifamilienhaus „im Grünen“ kann durch unterschiedliche Motivationen begründet sein. Die Gestaltung von urbanen Räumen und deren Qualität (u. a. hinsichtlich Luft, Lärmbelastung, Attraktivität) und die Rahmenbedingungen (Miet- und Immobilienpreise) können wesentlichen Einfluss auf die Entscheidung haben, „auf der grünen Wiese“ leben zu wollen (UBA 2018).

Der stattfindende Wandel in der Arbeitswelt sowie der demografische Wandel verändern zum einen die Anzahl an nachgefragten Wohnungen, zum anderen aber insbesondere den Ort der Nachfrage. Insgesamt wird die Bevölkerungszahl in Niedersachsen abnehmen (vgl. Kap. 2.2). Gleichzeitig leben immer mehr Menschen in den städtisch geprägten Regionen oder deren Umland. Dieser Zuzug führt zu steigenden Mieten in Ballungsräumen und dem Bedarf nach bezahlbarem Wohnraum, welcher aufgrund der räumlichen Beschränkungen insbesondere durch Mehrgeschosshäuser gedeckt werden muss (SRU 2016). Auch veränderte Versorgungs- und Konsummuster sind Teil einer veränderten Flächennutzung. Beispiele sind die Ansiedlung von Einzelhandel außerhalb oder am Rande der Städte und Dörfer, was Verkehrswege und -flächen notwendig macht und durch ggf. resultierenden Leerstand in der Stadt das Stadtzentrum in der Attraktivität schwächen kann (vgl. hierzu Kap. 2.2). Ein anderes Beispiel

sind große Logistikzentren, die üblicherweise verkehrsgünstig auf Freiflächen in der Nähe von Autobahnauffahrten geplant werden und (neben wirtschaftlichen Veränderungsprozessen) auch von geändertem Einkaufsverhalten der Bürgerinnen und Bürger zeugen.

Ein zentraler Faktor für die Flächeninanspruchnahme ist die Konkurrenz von Kommunen um Einwohnerinnen und Einwohner sowie um Gewerbebetriebe. Kommunale Einnahmen sind in Deutschland wesentlich von der Einwohnerzahl sowie von der Gewbesteuer der angesiedelten Betriebe abhängig. In der Vergangenheit war man davon ausgegangen, dass die Ausweisung neuer Wohngebiete zu einer steigenden Bevölkerungszahl, insbesondere junger Familien, führt und in der Folge zur Sicherung kommunaler Finanzen durch höhere Steuereinnahmen beiträgt. Auch heute sind diese Mechanismen noch vorhanden. „Die Bestrebung, mithilfe der Bereitstellung von Bauland Einwohner [und Einwohnerinnen] und Betriebe anzuziehen und auf diese Weise steuerliche Einnahmeeffekte zu erzeugen, muss als relevanter Antriebsfaktor der Flächeninanspruchnahme angesehen werden“ (SIEDENTROP 2018: 51). Insbesondere in schrumpfenden oder dünn besiedelten Regionen wurde und wird versucht, hiermit einer

Überalterung oder Abwanderung entgegenzuwirken (UBA 2018). Dies gilt auch für die Ausweisung von Gewerbestandorten, die Firmen anziehen sollen, wodurch Gewerbesteuererinnahmen sowie Bevölkerungszuzug durch die entstehenden Arbeitsplätze erwartet werden. Dies führte teilweise zu infrastrukturell erschlossenen Wohn- und Gewerbegebieten, die allerdings nicht gefüllt werden konnten. Es entsteht ein „Flächenverbrauch ohne Wachstum“ (SIEDENTROP 2018: 54).

Zwar steuern die Kommunen im Rahmen der verbindlichen Bauleitplanung den größten Anteil der Flächeninanspruchnahme, allerdings kommen beispielsweise über Baugenehmigungen im Außenbereich (§ 35 BAUGB), Planfeststellungsverfahren (z. B. Infrastrukturprojekte) oder Fachgenehmigungen (z. B. natur-, wasser- oder immissionsschutzrechtliche Genehmigungen) weitere Veränderungen der Siedlungs- und Verkehrsfläche hinzu (MEINEL et al. 2020). In einer Studie zu 30 repräsentativ ausgewählten deutschen Kommunen wurde ein Anteil der kommunalen Bauleitplanung an der Flächeninanspruchnahme von zwei Dritteln ermittelt, was einen bedeutenden Anteil der anderen Planungen zeigt (MEINEL et al. 2020).

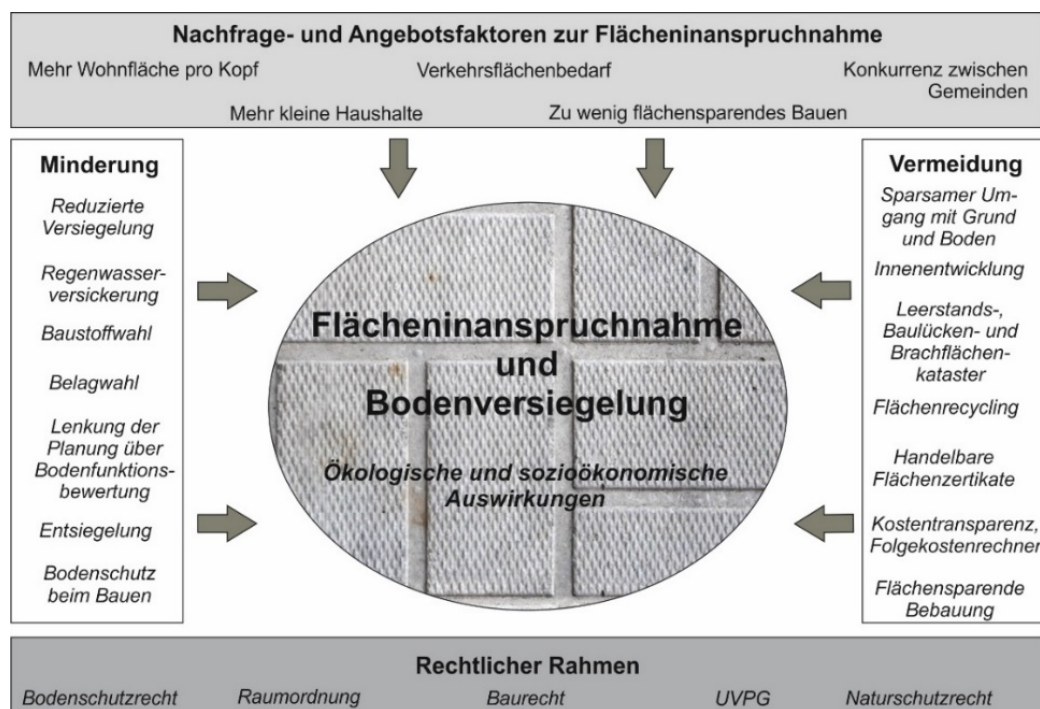


Abb. 1: Übersicht zu in diesem Bericht behandelten Themenaspekten.

Grafik: R. Stadtmann (LBEG).

Über die genannten Faktoren hinaus gibt es weitere zu berücksichtigende Aspekte. Dieser kurze Abriss des Themenkomplexes verdeutlicht, dass unterschiedliche Instrumente und Ansätze notwendig sind, um die Flächeninanspruchnahme weiter zu reduzieren. Die Abbildung 1 führt die in diesem Bericht aufgezeigten Informationen und Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen zur Reduzierung von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung zusammen. Auf diese Weise sollen auch Handlungsoptionen für Kommunen aufgezeigt werden.

1.3. Definition zentraler Begriffe

Flächeninanspruchnahme

Der Umweltindikator „Flächenverbrauch“ (fachlicher: Flächenneuanspruchnahme oder Flächeninanspruchnahme) wird aus der durchschnittlichen täglichen Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche eines Jahres errechnet. Er wird in Hektar pro Tag angegeben. Die Flächenneuanspruchnahme erfolgt auf Kosten der Flächen des Freiraums (s. Abb. 2).

Die Berechnung des Indikators erfolgt, indem von der Siedlungs- und Verkehrsfläche am Ende eines Jahres der Bestand der Siedlungs- und Verkehrsfläche vom Ende des Vorjahres subtrahiert wird. Diese Differenz zeigt die Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche innerhalb des Jahres und wird dann durch die Anzahl an Tagen des Jahres geteilt (vgl. PENNBRESSEL 2019), um die Veränderung in Hektar pro Tag zu erhalten. Um Schwankungen in den jährlichen Werten auszugleichen, wird üblicherweise ein gleitendes Vierjahresmittel (jeweils Berichtsjahr und drei Vorjahre) gebildet.

Die Daten zur Siedlungs- und Verkehrsfläche werden von der Arbeitsgemeinschaft „Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder“ (AG UGRdL) für alle Bundesländer zusammengestellt. Grundlage für die Berechnung ist dabei die Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, die auf den Angaben des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) basiert, mit dem Stichtag 31.12. des jeweils angegebenen Jahres. Definitionsgemäß bilden die in Tabelle 1 aufgeführten Nutzungsarten des AdV-Nutzungsartenverzeichnisses (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder) zusammen die Siedlungs- und Verkehrsfläche. Weitere Ausführungen zu den Daten sind in Kapitel 3.1 zu finden.

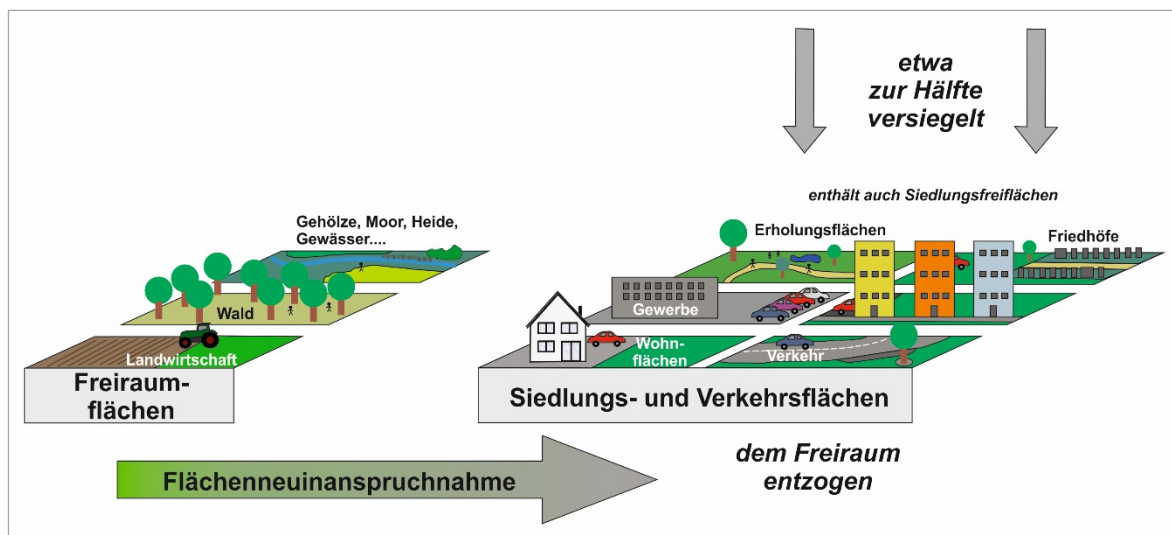


Abb. 2: Umwandlung von Freiraumflächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen.

Grafik: R. Stadtmann (LBEG), in Anlehnung an SRU 2016 und BARON & DROSS 2012.

Tab. 1: Übersicht über die zur Berechnung der Siedlungs- und Verkehrsfläche heranzuziehenden Nutzungsarten bzw. Nutzungsartengruppen (nach AdV 2011).

Nutzungsarten- gruppe (grau) bzw. Nutzungsart und ALKIS-Code	Definition
Siedlung (10000)	Die Nutzungsartengruppe Siedlung beinhaltet die bebauten und nicht bebauten Flächen, die durch die Ansiedlung von Menschen geprägt sind oder zur Ansiedlung beitragen.
Wohnbaufläche (11000)	Wohnbaufläche ist eine baulich geprägte Fläche einschließlich der mit ihr im Zusammenhang stehenden Freifläche (z. B. Vorgärten, Ziergärten, Zufahrten, Stellplätze), die ausschließlich oder vorwiegend dem Wohnen dient.
Industrie- und Gewerbefläche (12000)	Industrie- und Gewerbefläche ist eine Fläche, die vorwiegend industriellen oder gewerblichen Zwecken dient.
Halde (13000)	Halde ist eine Fläche, auf der Material langfristig gelagert wird.
Fläche gemischter Nutzung (16000)	Fläche gemischter Nutzung ist eine bebaute Fläche einschließlich der mit ihr im Zusammenhang stehenden Freifläche (Hofraumfläche, Hausgarten), auf der keine Art der baulichen Nutzung vorherrscht. Solche Flächen sind insbesondere ländlich-dörflich geprägte Flächen mit land- und forstwirtschaftlichen Betrieben, Wohngebäuden u. a. sowie städtisch geprägte Kerngebiete mit Handelsbetrieben und zentralen Einrichtungen für Wirtschaft und Verwaltung.
Fläche besonderer funktionaler Prägung (17000)	Fläche besonderer funktionaler Prägung ist eine baulich geprägte Fläche einschließlich der mit ihr im Zusammenhang stehenden Freifläche, auf denen vorwiegend Gebäude und/oder Anlagen zur Erfüllung öffentlicher Zwecke oder historische Anlagen vorhanden sind.
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche (18000)	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche ist eine baulich geprägte Fläche einschließlich der mit ihr im Zusammenhang stehenden Freifläche, die der Ausübung von Sportarten, der Freizeitgestaltung oder der Erholung dient.
Friedhof (19000)	Friedhof ist eine Fläche, die zur Bestattung dient oder gedient hat, sofern die Zuordnung zu Grünanlage (Schlüssel 18400) nicht zutreffender ist. Friedwälder werden der Nutzungsart „Wald“ zugeordnet.
Verkehr (20000)	Die Nutzungsartengruppe Verkehr enthält die bebauten und nicht bebauten Flächen, die dem Verkehr dienen.
(21000–26000)	Alle Unterpositionen der Nutzungsart Verkehr fließen ein.

Bodenversiegelung

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche ist nicht gleichzusetzen mit der versiegelten Fläche. In der Erhebung der Siedlungs- und Verkehrsfläche sind auch Flächen enthalten, die nur wenig versiegelt sind. Dies gilt für Erholungs- und Friedhofsflächen, aber auch in der Klasse der Wohnbauflächen mit Vorgärten oder Stellplätzen ist ein Teil der Fläche nicht oder nur teilweise versiegelt. Der real versiegelte Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche wird bisher in der Statistik nicht kenntlich gemacht. Da die Versiegelungsgrade der einzelnen Nutzungen nicht flächendeckend erfasst werden, wird der Versiegelungsgrad am LBEG mittels des bundesweit verwendeten UGRdL-Ansatzes (UGRdL 2012: 111 ff, UGRdL 2019) ermittelt. Unter versiegelten Flächen werden dabei diejenigen Flächen verstanden, die aus städtebaulicher Sicht überbaut oder befestigt sind (z. B. wassergebundene Oberflächen, asphaltierte, betonierte oder gepflasterte Flächen).

Zur Berechnung der tatsächlich versiegelten Flächen hat die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) einen Berechnungsvorschlag vorgelegt (GUNREBEN et al. 2007, LABO 2007). Dieser Ansatz wird zur Erhebung des Indikators „Versiegelung“ in der umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder verwendet (UGRdL 2012) und findet am LBEG zur Berechnung der Bodenversiegelung in Niedersachsen Anwendung. Zuvor wurde die gemeindebezogene (Netto-)Versiegelung für Niedersachsen am LBEG mittels eines eigenen, ähnlichen Berechnungsmodells ermittelt: Durch digital erhobene und exakt vermessene Flächendaten aus einem Pilotgebiet wurden die Versiegelungsgrade auf ganz Niedersachsen hochgerechnet (THARSEN & GUNREBEN 2001).

Die Methodik des UGRdL-Ansatzes ist detailliert in FRIE & HENSEL (2009) dokumentiert. Aufgrund einer in Kapitel 3.1 näher erläuterten Umstellung in der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung ist zudem UGRdL (2019) zu berücksichtigen. Der Berechnung liegt ein, jeder Nutzungsart der Siedlungs- und Verkehrsfläche zugewiesener, empirisch ermittelter Versiegelungsanteil zugrunde. Bei der Berechnung wird außerdem berücksichtigt, dass der Versiegelungsanteil nicht in allen Ländern gleich sein muss, da die Regionen unterschiedlich dicht besiedelt sind und folglich Flächen unterschiedlich intensiv genutzt werden. Über den Anteil der

Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche des Bundeslandes (Siedlungsflächendichte oder auch Verdichtungsmaß) wird deshalb ein Korrekturfaktor in die Berechnung einbezogen. Haldenflächen und Friedhöfe werden unabhängig von dem Verdichtungsmaß berechnet und bleiben damit konstant (UGRD_L 2019). Die Berechnung des Versiegelungsanteils der Nutzungsarten wird in den in Tabelle 2 aufgeführten Kategorien vorgenommen.

Tab. 2: Kategorien zur Berechnung der Bodenversiegelung (aus FRIE & HENSEL (2009) und UGRD_L (2019); VA = Versiegelungsanteil, VM = Verdichtungsmaß).

Kategorie	Nutzungsarten aus Tabelle 1 [Formel zur Berechnung]
I	11000, 12000, 16000, 17000 [VA = 0,16 * VM + 43,93]
II	18000 [VA = -0,08 * VM + 15,54]
III	20000 [VA = 0,32 * VM + 47,85]
IV	13000 [VA = 20]
V	19000 [VA = 15]

2. Folgen von Flächenneuinanspruchnahme und Bodenversiegelung

Die Umwandlung von Freiflächen zu Siedlungs- und Verkehrsflächen wird üblicherweise mit dem Ziel vorgenommen, einen bestimmten gesellschaftlichen (z. B. Wohnraum oder Freizeitangebote zu schaffen) und/oder ökonomischen Nutzen zu erreichen (z. B. Steuereinnahmen oder private Gewinne zu generieren). Hierbei werden allerdings mögliche negative Auswirkungen (ökologisch, sozial, ökonomisch) häufig nicht hinreichend in die Entscheidung einbezogen, obwohl dies insbesondere langfristig sinnvoll ist. Um die zukünftige Berücksichtigung dieser Folgen zu fördern, werden sie in diesem Kapitel erläutert.

2.1. Ökologische Folgen

Eine gravierende Nebenwirkung der zunehmenden Flächeninanspruchnahme sind die Versiegelung der Böden und deren Auswirkungen. Etwa 30–50 % der Verkehrs- und Siedlungsflächen sind jeweils versiegelt. Mit der Bodenversiegelung einher geht der Verlust eines der wertvollsten Umweltgüter, nämlich des fruchtbaren Bodens. Die Böden sind Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen. Mit der Flächeninanspruchnahme finden also auch Lebensraumverlust und -zerschneidung statt, die wiederum in komplexen direkten und indirekten Wechselwirkungen stehen (vgl. hierzu SRU 2016: 249). Dies bedeutet auch negative Auswirkungen auf die Biodiversität (MU 2020b).

Durch die Versiegelung gehen die natürlichen Bodenfunktionen verloren. Ein Gas- und Wasseraustausch mit der Atmosphäre findet nicht mehr statt, und die Böden können das versickernde Regenwasser nicht mehr filtern und speichern. Die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes wird hierdurch üblicherweise erheblich beeinträchtigt. Unter versiegelten Flächen ist die Neubildung von Grundwasser behindert, da die Niederschläge größtenteils durch die Kanalisation abgeleitet werden. Dadurch kann wiederum die Hochwassergefahr steigen, da die puffernde Wirkung der Böden im Abflussgeschehen entfällt und das Wasser schneller in die Vorfluter geleitet wird (s.

Abb. 3). Auch für das Mikroklima hat die Versiegelung des Bodens wesentliche Konsequenzen. Über versiegelten Flächen erhöht sich die Temperatur, da die Verdunstung herabgesetzt ist und sich die künstliche Oberfläche stärker aufheizt, als es eine Fläche mit natürlichem Bewuchs tun würde. Die relative Luftfeuchtigkeit wird herabgesetzt und die Luftqualität verringert, da Schadstoffe nicht mehr durch die Vegetation ausgekämmt werden und keine Sauerstoffproduktion mehr stattfinden kann. Bioklimatische Belastungssituationen können die Folge sein. Auch großräumigere Luftbewegungen, die der Frischluftzufuhr dienen, können durch die Flächeninanspruchnahme beeinträchtigt werden. Dies widerspricht dem steigenden Bedarf, urbane Gebiete an die Folgen des Klimawandels, wie z. B. Hitzewellen oder Hochwasserereignisse durch Starkregen, anzupassen, um die Auswirkungen auf den Menschen abzumildern. Die Böden nehmen hierbei eine zentrale Rolle ein (vgl. ENGEL & STADTMANN 2020 und siehe Abb. 3).

Nicht selten sind von der Flächeninanspruchnahme Böden betroffen, die besonders schützwürdig sind (vgl. BUG et al. 2019), wie z. B.:

- Böden mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit,
- Böden mit besonderen Standorteigenschaften (Extremstandorte),
- Dokumente der Natur- und Kulturgeschichte.

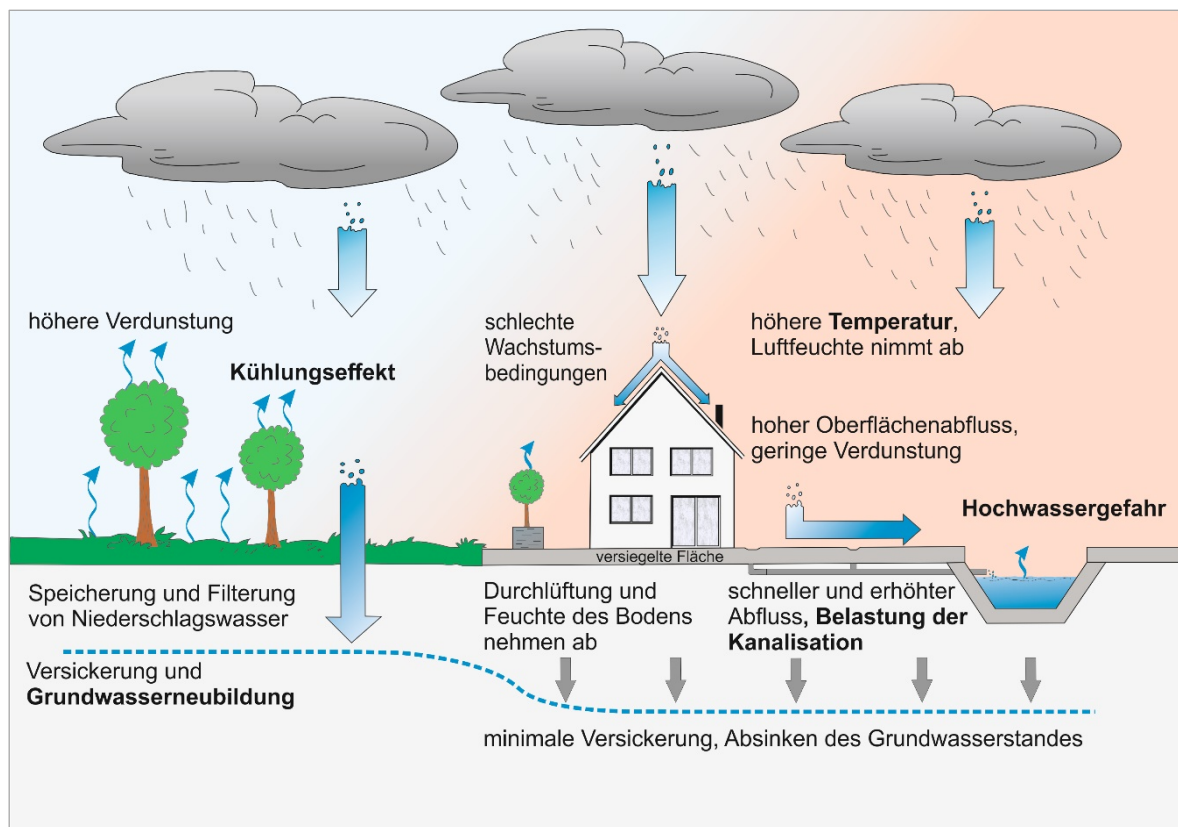


Abb. 3: Ökologische Folgen der Bodenversiegelung.
Grafik: T. Mattner, R. Stadtmann & H.-W. Basedow (LBEG).

Die oben beschriebenen direkten Folgen für die Umwelt bedeuten auch negative Auswirkungen auf deren Nutzung durch den Menschen als Lebensgrundlage. Durch die Umwandlung in Siedlungs- und Verkehrsflächen werden die Böden oft unwiederbringlich für andere Nutzungen ausgeschlossen (UBA 2018).

Die Neuausweisungen von zu bebauenden Flächen finden zu einem großen Teil auf bisher landwirtschaftlich genutzten Böden statt, deren Anteil stark zurückgeht (vgl. Abb. 4). Der Rückgang dieser Böden ist sowohl vor dem Hintergrund des weltweit wachsenden Bedarfes an Nahrungsmitteln und dem Wunsch nach regionaler Nahrungsmittelproduktion, als auch des Bedarfes an Flächen für den Anbau nachwachsender Rohstoffe problematisch. Zu den sozio-ökonomischen Auswirkungen des Verlusts landwirtschaftlich genutzter Böden siehe Kapitel 2.2.

Einmal überbauter Boden ist mit seinen natürlichen Funktionen für Generationen verloren. Es dauert 100–300 Jahre, bis 1 cm humosen Bodens gebildet wird. Die niedersächsischen Böden entwickelten sich in mehreren tausend Jahren zu ihrer heutigen Ausprägung. Bei Verlust oder Überbauung sind die Böden folglich nur sehr schwer wieder herstellbar. Auch die Umlagerung von Böden und Geländemodellierungen haben negative Auswirkungen auf deren Funktionsfähigkeit. Bei Bauarbeiten können zudem erhebliche Schäden an den nur temporär betroffenen Böden entstehen (z. B. durch Bodenverdichtung auf Baustelleneinrichtungsflächen) und diese negativen Effekte verstärken (vgl. hierzu HAMMERSCHMIDT & STADTMANN 2019).

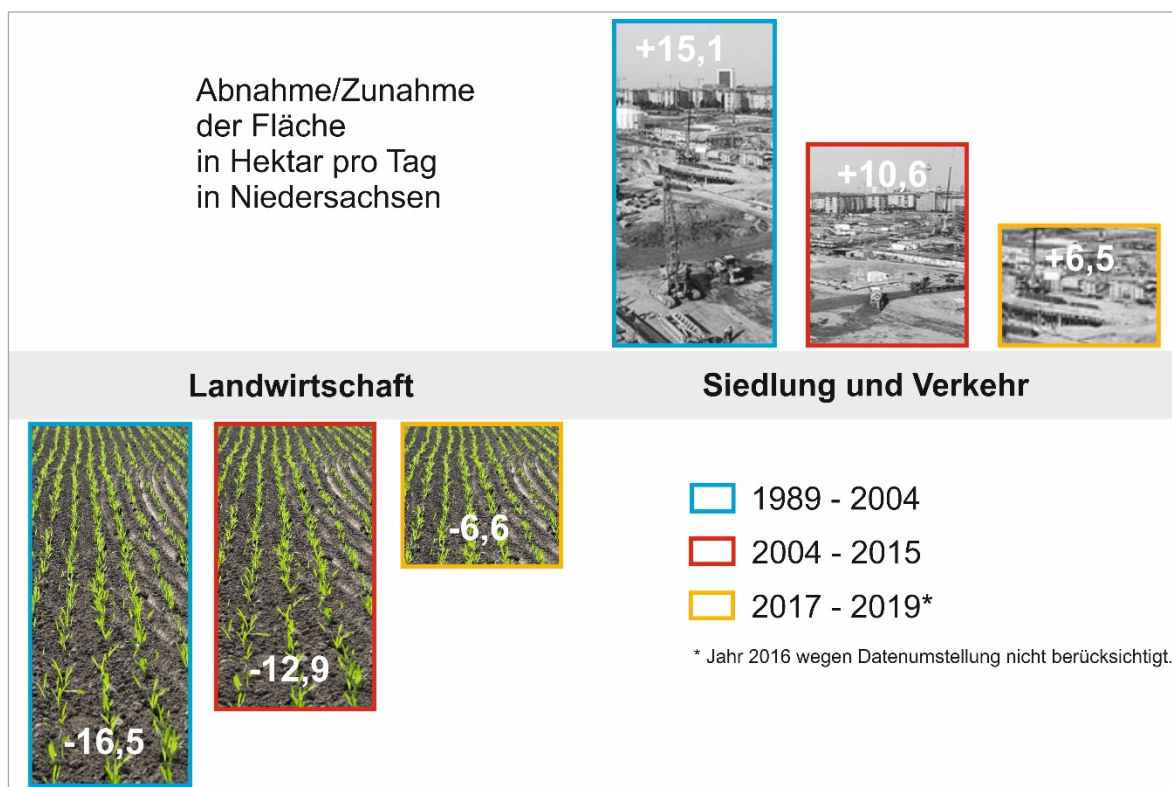


Abb. 4: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Niedersachsen.

2.2. Soziale und ökonomische Folgen

Vor allem vor dem Hintergrund des stattfindenden und auch zukünftig erwarteten Bevölkerungsrückgangs in vielen Landkreisen Niedersachsens (vgl. Abb. 5 und 6) müssen die langfristigen sozialen und ökonomischen Folgen der Flächenneuanspruchnahme in Zukunft stärker als bisher berücksichtigt werden. Für Niedersachsen wird bis 2031 ein Bevölkerungsrückgang von 4,9 % erwartet (NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI O. J., s. Abb. 6). Mittel- und langfristig wird der demografische Wandel in vielen

Städten und Gemeinden Niedersachsens zu weiteren erheblichen Bevölkerungsrückgängen führen. Eine detaillierte aktuelle Analyse bietet die „Wohnungsmarktbeobachtung 2019“ (N-BANK 2019). Sowohl technische Infrastrukturen (z. B. Kanalisation) als auch soziale Einrichtungen wie Schulen und Kindergärten werden dann nicht mehr ausgelastet sein und können – vor allem in den Randbereichen der Gemeinden – zur Kostenfalle für die Kommunen werden (vgl. MUNLV 2008, PREUSS 2015).

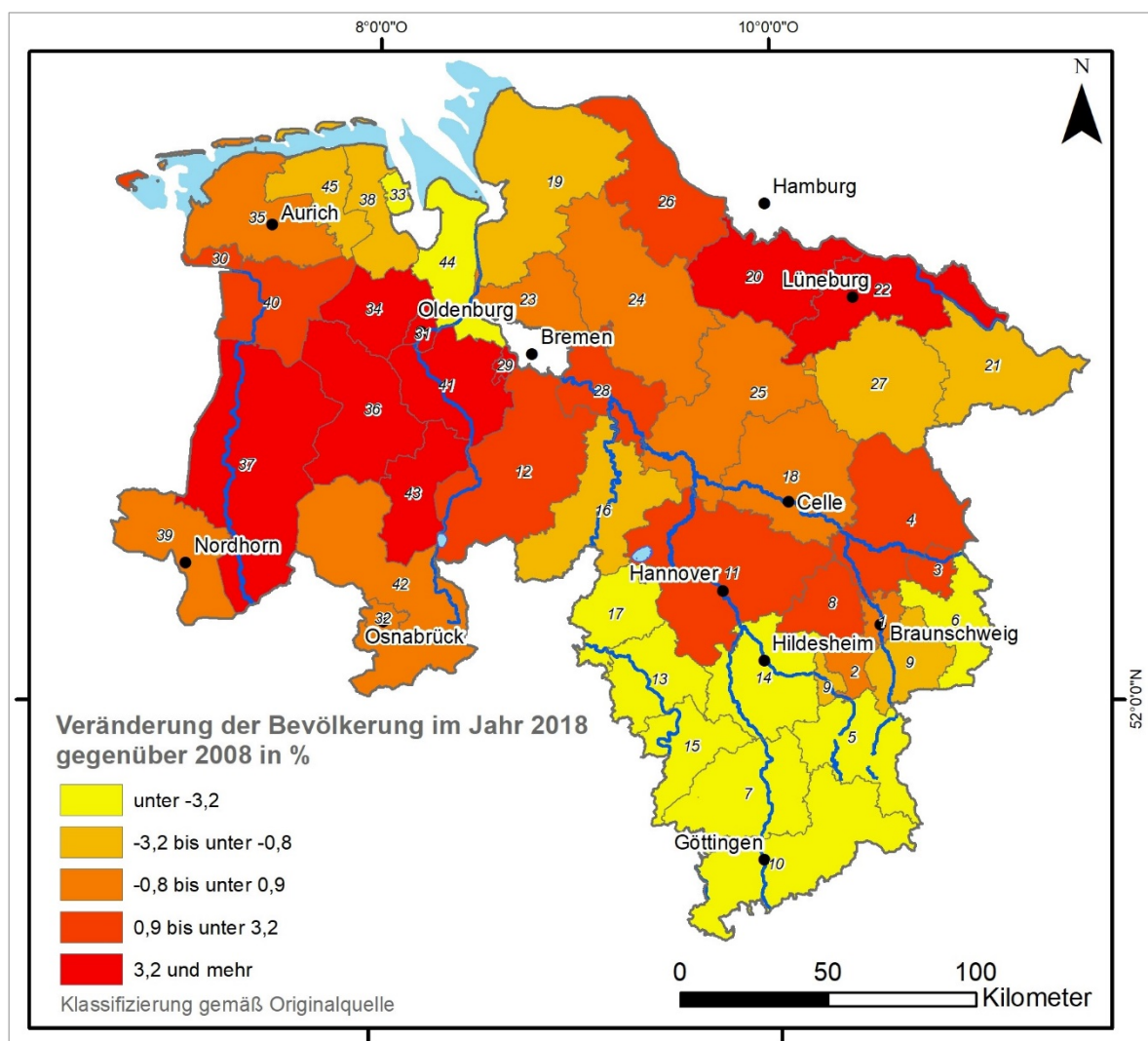


Abb. 5: Bevölkerungsentwicklung zwischen 2008 und 2018 in den niedersächsischen Landkreisen und kreisfreien Städten. Weitere Details unter <http://www.regionalmonitoring-statistik.niedersachsen.de/>. Die Hansestädte Bremen (4,0) und Hamburg (3,9) erfuhren eine deutliche Bevölkerungszunahme. Die Daten sind in Anhang 1 zu finden.

Zwischen 2008 und 2018 erfuhren insbesondere Landkreise im Süden Niedersachsens eine Abnahme in der Bevölkerung. Deutliche Zunahmen fanden in Westniedersachsen sowie in den an Hamburg grenzenden Landkreisen statt. In deren südlich angrenzenden Landkreisen waren wiederum Abnahmen der Bevölkerung zu verzeichnen. Die Region Hannover, wie auch Wolfsburg, verzeichnete Zunahmen von 2,5 bis 3 %.

Vor allem im Süden und Osten Niedersachsens wird weiterhin mit einem – unterschiedlich starken – Bevölkerungsrückgang gerechnet (s. Abb. 6). Erwartete Zunahmen liegen in den Städten (Hannover, Braunschweig, Göttingen, Hildesheim, Osnabrück, Oldenburg, Emden) sowie weiterhin in den an Hamburg und teilweise an Bremen angrenzenden Landkreisen sowie im Westen Niedersachsens (ebenfalls Abb. 6).

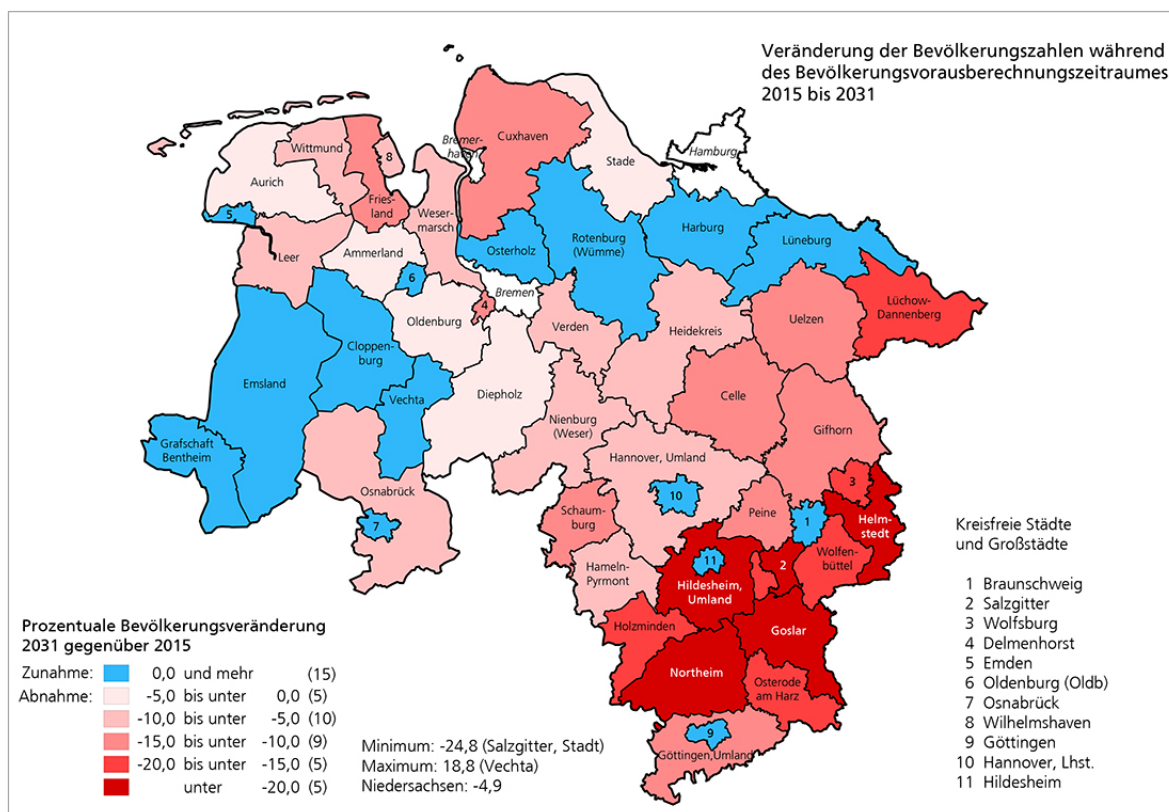


Abb. 6: Bevölkerungsprognose 2015–2031 (NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI o. J. / © LSN). Aufgrund des Vergleichsjahrs 2015 in der Datengrundlage ist in dieser Grafik die 2016 erfolgte Fusion der Landkreise Osterode und Göttingen noch nicht berücksichtigt. Für weitere Informationen siehe www.niedersachsen.de > Themen > Demografie und regionale Landesentwicklung > Demografische und regionale Entwicklung in Niedersachsen > Demografie in Niedersachsen.

Diese Erwartungen gehen einher mit der weiteren Verdichtung in Ballungsräumen. Die erwartete Besiedlungsdichte im Jahr 2031 zeigt Abbildung 7. Neben den bereits zuvor genannten Städten, die eine Bevölkerungszunahme erfahren, stehen insbesondere die Region Hannover und angrenzende Landkreise mit hohen Besiedlungsdichten hervor, ebenso wie die Landkreise Vechta und Harburg.

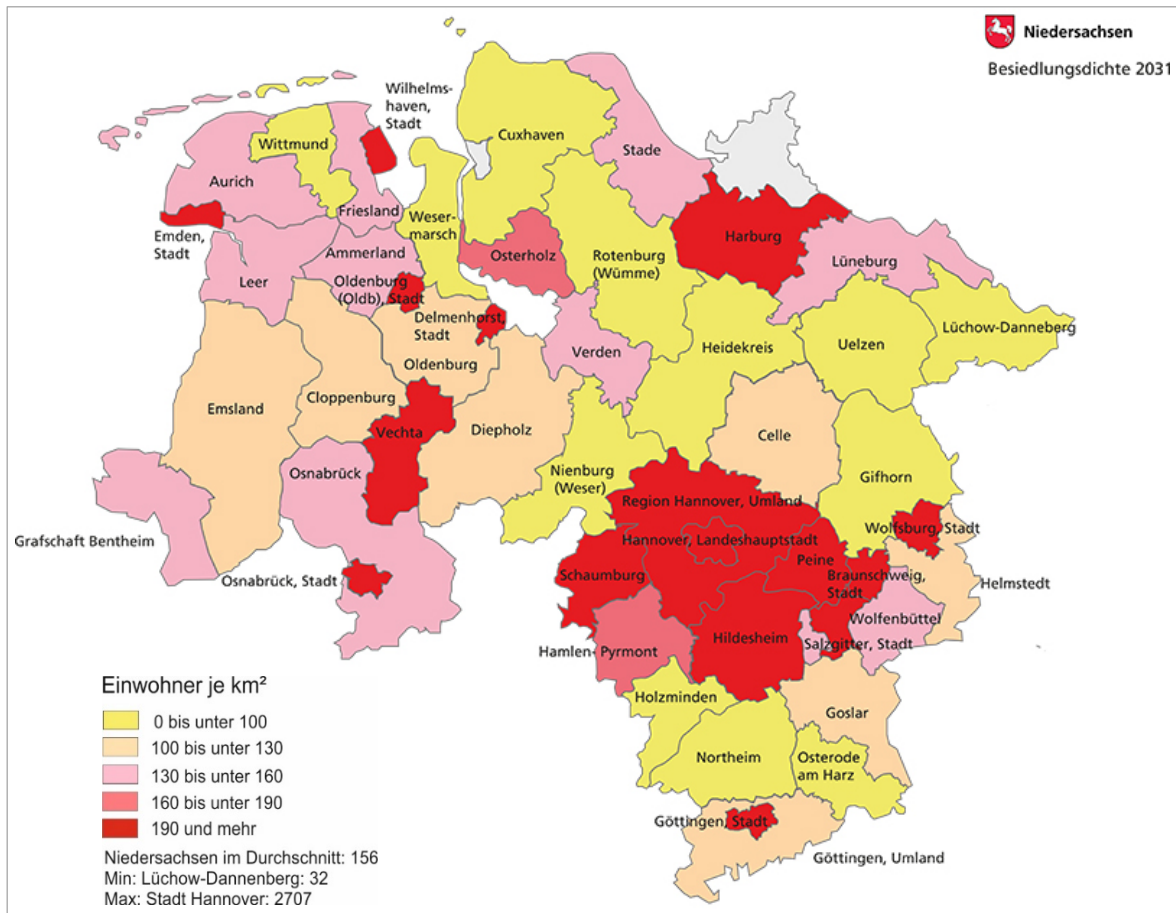


Abb. 7: Besiedlungsdichte 2031 (NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI o. J., Legende verändert). Aufgrund der der Datengrundlage ist in dieser Grafik die 2016 erfolgte Fusion der Landkreise Osterode und Göttingen noch nicht berücksichtigt.

Sozioökonomische Folgen

Zunehmende Flächenausweisungen in den Außen- und Randbereichen bereits bestehender Siedlungen können bei zurückgehender Bevölkerungszahl zu städtebaulichen Schieflagen in den bebauten Bereichen und Innenstädten führen. So muss mit zunehmenden Leerständen ebenso gerechnet werden, wie mit einem Verfall der Bausubstanz, was insgesamt zu einem Imageverlust der gewachsenen Siedlungen sowie zu sinkender Lebensqualität in diesen führen kann. Die Schaffung von Einkaufsmöglichkeiten außerhalb der Ortskerne kann diese Effekte verstärken, wenn zentral gelegene Geschäfte sich dadurch nicht mehr rentieren. Gewachsene Stadtteile können damit einen Bedeutungsverlust in ihren sozialen und versor-

genden Funktionen erfahren, wodurch die Versorgungssituation der verbleibenden Einwohnerinnen und Einwohner (Güter, aber auch Dienstleistungen) sich verschlechtern kann (UBA 2018). Wird dadurch die Attraktivität der Zentren weiter herabgesetzt, können Effekte der Abwanderung verstärkt und unausgewogene Sozialstrukturen gefördert werden (SRU 2016). Segregationsprozesse (sozial, ethnisch, demografisch) können eine Folge sein und zu Benachteiligungen und Konflikten führen.

Soziale Benachteiligungen können auch durch erhöhte Anforderungen an die Mobilität entstehen. Eine Zunahme der räumlichen Trennung der Wohnung von Arbeit, Einkaufs- und Freizeitmöglichkeiten führt zu längeren Wegen und damit auch mehr Zeitaufwand, um Einrichtungen

der Versorgung, Bildung, Kultur, des Gesundheitswesens oder die Arbeitsstelle zu erreichen (UBA 2018: 40). Soziale Benachteiligung kann für die Menschen entstehen, die diese Wege nicht zurücklegen können (z. B. aus finanziellen oder körperlichen Gründen). Der SRU (2016) verweist darauf, dass die Mobilitätskosten der Menschen, die „auf die grüne Wiese“ ziehen, von diesen ebenfalls teilweise unterschätzt werden. Ein steigendes Verkehrsaufkommen durch die beschriebenen steigenden Mobilitätsanforderungen kann auch die Umwelt- und Lebensqualität, z. B. durch Lärm oder Schadstoffe, beeinträchtigen.

Folgekosten für Kommunen

Die Erschließung neuer Wohn- und Gewerbegebiete ist an erhebliche Investitionen geknüpft, die häufig durch die Kommunen geleistet werden. Kosten entstehen vor allem durch die infrastrukturelle Anbindung (an das Straßennetz, die Kanalisation, das Leitungsnetz), aber im Falle von Wohngebieten auch durch notwendige soziale Einrichtungen (z. B. Kitas, Schulen), Grünflächenunterhaltung oder Lärmschutzanlagen (PREUSS 2015). Diese Investitionen sind zudem nicht einmalig, sondern es entstehen durch das erforderliche Personal und die Instandhaltung sämtlicher Infrastrukturen auch erhebliche laufende Kosten (UBA 2018). Während erste Erschließungskosten teilweise auch über städtebauliche Verträge durch Investoren oder Erschließungsbeiträge finanziert werden, tragen die Kommunen insbesondere die Folgekosten (vgl. PREUSS 2015). Diese Kosten werden häufig nicht hinreichend wahrgenommen, und sie steigen mit zunehmender Entdichtung der Siedlungen (PREUSS 2015). Werden Wohngebiete oder Gewerbeflächen mit dem Ziel ausgewiesen, Einwohnerinnen und Einwohner anzuziehen, um einem Schrumpfen der Kommune entgegen zu wirken (vgl. Kap. 1.2), und erfüllt sich diese Annahme nicht, führt dies zu deutlichen Zunahmen der Infrastrukturkosten pro Einwohner/in. Kommunen gehen damit folglich ein Risiko ein, da eine Refinanzierung durch Steuereinnahmen nicht gesichert ist (SRU 2016). Bauweisen, die einen hohen Flächenbedarf aufweisen (Einfamilienhäuser, Gewerbeparks), verstärken diese Auswirkungen (UBA 2018).

Ein weiterer Effekt kann eintreten, wenn die bereits in den Orten lebende Bevölkerung zunehmend an den Stadtrand („auf die grüne Wiese“) zieht, aber keine Bevölkerungszunahme eintritt,

um die frei werdenden Wohnräume zu beziehen. Auch in diesem Fall muss die Infrastruktur für wenige Bewohnende aufrechterhalten werden, was Kosten verursacht (SRU 2016).

Verstärktes Augenmerk wird in Zukunft darauf gelegt werden müssen, die ökonomischen Vorteile bereits bestehender Siedlungsstrukturen zu nutzen. So können die Infrastrukturkosten für die Kommunen durch eine rentable Auslastung bereits bestehender Gebäude- und Infrastruktureinrichtungen begrenzt werden. Der volkswirtschaftliche Nutzen beispielsweise der Revitalisierung innerörtlicher Brachen überwiegt in aller Regel gegenüber einer Neuausweisung „auf der grünen Wiese“ und kann in Einzelfällen bis zu 200 €/m² betragen (UBA 2004). Auch eine verstärkte Verschiebung hin zum Geschosswohnungsbau führt letztlich zu höheren Siedlungsdichten und höherer Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur (BECKMANN & DOSCH 2018).

Verlust landwirtschaftlicher Fläche

Da die Flächeninanspruchnahme in weiten Teilen auf Kosten der landwirtschaftlichen Flächen geht (vgl. Kap. 2.1), stehen weniger Flächen für die Landwirtschaft zur Verfügung. Dies führt zum einen zu steigenden Kauf- und Pachtpreisen und somit verstärktem Druck auf die Landwirtschaft, zum anderen kann daraus auch im Folgenden eine intensivierte Nutzung auf bislang extensiver genutzten Flächen entstehen (BUND-LÄNDER-ARBEITSGRUPPE BODENMARKTPOLITIK 2015, SRU 2016). Da die Flächeninanspruchnahme in vielen Fällen einen Eingriff im Sinne der Eingriffsregelung darstellt, sind hierfür zusätzlich Kompensationsflächen bereit zu stellen. Dies kann einen weiteren Entzug landwirtschaftlicher Nutzflächen bedeuten, wenn gleich die Flächen häufig auch als Landwirtschaftsflächen mit einer extensivierten Nutzung erhalten bleiben (BUND-LÄNDER-ARBEITSGRUPPE BODENMARKTPOLITIK 2015). In Niedersachsen haben ca. 25 % der Betriebe eine Größe der landwirtschaftlich genutzten Fläche zwischen 50–100 ha und etwa 21 % zwischen 20 und 50 ha. Insgesamt weisen 78,1 % der Betriebe eine Größe unter 100 ha auf (NMELV & LSN 2017, ergänzt 2020). Der fortlaufende Verlust landwirtschaftlicher Nutzflächen (s. Kap. 3.1.2) entzieht den Betrieben wesentliche Anteile der Produktionsgrundlage.

3. Umfang von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung in Niedersachsen

3.1. Daten der tatsächlichen Nutzung – Katasterdaten

3.1.1. Methodik

Die Daten zur Siedlungs- und Verkehrsfläche, aus denen sich die Flächenneuanspruchnahme berechnet (vgl. Kap. 1.3), können dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) entnommen werden. Grundlage für die Berechnung ist dabei die Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, mit dem Stichtag 31.12. des jeweils angegebenen Jahres. Die Erhebung der Daten der tatsächlichen Nutzung erfolgt durch die Katasterbehörden (LGLN o. J.).

Die Daten werden jährlich auf Gemeindeebene zusammengeführt und digital vom Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) bereitgestellt. Nicht in der Statistik enthalten sind Daten zur Versiegelung. Diese werden von der Katasterverwaltung nicht gesondert erhoben. Da die Versiegelungsgrade der einzelnen Nutzungen nicht flächendeckend erfasst werden, wird der Versiegelungsgrad am LBEG mittels des bundesweit verwendeten UGRdL-Ansatzes ermittelt (vgl. Kap. 1.1).

Bei der Interpretation der im Folgenden dargestellten Daten sind einige Sachverhalte zu berücksichtigen. Einfluss auf die Darstellung von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung nehmen Umstellungen in der Erfassungsmethodik sowie in den Datengrundlagen. In den Jahren 2011 und 2016 fanden größere Umstellungen statt.

Die Führung der Katasterflächen wurde in Niedersachsen 2011 von dem automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) zum Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) umgestellt. Hierbei erfolgte auch eine Neubearbeitung der Flächengrößen, wodurch es zu nicht durch Landnutzungsänderungen bedingten Verschiebungen zwischen Nutzungstypen kam. Nach einer Übergangsphase (Rückrechnung auf die ALB-Nutzungsarten) wurde die Erhebungsmethodik 2016 abschließend vom ALB

zum ALKIS umgestellt, wodurch in Niedersachsen eine Flächenzunahme von 94 km² entstand (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2018).

Die Klassen von ALB und ALKIS sind nicht 1:1 parallelisierbar (GEORG 2016), unter anderem, weil der ALKIS-Katalog stärker an der tatsächlichen Nutzung orientiert ist (DAHL 2014). Bei der Umstellung wurde teilweise die Nomenklatur der Nutzung verändert. Manche Flächennutzungstypen wurden also anderen Kategorien zugewiesen. Erfolgt diese Verschiebung innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsflächen, haben diese Änderungen keine Auswirkung auf den Indikator Flächeninanspruchnahme. Allerdings fanden auch Änderungen statt, welche den Indikator beeinträchtigten. Beispiele nach UBA (2019a), die für die Berechnung des Indikators relevant sind, wären:

- Verlagerungen von Nicht-Siedlungs- und Verkehrsflächen in die Siedlungs- und Verkehrsfläche (z. B. Historische Anlagen, Nicht-militärische Übungsplätze, Betriebsflächen Land- und Forstwirtschaft),
- Verlagerung von Gebieten, die bislang zur Siedlungs- und Verkehrsfläche zählten, in andere Kategorien (z. B. Verkehrsbegleitfläche, Gewässer).

Eine detaillierte Beschreibung der Umstellung und der betroffenen Nutzungstypen findet sich in STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (2018).

Auswertungen aus dem Umstellungsjahr 2016 sind deshalb nur bedingt aussagekräftig. Bei der Ergebnisdarstellung des LBEG werden Zeitreihen über dieses Jahr hinweg deshalb weitgehend vermieden, sondern enden 2015 oder beginnen 2017. Vergleiche der Werte bis 2010 mit den Abschnitten 2011–2015 sowie ab 2017 sollten mit Bedacht durchgeführt werden.

3.1.2. Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung in Niedersachsen

Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche beträgt derzeit (Stand 2019) über 14,1 % bei steigender Tendenz (vgl. Abb. 8). Die zunehmende Versiegelung der Böden ist eng an die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Niedersachsen gekoppelt.

Aktuell sind in Niedersachsen 6,45 % der Landesfläche versiegelt (vgl. Abb. 8).

Die Flächenneuanspruchnahme unterliegt, ebenso wie die mit ihr zusammenhängende Zunahme der Versiegelung, bei mehrjähriger Betrachtung starken Schwankungen (vgl. Abb. 9). Seit etwa dem Jahr 2000 scheinen die höchsten Zuwachsraten überschritten zu sein. Eine Ausnahme bilden die Jahre 2003 und 2004, in denen aufgrund der damals erwarteten Abschaffung der Eigenheimzulage die Fertigstellung von Wohneigentum einen hohen Zuwachs erfahren hat. Geringe Werte in den Jahren 2009 und 2010 können durch konjunkturelle Einflüsse (Finanzkrise) bedingt sein (MU 2011).

Wie sich die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche auf die einzelnen Nutzungsarten bezogen darstellt, kann Abbildung 10 entnommen werden. Gebäude und Freiflächen nehmen seit 1990 durchgängig den höchsten Anteil an der Flächeninanspruchnahme ein. Insgesamt ist eine Abnahme der Kurve in den vergangenen Jahren zu verzeichnen. Die Flächeninanspruchnahme durch Verkehrsfläche hingegen bleibt im langjährigen Vergleich mit geringen Schwankungen auf einem Niveau. Eine Abnahme wurde hier also bislang nicht erreicht. Lediglich etwas geringer ist in der langjährigen Sicht der Anteil der Erholungsflächen. Betriebsflächen und Friedhöfe nehmen insgesamt geringe Anteile an der Flächeninanspruchnahme ein. Ausschläge der Kurven finden insbesondere im Rahmen von Datenumstellungen statt. In der Darstellung sind durch Umstellungen in den Daten verursachte Verzerrungen enthalten.

Die bundesweite Zielvorgabe für 2030 bedeutet, auf den Flächenanteil Niedersachsens am Bundesgebiet heruntergerechnet, eine Reduzierung der Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen auf unter 4 ha pro Jahr (MU 2020c). Im gleitenden Mittel lag die Flächenneuanspruchnahme in Niedersachsen 2015 bei 9,7 ha/Tag (Abb. 9). Nach der Umstellung auf ALKIS kann bislang kein vierjähriges gleitendes Mittel gebildet werden. Für 2017 bis 2019 beträgt das dreijährige Mittel 6,5 ha/Tag.

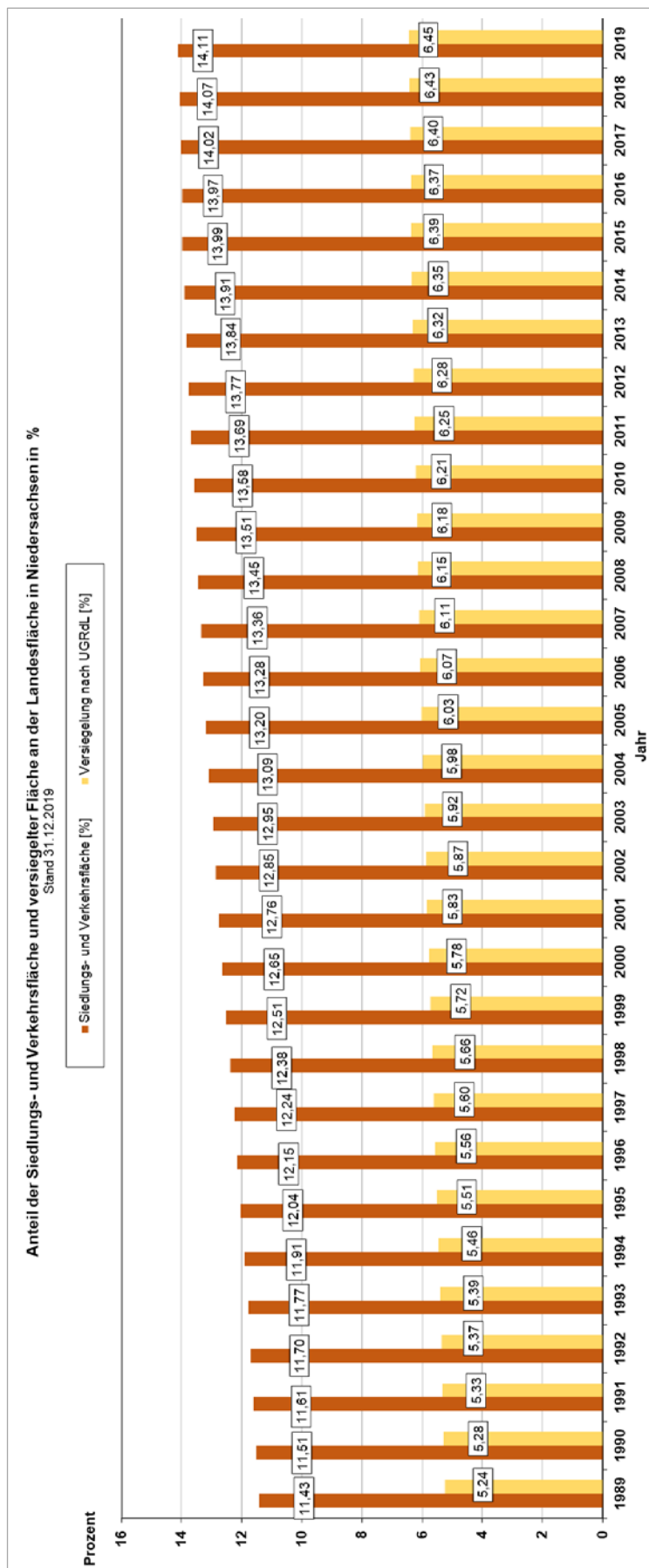


Abb. 8: Entwicklung des Anteils der Siedlungs- und Verkehrsfläche und der Bodenversiegelung in Niedersachsen.

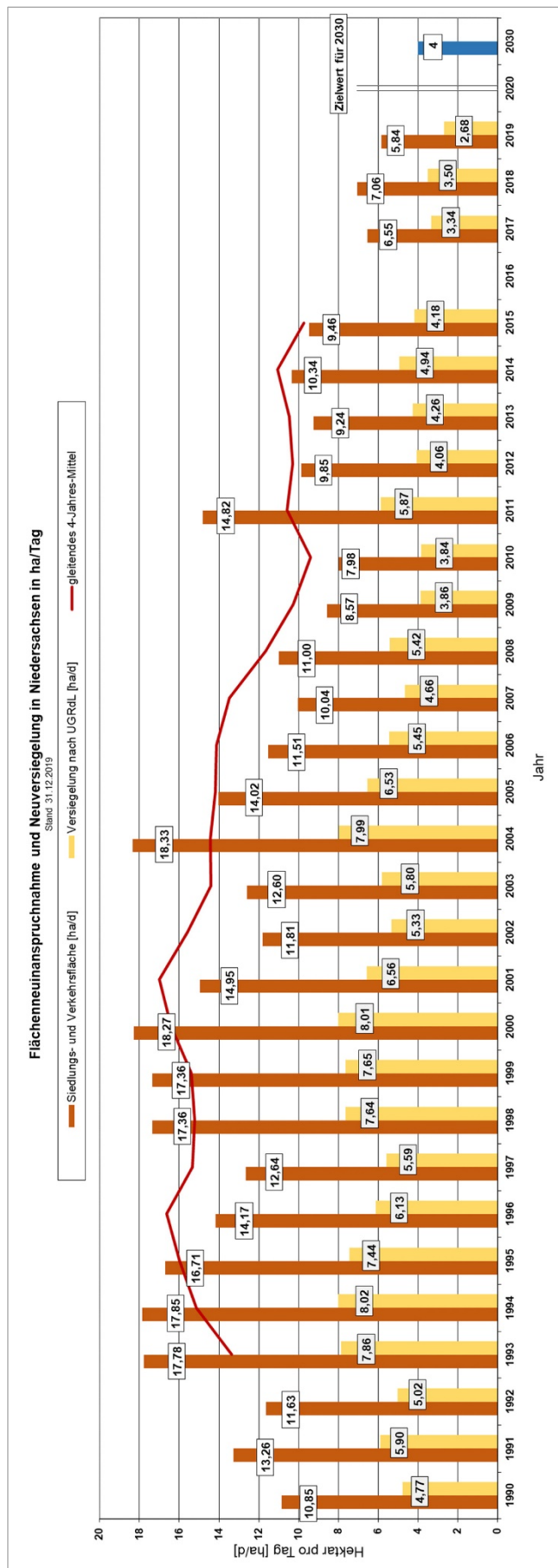


Abb. 9: Entwicklung der Indikatoren Flächenneuinanspruchnahme und Versiegelung im langjährigen Vergleich. Hinweis: In dem dargestellten Zeitraum wurde die Erhebungsgrundlage der amtlichen Flächenstatistik umgestellt. Durch einen geänderten Nutzungsartenkatalog wurden Flächen teilweise anderen Nutzungen zugewiesen. Hierdurch kann es zu nicht durch tatsächliche Nutzungsänderungen ausgelöste Veränderungen in der Siedlungs- und Verkehrsfläche kommen (vgl. Kap. 3.1). Dies ist bei der Interpretation zu beachten. Das Jahr 2016 wird aufgrund der Datenumstellung auf ALKIS nicht dargestellt.

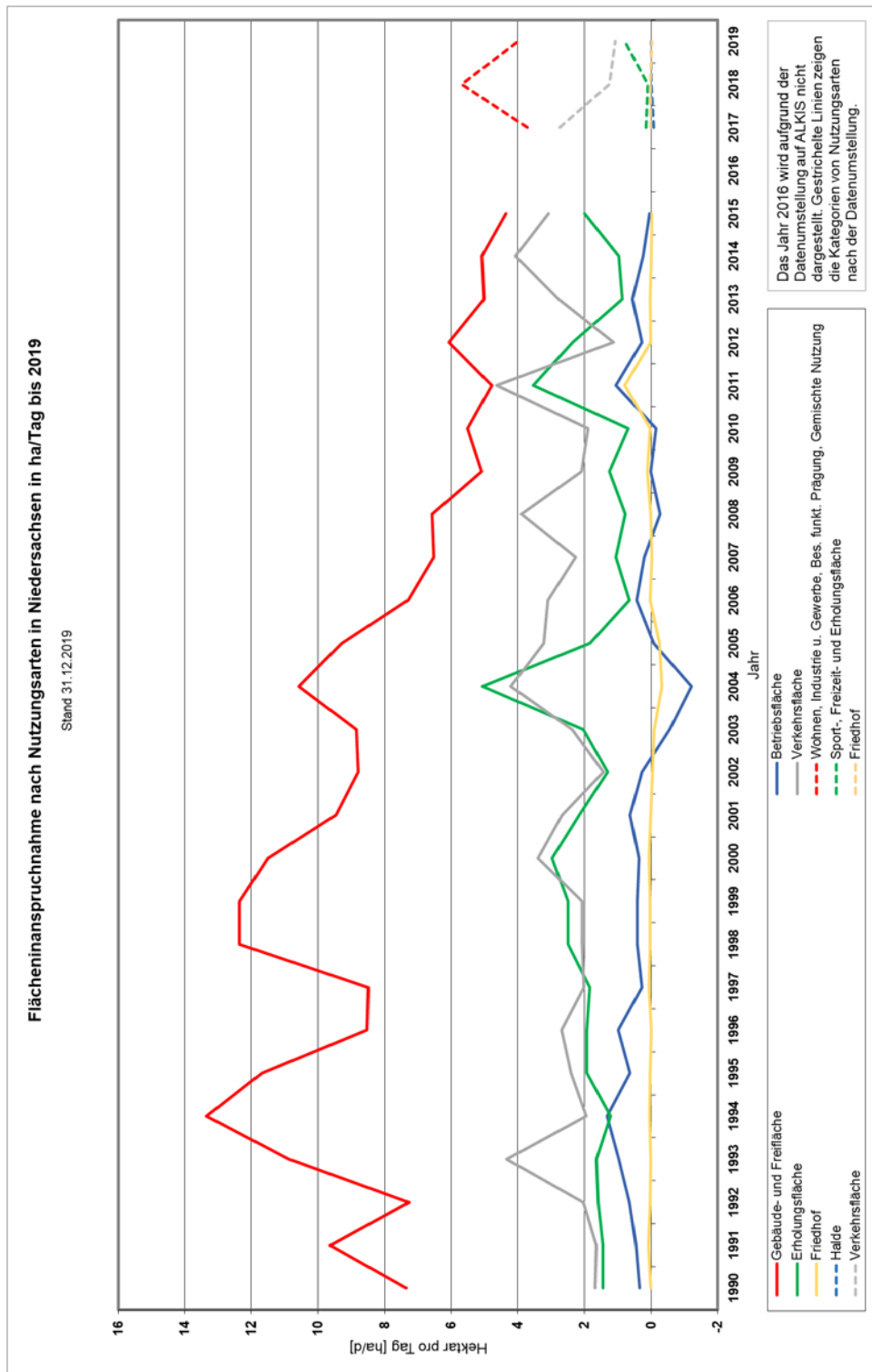


Abb. 10: Entwicklung der einzelnen Nutzungsklassen der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Niedersachsen 1990–2015 (durchgezogene Linien) und ab 2017 nach der Umstellung auf ALKIS (gestrichelte Linien). Hinweis: In dem dargestellten Zeitraum wurde die Erhebungsgrundlage der amtlichen Flächenstatistik umgestellt. Durch einen geänderten Nutzungsartenkatalog wurden Flächen teilweise anderen Nutzungen zugewiesen. Hierdurch kann es zu nicht durch tatsächliche Nutzungsänderungen ausgelöste Veränderungen in der Siedlungs- und Verkehrsfläche kommen (vgl. Kap. 3.1). Dies ist bei der Interpretation zu beachten.

Eine Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche ist bei der mehrjährigen Betrachtung vor allem im Bereich von Ballungsräumen und im Westen Niedersachsens zu verzeichnen (vgl. Abb. 11).

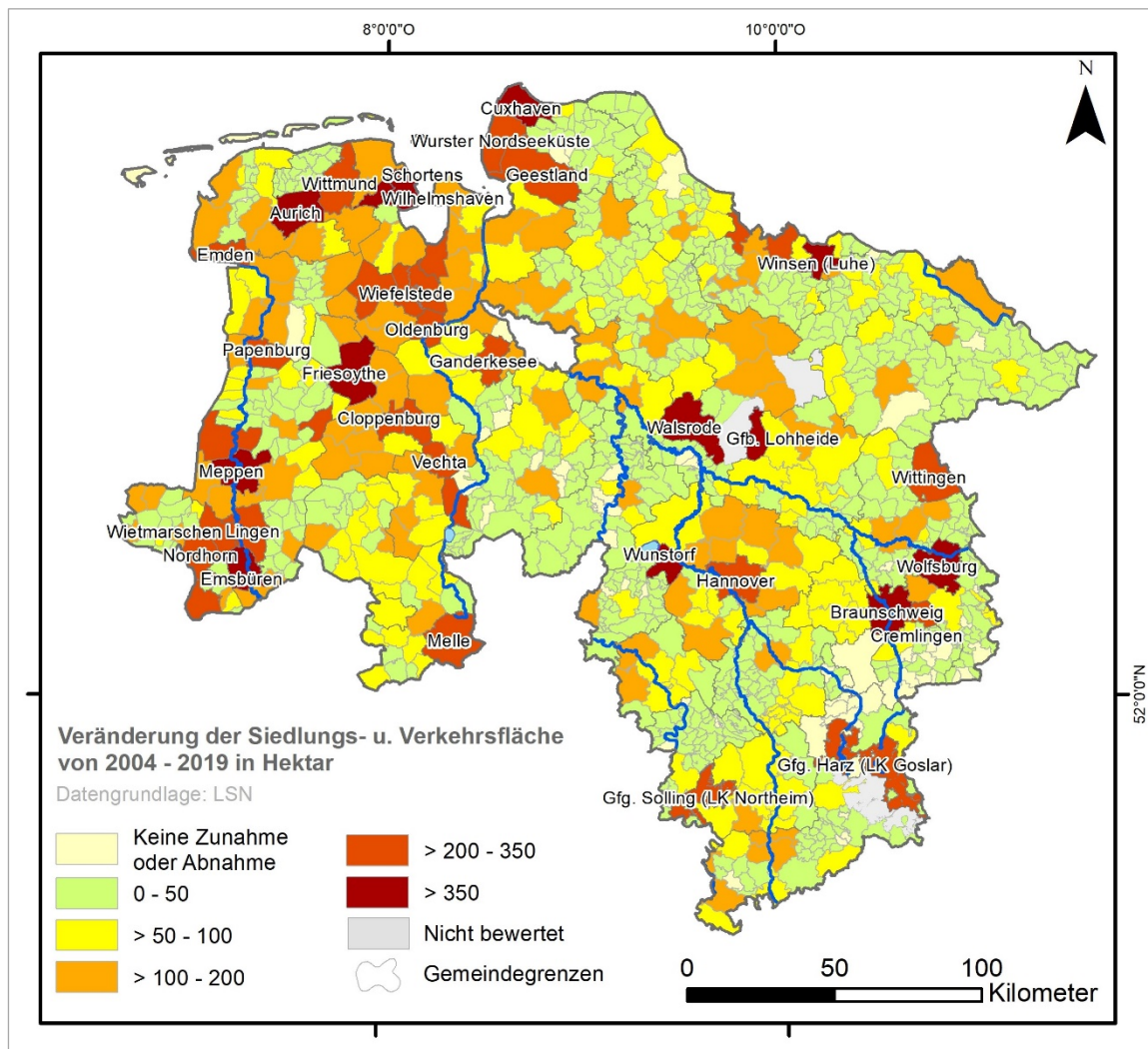


Abb. 11: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den niedersächsischen Gemeinden 2004–2019. Hinweis: In dem dargestellten Zeitraum wurde die Erhebungsgrundlage der amtlichen Flächenstatistik umgestellt. Durch einen geänderten Nutzungsartenkatalog wurden Flächen teilweise anderen Nutzungen zugewiesen. Hierdurch kann es zu nicht durch tatsächliche Nutzungsänderungen ausgelöste Veränderungen in der Siedlungs- und Verkehrsfläche kommen. Dies ist bei der Interpretation zu beachten.

Die aktuellste Wohnbaulandumfrage (N-BANK 2020) für die Jahre 2018–2019 zeigt, dass der Umfang von Neuausweisungen von Wohnbauland auf einem vergleichbar hohen Niveau liegt wie in der Umfrage für 2016 und 2017 (N-BANK 2018). Es wurden 1.715 ha Wohnbauland für

37.380 Wohnungen geschaffen. Baulandausweisungen wurden in Niedersachsen in den vergangenen Jahren insbesondere in den bevölkerungsreichen und dynamischen Regionen vorgenommen. „Neben den wachstumsdynamischen Großstädten sind es vor allem diejenigen

Gemeinden mit günstiger Lage, bezogen auf nahegelegene Großstädte, die Bauland ausweisen“ (N-BANK 2018, vgl. Abb. 12). Im östlichen Niedersachsen werden solche Schwerpunkte durch den Landkreis Gifhorn (v. a. südlicher Kreis) und die Städte Wolfsburg und Braunschweig gebildet, wohingegen ansonsten, wie auch im südlichen Niedersachsen, geringe Werte vorliegen. In Westniedersachsen sind 2018 und 2019 im Emsland und im Landkreis

Osnabrück besonders umfangreiche Baulandausweisungen vorgenommen worden (N-BANK 2020). Gleichzeitig ist in den vergangenen Jahren eine verbesserte Flächenausnutzung zu verzeichnen, welche auf einer Zunahme des Geschosswohnungsbaus basiert. Diese findet allerdings insbesondere in Ballungsräumen wie der Landeshauptstadt Hannover statt (N-BANK 2018, 2020).

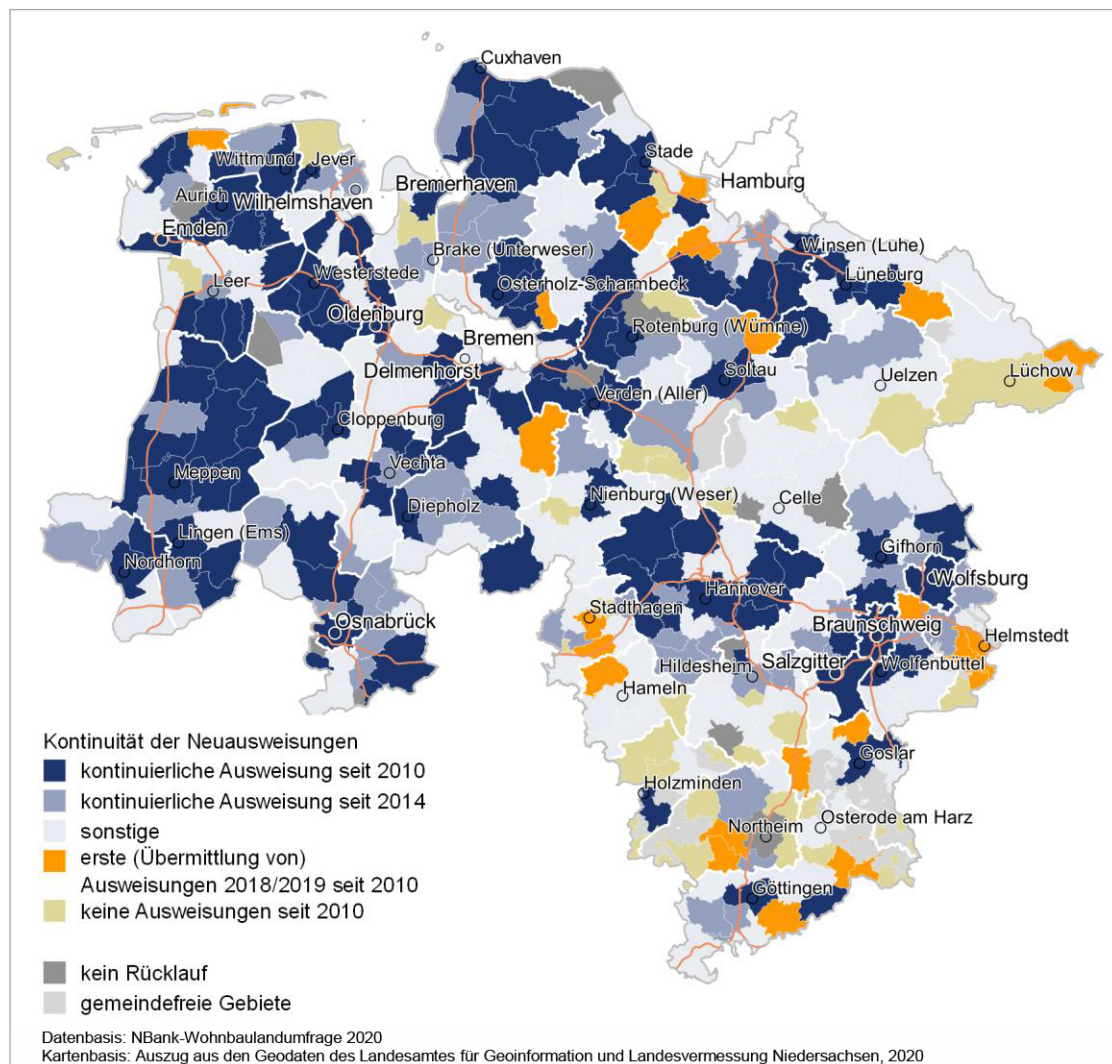


Abb. 12: Ausweisungshistorie (Wohnbauland) der Städte und Gemeinden 2010 bis 2019 (aus N-BANK 2020, verändert).

Bodenversiegelung

Die höchsten Versiegelungsgrade in Niedersachsen liegen in den Ballungsgebieten, d. h. in den großen Städten und ihren Umlandgemeinden (vgl. Abb. 13). Deutlich zu erkennen ist dies insbesondere im Großraum Hannover sowie östlich davon um Braunschweig oder Wolfsburg oder auch an den an Hamburg und Bremen grenzenden Gemeinden. Das westliche Niedersachsen weist im Vergleich zu Ostniedersachsen höhere Versiegelungsgrade auf.

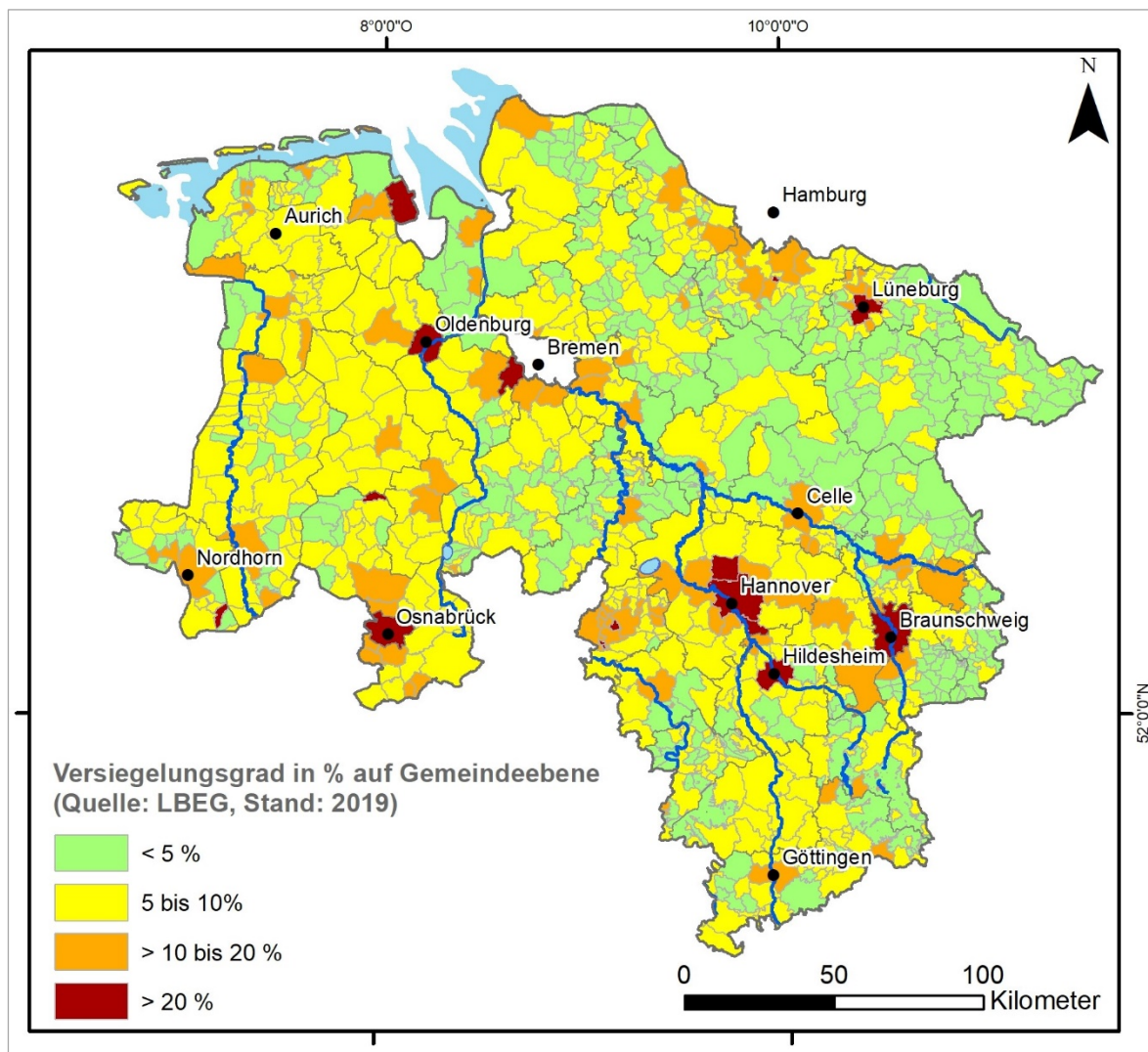


Abb. 13: Versiegelungsgrad nach dem UGRdL-Ansatz in den niedersächsischen Gemeinden (Stand: 2019). Die Werte pro Gemeinde können auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=25ybJPBh>) abgerufen werden.

3.2. Raumzeitliches Monitoring von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung

Um für Vorhaben zur nachhaltigen Sicherung der Funktionen des Bodens landesweit die erforderlichen bodenkundlichen und geowissenschaftlichen Entscheidungsgrundlagen bereitzustellen, wurde 1992 in Niedersachsen das Niedersächsische Bodeninformationssystem (NIBIS) eingeführt (§ 8 NBodSchG). Das NIBIS® ist ein wichtiges Instrument zur Beantwortung der wesentlichen Fragen des Bodenschutzes in Niedersachsen. Die Besonderheit des NIBIS® liegt im integrierten Methodenbanksystem MeMaS®, das es ermöglicht, nicht nur Daten zu recherchieren, sondern diese auch mit Hilfe von mehr als 200 Auswertungsmethoden für verschiedene Zwecke auszuwerten.

Mit den zahlreichen geowissenschaftlichen Daten und Auswertungsmethoden bildet das NIBIS® ein mächtiges Instrument des Umweltmonitorings. Ein großer Teil der im NIBIS® gespeicherten Informationen sind über den NIBIS®-Kartenserver (<http://nibis.lbeg.de/cardomap3>) öffentlich zugänglich. Im NIBIS®-Kartenserver sind insgesamt über 400 Kartenebenen mit Metadaten, Legenden und Beschreibungstexten verfügbar.

Das LBEG dokumentiert mit diesem System als Fachbehörde für den Bodenschutz die raumzeitliche Veränderung von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung in Niedersachsen, basierend auf Satellitenbilddaten. So können auch unterhalb der Gemeindeebene (Kap. 3.1) Informationen bereitgestellt werden.

Für die Erarbeitung der ersten Auflage dieses Berichtes (BASEDOW et al. 2009) wurde in einem Projekt, basierend auf hochauflösenden Satellitenbilddaten für Niedersachsen, eine Datengrundlage zur Darstellung von Landbedeckung, Landnutzung, Bodenversiegelung und Flächeninanspruchnahme geschaffen. Im Rahmen des Projektes GSE Land, einem GMES-Service-Element der Europäischen Weltraumorganisation ESA, wurden diese Dienste für Verwaltungsbehörden in neun europäischen Ländern implementiert und validiert, u. a. im Land Niedersachsen für das LBEG. Diese Daten wurden den Bewertungen aus den Nutzungserhebungen der Katasterverwaltung gegenübergestellt, mit dem Ziel, die Aussagegenauigkeit von Versiegelungsdaten hinsichtlich der räumlichen

Auflösung zu verbessern (BASEDOW et al. 2009).

Mit der Erarbeitung der hier vorliegenden Auflage wurde nun angestrebt, eine möglichst hochauflösende und gleichzeitig frei verfügbare Datengrundlage zu etablieren, die laufend aktualisierbar ist. Die Beantwortung der beiden folgenden Fragestellungen wird mit den Daten landesweit deutlich verbessert:

- Wo hat in welchem Zeitraum welche Veränderung der Landbedeckung mit welchem Flächenanspruch stattgefunden?
- Wie intensiv war diese Landbedeckungsänderung hinsichtlich der Veränderung des Versiegelungsgrads?

3.2.1. Datengrundlagen

3.2.1.1. Copernicus-Satellitenbilddatenauswertungen

Im Bereich der satellitengestützten Erfassung der Landbedeckung hat in den vergangenen Jahren eine starke Entwicklung stattgefunden. Neben häufig kommerziell vertriebenen sehr hochauflösenden Satellitenbilddaten werden mittlerweile auch frei verfügbare Daten mit guter Auflösung bereitgestellt. In der jüngeren Vergangenheit haben insbesondere die Sentinel-Satelliten des Copernicus-Programms der EU (<https://www.copernicus.eu/de>) die Verfügbarkeit von multitemporalen Erdbeobachtungsdaten erheblich verbessert. Der Copernicus-Landüberwachungsdienst bietet Daten zum Monitoring der Landoberfläche an, die eine standardisierte und kontinuierlich fortgeführte Überwachung der Erdoberfläche ermöglichen. Zu diesen Daten zählen auch Auswertungen zum Versiegelungsgrad sowie zur Veränderung der Bodenversiegelung mit einer Auflösung von 20 x 20 bzw. ab 2018 10 x 10 Metern pro Rasterzelle (COPERNICUS LAND MONITORING SERVICE 2020). Diese Daten wurden durch das LBEG für die Verwendung auf dem NIBIS®-Kartenserver aufbereitet. Die Datensätze werden alle drei Jahre aktualisiert und anschließend auf dem NIBIS®-Kartenserver veröffentlicht (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=nDyUJHp>). Aktuell liegen folgende Datensätze auf dem NIBIS®-Kartenserver vor:

Tab. 3: Aktuell auf dem NIBIS®-Kartenserver verfügbare Copernicus-Datensätze zur Bodenversiegelung und deren Veränderung.

Bodenversiegelung	Veränderung der Bodenversiegelung
	2006–2009
	2009–2012
2015 (Archiv)	2012–2015
2018	2015–2018 folgt*

* Qualität des Datensatzes wird derzeit noch von Seiten des Copernicus-Programms geprüft.

Methodik

Für die multitemporalen Auswertungen der Jahre 2006, 2009 und 2012 wurden Satellitenbilddaten der Satelliten SPOT, Resourcesat-1 und 2 sowie für 2012 RapidEye herangezogen. Ab 2015 basieren die Auswertungen insbesondere auf der Sentinel-2-Satellitenmission sowie weiteren hochauflösenden Satellitendaten (SCHLEICHER & WEICHSELBAUM 2016). Die Ableitung des Versiegelungsgrads basiert auf dem Zusammenhang zwischen spektralen Eigenschaften der Satellitenbilddaten und der Bodenversiegelung. Über spektrale Indizes, wie z. B. den Vegetationseigenschaften abbildenden NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), wird dieser Zusammenhang genutzt, um den Grad der Bodenversiegelung abzuleiten. Die Kalibrierung erfolgt über eine Referenzdatenbank, die für ganz Europa aufgebaut wurde und detaillierte Angaben zum Versiegelungsgrad enthält (SCHLEICHER & WEICHSELBAUM 2016). Es handelt sich um keine vollautomatische, sondern eine überwachte Klassifikation mit visuellen Kontrollschritten. Es erfolgt eine Validierung der Auswertungsergebnisse auf Länderebene mit einer Nutzer- und Hersteller-genauigkeit von mindestens 90 % (SCHLEICHER & WEICHSELBAUM 2016). Für eine genauere Beschreibung der Datenauswertung siehe SCHLEICHER & WEICHSELBAUM (2016) und EEA (2016) sowie dortige Literaturverweise.

Die Auswertungen zur Veränderung der Bodenversiegelung zeigen Flächen an, auf denen eine Zu- oder Abnahme der Bodenversiegelung stattgefunden hat und erlauben somit auch räumliche und zeitliche Rückschlüsse auf eine Flächeninanspruchnahme oder eine Veränderung der Flächennutzung. Abbildung 14 zeigt die Aussagen der beiden Datensätze (Statuslayer zum Versiegelungsgrad und Veränderungslayer) beispielhaft.

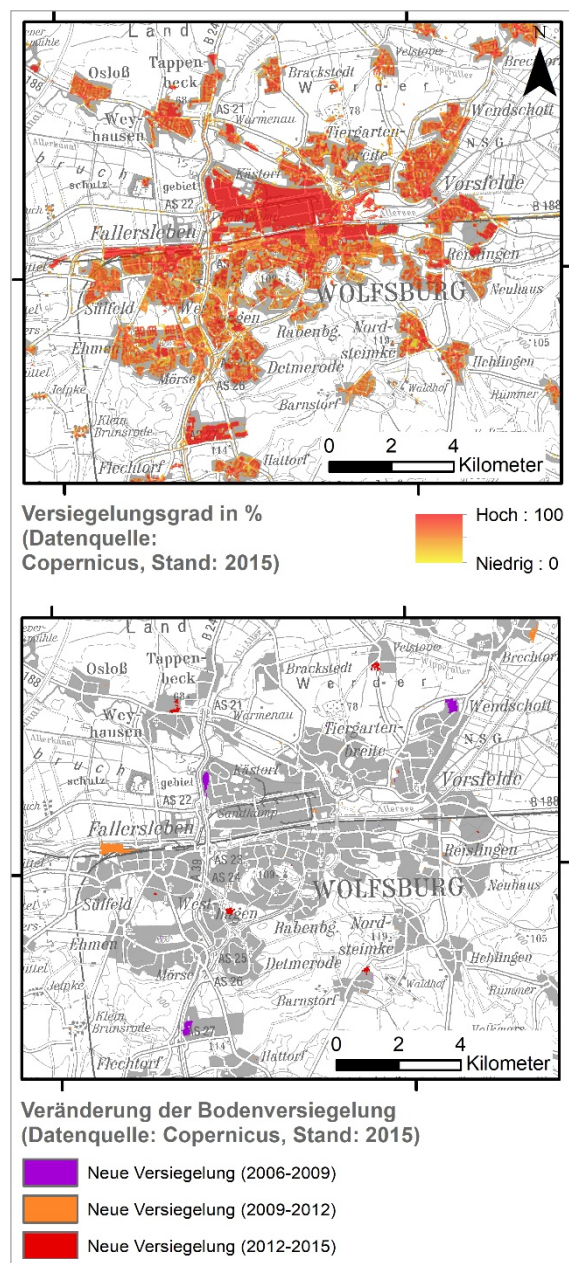


Abb. 14: Versiegelungsgrad in % und Veränderung der Bodenversiegelung, basierend auf den Copernicus-Daten. Die Werte pro Pixel können auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardo-map3/?permalink=VjXYJ7J>) abgerufen werden.

3.2.1.2. CLC5-Landbedeckungsdaten des BKG

Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) stellt ebenfalls frei verfügbare Datengrundlagen über Landbedeckung und Landnutzung bereit. Die Daten werden unter „Landbedeckung Corine Land Cover 5 ha (CLC5)“ geführt und beinhalten eine aus dem Landbedeckungsmodell Deutschland 2018 (LBM-DE 2018), basierend auf Landbedeckung, Landnutzung, Versiegelung und Vegetation, abgeleitete und generalisierte Beschreibung der Landbedeckung und Landnutzung in der europaweit verwendeten CORINE-Landbedeckungsklassifikation. Die Mindestflächengröße beträgt 5 ha, wobei die Veränderungsdatensätze Veränderungen ab einer Flächengröße von 0,2 ha aufzeigen (BKG 2019). Damit sind die Daten nur begrenzt für Detailaussagen geeignet, ermöglichen aber eine qualitative Aussage darüber, welche Veränderung der Landbedeckung stattgefunden hat. Auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>) liegen derzeit die folgenden Datensätze vor:

Tab. 4: Aktuell auf dem NIBIS®-Kartenserver verfügbare CLC5-Datensätze zur Landbedeckung und deren Veränderung. Es werden immer der aktuellste Landbedeckungslayer sowie die Veränderungen über die Zeit aufgeführt. Die Daten können auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1ykwbpML>) abgerufen werden.

Landbedeckung nach Corine Landcover	Veränderung Landbedeckung
2018	2015–2018
	2012–2015

In der Datengrundlage wird die Landbedeckung in folgende fünf Klassen unterteilt:

- bebaute Flächen,
- Landwirtschaft,
- Wälder und naturnahe Flächen,
- Feuchtflächen,
- Wasserflächen.

Diese Klassen sind weiter in detailliertere Typen unterteilt. Die Auflistung und Beschreibung der Klassen ist in Anhang 2 zu finden.

3.2.2. Auswertungsergebnisse

Die Veränderungslayer der Landbedeckung wurden mit dem Ziel ausgewertet, die Landbedeckungsänderungen von Landwirtschaft, Wäldern und naturnahen Flächen sowie Feuchtflächen hin zu bebauten Flächen zu identifizieren.

Da dieser Auswertung nicht dieselbe Datengrundlage zugrunde liegt, wie den Daten der tatsächlichen Nutzung (Kap. 3.1), sind bei einer Betrachtung auf Gemeindeebene Abweichungen zwischen den in Abbildung 11 dargestellten Ergebnissen zu erwarten. Allerdings weisen die Daten eine grundsätzliche Übereinstimmung in der räumlichen Aussage auf. Die höchsten Werte der Veränderung hin zu bebauten Flächen im Zeitraum 2015–2018 zeigt z. B. die Stadt Wolfsburg, welche auch in Abbildung 11 zu den Gemeinden mit den höchsten Werten in der Flächeninanspruchnahme zählt. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Abbildung 11 einen deutlich längeren Zeitraum abdeckt.

Während manche Kommunen aufgrund von Infrastrukturprojekten (z. B. Hemmingen südlich von Hannover mit dem Bau einer Umgehungsstraße, vgl. Abb. 14c) großflächige Veränderungen hin zu bebauten Flächen aufweisen, sind insbesondere im westlichen Niedersachsen auch flächenhaft erhöhte Werte zu erkennen, wie es in Abbildung 14b anhand in der Fläche verteilter, neu entstandener Wohnbebauungen nachzuvollziehen ist. Hinzu kommen auch großflächige Zuwächse in Gewerbe- oder Industriegebieten (vgl. Abb. 14a an der Kreuzung von Mittellandkanal und A1).

Wie diese Beispiele verdeutlichen, erlauben die qualitativen Zuweisungen von Landbedeckungsänderungen Aussagen über die wesentlichen treibenden Faktoren einer Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen und eine genauere Untersuchung, welche Faktoren für bestimmte Gemeinden eine Rolle spielen. Zudem können, basierend darauf, auch die Auswirkungen klarer bilanziert werden: Eine Region mit erhöhten Werten der Flächeninanspruchnahme stellt z. B. das Gebiet zwischen Hildesheim und Braunschweig (Hildesheim-Braunschweiger Lössbörde) dar, welche durch besonders fruchtbare Böden gekennzeichnet ist.



Abb. 15: Landbedeckungsänderungen zu bebauten Flächen zwischen 2015 und 2018, basierend auf den CLC5-Daten des BKG.

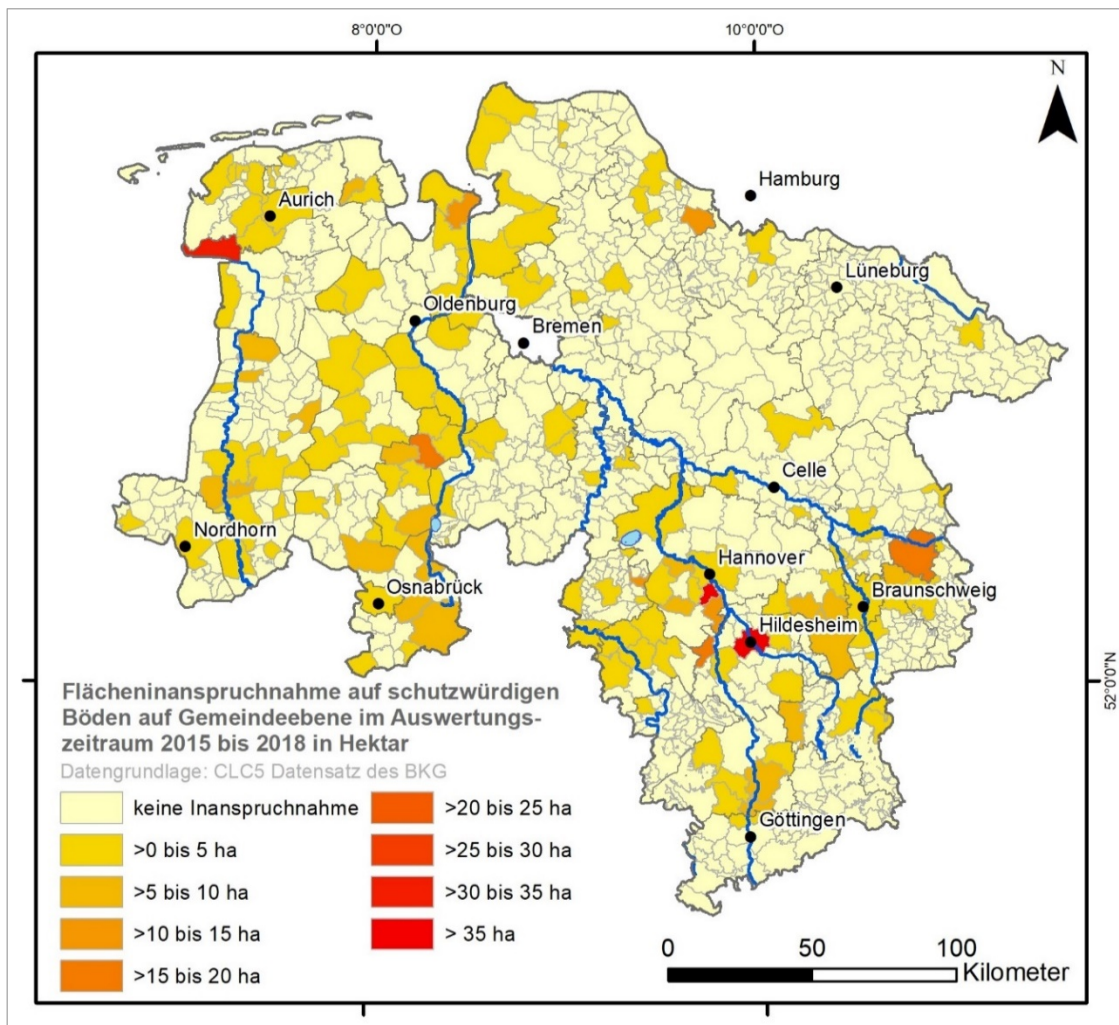


Abb. 16: Flächeninanspruchnahme in Kommunen Niedersachsens auf besonders schutzwürdigen Böden nach dem Geobericht 8 (Bug et al. 2019), basierend auf den CLC5-Daten des BKG.

Inanspruchnahme von besonders schutzwürdigen Böden

Grundsätzlich sind alle Böden schutzwürdig, denn sie erfüllen in ihrer Gesamtheit die Bodenfunktionen gemäß BBodSchG § 2. Böden mit besonderer Erfüllung der Bodenfunktionen werden allerdings hervorgehoben, um sie vor der Inanspruchnahme durch Siedlung oder Infrastruktur besonders zu schützen. Im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren sind diese Böden regelmäßig im Abwägungsprozess zu berücksichtigen (BUG et al. 2019).

Von den im Auswertungszeitraum in bebaute Flächen umgewandelten Böden waren 521 ha, basierend auf der BK50, als schutzwürdige Böden ausgewiesen. Die folgende Tabelle 5 zeigt die Zuweisung zu unterschiedlichen Klassen schutzwürdiger Böden.

Tab. 5: Inanspruchnahme schutzwürdiger Böden nach BUG et al. (2019) zwischen den Jahren 2015 und 2018.

Kategorie Schutzwürdigkeit	Fläche in ha
natürliche Bodenfruchtbarkeit	329,8
besondere Standortbedingungen	20,0
kulturgeschichtliche Bedeutung	152,9
naturgeschichtliche Bedeutung	16,2
Seltene Böden	30,0

Da Böden mehrere Bodenfunktionen in besonderem Maße erfüllen können (z. B. Plaggenesche gleichzeitig als Archiv der Kulturschicht, aber auch wegen einer hohen Bodenfruchtbarkeit), ergibt sich eine größere Fläche.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist zu beachten, dass nicht in allen Gemeinden schutzwürdige Böden ausgewiesen sind. Einige Gemeinden hingegen weisen sehr hohe Flächenanteile mit schutzwürdigen Böden auf, weshalb sie in dieser Grafik hervorgehoben werden. So weist z. B. die Gemeinde Soltau im Zeitraum 2015–2018 eine insgesamt erhöhte Flächeninanspruchnahme auf, in der Abbildung 16 aber keine Inanspruchnahme schutzwürdiger Böden, da nur geringe Flächenanteile als solche ausgewiesen sind.

Eine Auswertung in BASEDOW et al. (2009) mit Fokus auf Böden mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit ergab als Schwerpunkte der Inanspruchnahme von schutzwürdigen Böden für Siedlung und Verkehr die südlichen Umlandgemeinden von Hannover und Teile der Braunschweiger und Hildesheimer Börde. In diesem Bereich sind auch in dieser Auswertung wesentliche Inanspruchnahmen zu verzeichnen. Im westlichen Teil Niedersachsens ist die Überbauung von kulturhistorisch bedeutsamen Plaggeneschböden außerdem von flächenhafter Bedeutung.

Die Auswertungen belegen, dass die gemäß LROP besonders vor Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung zu schützenden Böden in den vergangenen Jahren weiterhin einer wesentlichen Flächeninanspruchnahme unterlagen.

4. Empfehlungen zur Reduzierung von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung

4.1. Rechtlicher Rahmen

Den rechtlichen Rahmen sowohl für die Eindämmung der Flächenneuinanspruchnahme wie für die Neuversiegelung von Böden bildet neben der Raumordnung insbesondere die Bauleitplanung.

Auch die (im Rahmen der Bauleitplanung eingeschränkte) naturschutzrechtliche Eingriffsregelung stellt mit ihren Vermeidungs-, Minimierungs- und Kompensationsgeboten ein wichtiges Instrument zur Verringerung der negativen Auswirkungen einer Flächeninanspruchnahme dar. Eine die Flächeninanspruchnahme wesentlich reduzierende Wirkung wird durch die Eingriffsregelung allerdings in der Praxis aktuell nicht entfaltet (BREUER 2015).

Eine höhere Wirksamkeit zur Mengensteuerung der Flächeninanspruchnahme wird ökonomisch-fiskalischen und städtebaulichen Instrumenten zugeschrieben (IÖR & ECOLOGIC 2010, LABO 2020). Steuerrechtliche Änderungen können wesentlichen Einfluss auf die Rahmenbedingungen für Flächeninanspruchnahme haben

(z. B. Reform der Grundsteuer, Pendlerpauschale, Baukindergeld); zu diesen Themen siehe z. B. MU (2011, Kap. 6.6), SRU (2016), PENN-BRESSEL (2019) und LABO (2020).

4.1.1. Raumordnungsrecht

Übergeordnete planerische Bedeutung hat die Raumordnung, auf deren Grundlage die Bauleitplanung erfolgt. Das Raumordnungsgesetz (ROG) bildet den Rahmen für die überörtliche Landesplanung und nennt dabei für den Bodenschutz die folgenden Grundsätze, die für die Verminderung der Flächenneuanspruchnahme von Belang sind (vgl. § 2 ROG):

- Die weitere Zerschneidung der freien Landschaft und von Waldflächen ist dabei so weit wie möglich zu vermeiden; die Flächeninanspruchnahme im Freiraum ist zu begrenzen.
- Bei der Gestaltung räumlicher Nutzungen sind Naturgüter sparsam und schonend in Anspruch zu nehmen.
- Die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist zu verringern, insbesondere durch quantifizierte Vorgaben zur Verringerung der Flächeninanspruchnahme sowie
- durch die vorrangige Ausschöpfung der Potenziale für die Wiedernutzbarmachung von Flächen, für die Nachverdichtung und für andere Maßnahmen zur Innenentwicklung der Städte und Gemeinden sowie zur Entwicklung vorhandener Verkehrsflächen.
- Sicherung bzw. funktionale Wiederherstellung der Freiräume in ihrer Bedeutung für funktionsfähige Böden, für den Wasserhaushalt, die Tier- und Pflanzenwelt sowie für das Klima.

SIEDENTROP (2018) verdeutlicht anhand einer Studie, dass die Ausweisung von Wohnbauland in Regionen, in denen der Einfluss von landesplanerischer Seite stringenter ist, signifikant geringer ausfällt. Eine raumordnungspolitische Steuerung kann demnach wesentlich zur Erreichung der in Kapitel 1.1. aufgeführten Flächensparziele beitragen.

Die Grundsätze und Ziele für die Raumordnung und Landesplanung in Niedersachsen sind im niedersächsischen Landesraumordnungsprogramm (LROP) niedergelegt. Zum Bodenschutz

und dabei besonders zur Begrenzung der Flächenneuanspruchnahme sind die folgenden Vorschriften formuliert (LROP 2017):

- Die nicht durch Siedlungs- oder Verkehrsflächen in Anspruch genommenen Freiräume sollen zur Erfüllung ihrer vielfältigen Funktionen insbesondere bei der Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen, dem Erhalt der Kulturlandschaften, der landschaftsgebundenen Erholung sowie der Land- und Forstwirtschaft erhalten werden.
- Die Freiräume sind zu einem landesweiten Freiraumverbund weiterzuentwickeln. Die Funktionsvielfalt des landesweiten Freiraumverbundes ist zu sichern und zu entwickeln.
- Die weitere Inanspruchnahme von Freiräumen für die Siedlungsentwicklung, den Ausbau von Verkehrswegen und sonstigen Infrastruktureinrichtungen ist zu minimieren. Bei der Planung von raumbedeutsamen Nutzungen im Außenbereich sollen möglichst große unzerschnittene und von Lärm unbeeinträchtigte Räume erhalten, naturbetonte Bereiche ausgespart und die Flächenansprüche und die über die direkt beanspruchte Fläche hinausgehenden Auswirkungen der Nutzung minimiert werden.
- Böden sollen als Lebensgrundlage und Lebensraum, zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und in ihrer natürlichen Leistungs- und Funktionsfähigkeit gesichert und entwickelt werden. Flächenbeanspruchende Maßnahmen sollen dem Grundsatz des sparsamen Umgangs mit Grund und Boden entsprechen; dabei sollen Möglichkeiten der Innenentwicklung und der Wiedernutzung brachgefallener Industrie-, Gewerbe- und Militärstandorte genutzt werden. Böden, welche die natürlichen Bodenfunktionen und die Archivfunktionen in besonderem Maß erfüllen, insbesondere Böden mit einer hohen Lebensraumfunktion, sollen erhalten und vor Maßnahmen der Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung besonders geschützt werden.

Im Unterschied zur Bundesraumordnung, deren Festlegungen sich auf die Planungsebene beziehen, zwingen die landesplanerischen Ziele sämtliche öffentlichen Planungsträger zur Beachtung. Die landesweit bindenden Konzepte

der Landesplanung fordern von den kommunalen Gebietskörperschaften eine Anpassung ihrer Planungen an die jeweiligen landesplanerischen Ziele. Die Umsetzung der Planungsvorgaben des Landes in Regionale Raumordnungsprogramme (RROP) ist eine kommunale Planungsaufgabe der Landkreise und kreisfreien Städte, kann aber z. B. auch durch Zweck- oder Regionalverbände übernommen werden (NROG 2017).

LABO (2012) schlägt zur Stärkung der mengenhaften Steuerung der Flächeninanspruchnahme durch die Raumordnung vor, Obergrenzen für die weitere Flächenausweisung als verpflichtendes Ziel von Landes- und Regionalplanung einzuführen. Außerdem wird die Verankerung von Mindestdichten der Bebauung in regionalen Raumordnungsplänen sowie eine einheitliche Ermittlung des Flächenbedarfs empfohlen.

Eine Kontingentierung bzw. Übertragung der bundes- und landesweiten Flächensparziele auf die unteren Planungsebenen ist Voraussetzung für eine zielführende Regelung der Flächeninanspruchnahme durch Instrumente der Raumordnung (REPP 2016, PENN-BRESSEL 2019).

4.1.2. Baurecht

Soweit die landesplanerischen Ziele sich auf die Bauleitplanung beziehen, die die bauliche und sonstige Nutzung von Grundstücken in einem Gemeindegebiet regelt, ist durch die Anpassung der kommunalen Planung eine Bindung an die Landesvorgaben gegeben.

Zu den Bauleitplänen zählen der Flächennutzungsplan als vorbereitender Bauleitplan, der das gesamte Gemeindegebiet abdeckt, und der Bebauungsplan als rechtsverbindlicher Bauleitplan, der sich nur auf einen Teilbereich des Gemeindegebietes bezieht. Die Bauleitplanung soll neben einer nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung auch dazu beitragen, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen. Die Bauleitplanung und somit die städtebauliche Entwicklung werden durch das Baugesetzbuch (BauGB) geregelt. Im Baugesetzbuch liegen vorwiegend allgemeine Regelungen zum Schutz des Bodens vor. Von zentraler Bedeutung sind die sogenannte Bodenschutzklausel und die Umwidmungssperrklausel:

- **Bodenschutzklausel:**
Mit Grund und Boden soll sparsam und schonend umgegangen werden; dabei sind zur Verringerung der zusätzlichen Inanspruchnahme von Flächen für bauliche Nutzungen die Möglichkeiten der Entwicklung der Gemeinde insbesondere durch Wiedernutzbarmachung von Flächen, Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung zu nutzen sowie Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen (§ 1a (2) BauGB).
- **Umwidmungssperrklausel:**
Die Notwendigkeit der Umwandlung landwirtschaftlich oder als Wald genutzter Flächen soll begründet werden; dabei sollen Ermittlungen zu den Möglichkeiten der Innenentwicklung zugrunde gelegt werden, zu denen insbesondere Brachflächen, Gebäudeleerstand, Baulücken und andere Nachverdichtungsmöglichkeiten zählen können (§ 1a (2) BauGB).

Diese Grundsätze sind in der bauleitplanerischen Abwägung nach § 1 Absatz 7 BauGB zu berücksichtigen (vgl. hierzu auch Kap. 4.1.3). Zudem ist eine Inanspruchnahme der oben genannten Flächen des Außenbereichs zu begründen, insbesondere mit Hinblick auf Möglichkeiten der Innenentwicklung. Neben der Minimierung der Flächeninanspruchnahme muss zudem die Begrenzung der Bodenversiegelung bei der Aufstellung der Bauleitpläne berücksichtigt werden. Insgesamt sollte das Ziel sein, die Entwicklungs- und Baulandpolitik der Gemeinde zu reflektieren und die Erforderlichkeit von Baulandausweisungen plausibel zu begründen (SIEDENTROP 2018).

Die Innenentwicklung wurde mit Novellen (2007, 2013) des BauGB durch den § 13a vereinfacht, welcher beschleunigte Verfahren z. B. für die Wiedernutzbarmachung von Flächen oder Nachverdichtung (vgl. Kap. 4.2) ermöglicht. Für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme negative Auswirkungen hat die 2017 vorgenommene Ergänzung des § 13b (Laufzeit bis 31.12.2019), welche das beschleunigte Verfahren auf den Außenbereich ausweitete und auch für diese Verfahren die Erstellung eines Umweltberichts und die Anwendung der Eingriffsregelung aussetzt. Eine Verlängerung des Paragraphen wird derzeit durch die Bundesregierung angestrebt. Einen Überblick über die

vorgebrachten Bedenken bietet WISSENSCHAFTLICHE DIENSTE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (2020).

Die Gemeinden sind des Weiteren dazu verpflichtet, die Vermeidung und den Ausgleich zu erwartender erheblicher Beeinträchtigungen der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes (damit auch des Bodens) und des Landschaftsbildes (Eingriffsregelung nach dem Bundesnaturschutzgesetz) in der Abwägung zur berücksichtigen (§ 1a (3) BauGB). In der Regel stellt die Versiegelung des Bodens einen erheblichen Eingriff dar. Für einen Überblick zur Beeinträchtigung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen sei auf ENGEL & PRAUSE (2017) verwiesen.

„Schottergärten“

Eine in den vergangenen Jahren aufgekommene Entwicklung hin zur Gestaltung von Vorgärten durch hohe Anteile von Kies oder gebrochenen Gesteinen (Schotter; umgangssprachlich „Schottergärten“) wirkt einer versickerungsfreundlichen und klimaangepassten Gestaltung von Siedlungen entgegen (vgl. Kap. 2.1 und 4.3). Der Unterbau der Flächen ist üblicherweise verdichtet, vorhandener Oberboden wird abgetragen und der Untergrund mit Vlies oder Folie versehen, sodass eine teilversiegelte oder versiegelte Fläche entsteht (LABO 2020).

Zunehmend wird in Bauleitplänen bzw. Satzungen die Gestaltung von Flächen als „Schottergärten“ mit Hinweis auf die niedersächsische Bauordnung (NBauO) eingeschränkt. Als Grundlage hierfür wird § 9 (2) herangezogen und auf die Vorgabe verwiesen, dass nicht überbaute Flächen als Grünfläche zu gestalten sind, sofern sie nicht für eine andere zulässige Nutzung erforderlich sind.

4.1.3. Schutzgüter Fläche und Boden

Mit der Änderung des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes (UVPG) wurde die europarechtliche Anforderung (UVP-Richtlinie 2014/52/EU), die Fläche als weiteres Schutzgut in Umweltverträglichkeitsprüfungen zu betrachten, in Deutschland umgesetzt und so ein stärkerer Fokus auf die Flächeninanspruchnahme gelegt. Auch in Umweltberichten der Bauleitplanung ist das Schutzgut neben den anderen Schutzgütern folglich zu betrachten (BAUGB Anlage 1).

Eine Betroffenheit des Schutzguts Fläche liegt nach UVPG (Anlage 4) bei einem „Flächenverbrauch“ eines Vorhabens vor. Wenngleich eine genauere Abgrenzung der Schutzgüter Boden und Fläche in der Praxis noch vorgenommen werden muss (vgl. KARRENSTEIN 2019), verpflichten die beiden Schutzgüter dazu, Bodenschutz und die Flächeninanspruchnahme in Abwägungsvorgänge einzubringen.

Gemäß BBodSchG sind zur Beurteilung des Schutzguts Boden die Bodenfunktionen zu betrachten. Hierzu steht das Konzept zur Bodenfunktionsbewertung zur Verfügung (siehe BUG et al. 2019, ENGEL & STADTMANN 2020).

Indikatoren zur Bewertung des Schutzguts Fläche sind grundsätzlich ebenfalls vorhanden. In der Praxis wird bislang im Wesentlichen das quantitative Maß der Flächeninanspruchnahme herangezogen, welches zuvor auch für die Bewertung des Schutzguts Boden verwendet wurde (REPP 2016, KARRENSTEIN 2019). Eine wichtige Grundlage für eine optimierte Anwendung des Schutzguts Fläche in Planungsverfahren wäre die kommunenspezifische Ableitung von Zielen für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme aus bundes- und landesweiten Zielen. Ein solches Herunterbrechen der übergeordneten Ziele auf die Kommunen würde die Auswirkungen von Vorhaben erst überprüfbar und nachvollziehbar machen (REPP 2016).

Es laufen derzeit Forschungsvorhaben, welche Empfehlungen für die Anwendung des Schutzguts Fläche in Planungs- und Genehmigungsverfahren erarbeiten sollen (UNIBW 2019). Indikatoren können dabei unterschiedliche Aspekte abdecken. Neben der reinen Flächenneuinanspruchnahme durch ein Vorhaben kann auch die Effektivität der Flächennutzung herangezogen werden. Dies kann z. B. durch die Siedlungsdichte geschehen, welche die Einwohnerzahl pro km² Siedlungs- und Verkehrsfläche darstellt. Verringert sich die Siedlungsdichte, wie es in Deutschland insbesondere in ländlichen Räumen der Fall ist (BUNDESREGIERUNG 2021), so zeigt dies eine nachlassende Effektivität der Flächennutzung. Eine weitere Möglichkeit wäre der Indikator Freiraumverlust, welcher verdeutlicht, wie viel Freiraumfläche pro Jahr pro Einwohner in Siedlungs- und Verkehrsfläche umgewandelt wird. Sowohl Siedlungsfläche als auch Freiflächenverlust wurden 2016 als weitere Indikatoren in die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie aufgenommen (BUNDESREGIERUNG 2018).

4.2. Planungsinstrumentarien

Der LABO-Bericht zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme (LABO 2012) führt folgende wesentliche Handlungsfelder zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf:

- effizientes Flächenmanagement,
- Kostentransparenz für Baulandentwicklungen,
- Bewusstseinsbildung und Kommunikation bzgl. der Probleme von Flächeninanspruchnahme,
- Verbesserung der Rahmenbedingungen der Innenentwicklung.

Die Instrumente, mit denen die Flächeninanspruchnahme gesenkt werden kann, sind grundsätzlich bereits seit Jahren bekannt (BARON & DROSS 2016). Im Folgenden werden exemplarisch einige der Instrumente vorgestellt, die als besonders effektiv eingeschätzt werden und auch durch den Arbeitskreis „Flächenverbrauch und Bodenschutz“ (MU 2011) in Niedersachsen empfohlen wurden.

Weitere Maßnahmen sind zudem im „Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen“ (MU 2020b) aufgeführt. Einen breiten Überblick gibt des Weiteren der LABO-Statusbericht zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und der Versiegelung (LABO 2020).

4.2.1. Flächenrecycling

Durch die Folgenutzung ehemaliger Industrie- oder Gewerbebrachen kann die Neuausweisung von Flächen in bisher unbebauten Außenbereichen gemindert werden. Eine Flächenkreislaufwirtschaft beinhaltet zudem die Möglichkeit, einer Fragmentierung der Siedlungsgebiete entgegenzuwirken und so die Attraktivität von Innenbereichen zu erhalten (SRU 2016, BECKMANN & DOSCH 2018).

Die Brachflächen sind in der Regel gut erschlossen, besitzen eine überwiegend gute Infrastruktur und befinden sich häufig in einer für die Folgenutzung günstigen Lage. Oft sind auf diesen Grundstücken allerdings Schadstoffbelastungen aus der Vornutzung anzutreffen, deren Art und Höhe in der Regel nicht bekannt ist. Trotz-

dem sind diese Flächen zumeist nur eingeschränkt altlastenrelevant und daher ohne aufwändige Sanierungsmaßnahmen wieder nutzbar. Die Unkenntnis über die Schadstoffbelastung verhindert jedoch häufig, dass diese Flächen zügig vermarktet werden und stattdessen Wohn- und Gewerbegebiete eher am Stadtrand „auf der grünen Wiese“ errichtet werden. Die Erfassung und Bewertung der Industrie- und Gewerbebrachen in einem Brachflächenkataster kann wesentlich zur Verbesserung der Datensituation beitragen. Die Bewertung des Altlastenrisikos der Gewerbe- und Industriebrachen erleichtert die Vermarktung der Standorte, indem Investoren gezielt informiert werden können (DAHLMANN, HERNANDEZ DIAZ & SCHNEIDER 2007).

Die freiwillige Sanierung von Brachflächen ist in Niedersachsen aus Mitteln des EFRE-Strukturfonds förderfähig. „Gefördert werden Vorhaben zur Sanierung verschmutzter Brachflächen (einschließlich Flächen in Umwandlungsgebieten [Konversionsflächen]) mit dem Ziel der nachhaltigen Nachnutzung“. „Gegenstand der Förderung ist insbesondere die Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten. Eingeschlossen sind erforderliche Detailplanungen und Überwachungsmaßnahmen“ (MU 2015). Die Förderung dient der Verminderung der Inanspruchnahme bisher nicht bebauter Flächen.

In der aktuellen Wohnbaulandumfrage des Landes Niedersachsen (N-BANK 2020) wurde auch das Brachflächenpotenzial für Wohnnutzung in den niedersächsischen Kommunen abgefragt. Das gesamte gemeldete Brachflächenpotenzial in Niedersachsen betrug demnach Ende 2019 rund 1.350 ha. Dies entspricht einer Zunahme von knapp 70 ha im Vergleich zur letzten Erhebung (Ende 2017). Den Großteil der Brachen mit 851 ha stellen ehemalige Militärflächen. Deutlich geringer ist der Anteil der Industrie- und Gewerbebrachen mit 281 ha. Etwa ein Drittel der Brachflächen (498 ha) liegt im Siedlungsbereich. Von den Militärflächen liegt der Großteil (90 %) allerdings außerhalb, was eine Nutzung für den Wohnungsbau erschwert. Abbildung 17 verdeutlicht die prozentualen Anteile der Brachtypen. Im Vergleich zum vorherigen Erhebungszeitraum (2016/2017) erfolgte ein leichter Rückgang der Nutzung von Brachflächen. 234 ha Brachflächen wurden im Zeitraum 2018–2019 in Wohnbauland umgewidmet.

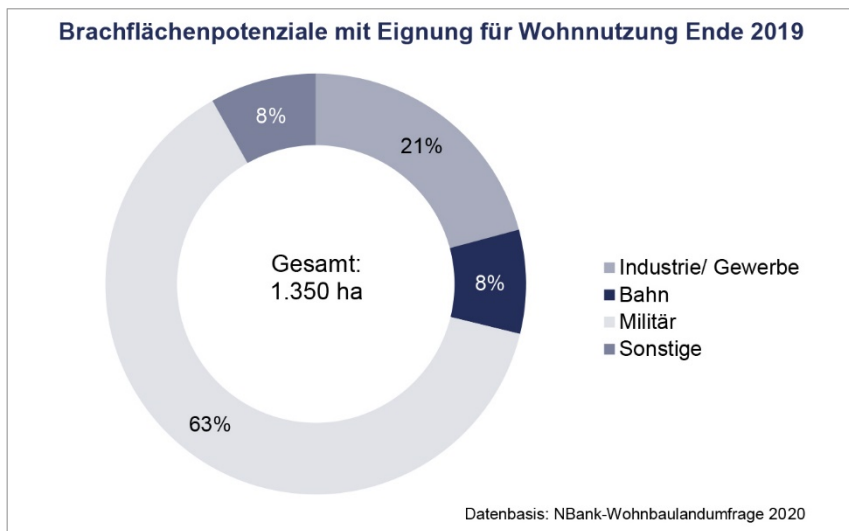


Abb. 17: Brachflächenpotenziale in Niedersachsen (N-BANK 2020).

In Niedersachsen besitzen, basierend auf der Wohnbaulandumfrage, 36 Gemeinden ein Kataster zur Erfassung von Brachflächen. 33 Kommunen sind dabei, ein Brachflächenkataster aufzubauen (N-BANK 2020). Die folgende Abbildung 18 zeigt die Situation bei der letzten Wohnbaulandumfrage (N-BANK 2018).

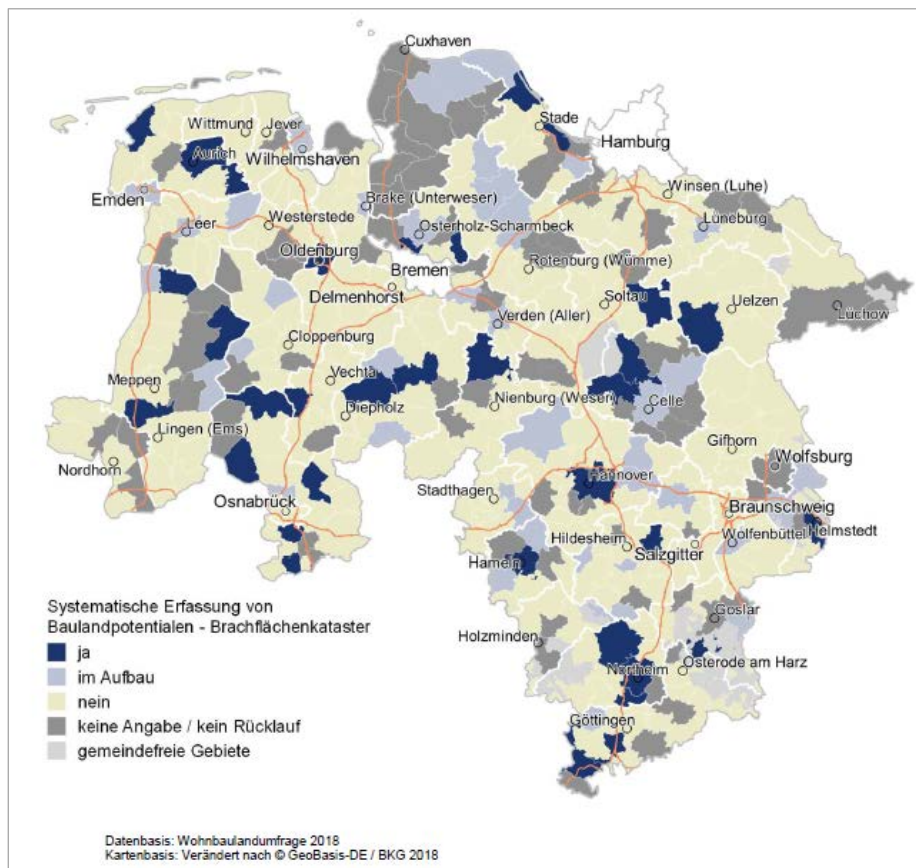


Abb. 18: Nutzung und Aufbau von Brachflächenkatastern in Niedersachsen (N-BANK 2018).

4.2.2. Innenentwicklung

Durch den Vorrang der Innen- vor der Außenentwicklung können bisher nicht bebaute Böden an den Rändern von Städten und Gemeinden geschont werden.

Ein neben dem ursprünglichen 30-Hektar-Ziel der Bundesregierung (vgl. Kap. 1.1) eher weniger beachtetes Ziel der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (BUNDESREGIERUNG 2002, 2004) betraf das Verhältnis von Innen- zu Außenentwicklung von Kommunen, welches 3:1 nicht überschreiten sollte. Das Ziel fand zwar Eingang in die „Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt“ (BMUB 2007), wurde aber anschließend nicht weiter als offizieller Indikator geführt. Eine aktuelle Studie von MEINEL et al. (2020) ermittelte für eine deutschlandweite repräsentative Auswahl von 30 Kommunen ein Verhältnis von 2:3, was einer deutlichen Verfehlung des Ziels entspricht.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, durch die Nutzung von Innenentwicklungspotenzialen die Wohnflächennachfrage zu bedienen. Allerdings liegen Innenentwicklungspotenziale nicht immer am selben Ort wie die Nachfrage (BECKMANN & DOSCH 2018). Laut Berechnungen des BBSR (2014, zitiert in BECKMANN & DOSCH 2018) lässt sich aber in Kommunen mit angespanntem Wohnungsmarkt insbesondere durch Erhöhungen der Geschossflächenzahl (GFZ) die Nachfrage über mehrere Jahre decken. In den Bebauungsdichten liegen also entsprechende Potenziale, die stärker als bisher ausgenutzt werden sollten. Um eine weitergehende Ausnutzung der Grundflächen zu erreichen und die Flächenneuanspruchnahme durch Wohn- und Gewerbebebauung zu verringern, ist es aus Sicht des Bodenschutzes notwendig, sich den zulässigen Obergrenzen des Baurechts mehr als bisher anzunähern. Insbesondere bei der Neuausweisung von Gewerbegebieten in den Randbereichen der Verdichtungsräume ist eine

Reduzierung des extensiven Flächenverbrauches empfehlenswert. Nicht selten werden dort durch die großzügige, auf die Fläche statt in die Höhe gehende Bauweise, beispielsweise von Baumärkten und Einkaufszentren auf der grünen Wiese, Freiflächen verbaut und für den Naturhaushalt sowie die Landwirtschaft hochwertige Flächen in Anspruch genommen.

Die konsequente Unterschreitung der planrechtlichen Grenzwerte bei Neuausweisungen von Wohnbau- sowie Gewerbe- und Industrie- flächen hat in der Vergangenheit zu einer erheblichen Flächenneuanspruchnahme geführt, welche den Reduzierungszielen entgegensteht. Die Festsetzung von Grundflächen- und Geschossflächenzahlen für Teile eines Baugebietes bzw. für einzelne Grundstücke im Bebauungsplan obliegt den Gemeinden und darf lediglich die zulässigen Obergrenzen nach Baunutzungsverordnung (BAUNVO, § 17) nicht überschreiten. Zum einen wird kritisiert, dass diese Obergrenzen zu gering angesetzt sind (WALTER 2016), wenngleich höhere GFZ für die Kategorie „Urbanes Gebiet“ zugelassen wurden (BAUNVO, UBA 2019b). Zum anderen wird bei Betrachtung der Praxis auch deutlich, dass die benannten Höchstwerte häufig nicht ausgeschöpft werden. Langfristig sollte aus Sicht des Bodenschutzes eine stärkere Annäherung an die gesetzlichen Obergrenzen gefordert werden. Daneben besteht auch nach den §§ 16 und 17 BAUNVO die Möglichkeit, Mindestmaße sowie Ausnahmen vom Höchstmaß der baulichen Nutzung im Bebauungsplan festzusetzen.

Zu einer dauerhaften Verminderung der Flächenneuanspruchnahme ist es aus Sicht des Bodenschutzes erstrebenswert, generell ein Mindestmaß an Bebauungsdichte (vgl. § 16 Abs. 4 BAUNVO) – d. h. untere Grenzwerte für Geschossflächenzahl (GFZ) und Grundflächenzahl (GRZ) – zu schaffen, die mit einer selbstbindenden Wirkung für die Gemeinden in den Festsetzungen der Bebauungspläne nicht unterschritten werden sollten, wie es bereits 2003 im niedersächsischen Bodenqualitätszielkonzept empfohlen wurde (Tab. 6).

Tab 6: Empfohlene Qualitätsstandards für Mindestdichten der Bebauung (GUNREBEN et al. 2003, erweitert um urbane Gebiete). In Klammern die Höchstwerte nach BAUNVO (§ 17).

Baugebiete	Grundflächenzahl (GRZ)	Geschossflächenzahl (GFZ)
Kleinsiedlungsgebiete	0,1 (0,2)	0,2 (0,4)
reine und allgemeine Wohngebiete sowie Ferienhausgebiete	0,2 (0,4)	0,6 (1,2)
besondere Wohngebiete	0,3 (0,6)	0,8 (1,6)
Dorfgebiete und Mischgebiete	0,3 (0,6)	0,6 (1,2)
urbane Gebiete	0,4 (0,8)	1,5 (3,0)
Kerngebiete	0,5 (1,0)	1,5 (3,0)
Gewerbegebiete, Industriegebiete und sonstige Sondergebiete	0,4 (0,8)	1,2 (2,4)
Wochenendhausgebiete	0,1 (0,2)	0,1 (0,2)

Doppelte Innenentwicklung

Bei der Innenentwicklung ist es trotz der vielen positiven Effekte (wie geringer Flächenverbrauch und Energieeffizienz) gleichzeitig von Bedeutung, die Lebensqualität der dort lebenden Menschen und die Umwelt nicht zu belasten. Laut UBA (2019b) sind insbesondere die Faktoren Lärm, Luftqualität sowie Frei- und Grünflächenausstattung von Bedeutung. Es muss also eine doppelte Innenentwicklung vorgenommen werden, welche bestehende Freiflächen aufwertet (BÖHM et al. 2016, LABO 2020). Hierzu kann auch der Bodenschutz einen Beitrag leisten, indem durch urbane Bodenfunktionsbewertungen besonders hochwertige und für das Stadtklima bedeutsame Flächen hervorgehoben werden (ENGEL & STADTMANN 2020).

In Niedersachsen besteht weiterhin Handlungsbedarf, um die aktuell immer noch nachrangige Rolle der Innenentwicklung in den Kommunen zu stärken (N-BANK 2018). Der Vorrang der Innen- vor der Außenentwicklung ist auch davon abhängig, welche Instrumente den Gemeinden zur Identifizierung von Innenentwicklungspotenzialen zur Verfügung stehen bzw. genutzt wer-

den. Als wesentliche Instrumente stehen in Niedersachsen die in Tabelle 7 aufgeführten Kataster bereit.

Tab. 7: Verbreitung von Instrumenten der Innenentwicklung in niedersächsischen Gemeinden, basierend auf der Wohnbaulandumfrage (N-BANK 2020).

Instrument	Anteil der niedersächsischen Gemeinden, die das Instrument nutzen
Baulückenkataster	155 von 392 ca. 40 %
Leerstandskataster	69 von 392 ca. 18 %
Brachflächenkataster (vgl. Kap. 4.2.1)	36 von 392 ca. 9 %

Für diese Instrumente ist eine Zunahme bei der Nutzung durch die Gemeinden zu verzeichnen, und viele Kommunen gaben an, dass sie am Aufbau von Katastern arbeiten. Allerdings besteht weiterhin eine erhebliche Anzahl an Gemeinden, die keine Instrumente zur Verbesserung des Flächenmanagements nutzt (N-BANK 2018, 2020).

Baulücken- und Leerstandskataster

Das für Niedersachsen entwickelte Baulücken- und Leerstandskataster (BLK) ermöglicht den Kommunen die Erfassung dieser Kennwerte in einer Datenbank, welche mit Geobasisdaten hinterlegt ist. Zudem kann die Altersstruktur der Bewohnenden durch den Abgleich von Adressen mit Einwohnermeldedaten erfasst und Überalterungstendenzen frühzeitig erkannt werden. Der Abgleich mit den Einwohnermeldedaten ermöglicht zudem den Rückschluss auf Leerstände, falls für Gebäude keine Einträge vorhanden sind (KLEINWÄCHTER 2014).

155 Kommunen gaben im Rahmen der letzten Wohnbaulandumfrage an, mit einem Baulückenkataster zu arbeiten und bei 79 ist ein solches Kataster im Aufbau. Die Leerstände erfassen aktuell 69 Kommunen in einem Kataster und 69 arbeiten an deren Aufbau (N-BANK 2020). Die Abbildungen 19 und 20 zeigen die Ergebnisse der Wohnbaulandumfrage 2018.

Weiterführende Informationen finden sich auf dem Internetauftritt des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung (LGLN) <https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/>.

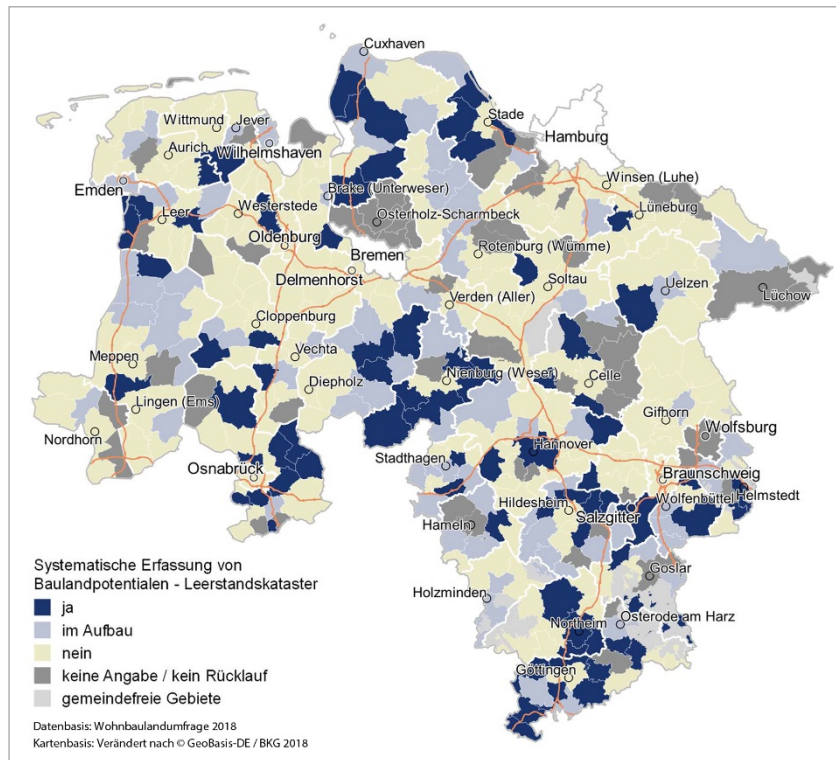


Abb. 19: Verwendung von Leerstandskatastern in Niedersachsen (N-BANK 2018).

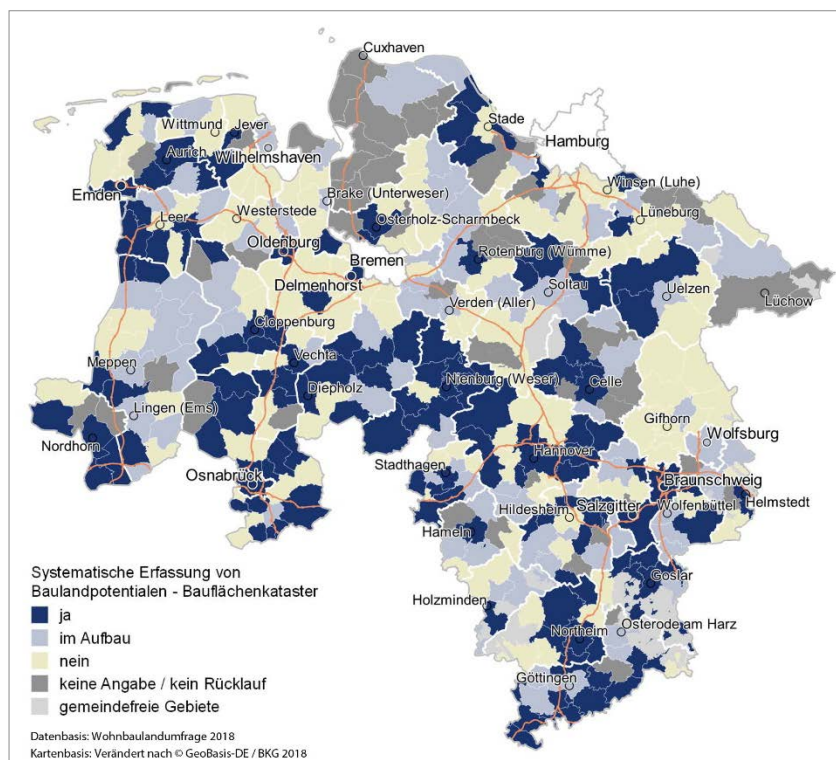


Abb. 20: Verwendung von Bauflächen- bzw. Baulückenkatastern in Niedersachsen (N-BANK 2018).

4.2.3. Handelbare Flächenzertifikate

Im Koalitionsvertrag der Regierungsparteien vom Oktober 2009 wurde auf Bundesebene vereinbart, „einen Modellversuch zu initiieren, in dem Kommunen auf freiwilliger Basis ein überregionales Handelssystem für die Flächennutzung erproben“ (CDU, CSU/FDP 2009). In einem Modellvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde daraufhin der Flächenzertifikatehandel wissenschaftlich untersucht und ein Praxistest vorbereitet (UBA 2012). Nach dem Beginn des Praxistests entschieden die Koalitionsparteien CDU/CSU, FDP mit dem Koalitionsvertrag 2013, dass der laufende Versuch weiter begleitet werden soll (GRIMSKI 2014).

Das Wirkprinzip beim Zertifikatehandel liegt darin, die Schädigung der Umwelt durch marktwirtschaftliche Mechanismen zu regeln, indem die Verfügbarkeit des Umweltgutes insgesamt begrenzt wird (GRIMSKI 2014). So ist das Modell handelbarer Nutzungsrechte grundsätzlich aus dem Emissionshandel bekannt. Die Zuteilung von einer begrenzten Anzahl an Nutzungs- oder Verschmutzungsrechten führt dann zur Entscheidungsmöglichkeit der Akteure, die Rechte selbst zu nutzen, an andere Akteure weiterzuverkaufen oder aber selber Zertifikate zukaufen zu wollen (GRIMSKI 2014). Übertragen auf den Flächenzertifikatehandel bedeutet das, dass die Kommunen als Träger der Bauleitplanung jährlich ein Kontingent an Flächenzertifikaten zugeteilt bekommen, welche jedoch unbegrenzt angespart werden können und deren Anzahl sich an der Einwohnerzahl orientiert (UBA 2019c). Dieses Kontingent an Zertifikaten kann so ausgestaltet werden, dass die Obergrenzen für eine Erreichung der Ziele zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme eingehalten werden. Die Flächenneuinanspruchnahme kann somit nicht größer sein, als die Ziele es vorgeben. Soll nun ein Bebauungsplan im Außenbereich neu aufgestellt werden, müssen hierfür Flächenzertifikate aufgewendet werden. Überschreiten die notwendigen Flächenzertifikate die zugeteilte Menge an Zertifikaten, können Zertifikate von anderen Kommunen zugekauft werden. Baumaßnahmen im Innenbereich oder auf Brachflächen (Militär-, Industrie- oder Gewerbebrachen) sind hingegen ohne Flächenzertifikate durchführbar. Hierdurch entsteht ein Anreiz, z. B. durch verstärkte Innenentwicklung Zertifikate einzusparen (GRIMSKI 2014). Eine Siedlungsflächenzunahme würde nur noch in den Bereichen

stattfinden, in denen die höchste Nachfrage besteht. Eine sogenannte Flächenangebotspolitik, bei der Flächen auf Vorrat ausgewiesen werden, in der Hoffnung, neue Einwohner oder Betriebe anzuziehen (UBA 2015), wäre ökonomisch nicht mehr attraktiv, wenn sich eingesparte Zertifikate am Markt gewinnbringend verkaufen lassen. Zudem können über die Zurücknahme bestehender Baurechte weitere („weiße“) Zertifikate erhalten werden. Für eine umfangreiche Beschreibung des Konzeptes sowie des durchgeführten Modellversuchs und der Ergebnisse siehe UBA (2019c).

Das Modellprojekt konnte erfolgreich umgesetzt werden (UBA 2019c). Aus Niedersachsen waren als Modellkommunen des enthaltenen Planspiels die folgenden Kommunen beteiligt (www.flachensparen.de):

- Samtgemeinde (SG) Barnstorf,
- SG Grafschaft Hoya,
- SG Heemsen,
- Rehburg-Loccum,
- Erkerde.

Der Modellversuch ergab, dass eine Verringerung der Flächeninanspruchnahme mit einem Handelssystem von Flächenzertifikaten möglich ist. Zudem wurde deutlich, dass die kommunalen Vertreter/innen keine Probleme beim Umgang mit den Zertifikaten hatten und auch überörtliche Mengenvorgaben zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme umsetzbar waren. Die Flächensparziele konnten erreicht werden (UBA 2019c). PENN-BRESSEL (2019) bezeichnet die Flächenzertifikate, basierend auf diesen Erkenntnissen, als einen sicheren Weg, die Flächensparziele zu erreichen.

4.2.4. Folgekostenrechner

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, ist die vollständige Berücksichtigung der Folgekosten eines Baugebietes notwendig, um Fehlentwicklungen und unnötigen finanziellen Belastungen von Kommunen vorzubeugen und eine Kostentransparenz zu schaffen. Eine wichtige Rolle können hierbei Folgekostenrechner einnehmen, welche eine Quantifizierung der zukünftigen Belastungen durch die zu unterhaltende technische und soziale Infrastruktur ermöglichen und diese den zu erwartenden Einnahmen gegenüberstellen (LABO 2010). Zahlreiche Beispiele aus der Pra-

xis zeigen, dass die Verwendung von Folgekostenbetrachtungen oftmals ökonomisch negative Ergebnisse liefern, d. h. die Kommune mittel- bis langfristig, entgegen der Erwartung, nicht von der Ausweisung eines Baugebietes profitiert.

Neben umfangreicheren Softwarelösungen besteht mittlerweile auch ein u. a. im Zuge des REFINA-Projektes (vgl. PREUSS & FLOETING 2009) erarbeitetes kostenloses Onlineangebot (Übersicht unter <https://aktion-flaeche.de/folgekosten-rechtzeitig-kalkulieren>). Die angebotenen Werkzeuge unterscheiden sich z. B. auf der räumlichen Bezugsebene (Einzelstandort bis Region), durch die zu betrachtenden Nutzungsart (Wohnen oder Gewerbe) oder auch die Zielgruppe (Kommunen, Politik, Bürgerinnen und Bürger) (PREUSS & FLOETING 2009, PREUSS 2015).

Für die bestehenden Werkzeuge sehen PREUSS & FLOETING (2009) die folgenden wesentlichen Anwendungsbereiche:

- vor- und ggf. nachgelagerte Betrachtung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses von Bauvorhaben und Baugebieten,
- Prüfung von Standortalternativen,
- Vergleich von Bebauungsvarianten,
- Gegenüberstellung von Strategien der Siedlungsentwicklung,
- Monitoring der Auslastung von Infrastrukturen.

Bürgerinnen und Bürger haben außerdem die Möglichkeit, z. B. durch steigende Mobilitätskosten entstehende zusätzliche finanzielle Belastungen abzuschätzen (<https://was-kostet-mein-baugebiet.de/werkzeuge/aus-sicht-der-neubuerger.html>).

Eine vergleichende Analyse bestehender Werkzeuge ist in PREUSS (2015) zu finden. Einige Bundesländer haben bereits speziell auf die regionalen Gegebenheiten angepasste Werkzeuge entwickelt. Auch für Niedersachsen wäre die Entwicklung eines regionalspezifischen Werkzeugs sinnvoll (MU 2011), bislang liegt ein solches allerdings nicht vor.

Die Nutzung von Folgekostenrechnern sollte Teil einer fachlich fundierten Vorbereitung von bauleitplanerischen Entscheidungsprozessen sein.

4.3. Minderungsmaßnahmen bei Bauvorhaben

Wie schon im Kapitel 4.1.2 verdeutlicht, wird die bauliche und sonstige Nutzung von Grundstücken in einem Gemeindegebiet in der Bauleitplanung festgelegt. So können die Kommunen im Bebauungsplan unter anderem festsetzen, dass z. B. wenig frequentierte Verkehrsflächen, öffentliche Parkplätze, Stellplätze auf privaten Grundstücken sowie deren Zufahrten und Hofflächen mit einer versickerungsfähigen Flächenbefestigung herzustellen sind.

Mit der Anlage von versickerungsfähigen Flächenbefestigungen versickert das Regenwasser dort, wo es anfällt, so dass der Oberflächenabfluss reduziert werden kann. Dies trägt zu einer Entlastung der Entwässerungs- und Abwasserbehandlungsanlagen bei.

4.3.1. Versickerungsfähige Flächenbefestigungen – Belag und Baustoffwahl

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Straßen, Wege oder Plätze mit versickerungsfähigen Befestigungen anzulegen. Gestalterische Aspekte sowie Nutzungsart und -intensität der Flächen bestimmen die Art des Belages bzw. der Deckschicht, den Aufbau des Oberbaus und die Art der zu verwendenden Baustoffe. Da verschiedene Beläge miteinander kombiniert werden können, ergibt sich eine große Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten.

Versickerungsfähige Flächenbefestigungen können grundsätzlich in begrünbare Flächenbefestigungen (FLL 2018) und versickerungsfähige Verkehrsflächen (FGSV 2013) unterteilt werden.

Wird der Schwerpunkt auf die Erhaltung der natürlichen Bodenfunktionen gelegt, können begrünbare Flächenbefestigungen eine Lösung sein. Der Boden speichert das Wasser, reinigt es beim Durchlaufen der Bodenschichten und führt es dem Grundwasser zu. Durch die Wasserspeicherung im Boden kann ein Teil des Wassers auch über die Vegetation verdunsten und somit zur Erhaltung des Kleinklimas beitragen. Die Lebensbedingungen für die Menschen und Tiere bleiben erhalten bzw. werden verbessert.

Im Gegensatz zur begrünbaren Flächenbefestigung fehlt bei versickerungsfähigen Verkehrsflächen die belebte Bodenzone als biologisch aktiver Filter gegen Schadstoffeinträgen ins Grundwasser.

Empfehlenswert ist es, sich schon bei der Planung der Baumaßnahme von entsprechenden Fachleuten beraten zu lassen.

4.3.1.1. Allgemeine Aspekte bei der Anlage von versickerungsfähigen Flächenbefestigungen

Bei der Anlage von versickerungsfähigen Flächenbefestigungen gelten die folgenden Aspekte bei begrünbaren Flächenbefestigungen und bei versickerungsfähigen Verkehrsflächen gleichermaßen.

Oberflächenbefestigung

Generell muss die Wahl der Oberflächenbefestigung den Ansprüchen der Nutzungsart gerecht werden. Hierbei sind auch die Aspekte des Fahrkomforts und der Barrierefreiheit zu berücksichtigen (Benutzung von z. B. Inlineskatern, Kinderwagen, Rollstuhl oder Rollator).

Regelbauweise

Die Eigenschaften sowie Schichtdicken des Oberbaus und des Unterbaus / Untergrundes sind abhängig von der Belastung bzw. der Nutzungsart und -intensität. Empfehlungen für den Aufbau und die Dimensionierung des Oberbaus sowie die Angaben zu den Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit der verschiedenen Befestigungsarten enthalten die Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen (FLL 2018) und das Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen (FGSV 2013).

Frostschuttschicht

Die Anordnung einer Frostschuttschicht richtet sich nach der Frostepfindlichkeit des anstehenden Bodens (Untergrund / Unterbau). Dabei wird der Boden entsprechend DIN 18196 und ZTV E-StB in drei unterschiedliche Frostepfindlichkeitsklassen F1 (frostsicher), F2 (frostepfindlich) und F3 (sehr frostepfindlich) unterteilt. Ein Boden ist umso frostepfindlicher,

je höher der Feinanteil (Schluff / Ton, Korndurchmesser $\leq 0,063$ mm) im Boden ist.

Untergrund

Der Untergrund muss ausreichend stabil bzw. tragfähig sein, um die Lasten der Wege und Straßen einschließlich des Verkehrs verformungsarm aufzunehmen. Damit eine Versickerung der Niederschläge möglich ist, muss der Untergrund zudem ausreichend wasserdurchlässig sein. Falls keine örtlichen Informationen über die Beschaffenheit des Untergrundes vorliegen, können die Informationen auf dem NIBIS®-KARTENSERVEN oder das Hinzuziehen eines Baugrundgutachters hilfreich sein.

Filterstabilität

Zur Erhaltung einer ausreichenden Durchlässigkeit ist die Filterstabilität aufeinanderfolgender Schichten (z. B. zwischen Deck- und Tragschicht, s. Abb. 21) nachzuweisen. Dadurch wird im Wesentlichen die Auswaschung von Feinkorn in den Porenraum der darunterliegenden Schicht verhindert.

4.3.1.2. Begrünbare Flächenbefestigungen

Begrünbare Flächenbefestigungen zeichnen sich durch eine Deckschicht aus, die aufgrund ihrer Eigenschaften für den Bewuchs mit Pflanzen besonders geeignet ist. Die Schichten des Oberbaus bestehen aus der Vegetation sowie einer Deckschicht, ggf. einer Schotter- oder Kiestragschicht und, falls erforderlich, einer Frostschuttschicht.

Zu den begrünbaren Flächenbefestigungen zählen Schotterrasen und begrünbare Beläge (z. B. Pflastersteine oder Platten mit Rasenfugen oder Waben- und Gitterelemente aus Kunststoff), deren schematischer Aufbau in der Abbildung 21 dargestellt ist.

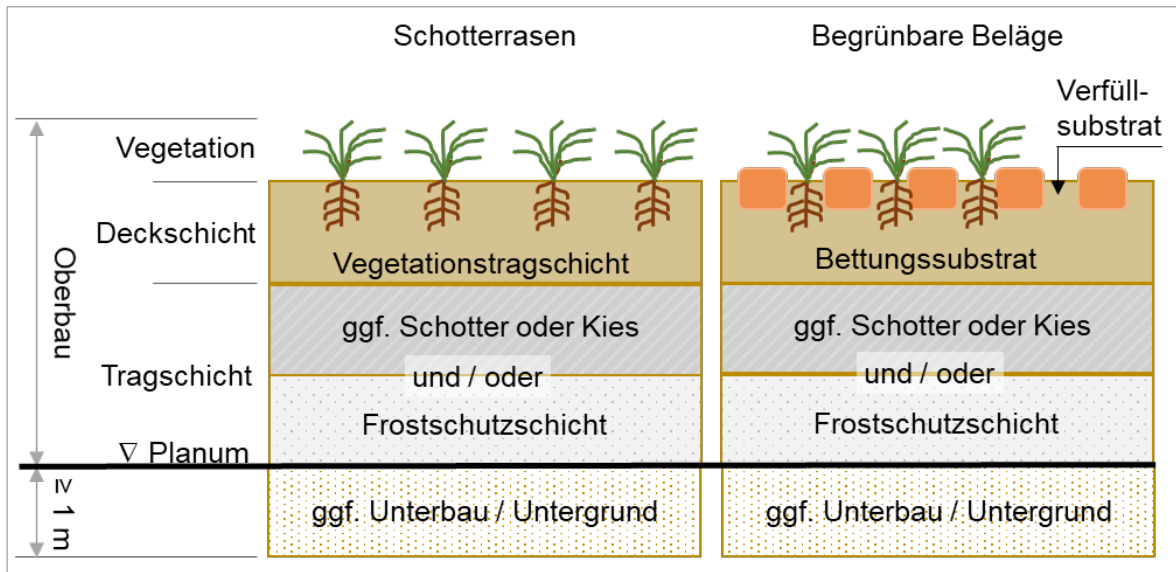


Abb. 21: Aufbau einer begrünten Flächenbefestigung.
 Grafik: S. Palm (LBEG).

Folgende Punkte sollten für die Planung einer begrünbaren Flächenbefestigung beachtet werden:

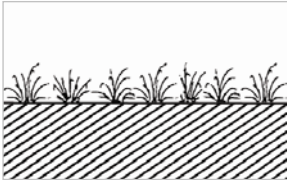
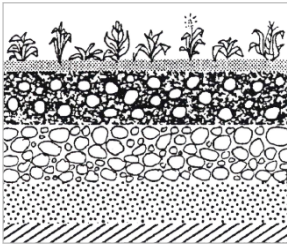
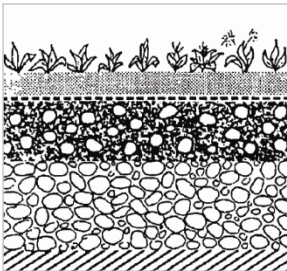
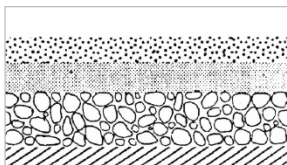
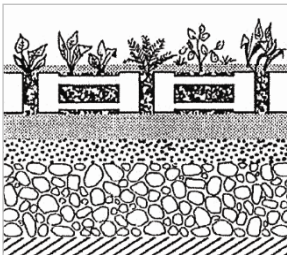
- Begrünbare Flächenbefestigungen sind z. B. für die Anlage von Wegen und Plätzen auf privaten Grundstücken, in Gärten und in öffentlichen Grünflächen geeignet. Sie können auch für land- und forstwirtschaftliche Wege sowie für Feuerwehrzufahrten eingesetzt werden.
- Aufgrund der Vegetation muss die Deckschicht nicht nur ausreichend durchlässig sein, sondern auch die Anforderungen an Kenngrößen wie Wasser- und Luftkapazität, Salzgehalt, pH-Wert, Nährstoffe und Fremdstoffe einhalten.
- Die Tragschicht ist ungebunden, d. h. hierfür werden Schotter oder Kies verwendet.
- Bei einer Verdichtung des Untergrundes und den Schichten des Oberbaus ist eine Überverdichtung und Kornzertrümmerung zu vermeiden, damit die für das Wurzelwachstum und die Wasserdurchlässigkeit notwendigen Porenräume erhalten bleiben.
- Nur bedingt geeignet ist diese Flächenbefestigung für Bereiche mit engen Kurvenradien oder Gefällestrecken. Hier sollte der Einsatz alternativer oder ergänzender Befestigungen geprüft werden.

- Drucklasten, Beschattungen, Trockenheit oder Hitze (unter dem Fahrzeug) können die Vegetationsentwicklung beeinträchtigen oder zerstören.
- Zur Erhaltung der Vegetation sind ggf. Pflegemaßnahmen wie Wässern, Düngen, Mähen, Striegeln, Vertikutieren, Entfernen von Fremdbewuchs oder Laub erforderlich.

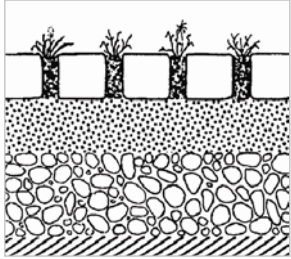
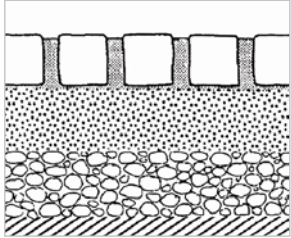
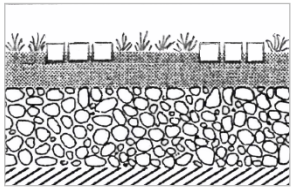
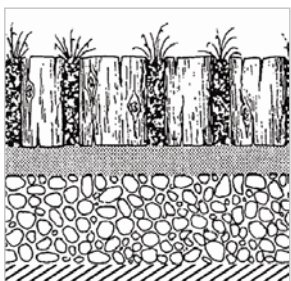
Die folgende Tabelle 8 beinhaltet eine Übersicht verschiedener überwiegend begrünter, versickerungsfähiger Bodenbeläge sowie ihrer Eigenschaften und möglichen Anwendungsbereiche.

Detaillierte Ausführungen zu den Einsatzmöglichkeiten, Befestigungsarten, Materialien und vegetationstechnischen Anforderungen sowie die Angaben von zu beachtenden technischen Richtlinien enthält die Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen (FLL 2018).

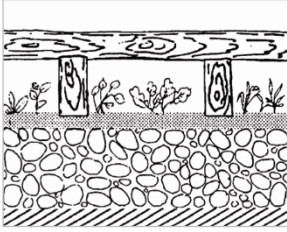
Tab. 8: Eigenschaften und Anwendungsbereiche versickerungsfähiger Belagsarten, nach STADT SIEGEN (2006), GUNREBEN & SCHNEIDER (2001), GREITEN (2003).

Belagsart und Aufbau	Eigenschaften	Anwendungsbereich
Rasenflächen 	+ hohe Versickerung, + Erhalt von Bodenfunktionen und Wasserhaushalt, + Lebensraum für Pflanzen und Tiere, - geringe Belastbarkeit.	■ gelegentlich benutzte Parkflächen, ■ Seitenstreifen von Straßen, ■ Fußwege.
Schotterrassen 	+ voll versickerungsfähig, + gute Tragfähigkeit, + vielfältiger Pflanzenbewuchs, + natürliches Erscheinungsbild, - Gesteinsverlagerung bei Brems- oder Anfahrvorgängen möglich, - Spurrillenbildung.	■ Stellflächen, ■ Spielflächen, ■ wenig frequentierte Verkehrsflächen wie Zufahrten und Parkplätze, Festplätze, Feuerwehzufahrt.
Geotextilschotter 	+ gute Versickerung, + durch Geotextilgewebe erhöhte Tragfähigkeit, + durchgehende Pflanzendecke, - Gesteinsverlagerung bei Brems- oder Anfahrvorgängen möglich.	■ Stellflächen, ■ Zufahrtswege, ■ Parkrandbereiche, ■ Fußwege.
Kies-/Splittdecken (wassergebundene Decken) 	+ gute Versickerung, + Ausbreitung von Pionierpflanzen möglich, + einfache Herstellung, - nicht sehr tragfähig.	■ wenig frequentierte Fahr- bzw. Gehwege und Stellplätze, ■ Fuß- und Radwege.
Rasengittersteine, Rasenkammersteine 	+ gute Versickerung, + gut belastbar und befahrbar, + große Hohlräume (bis ca. 50 % unversiegelte Fläche), + Schutz der Pflanzen in den Hohlräumen, - bei Trockenheit spärlicher Bewuchs, - schlecht begehbar.	■ Parkplätze, ■ Zufahrtswege, ■ Fahrspuren für Garagen- und Feuerwehzufahrten, ■ zur Befestigung nicht zu steiler Böschungen, ■ stark benutzte Randzonen.

Tab. 8: Eigenschaften und Anwendungsbereiche versickerungsfähiger Belagsarten, nach STADT SIEGEN (2006), GUNREBEN & SCHNEIDER (2001), GREITEN (2003) (Fortsetzung).

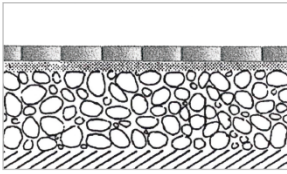
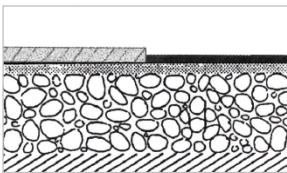
Belagsart und Aufbau	Eigenschaften	Anwendungsbereich
Rasenfugenpflaster, Natursteinpflaster 	+ mittelmäßige Versickerung, + hohe Versickerung bei Fugenbreite > 3 cm, + hohe Belastbarkeit, + befahrbar, + Gras- oder Pflanzenbewuchs möglich, - Wasserundurchlässigkeit bei Fugenverdichtung gegeben.	■ Fußwege, ■ Stellflächen, ■ Parkplätze, ■ Zufahrts- und Fahrwege, ■ Hof und Terrasse.
Splittfugenpflaster 	+ hoher Versickerungsanteil bei Fugenbreiten > 3 cm, + stark belastbar und befahrbar, - Wasserundurchlässigkeit bei Fugenverdichtung gegeben, - kein Pflanzenbewuchs.	■ Fußwege, ■ Stellflächen, ■ Parkplätze, ■ Zufahrts- und Fahrwege, ■ Hof und Terrasse.
Fahrspuren 	+ gute Versickerung, + befahrbar, - eingeschränkte Einsatzmöglichkeit.	■ Zufahrten zu Stellplätzen oder Garagen, ■ wenig befahrene Wege.
Rindenschrot 	+ gute Versickerung, + pflegeleicht, + bodenfreundlich, - Pflanzenwuchs wird unterdrückt, - muss regelmäßig erneuert werden.	■ Gartenwege, ■ selten befahrene Stellflächen.
Holzpflaster 	+ mittelmäßige Versickerung, + natürliches Material, daher gestalterisch ansprechend, + Fugenbegrünung, - bei Fugenverdichtung wasserundurchlässig, - bei Algenbildung Rutschgefahr.	■ Gartenwege, ■ gering frequentierte Übergangszonen, ■ Terrassen, ■ Spielflächen.

Tab. 8: Eigenschaften und Anwendungsbereiche versickerungsfähiger Belagsarten, nach STADT SIEGEN (2006), GUNREBEN & SCHNEIDER (2001), GREITEN (2003) (Fortsetzung).

Belagsart und Aufbau	Eigenschaften	Anwendungsbereich
Holzroste 	+ mittelmäßige Versickerung, + natürliches Material, daher gestalterisch ansprechend, + geringe Versiegelung, da Pflanzen auch unter dem Holz wachsen, - nicht befahrbar, - Lebensdauer begrenzt.	■ Gartenwege, ■ Spielflächen, ■ Sitzplätze, ■ Ruhezonen.

Im Gegensatz zu den begrünten, versickerungsfähigen Flächenbefestigungen beinhaltet die Tabelle 9 beispielhaft versiegelte, nicht waserdurchlässige Beläge:

Tab. 9: Eigenschaften und Anwendungsbereiche versiegelnder Belagsarten, nach STADT SIEGEN (2006), GUNREBEN & SCHNEIDER (2001), GREITEN (2003).

Belagsart und Aufbau	Eigenschaften	Anwendungsbereich
Verbundpflaster, Plattenbeläge 	+ geringe Wasserdurchlässigkeit, da engfugige Verlegung, + geringe Wasserspeicherung in der Oberfläche, - hoher Wasserabfluss.	■ Wohnstraßen, ■ Plätze, Schulhöfe, ■ Fuß- und Radwege.
Beton- und Asphaltdecken 	+ keine Versickerung mehr möglich, + verhindert Schadstoffeintrag in den Boden, + hohe Belastbarkeit, - völlige Versiegelung, - hoher Wasserabfluss, - Vorhalten einer Entwässerungsanlage nötig.	■ stark befahrene Straßen, ■ Parkplätze und Hofflächen mit gewerblicher und industrieller Nutzung.

Legende

	Splitt
	Humus mit Steinen 1:1
	Schotter
	Kiessand / Feinkies
	Unterbau / Untergrund

4.3.1.3. Versickerungsfähige Verkehrsflächen

Als versickerungsfähige Verkehrsflächen sind Verkehrsflächen zu verstehen, deren Befestigung (Oberbau, ggf. Unterbau und Untergrund) die Versickerung von Niederschlagswasser bei gleichzeitiger Nutzung durch den Verkehr ermöglicht.

Für die Herstellung einer wasserdurchlässigen Deckschicht können z. B. versickerungsfähige Pflasterdecken mit Sickeröffnungen, aufgeweiteten Fugen oder haufwerksporigen Betonsteinen, wasserdurchlässiger Asphalt (Dränasphalt) oder auch wasserdurchlässiger Beton (Dränbeton) verwendet werden.

Dränasphalt und Dränbeton können als wasserdurchlässige Deckschicht und/oder als wasserdurchlässige, gebundene Tragschicht eingebaut werden.

Im Vergleich zu konventionellen Bauweisen nach der Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO) können versickerungsfähige Befestigungen einen geringeren Widerstand gegen Schub- und Torsionsbeanspruchungen aufweisen. Hierdurch sind sie hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und Nutzungsdauer ungleichwertig zu den konventionellen Bauweisen.

Ein schematischer Aufbau einer versickerungsfähigen Verkehrsfläche ist in der Abbildung 22 dargestellt.

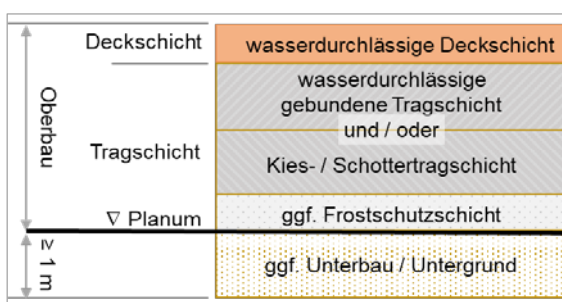


Abb. 22: Aufbau einer versickerungsfähigen Verkehrsfläche.

Grafik: S. Palm (LBEG).

Da die reinigende Filterpassage der belebten Bodenzone bei versickerungsfähigen Verkehrsflächen fehlt, dürfen versickerungsfähige Verkehrsflächen nur dann hergestellt werden, wenn

- die Baumaßnahme außerhalb einer Wasserschutzzone liegt,
- im Untergrund keine Altlasten oder Bodenverunreinigungen vorhanden sind,
- der Abstand zum Grundwasser mindestens 2 m beträgt,
- der Umgang / die Lagerung von wassergefährdenden Stoffen ausgeschlossen ist,
- im Winter auf den Einsatz von Auftaumitteln verzichtet wird.

Bei der Planung von versickerungsfähigen Verkehrsflächen sind u. a. die folgenden Punkte zu beachten:

- Die Auslegung des Aufbaus erfolgt überwiegend für PKW-Verkehr, einschließlich eines geringen LKW-Anteils (Belastungskategorie Bk03 gem. RStO), sowie für sonstige Verkehrsflächen. Typische Beispiele sind Wohnstraßen bzw. -wege, Rad- und Gehwege, Hof-, Park- und Abstellflächen sowie Grundstückszufahrten.
- Für land- und forstwirtschaftlichen Verkehr besteht die Gefahr, dass die Wasserdurchlässigkeit je nach Nutzung durch erhöhten Schmutzeintrag beeinträchtigt werden kann.
- Versickerungsfähige Verkehrsflächen sind so zu planen und zu bauen, dass die Bemessungsregenspende in den Untergrund versickern kann. Die sich hieraus ergebenden Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit der verwendeten Schichten des Oberbaus sind im Merkblatt FGSV (2013) angegeben.
- Die Durchlässigkeit von Deck- und Tragschicht nimmt im Laufe der Zeit durch den Eintrag von mineralischen und organischen Feinanteilen in das Porensystem des Oberbaus ab. Daher sollte oberflächlich abfließendes Niederschlagswasser einer Versickerungsanlage (s. Kap. 4.3.2.3, Versickerung von Niederschlagabflüssen) zugeführt werden. Hierfür sollte die Neigung der Deckschicht mindestens 1 % betragen. Es ist zu beachten, dass bei Neigungen größer als 5 % das Gefälle einer möglichst hohen Versickerung entgegenwirkt. Die Oberflächenentwässerung wird nach der Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (RAS-Ew) dimensioniert (FGSV 2005a).

- Bei Anordnung einer versickerungsfähigen Pflasterdecke auf einer Tragschicht aus Dränasphalt oder -beton ist zur Gewährleistung einer ausreichenden Filterstabilität die Anordnung eines Geotextils erforderlich.
- Bei Pflastersteinen aus haufwerksporigem Beton muss das Fugenmaterial auf die Porenstruktur der Steine abgestimmt sein, um die erforderliche Durchlässigkeit zu gewährleisten.
- Für den Erhalt der erforderlichen Wasserdurchlässigkeit ist bei der Verdichtung einer ungebundenen Tragschicht oder des Untergrundes eine Überverdichtung und Kornzertrümmerung zu vermeiden.
- Zur Vermeidung von Durchwurzelung und Verschmutzung der Belagsoberfläche sind Art und Umfang der Bepflanzungen in diesem Bereich abzuwägen. Gegebenenfalls kann eine Wurzelsperre erforderlich werden. Des Weiteren sollte ein hoher Schmutzeintrag durch Baustellenverkehr oder Lagerung von Baumaterialien und Schüttgütern vermieden werden.
- Zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit sind die Reinigungsverfahren auf die Eigenschaften der versickerungsfähigen Verkehrsflächen abzustimmen. Bei Pflasterdecken mit aufgeweiteten Fugen sollte z. B. auf eine Reinigung mit saugenden Maschinen grundsätzlich verzichtet werden.
- Das Räumen von Schnee sollte mit Kehrbesen oder Schneefräse anstelle eines Schildes erfolgen, um die Fahrbahnbefestigung nicht zu beschädigen. Abstumpfende Streustoffe (z. B. Sand, Splitt) können bei Dränasphalt und -beton das Porensystem verstopfen. Gegebenenfalls können diese Besonderheiten zu einer eingeschränkten Nutzung der Fläche im Winter führen.

Detaillierte Ausführungen zu den Einsatzmöglichkeiten, Befestigungsarten und Materialien sowie die Angaben von zu beachtenden technischen Richtlinien enthält das Merkblatt MVV für versickerungsfähige Verkehrsflächen (FGSV 2013).

4.3.2. Regenwasserversickerung

Niederschläge füllen die Wasservorräte in der Natur auf und sind wichtiger Bestandteil im Wasserhaushalt einer Region. Wird Niederschlagswasser schnell über entsprechende Systeme abgeführt, steht es dem kleinräumigen System nicht mehr zur Verfügung. Die zunehmende Inanspruchnahme unversiegelter Flächen für Infrastruktur- und Siedlungsflächen führt nicht nur zu weiteren Oberflächenabflüssen, sondern auch zu einer reduzierten Grundwasserneubildung. Erhöhte Oberflächenabflüsse sowie zunehmende Starkregenereignisse führen zu verstärkten Hochwasserereignissen mit den entsprechenden Folgen.

Um die Folgen und Gefahren zu verringern oder erst gar nicht entstehen zu lassen, ist es unerlässlich, die Niederschläge weitestgehend an Ort und Stelle zu versickern oder sie über Speicher- und Nutzungssysteme dem schnellen Abfluss zu entziehen. Dabei kann und sollte auch über eine Nutzung des Wassers etwa bei der Gartenbewässerung, der Toilettenspülung oder auch dem Wäschewaschen nachgedacht werden.

Da den Kommunen die Pflicht zur Beseitigung des Niederschlagswassers obliegt, können sie in Verordnungen, Satzungen und Plänen Vorgaben und Regelungen festlegen. So kann beispielsweise in Bebauungsplänen geregelt werden, dass das Niederschlagswasser dezentral auf den jeweiligen Grundstücken zu versickern ist. Außerdem ist die Anlage entsprechender Regenrückhaltebecken und Versickerungsflächen für Straßenabflüsse möglich. Für Bestandsimmobilien können die Kommunen Anreize für den Rückbau von versiegelten Flächen, den nachträglichen Umbau der Niederschlagsentwässerung und eine dezentrale Versickerung bieten.

4.3.2.1. Gesetzliche Vorgaben

Neue gesetzliche Regelungen im EU-, Bundes- und Landesrecht sowie im kommunalen Satzungsrecht tragen dazu bei, dass mit Boden und Grundwasser verantwortungsvoller umgegangen wird.

Die im Baugesetzbuch (BauGB) in § 9 Abs. 1 genannten Vorgaben können in den Bebauungsplänen festgesetzt werden, unter anderem

auch die Versickerung des Niederschlagswassers auf den Grundstücken.

Die dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser auf Wohngrundstücken ist in Niedersachsen meistens ohne Genehmigung möglich.

In der Regel sind die Kommunen zur Beseitigung des Abwassers und Niederschlagswassers verpflichtet. Auch hier wird immer öfter zugelassen oder festgelegt, dass das nicht verunreinigte Niederschlagswasser auf dem Grundstück versickert werden kann oder muss. Dies ist aber nur bei günstigen Bodenverhältnissen (Fein- bis Mittelkies, sandiger Kies, Grob-, Mittel- und Feinsand sowie schluffiger Sand) umsetzbar. Bei ungünstigen Bodenverhältnissen (Schluff und Ton) kann es erforderlich werden, dass nur ein Teil des Niederschlagswassers versickert werden kann und der Rest in die Kanalisation eingeleitet werden muss.

Das Versickern von Niederschlagswasser in Wasserschutzgebieten unterliegt besonderen Regelungen und kann gegebenenfalls ganz untersagt werden. Ebenso ist zu beachten, dass

das Einleiten von Niederschlagswasser in das Grundwasser in einigen Kommunen der Erlaubnis durch die Wasserbehörde bedarf.

4.3.2.2. Voraussetzungen für die Planung von Versickerungsanlagen

Beim Bau von Versickerungsanlagen ist in jedem Fall der Schutz des Bodens und des Grundwassers zu beachten.

Dies beinhaltet auch den Schutz möglicher Flächen für die dezentrale Versickerung vor der Befahrung mit schwerem Gerät oder anderweitigen Lasten. Die dadurch verursachten Bodenverdichtungen führen bei ungünstigen Verhältnissen dazu, dass geeignete Standorte zu gänzlich ungeeigneten Standorten werden. Zum Bodenschutz beim Bauen siehe HAMMER-SCHMIDT & STADTMANN (2019).

Im Vorfeld der verbindlichen Bauleitplanung sind die Flächen auf ihre Versickerungseignung zu prüfen (s. Tab. 10).

Tab. 10: Verwendung, Art und Herkunft von Grundlagendaten für eine Ersteinschätzung zur Versickerung (DWA 2005, verändert).

Verwendung	Informationsgrundlage	Quelle
Beurteilung der Boden-/ Untergrundverhältnisse (z. B. K _r -Werte)	Bodenkarte, Geologische Karte, Ingenieurgeologische Karte, Baugrundgutachten, Sondierbohrungen etc.	Fachbehörden (z. B. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Untere Wasserbehörden, Umweltämter)
Beurteilung der Grundwasserverhältnisse (z. B. Grundwasserflurabstand, Fließrichtung, Abstandsgeschwindigkeit)	Geologische/Hydrogeologische Karte, Grundwasserstandsmessungen, Grundwassergleichenplan, Flurabstandsplan, hydrogeologische Gutachten etc.	Fachbehörden (z. B. LBEG), Wasserversorgungsunternehmen
Beurteilung der topografischen Verhältnisse (z. B. Hangneigung)	Topografische Karte, Deutsche Grundkarte, Digitales Geländemodell	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN)
Beurteilung möglicher Restriktionen	Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Altlastenkataster, Altlastengutachten, Gebietsentwicklungsplan, Schutzgebiete (Landschafts-, Natur- und Wasserschutzgebiete)	Verwaltungsbehörden (Städte, Gemeinden, Landkreise), Fachbehörden
Vorbeurteilung	Erfahrungswerte	Bodenkarte, geologische Karte, Personen mit Ortskenntnis
Beurteilung der technischen Machbarkeit	Katasterplan, Leitungsplan, örtliche Begehung	Katasterverwaltungen, Versorgungsunternehmen, Verwaltungsbehörden

In Niedersachsen bietet das Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS®) die Möglichkeit, standardisierte und vergleichbare Aussagen über die Versickerungseigenschaften und stoffliche Vorbelastungen der Böden zu ermitteln (Bug et al. 2020). Mit dem implementierten Fachinformationssystem Boden werden Daten und Methoden zur Verfügung gestellt, die Aussagen zu den benannten Kenngrößen und zur Beurteilung der Niederschlagswasserversickerung ermöglichen. Die Genauigkeit der Auswertungen zur Niederschlagswasserversickerung ist immer in Relation zur benutzten Datengrundlage zu sehen. Liegen für Teilbereiche Niedersachsens detaillierte Bodeninformationen im Maßstab 1 : 1.000 oder 1 : 5.000 nicht in

ausreichender Anzahl oder Qualität vor, so können die Auswertungen auf Grundlage der nächst kleineren Maßstabsebene durchgeführt werden (z. B. Bodenkarte im Maßstab 1 : 25.000 oder 1 : 50.000). Für eine Übersicht, ob die Einrichtung dezentraler Regenwasserversickerungsanlagen sinnvoll ist, reichen diese Genauigkeiten aus. Die Festlegung konkreter Ausführungsbestimmungen, beispielsweise im Bebauungsplan, ist dann jedoch auf Grundlage gezielter Nacherhebungen zu treffen.

Für die bodenkundlichen Anwendungsbereiche wurde die Einstufung der Wasserdurchlässigkeit von HÖPER, RAISSI & REUTTER (2007) dargestellt (vgl. Abb. 23).

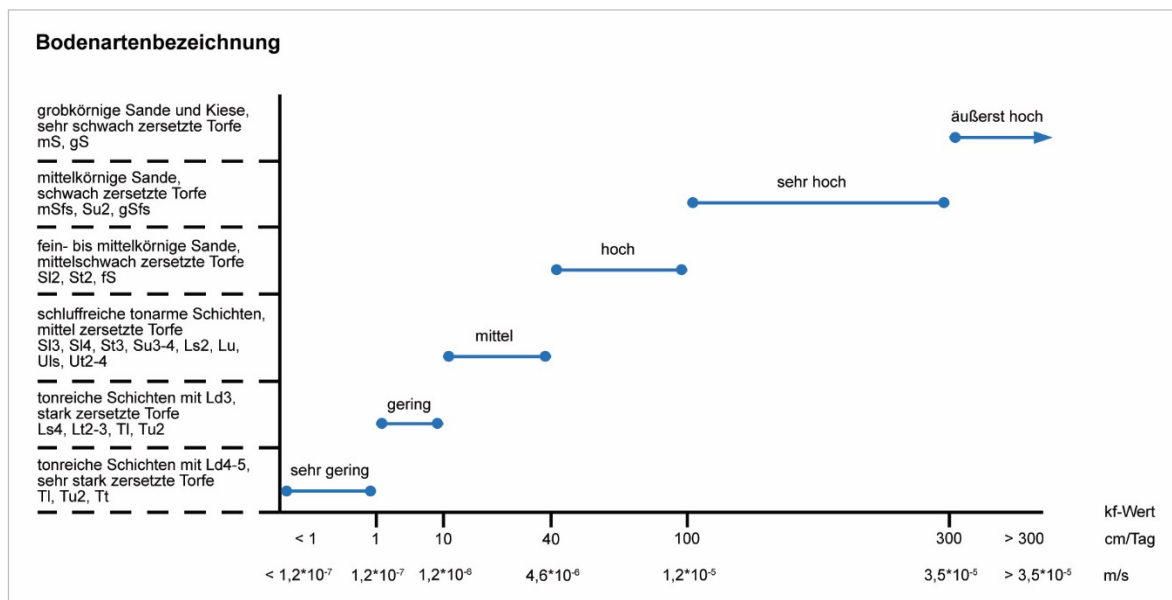


Abb. 23: Einstufung der Wasserdurchlässigkeit im wassergesättigten Boden in Abhängigkeit von Bodenart und effektiver Lagerungsdichte (Kürzel nach Ad-HOC-AG BODEN 2005).

Zur groben Voreinschätzung der Versickerungsleistung des Bodens kann ein einfacher Feldversuch durchgeführt werden (s. Abb. 24).

Kurztest der Bodenbeschaffenheit

Ist der k_f -Wert unbekannt, kann anhand des nachfolgenden Kurztestes die ungefähre Versickerungsmöglichkeit des Untergrunds eingegrenzt werden.

1. Eine 50 x 50 cm große und ca. 30 cm tiefe Grube ausheben. Wichtig: Nicht in die Grube treten, um Verdichtung zu vermeiden!
2. Um ein Aufschwemmen des Bodens zu verhindern, wird er mit einer Kiesschicht abgedeckt. Ein Messstab wird in den Boden geschlagen. 10 cm oberhalb der Grubensohle wird eine Markierung am Messstab angebracht.
3. Nun wird die Grube mit Wasser gefüllt und 1-2 Stunden durch regelmäßiges Nachfüllen vorgewässert (Gartenschlauch).
4. Wasser nun bis zur Markierung einfüllen. Mit einem Messeimer nach 10 Minuten so viel Wasser auffüllen, wie nötig ist, um den Wasserstand wieder bis zur Markierung zu heben. Aus der nachgefüllten Wassermenge lässt sich die Durchlässigkeit des Bodens abschätzen.
5. Schritt 4 so oft wiederholen (mindestens 3 mal), bis sich ein konstanter Wert einstellt.
6. Bewertung:
Wassermenge < 1,5 Liter in 10 Minuten: kaum Versickerung möglich (Schluff),
Wassermenge = 1,5 Liter in 10 Minuten: Versickerung möglich (schluffiger Sand),
Wassermenge > 3 Liter in 10 Minuten: Versickerung gut möglich (Sand, Kies).

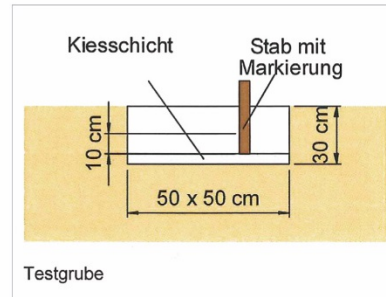


Abb. 24: Feldversuch zur Versickerungsleistung des Untergrundes (INTEWA 2009).

Für die Versickerung des Niederschlagswassers ist die Beschaffenheit des Untergrundes von großer Bedeutung, vorrangig die Mächtigkeit und die Durchlässigkeit der einzelnen Bodenschichten. Die Durchlässigkeit z. B. von Lockergesteinen hängt überwiegend von ihrer Korngröße, Kornverteilung und Lagerungsdichte ab und wird durch den Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) ausgedrückt. Bei Lockergesteinen variiert sie im Allgemeinen zwischen 1×10^{-2} und 1×10^{-10} . Die k_f -Werte gelten für Fließvorgänge in der wassergesättigten Zone. Entscheidend für die Ausbreitung der Wasserinhaltsstoffe in der ungesättigten Zone und für die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung ist nicht der für die gesättigte Zone bestimmte k_f -Wert, sondern der in der ungesättigten Zone geringere $k_{f,u}$ -Wert. Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich (vgl. Abb. 25) liegt etwa in einem k_f -Bereich zwischen 1×10^{-3} und 1×10^{-6} m/s (DWA 2005).

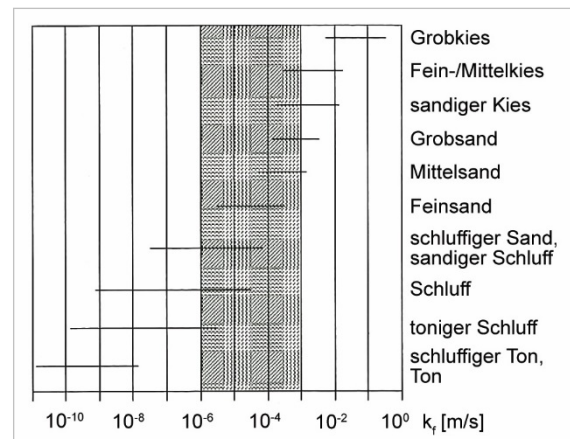


Abb. 25: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Lockergesteinen und entwässerungstechnisch relevanter Versickerungsbereich (DWA 2005).

Welches Entwässerungskonzept für die Versickerung technisch möglich ist, muss in jedem Einzelfall betrachtet werden und sollte vorher anhand von Bodenuntersuchungen und Versickerungsversuchen geprüft werden. Während Versickerungsversuche die Versickerungsfähigkeit in der untersuchten Bodenzone ermitteln, können zusätzliche bodenkundliche Untersuchungen in der Tiefe Aussagen über die Mächtigkeit und die Versickerungseigenschaften einzelner Bodenhorizonte bzw. -schichten treffen und somit den gesamten Standort beurteilen. Sollen Bodenproben für Laborversuche entnommen werden, sind dafür Bohrungen oder Schürfe anzulegen.

Insbesondere für die Planung von Versickerungsanlagen in mittel bis gering durchlässigen Böden, in denen eine Versickerung noch möglich ist (toniger Schluff, Ton mit $10^{-6} < k_f < 10^{-5}$), sowie in durchlässigen Böden mit gering Wasser leitenden Zwischenschichten sind gegebenenfalls bautechnische Auswirkungen zu beachten. Die verstärkte Durchfeuchtung des Bodens kann bei bestimmten Bodenarten, wie z. B. Ton, zu einer ungünstigen Änderung der Konsistenz und damit einer Minderung der Tragfähigkeit oder zu Quellhebungen führen. Auf befestigten Flächen können unter Lasteinwirkung ungleichmäßige Setzungen oder Hebungen auftreten. Auswirkungen der Versickerung und Durchfeuchtung auf benachbarte Gebäude oder solche innerhalb der betrachteten Flächen sind zu prüfen. Dementsprechend sollte die Planung einer Versickerungsanlage in

tonig-schluffigen Böden eine geotechnische Bewertung des Bodens im Hinblick auf die geplante Nutzung beinhalten. Insbesondere in Hanglagen ist die Böschungsstabilität zu beachten.

Karbonat-, Sulfat- und Salzgesteine sind grundsätzlich wasserlöslich. Die konzentrierte Einleitung von Sickerwasser in den Untergrund kann zur Bildung instabiler, einsturzgefährdeter Hohlräume führen.

Für Planende in den Ingenieurbüros und Behörden sind die gültigen Regelwerke (z. B. DWA-Merkblätter (insbesondere DWA-A138, DWA 2005), Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung (RAS-Ew), EU- und DIN-Normen) ein wichtiges Instrumentarium für die Planung und den Bau von Versickerungsanlagen.

Abflüsse von befestigten Flächen können mit Schadstoffen belastet sein und bei einer Niederschlagswasserversickerung eine Gefährdung des Grundwassers bedeuten. Deshalb werden diese Abflüsse in drei Kategorien (unbedenkliche, tolerierbare und nicht tolerierbare Niederschlagsabflüsse) eingeteilt (vgl. Tab. 11). Diese Einteilung wurde unter Berücksichtigung der Prüfwerte der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für das Grundwasser und der weitgehend identischen Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 1999) für das Sickerwasser im Übergangsbereich von der ungesättigten zur gesättigten Zone erstellt (DWA 2005).

Tab. 11: Qualität der Niederschlagsabflüsse (DWA-A138, DWA 2005, in: INTEWA 2009, verändert).

Fläche/Gebiet	qualitative Bewertung	
■ Gründächer, Wiesen und Kulturland, ■ Dachflächen ohne Verwendung von unbeschichteten Metallen (Kupfer, Zink und Blei), Terrassenflächen in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten.	unbedenklich	Unbedenkliche Niederschlagsabflüsse können ohne Vorbehandlungsmaßnahmen über die ungesättigte Zone (unterhalb des Wurzelraums und oberhalb des Grundwasserspiegels) versickert werden (z. B. in Rigolen).
■ Dachflächen mit üblichen Anteilen aus unbeschichteten Metallen, ■ Rad- und Gehwege in Wohngebieten, verkehrsberuhigte Bereiche, ■ Hofflächen und PKW-Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel sowie wenig befahrene Verkehrsflächen (bis DTV* 300 Kfz), ■ Straßen mit DTV* 300–5.000 Kfz, z. B. Anlieger-, Erschließungs- und Kreisstraßen, ■ Rollbahnen von Flugplätzen, ■ Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten mit signifikanter Luftverschmutzung, ■ s. DWA-A138.	tolerierbar	Tolerierbare Niederschlagsabflüsse können nach geeigneter Vorbehandlung oder unter Ausnutzen der Reinigungsprozesse (Sedimentationsanlage, Regenwasserzisterne, bewachsener Boden etc.) über die ungesättigte Zone versickert werden.
■ Hofflächen und Straßen in Gewerbe- und Industriegebieten mit signifikanter Luftverschmutzung, ■ Sonderflächen s. DWA A-138.	nicht tolerierbar	Nicht tolerierbare Niederschlagsabflüsse können nur nach einer Vorbehandlung versickert werden.

* DTV: durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke.

In einer Versickerungsanlage kann Niederschlagswasser von Wohngebieten und weniger frequentierten Parkflächen in der Regel ohne Vorbehandlung versickert werden.

Niederschlagswasser von stark befahrenen Verkehrsflächen und Parkplätzen sowie von Flächen in Gewerbegebieten und Flughäfen kann mit Schadstoffen belastet sein. Ob hier eine Versickerung erfolgen kann, hängt vom Ergebnis einer Überprüfung der zu erwartenden Schadstoffe und deren Konzentrationen ab. Hierbei sind folgende Aspekte besonders zu beachten:

- Für Wasserschutzgebiete müssen besondere Regelungen beachtet werden.
- Regelungen innerhalb des Nachbarrechtes (z. B. Abstand zu angrenzenden Gebäuden) sind ebenfalls zu berücksichtigen.
- Der Abstand zu nicht wasserdicht unterkellerten Gebäuden sollte mindestens 6 m betragen.
- Zwischen der Sohle einer Mulde, Rigole oder eines Sickerschachtes und dem Grundwasser (bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand) sollte der Abstand mindestens 1 m betragen.
- Eine Verdichtung des Untergrundes im Bereich einer geplanten Versickerungsanlage durch die Bautätigkeit oder andere Einflüsse ist grundsätzlich zu vermeiden.

4.3.2.3. Versickerung von Niederschlagsabflüssen

Bei der dezentralen und zentralen Versickerung werden die Niederschlagsabflüsse von Siedlungs- und Verkehrsflächen gezielt in vorgesehene Versickerungsanlagen eingeleitet (Abb. 26). Es kann zwischen ober- und unterirdischen Versickerungsanlagen gewählt werden. Grundsätzlich ist oberirdischen Versickerungen (Flächen- und Muldenversickerung), auch zum Schutz des Grundwassers, Vorrang einzuräumen, da nur hier das Niederschlagswasser durch eine bewachsene und belebte Bodenschicht gefiltert wird.

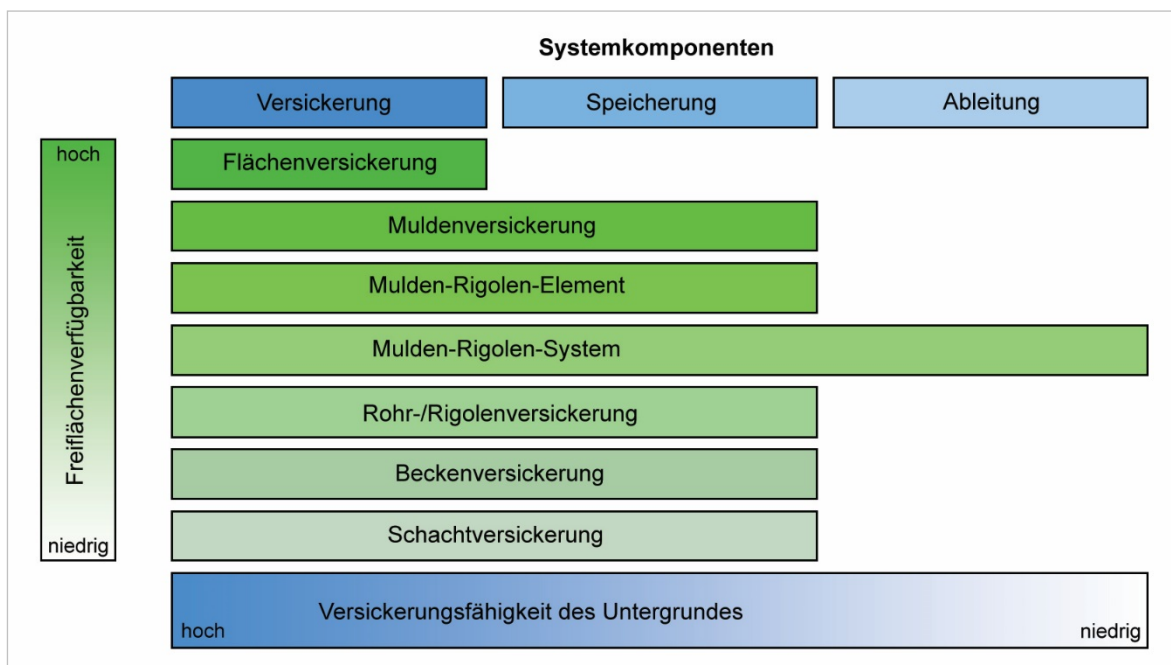


Abb. 26: Einsatzmöglichkeiten von Versickerungsanlagen (DWA 2005, verändert).

Flächenversickerung

Diese Methode kommt dem natürlichen Vorgang am nächsten. Das Niederschlagswasser von der befestigten Terrassen- oder Hoffläche kann ohne Speicherung oder Rückhaltung direkt durch eine Rasenfläche oder angrenzende bepflanzte Fläche versickern. Auch das Niederschlagswasser von wenig frequentierten Verkehrsflächen kann zum Versickern in die unbefestigten Seitenstreifen geleitet werden. Voraussetzung für eine Flächenversickerung ist allerdings, dass eine genügend große Fläche und ein sehr gut aufnahmefähiger Untergrund zur Verfügung stehen.

Muldenversickerung

Eine einfache und kostengünstige Methode zur Versickerung von Niederschlagswasser ist die Muldenversickerung (vgl. Abb. 27). Hierbei wird das Niederschlagswasser mittels einer offenen Rinne oder eines Rohres in eine flache, begrünte Mulde geleitet, kurzfristig zwischengespeichert und versickert dann nach und nach über eine belebte Bodenzone in den Untergrund. So können Stoffe, die im Niederschlagswasser enthalten sind, auf Grund der Reinigungsleistung der bewachsenen Oberbodenschicht abgebaut bzw. zurückgehalten werden.

Es ist darauf zu achten, dass die Mulden horizontal liegend und flach (≤ 30 cm tief) ausgebildet hergestellt werden. Das Wasser in der Mulde sollte nicht länger als ein bis zwei Tage eingestaut bleiben, da dies zu Ablagerungen und damit zu einer Verschlämzung des Oberbodens führen kann. Bei starkem Geländegefälle wird eine Muldenunterbrechung empfohlen.



Abb. 27: Beispiel für eine Muldenversickerung mit Muldenunterbrechungen zum Ausgleich des Geländegefälles.
Foto: I. Bolze (LBEG).

Nachstehende Angaben können für eine Planung zum Bau von Versickerungsmulden auf privaten Grundstücken berücksichtigt werden (vgl. GREITEN 2003):

- Die Fläche sollte mindestens die Größe eines Zehntels der versiegelten Flächen haben.
- Die Mulde sollte möglichst flach ausgeführt werden (10–30 cm tief) und je nach vorhandener Bodenart pro 100 m² angeschlossener Fläche mindestens folgendes Volumen aufweisen:
 - bei Mittel- bis Grobsand 2 m³,
 - bei Feinsand 3 m³,
 - bei lehmigem Sand 4 m³.

Rigolen- und Rohrversickerung

Für diese Versickerungsart wird nur eine geringe Fläche benötigt. Sie eignet sich für einen weniger durchlässigen Untergrund. Gegenüber der Flächen- und Muldenversickerung muss jedoch mit höherem Herstellungsaufwand und höheren Kosten gerechnet werden.

Das Niederschlagswasser wird bei der Rigolenversickerung direkt von der zu entwässernden Fläche ober- oder unterirdisch in einen Graben (Rigole) geleitet, der mit einem Material von großer Speicherfähigkeit wie z. B. Kies oder Schotter gefüllt ist, dort zwischengespeichert und dann in den Untergrund weitergegeben. Anstelle von Kies oder Schotter können auch seit einiger Zeit im Handel erhältliche Kunststoffelemente eingebaut werden. Bei einer Rohr-Rigolenversickerung wird zusätzlich ein perforiertes Rohr in den Kies oder Schotter eingebettet. Um das Eindringen von Feinmaterial aus dem aufgetragenen Füllboden bzw. aus dem umgebenden Boden in den Kies- oder Schottergraben zu vermeiden, wird der Einbau eines Schutzvlieses empfohlen. Zwischen dem Zulauf und dem Rohr-Rigolen-System sollte ein Kontroll- bzw. Absetzschacht eingebaut werden, dadurch können absetzbare Stoffe zurückgehalten und die Funktionsfähigkeit des Systems verlängert werden (vgl. Abb. 28).

Die Speicherkapazität errechnet sich aus dem Porenvolumen des Füllmaterials, der Querschnittsabmessung von Rigole bzw. Rohr und der Länge der Versickerungseinrichtung.

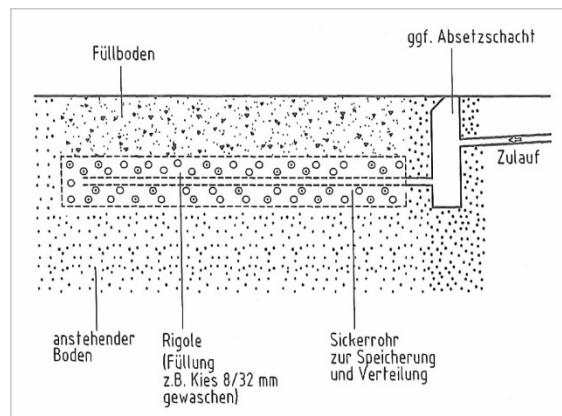


Abb. 28: Rohr-Rigolen-Element (DWA 2005).

Versickerung durch Mulden-Rigolen-Elemente

In einem Mulden-Rigolen-Element wird das Niederschlagswasser über eine Mulde in die Rigole geleitet. Die Kombination von zwei separaten Versickerungsformen ermöglicht einen großen ober- und unterirdischen Speicherraum auch bei weniger durchlässigem Untergrund. Über die bewachsene, mindestens 10 cm starke Bodenzone der Mulde wird das Niederschlagswasser gefiltert, im Kies- oder Schotterkörper der Rigole gespeichert und kann anschließend im Untergrund versickern. Endet die Einsatzmöglichkeit von Mulden bei Erreichen einer Durchlässigkeit des Untergrundes von $k_f \leq 5 \times 10^{-6}$ m/s, ist ein Mulden-Rigolen-Element auch bei Durchlässigkeiten bis zu $k_f \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s einsetzbar, bringt allerdings längere Entleerungszeiten der Rigole mit sich (DWA 2005).

Schachtversickerung

Eine weitere Versickerungsmethode mit geringem Flächenbedarf und für weniger durchlässigen Untergrund geeignet, ist die Schachtversickerung. Hierbei wird das Niederschlagswasser in einem Brunnen-schacht, z. B. aus Betonschachtringen, gesammelt und durch eine Sandschicht (Filterschicht) an der Sohle des Schachtes sowie ein Sand-Feinkies-Gemisch, in das der Brunnen-schacht eingebettet ist, in den Untergrund abgeben.

Es werden zwei Ausführungsarten (Typ A und Typ B) angeboten (vgl. Abb. 29):

Typ A

Der Schacht kann mit Betonschachtringen (Mindestdurchmesser DN 1000) mit Sickeröffnungen oberhalb der Filterschicht hergestellt werden, wobei das Niederschlagswasser seitlich in das Sand-Feinkies-Gemisch und über die Filterschicht nach unten versickern kann. Zur Rückhaltung der absetzbaren Stoffe muss ein Filtersack in den Schacht eingehängt werden.

Typ B

Bei dieser Ausführungsart befinden sich die Sickeröffnungen in den Betonschachtringen nur unterhalb der Filterschicht des Sohlbereiches. Hier kann das Niederschlagswasser nur durch die Filterschicht versickern. Das Speichervolumen ist gegenüber der ersten Ausführungsart geringer. Die absetzbaren Stoffe, die sich auf der Filterschicht ablagern, müssen bei Bedarf entfernt werden.

Bei beiden Varianten ist darauf zu achten, dass der Abstand zwischen der Oberkante der Filterschicht und dem mittleren höchsten Grundwasserstand 1,5 m nicht unterschreitet. Der Abstand zwischen der Oberkante des Sand-Feinkies-Gemisches und dem mittleren höchsten Grundwasserstand sollte mindestens 0,5 m betragen (vgl. DWA 2005).

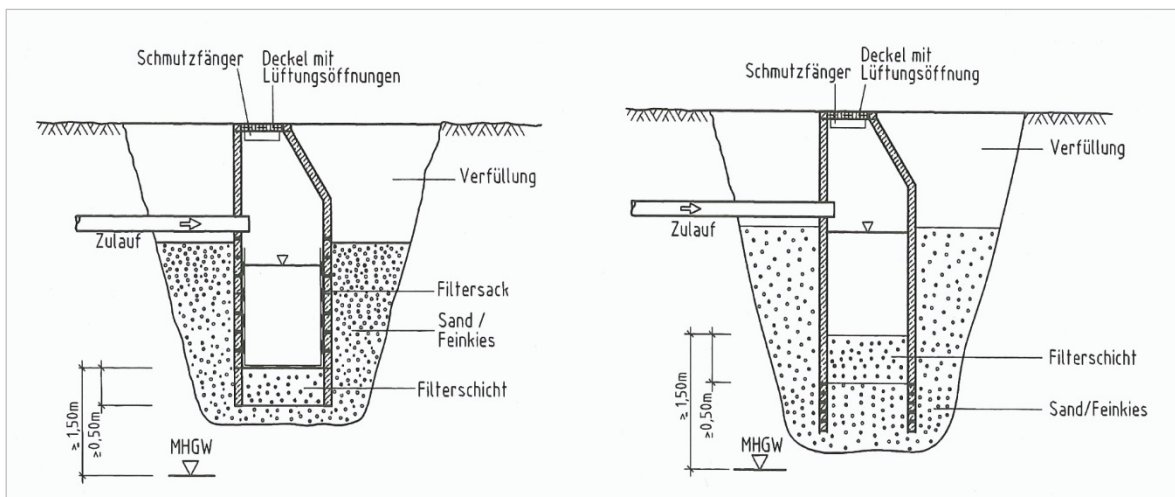


Abb. 29: Versickerungsschacht Typ A,

Versickerungsschacht Typ B (DWA 2005).

Regenwasserteiche

Auch wenn die Bodenverhältnisse auf einigen Flächen eine Versickerung nicht zulassen, muss auf einen umweltfreundlichen Umgang mit Niederschlagswasser nicht verzichtet werden.

Die gern verwendeten Regentonnen im Garten und auch Zisternen eignen sich auf Grund der geringen Speicherkapazität zwar nur für kleinere Entwässerungsflächen, sind für eine Zurückhaltung des Niederschlagswassers und die nachfolgende Nutzung zur Gartenbewässerung aber durchaus geeignet und ermöglichen einen sparsameren Umgang mit dem Trinkwasser.

Steht auf Privatgrundstücken oder Wohnsiedlungen, in Parks oder industriellen Anlagen eine ausreichend große Fläche zur Verfügung, bietet sich die Anlage eines Regenwasserteiches (Abb. 30) an. Die Zuführung des Niederschlagswassers von den verschiedenen Flächen und Grundstücken kann über flache offene Gräben (Abb. 31) oder von Bereichen mit Geschosswohnungsbau über Regenwasserkanäle erfolgen. Ein Regenwasserteich kann gestalterisch harmonisch in das Garten- und Landschaftsbild eingefügt werden, verbessert durch die Verdunstung das Kleinklima, bietet wertvollen Lebensraum für Tiere und Pflanzen und trägt zum Erholungswert für die Menschen bei.



Abb. 30: Beispiel für einen naturnah gestalteten Regenwasserteich.

Foto: T. Nix (LBEG).



Abb. 31: Beispiel für die Zuführung des Niederschlagswassers von verschiedenen Flächen in einen offenen Graben.
Foto: T. Nix (LBEG).

Dachbegrünung

Die Begrünung von Dachflächen bietet eine weitere Möglichkeit, das Abfließen von Niederschlagswasser zu reduzieren. Hierzu werden Flachdächer und gering geneigte Dachflächen mit einem Substrat beschichtet und bepflanzt. Das Niederschlagswasser wird in der hohen Speicherkapazität des Substrates und dem Wurzelgeflecht zurückgehalten. Ein Abfluss erfolgt verzögert in sehr geringen Mengen, da ein Teil des Wassers schon über die Pflanzen verdunstet. Je nach Schichtdicke und Bepflanzung wird zwischen Extensiv- und Intensivbegrünung unterschieden.

Eine extensive Dachbegrünung (Abb. 32) bietet sich für Flachdächer und Dächer bis zu 25° Neigung an. Die Begrünung besteht aus einer dünnen (maximal 15 cm mächtigen) Substratschicht und einer extrem anspruchslosen Vegetation (Moose, Gräser, Sedum-Arten). Der Pflegeaufwand ist minimal, und auf Grund der geringen Dachlast kann sie auch nachträglich aufgebracht werden (z. B. Carport).

Die intensive Dachbegrünung eignet sich nur für Flachdächer. Zur Begrünung können Gräser, Stauden, Gehölze und sogar kleine Bäume in die aufgebrachte starke (mindestens 50 cm mächtige) Substratschicht gepflanzt werden. Diese Begrünung bedarf aber einer intensiven Pflege. Solche Gründächer (z. B. Nutzung als Dachgärten oder Dachterrassen) werden fast ausschließlich bei Neubauten angelegt, da hier die Konstruktion und die sehr hohe Dachlast bei der statischen Berechnung berücksichtigt werden können.



Abb. 32: Beispiel für eine extensive Dachbegrünung.
Foto: I. Bolze (LBEG).

4.3.3. Teilversiegelung und Entsiegelungsmöglichkeiten

Durch den zunehmenden Flächenverbrauch wird immer mehr Boden versiegelt. Um die natürlichen Bodenfunktionen weitgehend zu erhalten, ist es erforderlich, sich schon bei der Planung von Bauwerken und Gestaltung der zugehörigen Flächen zu überlegen, wie und wie intensiv der Boden genutzt werden soll. Dadurch lassen sich viele unnötige Bodenversiegelungen vermeiden.

Nicht immer benötigen z. B. Verkehrs- und Stellflächen eine hoch belastbare und deshalb voll versiegelte, wasserundurchlässige Oberfläche. Weniger benutzte Bereiche wie Plätze oder Grundstückszufahrten können durchaus mit natürlichen und wasserdurchlässigen Oberflächen hergestellt werden.

Sicher gibt es im öffentlichen und privaten Bereich viele Flächen (z. B. Wirtschaftswege, Parkplätze, Gleisanlagen der Stadtbahn oder Hofbereiche, Carports, Stellplätze), bei denen geprüft werden kann, inwieweit ein Rückbau der Versiegelung oder ein Belagwechsel ohne Einschränkung der Funktion der Fläche möglich ist.

Neben der Begrenzung der Neuversiegelung in Baugebieten gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, eine Entsiegelung von Böden zu fördern und zu begleiten. Trotzdem bleiben aktive Maßnahmen dazu auch heute noch eine Ausnahme und stellen längst nicht den Regelfall dar.

Prüfung von Entsiegelungsmöglichkeiten

Die Durchführung von Maßnahmen zur Entsiegelung von Böden sollte konsequent zur Wiederherstellung der Bodenfunktionen umgesetzt werden. Allerdings sind Flächen, von denen die Gefahr eines Schadstoffeintrags in den Boden ausgeht und Flächen über Altlasten von den Entsiegelungsmaßnahmen auszunehmen.

Privater Bereich

Für den privaten Grundstücksbesitzer gibt es nur wenig rechtliche Vorgaben (z. B. im Baurecht oder Bodenschutzrecht) zum Rückbau vorhandener Flächenversiegelungen. Eine Sensibilisierung für dieses Thema könnte die Eigentümer anregen, zu prüfen, ob eine „überdimensionierte“ Befestigung im Hof- oder Eingangs-

bereich, der Terrasse oder im Garten zurückgebaut werden kann. Sicher lassen sich einige Flächen begrünen oder mit versickerungsfähigen Belägen versehen und damit auch gestalterische Elemente dem Garten oder sonstigen Flächen hinzufügen.

Ein Anreiz zur Umsetzung verschiedener Maßnahmen könnten auch die Förderprogramme zur Bodenentsiegelung, Begrünungsmaßnahmen und/oder Regenwasserversickerung bieten, die einige Kommunen und Städte aufgelegt haben und finanziell fördern. Voraussetzung zur Erhaltung von Zuschüssen ist jedoch, dass vor Beginn der Maßnahme ein Förderantrag gestellt wird. Ein Beispiel ist das Programm „Grün statt

Grau“ der Stadt Osnabrück (<https://www.osnabrueck.de/gruen-statt-grau/>).

Eine ordnungsgemäße Entsorgung der alten Beläge und des Unterbaus muss auf jeden Fall erfolgen. Auskünfte über günstige Entsorgungsmöglichkeiten erteilen Fachberater der zuständigen Ämter von Städten oder Kommunen.

Vorgarten oder Garten

- Ein bepflanzter Vorgarten bildet eine Pufferzone zwischen Haus und Straße (Abb. 33) und trägt auch zur Lärmminde- rung bei. Der Hauszugang sollte auf eine notwendige Breite begrenzt und mit versickerungsfähigem Belag versehen werden.

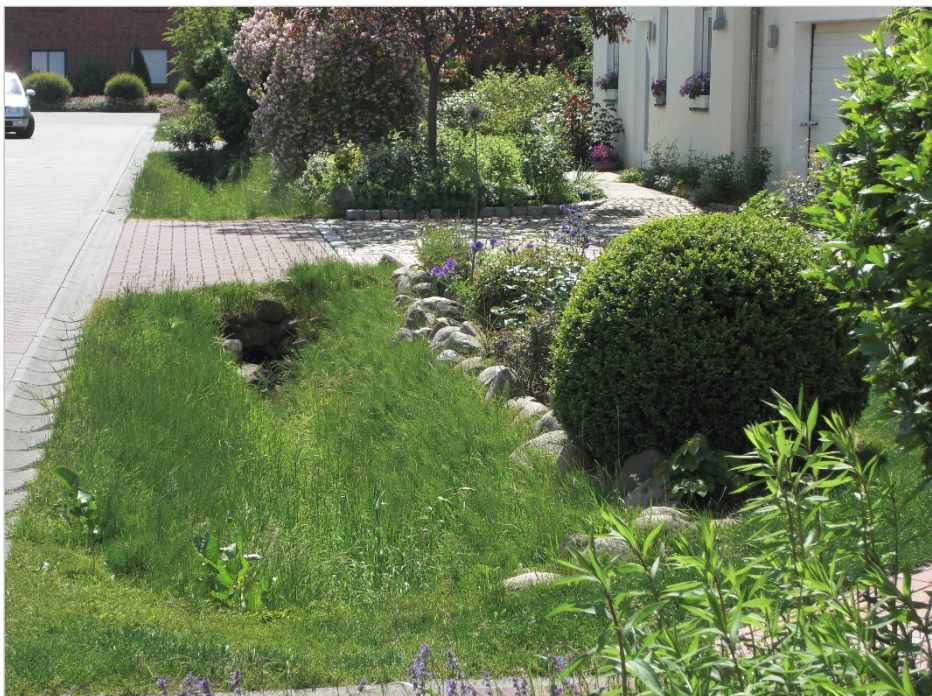


Abb. 33: Entsiegelung durch die Anlage von Vorgärten.

Foto: T. Nix (LBEG).

- Auf eine aufwändige Wegebefestigung im Garten könnte ganz verzichtet werden, oftmals reichen einige Trittsteine für eine Wegführung völlig aus.
- Sind dennoch Wege erforderlich, reicht allgemein eine Wegbreite von 60 cm aus. Die Gestaltung der Oberfläche kann mit verschiedenen natürlichen Materialien erfolgen.
- Wird eine Pflasterung der Wege für unverzichtbar gehalten, sollte die Verlegung mit einem hohen Fugenanteil erfolgen, damit eine Versickerung und gegebenenfalls Vegetation möglich ist (Abb. 34).
- Zur naturnahen Gestaltung des Gartens bietet sich auch die Anlage eines Gartenteiches an.



Abb. 34: Weg und Platzgestaltung im Garten mit Trittsteinen und Kiesflächen.
Foto: A. Steininger (LBEG).

Hofflächen

- Viele Höfe sind vollflächig gepflastert, obwohl dies meistens nicht erforderlich ist. Eine Reduzierung auf die unbedingt erforderliche Verkehrsfläche ist sinnvoll, in Randbereichen können durchaus Grünstreifen oder Pflanzbeete angelegt werden.
- Wenn eine Bepflasterung notwendig erscheint, sollten Pflaster mit großporigem Kornaufbau oder breiten Fugen zur Versickerung des Niederschlagswassers bevorzugt werden.
- Es ist zu prüfen, ob die bei der Erstellung der Hoffläche vorgesehene Nutzung noch erforderlich ist. Oftmals werden Stell- oder Lagerflächen nicht mehr benötigt und könnten z. B. mit einer mit Sträuchern umgebenen Sitzecke oder mit einer Rasenfläche und Pflanzbeeten neu gestaltet werden.

- Die Innenhöfe bei Blockbebauungen sind größtenteils voll versiegelt. Hier bietet sich die Gelegenheit, für die Bewohner eine grüne Oase mit Gehölzen, Pflanzbeeten, Rasen und Teich sowie Sitzecken und Spielflächen zu schaffen. In so einer angenehmen Umgebung können die Anwohner nachbarschaftliche Kontakte herstellen und pflegen.

Terrasse und Sitzplätze

- Aus natürlichem Material und optisch ansprechend sind Holzpflaster und Holzroste, die sich zur Befestigung von Terrassen und Sitzplätzen eignen.
- Zur individuellen Gestaltung von Sitzplätzen bietet sich neben Klinker und Betonsteinen auch Natursteinpflaster an.

Eingangs- und Einfahrtsbereich

- Oft sind diese Flächen überdimensioniert und versiegelt. Hier kann ein Rückbau auf die erforderliche Fläche erfolgen und die Oberfläche neben Klinker und Betonsteinen z. B. mit Natursteinpflaster versehen werden (Abb. 35).
- Für den Einfahrtsbereich können auch Rasengittersteine mit Begrünung verwendet werden.
- Ein geringer Flächenbedarf besteht bei der Verwendung von Pflastersteinen für Fahrspuren im Einfahrtsbereich.



Abb. 35: Eingangs- und Einfahrtsbereich mit Natursteinpflaster und integriertem Beet.
Foto: M. Gunreben (LBEG).

Autostellplatz

- Die Abstellfläche für das Auto sollte möglichst in der Nähe der Einfahrt vorgesehen werden und mit einem versickerungsfähigen Belag befestigt sein. Dafür bieten sich z. B. Schotterrasen, eine Kies- bzw. Splittdecke oder Rasenfugenpflaster an.

Allgemeine Stellplätze

- Die Stellflächen für Fahrräder oder Müllcontainer müssen nicht voll versiegelt sein. Zur durchlässigen Befestigung eignen sich Schotterrasen oder Rasenfugenpflaster.
- Der Zugang und die Befestigung von Abstellflächen, z. B. für Mülltonnen, können mit Kies erfolgen (Abb. 36).

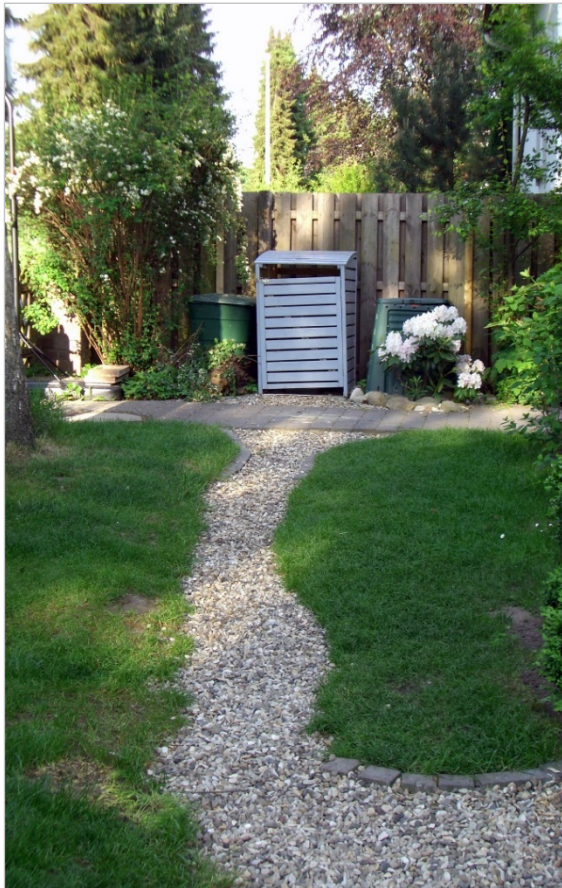


Abb. 36: Verwendung von wasserdurchlässigen Materialien für die Gestaltung eines Abstell-/Müllplatzes mit Zugang.

Foto: A. Steininger (LBEG).

Öffentlicher Bereich

Ein Rückbau oder Belagwechsel ist immer mit entsprechenden Kosten verbunden. Einige Gemeinden und Städte haben sich zum Ziel gesetzt, unnötig versiegelte Flächen zurückzubauen, soweit die entsprechenden Gelder zur Verfügung stehen. Auf Grund der derzeitigen finanziellen Lage der Kommunen werden Maßnahmen zur Reduktion der Befestigung meistens nur bei Umbau- oder Reparaturarbeiten umgesetzt.

In den Gemeinden und Städten gibt es noch vielfältige Möglichkeiten, zur Verbesserung des Kleinklimas und damit der Lebensbedingungen versiegelte Flächen für die Anlage von Grünzügen, Pflanzbeeten oder Gehölzpflanzungen zurückzubauen. Auch die Oberfläche einiger Verkehrswege kann ohne Einschränkung der Funktion der Fläche durch wasserdurchlässige Beläge ersetzt werden.

Nachstehend einige Beispiele:

Schulhöfe und Kinderspielplätze

- Vielerorts sind die Schulhöfe asphaltiert. Hier bietet sich eine Belagänderung und die Verwendung von versickerungsfähigen Materialien an. Die Gestaltung der Schulhöfe mit einer umschließenden Grünzone (z. B. bestehend aus Bäumen und Sträuchern und einem Rasenstreifen) sowie die Anlage von Pflanzbeeten (mit Boden deckenden Grünpflanzen und Blühpflanzen) auf den Höfen bieten eine gute Möglichkeit zur Erholung und könnte auch zu Lehrzwecken dienen.
- Bei Kinderspielplätzen sollte ganz auf eine Versiegelung verzichtet werden: Eine naturnahe Gestaltung der Spielbereiche mit einer Sandschicht bietet Kindern gute Spielmöglichkeiten (Abb. 37). Die Befestigung der Sitzcken kann z. B. mit Holzpflaster erfolgen.



Abb. 37: Beispiel für die Gestaltung von Spielplätzen mit versickerungsfähigen Materialien.
Foto: I. Bolze (LBEG).

Parkplatzflächen

- Für Parkplätze mit durchschnittlicher Nutzungsintensität können auf den Stellflächen und in der Fahrgasse wasser-durchlässige Beläge eingesetzt werden (Abb. 38).
- Bei wenig genutzten Parkflächen kann die Stellfläche reduziert und ebenso wie die Fahrgasse mit versickerungsfähigen Belägen versehen werden. Die entstehenden freien Flächen zu begrünen und/oder mit Sträuchern und einzelnen Bäumen zu bepflanzen, trägt dazu bei, dass der Boden wieder seine natürliche Funktion übernehmen kann.
- Parkplätze mit überdimensionierten Stellflächen sollten zurückgebaut werden. Hierzu können die Mindestflächenangaben der „Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs“ (EAR 05, FGSV 2005b) herangezogen werden. Die freigewordenen Flächen eignen sich gut für Begrünungsmaßnahmen.
- Von einer Entsiegelungsmaßnahme auf stark frequentierten Parkplätzen (z. B. vor gut besuchten Einkaufszentren) und auch LKW-Parkplätzen ist aus Boden- und Grundwasserschutzgründen abzusehen.



Abb. 38: Beispiel für die Entsiegelung von Parkplätzen.

Foto: I. Bolze (LBEG).

Verkehrsflächen – Straßen

- Überdimensionierte Straßen können unter Beachtung des Mindestquerschnitts zugunsten von Pflanzstreifen oder breiterer Fuß- und Radwege in ihrem Querschnitt reduziert werden.
- Auch großzügig ausgebaute Kreuzungsbereiche und Verkehrsinseln können auf ein notwendiges Maß reduziert werden.
- Sind Fahrbahnverengungen zur Verkehrsberuhigung vorgesehen, bieten sich die freien Flächen sehr gut für die Herstellung von Pflanzbeeten oder Baumreihen an.
- Wenig genutzte Zufahrten, wie z. B. Feuerwehzufahrten, können bei geradliniger Ausbildung auf Fahrspuren begrenzt werden, die mit Rasengittersteinen befestigt sind.
- Auch die seitliche Erweiterung eines Fußweges mit Rasenpflaster ermöglicht die Befahrbarkeit mit Rettungsfahrzeugen.

- Nicht zu befahrende versiegelte Flächen in Kreuzungsbereichen und Kreisverkehrsflächen können voll zurückgebaut und begrünt werden.
- Nicht befahrene Mittel- und Seitenstreifen bieten sich ebenfalls für eine Begrünung mit Rasen oder einer flächendeckenden Bepflanzung an.
- Eine Änderung der Oberflächenbefestigung kann auch nach Unterhaltungs- oder Umbauarbeiten erfolgen.

Verkehrsflächen – Geh- und Radwege

- Vielerorts bestehen überdimensionierte Gehwege, die unter Berücksichtigung der Mindestbreite zugunsten eines Grünstreifens zurückgebaut werden können.
- Für einige Geh- und Radwege bietet sich eine Belagänderung und die Verwendung von versickerungsfähigen Materialien an (Anforderungen an den behindertengerechten Ausbau sind zu berücksichtigen).

Gleisanlagen – Stadtbahn

- In einigen Städten werden Teilbereiche der Gleisanlagen von Stadtbahnen mit sogenannten Rasengleisen (Abb. 39) gebaut. Damit werden eine deutliche Lärmminde- rung und zusätzlich eine positive optische Wirkung erreicht.



Abb. 39: Beispiel für die Teilentsiegelung von Gleisanlagen.
Foto: I. Bolze (LBEG).

Gewerbe- und Industrieflächen

- Meistens sind diese Flächen voll versiegelt, obwohl die Kunden- und Mitarbeiterpark- plätze durchaus mit wasserdurchlässigen Belägen verschiedener Art versehen werden können.
- Grünstreifen und Pflanzbeete zwischen Lager- und Verkehrsflächen und an den Geländegrenzen schaffen einen positiven Eindruck bei Mitarbeitern und Gästen.
- Durch eine Begrünung und Bepflanzung wenig genutzter Flächen und Seitenstreifen verbessern sich die klimatischen Verhält- nisse.
- Auch eine Begrünung der Dächer der viel- fach eingeschossigen Gebäude oder eine Fassadenbegrünung tragen optisch und

klimatisch zu einem besseren Arbeitsum- feld bei.

- Bei vielen Firmen sind die Lagerflächen oder zugehörige Verkehrsflächen voll ver- siegelt, obwohl auch diese Flächen, sofern keine Schadstoffeinträge in den Boden durch die zu lagernden Stoffe erfolgen, mit versickerungsfähigen Belägen hergestellt werden können.

Brachflächen

- Geben Gewerbe- und Industriebetriebe ihre Nutzung auf, liegen diese Flächen brach. Hier bietet sich die Möglichkeit, bei einer Nachnutzung oder anderen Verwen- dung eine Entsiegelung bis auf ein erfor- derliches Minimum durchzuführen.

5. Ausblick

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) führt die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen seit Jahrzehnten als eines der „persistenten Umweltprobleme“, welche sich vor allem durch eine Irreversibilität der Schadensentwicklung oder ein hohes potenzielles Schadensausmaß auszeichnen (SRU 2016).

Böden sind eine endliche und nicht erneuerbare Ressource. Der in dem Bericht aufgezeigte fortlaufende Verlust von Böden, z. B. als Grundlage der Nahrungsmittelproduktion oder als Lebensraum, muss dringend reduziert und auf einen „Netto-Null“-Verlust gebracht werden, wie es die vielfältigen politischen Ziele (vgl. Kap. 1) vorgeben.

Die in Kapitel 1 und 2 verdeutlichten unterschiedlichen Einflussfaktoren und Folgeschäden zeigen: Entscheidende Voraussetzung für das Erreichen der Reduzierungsziele ist „[...] das Zusammenwirken von gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Interessen. Bestimmt werden diese durch die öffentliche Problemwahrnehmung, die Struktur der Ursachen und die verfügbaren Lösungsmöglichkeiten“ (SRU 2016 nach JÄNICKE 1996).

Der vorliegende Bericht verdeutlicht, dass die notwendigen Instrumente zu einem nachhaltigen Umgang mit Boden und Fläche bereits vorhanden sind. Gleichzeitig bestehen noch Herausforderungen dabei, diese stärker in die Anwendung zu bringen und auch das Problembewusstsein in der breiten Gesellschaft zu erhöhen.

Darüber hinaus sind weitere Bestrebungen notwendig. Ein wichtiger Schritt zu einer planbaren und zielgerichteten Reduzierung der Flächeninanspruchnahme kann die Übertragung der landesweiten quantitativen Reduzierungsziele auf die unteren Planungsebenen, insbesondere auf die Gemeinden, sein. Das erst relativ kurze Zeit über das UVPG eingeführte Schutzgut Fläche muss zudem stärker und insbesondere mit z. T. noch zu entwickelnden aussagekräftigen Indikatoren in die Planungspraxis integriert werden. Auch die Bereitstellung von Informationen kann weiter verbessert werden. Der Erfassung von Entsiegelungs- oder Belagänderungspotenzialen wird z. B. zukünftig erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet werden müssen, um Bodenfunktionen wiederherzustellen und Optionen für die ge-

nannten „Netto-Null“-Ziele für Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung zu schaffen.

6. Literatur

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
- ADV – ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDSREPUBLIK DEUTSCHLAND (2011): Katalog der tatsächlichen Nutzungsarten im Liegenschaftskataster und ihrer Begriffsbestimmungen (AdV-Nutzungsartenkatalog). – <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/broker.jsp?uMen=839772b1-198f-211a-3b21-718a438ad1b2>.
- ARL – AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (2004): Flächenhaushaltspolitik. Ein Beitrag zur nachhaltigen Raumentwicklung. – Positionspapier der ARL **58**; Hannover.
- BARON, M. & DROSS, M. (2012): Flächenverbrauch - weiterhin dramatisch. – In: LEITSCHUH, H., MICHELSEN, G., SIMONIS, U. E., SOMMER, J. & VON WEIZSÄCKER, E. U. (Hrsg.): Wende überall? Von Vorreitern, Nachzüglern und Sitzenbleibern. – Jahrbuch Ökologie 2012: 143–150; Stuttgart (Hirzel).
- BARON, M. & DROSS, M. (2016): Flächensparen und Wohnungsnot - ein Widerspruch? – Bodenschutz **04/2016**: 113–117.
- BASEDOW, H.-W., BOLZE, I., GUNREBEN, M., JACOB, P., SBRESNY, J., SCHRAGE, T., STEININGER, A. & WEICHSELDORN, J. (2009): Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. – GeoBerichte **14**: 1. Aufl., 90 S., 53 Abb., 12 Tab., 4 Anh.; Hannover (LBEG).
- BASEDOW, H.-W., BOLZE, I., GUNREBEN, M., JACOB, P., SBRESNY, J., SCHRAGE, T., STEININGER, A. & WEICHSELDORN, J. (2017): Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. – GeoBerichte **14**: 3. überarb. Aufl., 92 S., 53 Abb., 12 Tab., 4 Anh.; Hannover (LBEG).

- BAUGB (2017): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I: 3634), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Juli 2021 (BGBl. I: 2939) geändert worden ist – <<https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BJNR003410960.html>>.
- BAULANDKOMMISSION (2019): Empfehlungen auf Grundlage der Beratungen in der „Kommission für nachhaltige Baulandmobilisierung und Bodenpolitik“ (Baulandkommission, 02.07.2019. – <<https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/nachrichten/Handlungsempfehlungen-Baulandkommission.pdf>>
- BAUNVO (2017): Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. November 2017. – BGBl. I: 3786, Neugefasst durch Bek. v. 21.11.2017.
- BBODSCHV – Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I: 1554), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I: 212) geändert worden ist. – <<http://www.gesetze-im-internet.de/bbodschv/>>.
- BECKMANN, G. & DOSCH, F. (2018): Monitoring der Siedlungsflächenentwicklung. – In: BEHNISCH, M., KRETSCHMER, O. & MEINEL, G. (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung; Berlin (Springer Spektrum).
- BEHNISCH, M., KRETSCHMER, O. & MEINEL, G. (Hrsg.) (2018): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung; Berlin (Springer Spektrum).
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2008): Stärkung des Instrumentariums zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. – Bonn.
- BKG – BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE (2019): CORINE Land Cover 5 ha, Stand 2018 (CLC5-2018). – <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/catalog/product/view/id/1071/s/corine-land-cover-5-ha-stand-2018-clc5-2018/category/8/?__store=default>
- BMU – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1998): Entwurf eines umweltpolitischen Schwerpunktprogrammes. – Bonn, <http://www.bmu.bund.de/pressearchiv/13_legislaturperiode/pm/675.php>.
- BMU – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2008): Entwurf eines umweltpolitischen Schwerpunktprogramms. – Bonn.
- BMUB – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (2016): Den ökologischen Wandel gestalten. Integriertes Umweltprogramm 2030. – <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/integriertes_umweltprogramm_2030_bf.pdf>.
- BMUB – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. – <https://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_2015_strategie_bf.pdf>, zuletzt aufgerufen am 02.11.2020.
- BÖHM, J., BÖHME, C., BUNZEL, A., KÜHNAU, C., LANDUA, D. & REINKE, M. (2016): Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Entwicklung von naturschutzfachlichen Zielen und Orientierungswerten für die planerische Umsetzung der doppelten Innenentwicklung sowie als Grundlage für ein entsprechendes Flächenmanagement“. – BfN-Skripten 444.
- BORGWARDT, S. & ULONSKA, D. (2008): Die fachgerechte Anwendung versickerungsfähiger Pflastersysteme aus Beton. – Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG) (Hrsg.); Bonn.
- BORGWARDT, S., GERLACH, A. & KÖHLER, M. (2001): Kommentierung zum FGSV-Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen. – Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e. V. (SLG) (Hrsg.); Bonn.
- BREUER, W. (2015): Der Schutz des Bodens in der Eingriffsregelung. – Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 2/2015: 64–71.

- BUG, J., ENGEL, N., GEHRT, E. & KRÜGER, K. (2019): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. – 4. überarb. Aufl., GeoBerichte **8**: 56 S., 25 Abb., 5 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- BUG, J., HEUMANN, S., MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2020): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – 9. Aufl., GeoBerichte **19**: 383 S., 36 Abb., 384 Tab.; Hannover (LBEG).
- BUNDESREGIERUNG (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. – Nationale Nachhaltigkeitsstrategie; Berlin, <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strategien_Bilanzen_Gesetze/nachhaltigkeit_fortschrittsbericht_2004.pdf>.
- BUNDESREGIERUNG (2004): Fortschrittsbericht 2004. Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. – <https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nachhaltigkeit_strategie.pdf>
- BUNDESREGIERUNG (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018; Berlin, <<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1546450/65089964ed4a2ab07ca8a4919e09e0af/2018-11-07-aktualisierung-dns-2018-data.pdf?download=1>>.
- BUNDESREGIERUNG (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021; Berlin, <<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/3d3b15cd92d0261e7a0bc8f43b7839/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-nicht-barrierefrei-data.pdf?download=1>>.
- BUND-LÄNDER-ARBEITSGRUPPE BODENMARKTPOLITIK (2015): Landwirtschaftliche Bodenmarktpolitik: Allgemeine Situation und Handlungsoptionen. – <<https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Landwirtschaft/Flaechennutzung-Bodenmarkt/Bodenmarkt-Abschlussbericht-Bund-Laender-Arbeitsgruppe.html>>, letzter Zugriff: 15.09.2021.
- CDU, CSU/SPD (2005): Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 16. Wahlperiode des Deutschen Bundestages. – 18. November 2005; Bonn.
- CDU/CSU/FDP (2009): Wachstum. Bildung. Zusammenhalt. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und FDP für die 17. Legislaturperiode des deutschen Bundestages. – <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ministerium/koalitionsvertrag.pdf?__blob=publicationFile>.
- CDU/CSU/SPD (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 19. Legislaturperiode. – <<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/656734/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf?download=1>>.
- CDU/FDP (2008): Koalitionsvereinbarung 2008–2013 zwischen CDU und FDP für die 16. Wahlperiode des Niedersächsischen Landtages. – Hannover.
- COPERNICUS LAND MONITORING SERVICE (2020): Imperviousness High Resolution Layers. – <<https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness>>.
- CORDES, A., GEHRKE, B., VON HAAREN-GIEBEL, F., REINHOLD, M. & SCHASSE, U. (2014): Stärken-Schwächen-Analyse (SWOT) für das Land Niedersachsen und seine Regionen. Gutachten im Auftrag der Niedersächsischen Staatskanzlei. – <<http://www.ni.w.de/index.php/publikationen-detailseite/items/961.html>>.
- DAHL, S. (2014): Was wird aus dem Nachhaltigkeitsindikator „Flächenverbrauch“? - Veränderungen der Datenbasis der Flächenerhebung. – Statistische Monatshefte Niedersachsen **06**/2014.
- DAHLMANN, I., HERNANDEZ DIAZ, T. & SCHNEIDER, J. (2007): Vom Brachflächenkataster zum Flächenmanagement. – GeoBerichte **1**: 33 S., 21 Abb., 4 Tab.; Hannover (LBEG).
- DIN 18130-1 (1998): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes, Laborversuche. – Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), 1998-05; Berlin (Beuth).
- DIN 18196 (2011): Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke – Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.), 2011-05; Berlin (Beuth).

- DIN 18315 (2006): Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten ohne Bindemittel. – Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), 2006-10; Berlin (Beuth).
- DIN 18316 (2006) Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln. – Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), 2006-10; Berlin (Beuth).
- DIN 4020 (2003): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke. – Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), 2003-09; Berlin (Beuth).
- DIN EN 1997-2 (2007): Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds. – Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.); Berlin (Beuth).
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. – Arbeitsblatt DWA-A **138**; Hennef.
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2016): Copernicus Land Monitoring Service - High Resolution Layer Imperviousness. Product Specifications. – <<https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/hrl-imperviousness-technical-document-prod-2015>>, letzter Zugriff: 15.09.2021.
- ENGEL, N. & PRAUSE, D. (2017): Erhalt und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in der Planungspraxis. – Geofakten **31**: 12 S., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
- ENGEL, N. & STADTMANN, R. (2020): Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene – Ein niedersächsischer Leitfaden für die Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung. – 2. Aufl., GeoBerichte **26**: 67 S., 15 Abb., 21 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- FGSV – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN (2005a): Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil Entwässerung (RAS-Ew). – Köln.
- FGSV – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN (2012): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12). – Köln
- FGSV – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN (2013): Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (MVV). – Köln.
- FGSV – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN (2017): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 17). – Ausgabe 2017; Köln.
- FGSV – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN ARBEITSGRUPPE STRAßENENTWURF (2005b): Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs (EAR 05). – Köln.
- FLL – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E. V. (2018): Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen. – Ausgabe 2018; Bonn.
- FRIE, B. & HENSEL, R. (2009): Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: Ansatz der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder. – In: MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte - Indikatoren – Statistik: 17–45; Aachen (Shaker), <http://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_17-45_PDFA.pdf>, zuletzt aufgerufen am 19.11.2020.
- GANTNER, K. (2002): Nachhaltigkeit urbaner Regenwasserbewirtschaftungsmethoden. – Dissertation an der Technischen Universität Berlin.
- GEORG, H.-J. (2016): Die neue Nutzungsartensystematik in der Flächenerhebung ab 2016. – Beiträge aus der Statistik. Bayern in Zahlen **12/2016**: 771–778.
- GREITEN, U. (2000): Dach- und Fassadenbegrünung. – Stadt Osnabrück (Hrsg.).
- GREITEN, U. (2003): Entsiegeln und Versickern. – Stadt Osnabrück (Hrsg.).
- GRIMSKI, D. (2014): Der Modellversuch des Bundes zum Flächenzertifikatehandel. – Bodenschutz **03/2014**: 89–95.
- GUNREBEN, M. & SCHNEIDER, J. (2001): Entsiegelung von Böden: Wann und Wie? – Arb.-H. Boden **2001/3**: 55–93, 7 Abb., 9 Tab.; Hannover (NLfB).

- GUNREBEN, M., BARTELT, R., BRUNOTTE, J., DAHLMANN, I., MOSIMANN, T., SCHÄFER, W., SEVERIN, K., THARSEN, J. & THIERMANN, A. (2003): Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen. Teil 1: Bodenerosion und Bodenversiegelung. – Nachhaltiges Niedersachsen **23**, 49 S.; Hildesheim (NLÖ).
- GUNREBEN, M., DAHLMANN, I., FRIE, B., HENSEL, R., PENN-BRESSEL, G. & DOSCH, F. (2007): Die Erhebung eines bundesweiten Indikators „Bodenversiegelung“ – Bodenschutz **02/2007**: 34–38.
- HAMMERSCHMIDT, U. & STADTMANN, R. (2019): Bodenschutz beim Bauen. Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen. – 2. Aufl., GeoBerichte **28**: 47 S., 25 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
- HÖPER, H., RAISSI, F. & REUTTER, E. (2007): Bodenkundliche und hydrogeologische Empfehlungen für die Abwasserbeseitigung in Kleinkläranlagen. – überarbeitete Fassung (2. Auflage), Geofakten **7**: 7 S., 4 Abb.; Hannover (LBEG).
- INTEWA (2009): Planung Grundlagen Regenwasserversickerung 0706. – <http://www.intewa.de/download/INTEWA_Planung_Grundlagen%20Regenwasserversickerung_0706.pdf>, Stand: 08.04.2009.
- IÖR & ECOLOGIC – LEIBNITZ INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG & INSTITUT FÜR INTERNATIONALE UND EUROPÄISCHE UMWELTPOLITIK (2010): Beitrag naturschutzpolitischer Instrumente zur Steuerung der Flächeninanspruchnahme. Endbericht des F+E Vorhaben „Flächeninanspruchnahme – naturschutzpolitische Strategien, Instrumente und Maßnahmen“ Teilvorhaben: Status-Quo-Analyse, Teil 1. – BfN.
- JÄNICKE, M. (1996): Erfolgsbedingungen von Umweltpolitik. – In: JÄNICKE, M. (Hrsg.): Umweltpolitik der Industrieländer. Entwicklung, Bilanz, Erfolgsbedingungen: 9–28; Berlin (Edition Sigma).
- KARRENSTEIN, F. (2019): Das neue Schutzgut Fläche in der Umweltverträglichkeitsprüfung. – Natur und Recht **41**: 98–104, <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10357-019-3472-0.pdf>>
- KLEINWÄCHTER, D. (2014): Baulücken- und Leerstandskataster - Dienstangebote für niedersächsische Kommunen. – In: MEINEL, G., SCHUMACHER, U. & BEHNISCH, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VI. Innenentwicklung - Prognose - Datenschutz. – IÖR Schriften **65**.
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2007): Indikator Versiegelung. – Abschlussbericht der Fachgespräche „Indikator Versiegelung“ der LABO; Hannover.
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2010): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme - Bericht der Umweltministerkonferenz zur Vorlage an die Konferenz der Chefin und der Chefs der Staatsund Senatskanzleien mit dem Chef des Bundeskanzleramtes. – Stand: 30. März 2010.
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2012): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Bericht zur Vorlage an die Umweltministerkonferenz. – Statusbericht zu den LABO-Berichten vom 21.09.2011 sowie 30.03.2010.
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2020): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. LABO Statusbericht 2020. – <<https://www.labo-deutschland.de/Veroeffentlichungen-Flaecheninanspruchnahme.html>>, zuletzt aufgerufen am 26.11.2020.
- LANDESHAUPTSTADT HANNOVER (2000): Naturnaher Umgang mit Regenwasser. – Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz **30**; Hannover.
- LAWA – LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1994): Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden. – Stuttgart.
- LGLN – LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDESVERMESSUNG NIEDERSACHSEN (o. J.): Zuständigkeitsbereiche der Katasterämter. – <https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/wir_uber_uns_amp_organisation/organisation_amp_kontakt/so_finden_sie_uns/zustaendigkeitsbereiche-der-kataster-aemter-50439.html>, zuletzt aufgerufen am 13.05.2020.
- LG-STIFTUNG, NATUR UND UMWELT (1996): Entsiegeln - Natur braucht Platz! – Naturschutz im Kleinen **15**; Stuttgart.

- LROP – LANDESRAUMORDNUNGSPROGRAMM NIEDERSACHSEN (2008). Verordnung zur Änderung der Verordnung über das Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen. Teil II vom 21. Januar 2008. – Nds. GVBl.: 26; Hannover.
- LROP – LANDESRAUMORDNUNGSPROGRAMM NIEDERSACHSEN (2017): LROP in der Fassung vom 26.09.2017. – <<https://www.ml.niedersachsen.de/download/157519>>, letzter Zugriff: 15.09.2021.
- LSN – LANDESAMT FÜR STATISTIK NIEDERSACHSEN (fortlaufende Jahre): Flächenerhebung (tatsächliche Nutzung).
- MEINEL, G., HENGER, R., KRÜGER, T., SCHMIDT, T. & SCHORCHT, M. (2020): Wer treibt die Flächeninanspruchnahme? Ein Planvergleich und deren Flächenwirkung. – Raumforschung und Raumplanung, **78** (3), 233–248.
- MOHS, B. & MEINERS, H.-G. (1994): Kriterien des Bodenschutzes bei der Ver- und Entsiegelung von Böden. – Untersuchungsprogramm Bodenversiegelung/-entsiegelung, Umweltforschungsplan des BMU, Forschungsbericht 10703007/16, UBA-Texte **50/94**.
- MU – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (2008): Arbeitsprogramme der 6. Regierungskommission. – Interneteintrag vom 22.12.2008, <http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C49676760_N7426991_L20_DO_I598.html>.
- MU – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (Hrsg.) (2011): Abschlussbericht des Arbeitskreises „Flächenverbrauch und Bodenschutz“. – <https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/62952/Abschlussbericht_Flaechenverbrauch_und_Bodenschutz_Dez._2011_.pdf>.
- MU – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (Hrsg.) (2019): Wohnbauland nachhaltig entwickeln! Praxishinweise für niedersächsische Städte und Gemeinden.
- MU – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (Hrsg.) (2020a): Der Niedersächsische Weg – Maßnahmenpaket für den Natur-, Arten und Gewässerschutz. Vereinbarung zwischen MU Niedersachsen, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (ML Niedersachsen), NABU Landesverband Niedersachsen e. V., BUND Landesverband Niedersachsen e. V., Landvolk Niedersachsen – Landesbauernverband e. V. & Landwirtschaftskammer Niedersachsen vom 19.05.2020.
- MU – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (Hrsg.) (2020b): Auf gutem Grund – Ein Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen. Entwurf vom 30.09.2019.
- MU – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (Hrsg.) (2020c): Fortschrittsbericht zur Nachhaltigkeitsstrategie für Niedersachsen. Fortschreibung und Aktualisierung der Nachhaltigkeitsindikatoren. – <https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/158857/Nachhaltigkeitsstrategie_Niedersachsen_2019.pdf>, zuletzt aufgerufen am 29.10.2020.
- MU – NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (2015): Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Sanierung von verschmutzten Flächen (Förderrichtlinie Brachflächenrecycling). – RdErl. d. MU v. 27.05.2015, VORIS 28300.
- MUNLV – MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2008): Fläche schützen statt verbrauchen. Nachhaltige Flächenpolitik in Nordrhein-Westfalen. – Düsseldorf.
- N-BANK (2018): Wohnbaulandumfrage 2018. – 50 S., 22 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- N-BANK (2019): Wohnungsmarktbeobachtung 2019. Zukunftsfähige Wohnungsmärkte. Perspektiven für Niedersachsen bis 2040 – Hannover.
- N-BANK (2020): Wohnbaulandumfrage 2020. – 45 S., 23 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- NBAUO (2012): Niedersächsische Bauordnung in der Fassung vom 03.04.2012. – <<http://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=BauO+ND+%C2%A7+9&psml=bsvorisprod.psml&max=true>>, zuletzt aufgerufen am 30.10.2020.
- NBODSCHG (1999): Niedersächsisches Bodenschutzgesetz in der Fassung vom 19.02.1999, das zuletzt durch Artikel 16 des Gesetzes vom 16.05.2018 (Nds. GVBl. S. 66) geändert worden ist. – <<http://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=BodSchG>>

- +ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true>, zuletzt aufgerufen am 26.02.2020.
- NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI (o. J.): Der demografische Wandel in Niedersachsen. – <https://www.niedersachsen.de/startseite/themen/demografie_und_regionalentwicklung/dynamisches_niedersachsen/demografie_niedersachsen/demografischer-wandel-in-niedersachsen-146677.html>, zuletzt aufgerufen am 13.05.2020.
- NMELV & LSN – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ & LANDESAMT FÜR STATISTIK NIEDERSACHSEN (2017): Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen, ergänzt im Mai 2020. – <https://www.ml.niedersachsen.de/download/124920/Die_niedersaessische_Landwirtschaft_in_Zahlen_2017.pdf>, zuletzt aufgerufen am 29.05.2020.
- NROG (2017): Niedersächsisches Raumordnungsgesetz vom 29.11.2017 (Nds. GVBl.: 4562), das zuletzt durch Gesetz vom 25.02.2020 (Nds. GVBl.: 30) geändert worden ist.
- PENN-BRESSEL, G. (2019): Aktuelle Trends des Flächenverbrauchs und Kontingentierung von Flächensparzielen auf kommunaler und regionaler Ebene. – IÖR Schriften **77**: 31–40.
- PREUSS, T. & FLOETING, H. (2009): Werkzeuge und Modelle der Kosten-Nutzen-Betrachtung. Zusammenfassung und Synthese. – In: PREUSS, T. & FLOETING, H. (Hrsg.): Folgekosten der Siedlungsentwicklung. Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen-Betrachtung. – Beiträge aus der REFINA-Forschung **III**.
- PREUSS, T. (2015): Folgekosten der Flächeninanspruchnahme in Deutschland. – Schriftenreihe des LfULG **22/2015**.
- REPP, A. (2016): Umweltprüfverfahren und Flächenmanagement: Gegenwärtige Praxis und Optionen für das Schutzgut ‚Fläche‘ in der Strategischen Umweltprüfung. – In: MEINEL, G., FÖRTSCH, D., SCHWARZ, S. & KRÜGER, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VIII. Flächensparen - Ökosystemleistungen - Handlungsstrategien. – IÖR Schriften **69**: 83–92.
- ROG (2008): Raumordnungsgesetz vom 18. August 1997 (BGBl. I: 2081, 2102), das zuletzt durch Artikel 9 Nr. 2 Satz 2 der Verordnung vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I: 2986) geändert worden ist.
- SCHLEICHER, C. & WEICHSELBAUM, J. (2016): Copernicus Land Monitoring - hochauflösende Daten zur Bodenversiegelung in Europa. – AGIT - Journal für Angewandte Geoinformatik **2-2016**: 74–79.
- SCHNEIDER, J. (1999): Schwermetalle in Böden Niedersachsens. Hintergrundwerte für Schwermetalle in Böden Niedersachsens. Schwermetallbelastung in den Böden der Talauen des Harzes und des Harzvorlandes. Schwermetalle in einem städtischen Belastungsraum. – Arb.-H. Boden 1999/**2**: 24 S., 3 Abb., 4 Tab., 3 Karten; Hannover (NLFb).
- SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT (Hrsg.) (2020): Bodenstrategie Schweiz für einen nachhaltigen Umgang mit dem Boden.
- SIEDENTROP, S. (2018): Ursachen der Flächeninanspruchnahme in Deutschland – eine Zwischenbilanz. – In: BEHNISCH, M., KRETSCHMER, O. & MEINEL, G. (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. – Berlin (Springer Spektrum).
- SIEDENTROP, S., JUNESCH, R., STRÄßER, M., ZAKRZEWSKI, P., SAMANIEGO, L. & WEINERT, J. (2009): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. – Forschungen **139**, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; Bonn
- SPD/CDU (2017): Koalitionsvereinbarung 2017–2022 zwischen SPD und CDU für die 18. Wahlperiode des Niedersächsischen Landtages. – Hannover.
- SPD/GRÜNE (2013): Koalitionsvereinbarung 2008–2013 zwischen SPD und Bündnis 90/Die Grünen für die 17. Wahlperiode des Niedersächsischen Landtages. – Hannover.
- SRU – SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2016): Umweltgutachten 2016. Impulse für eine integrative Umweltpolitik. – <https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2016_Umweltgutachten_HD.pdf;jsessionid=865E3A65DF07ED2E1FD57F7E5358FD4E.1_cid284?__blob=publication-File&v=36>, zuletzt aufgerufen am 07.05.2020.

- SRU – SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2018): Wohnungsneubau langfristig denken - Für mehr Umweltschutz und Lebensqualität in den Städten. – Stellungnahme, November 2018.
- SRU – SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2020): Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020. – <https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.html>, letzter Zugriff: 15.09.2021.
- STADT BRAUNSCHWEIG (1993): Bodenentsiegelungskonzept. – Schriftenreihe Kommunalen Umweltschutz **2**; Braunschweig.
- STADT LEVERKUSEN (1992): Bodenentsiegelung. Die Chance, ein Stück Natur zurückzugewinnen! – Leverkusen.
- STADT SIEGEN (2006): Versickern statt Versiegeln! Informationen zur Bodenentsiegelung und Regenwasserversickerung. – Stadt Siegen, Abt. Umwelt; Siegen.
- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (2018): Methodenbericht Flächenerhebung. Ausgabe 2018. – <https://www.statistikportal.de/sites/default/files/2019-06/Methodenbericht_Fl%C3%A4chenerhebung.pdf>, zuletzt aufgerufen am 13.05.2020.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2020): Flächenindikator: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in ha/Tag. – <<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/anstieg-suv.html>>, zuletzt aufgerufen am 17.11.2020.
- STULLE, K. & WULFERT, K. (2001): Entwicklung eines kommunalen Entsiegelungskonzeptes. – Nachhaltiges Niedersachsen **16**; Hildesheim (NLÖ).
- THARSEN, J. & GUNREBEN, M. (2001): Bodenversiegelung in Niedersachsen. – Arb.-H. Boden 2001/**3**: 39–54, 7 Abb., 2 Tab.; Hannover (NLfB).
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (1998): Revitalisierung von Altstandorten versus Inanspruchnahme von Naturflächen. – Texte **15/98**.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2004): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlungen und Verkehr. – Berlin.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2012): Projekt FORUM: Handel mit Flächenzertifikaten - Fachliche Vorbereitung eines überregionalen Modellversuchs. – Texte **60/2012**; Dessau.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2015): Handel mit Flächenzertifikaten. – <<http://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/handel-flaechenzertifikaten>>, zuletzt aufgerufen am 31.08.2015.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2018): Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Aktionsplan Fläche. – UBA-Texte **38/2018**. Dessau-Roßlau.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2019a): Siedlungs- und Verkehrsfläche. – <<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke->>>, zuletzt aufgerufen am 07.05.2020.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2019b): Innenentwicklung in städtischen Quartieren: Die Bedeutung von Umweltqualität, Gesundheit und Sozialverträglichkeit. – UBA Hintergrund, Dezember 2019.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2019c): Modellversuch Flächenzertifikatehandel. Realitätsnahes Planspiel zur Erprobung eines überregionalen Handelssystems mit Flächenausweisungszertifikaten für eine begrenzte Anzahl ausgewählter Kommunen. Abschlussbericht. – UBA Texte **116/2019**.
- UGRD L – ARBEITSKREIS UMWELTÖKONOMISCHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER IM AUFTRAG DER STATISTISCHEN ÄMTER DER LÄNDER (2012): Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder - Methodenhandbuch. – 117 S., <https://www.statistikportal.de/sites/default/files/2018-07/Methodenhandbuch_UGRD_L_2012.pdf>, zuletzt aufgerufen am 29.04.2021.
- UGRD L – ARBEITSKREIS UMWELTÖKONOMISCHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER IM AUFTRAG DER STATISTISCHEN ÄMTER DER LÄNDER (2019): Bodenversiegelung. – <https://www.statistikportal.de/sites/default/files/2019-07/m_flaeche_2.pdf>, zuletzt aufgerufen am 19.11.2020.

UNI BW – UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN (2019): „Fläche als Schutzgut des UVPG“ (UP-Fläche). – <<https://www.unibw.de/forschung/projekte/flaeche-als-schutzgut-des-uvpg-up-flaeche>>, Stand: 22.11.2019, zuletzt aufgerufen am 30.11.2020.

UVPG (2010): Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2011. – BGBl. I: 94, zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 3. Dezember 2020 (BGBl. I: 2694).

WALTER, J. (2016): Bau und Überbau - Kommentar zur Ergänzung der BauNVO. – Bauwelt **35**.

WISSENSCHAFTLICHE DIENSTE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (2020): Aussetzung der Umweltverträglichkeitsprüfung nach § 13b BauGB. – Dokumentation. Aktenz. WD 7-3000–017/20, <<https://www.bundestag.de/resource/blob/684642/adaa7273fafa226d91fae3aa855a75c7/WD-7-017-20-pdf-data.pdf>>.

7. Anhang

Anhang 1: Daten zur Veränderung der Bevölkerung in den niedersächsischen Landkreisen und kreisfreien Städten zwischen 2008 und 2018 in % (Quelle: <http://www.regionalmonitoring-statistik.niedersachsen.de/>).

Nr.	Landkreis/ kreisfreie Stadt	Veränderung in %	Nr.	Landkreis/ kreisfreie Stadt	Veränderung in %
1	Braunschweig	0,9	25	Heidekreis	-0,7
2	Salzgitter	0,5	26	Stade	3,2
3	Wolfsburg	3	27	Uelzen	-2,5
4	Gifhorn	1,2	28	Verden	2,4
5	Goslar	-6,3	29	Delmenhorst	3,8
6	Helmstedt	-3,8	30	Emden	-2,7
7	Northeim	-6,7	31	Oldenburg (Oldb.)	4,9
8	Peine	1	32	Osnabrück	0,9
9	Wolfenbüttel	-3	33	Wilhelmshaven	-6,3
10	Göttingen	-3,3	34	Ammerland	6
11	Region Hannover	2,5	35	Aurich	0,2
12	Diepholz	1,2	36	Cloppenburg	7,7
13	Hameln-Pyrmont	-5	37	Emsland	3,8
14	Hildesheim	-3,5	38	Friesland	-1,8
15	Holzminde	-5,5	39	Grafschaft Bentheim	0,7
16	Nienburg (Weser)	-2	40	Leer	2,9
17	Schaumburg	-3,2	41	Oldenburg	3,3
18	Celle	-0,7	42	Osnabrück	-0,2
19	Cuxhaven	-1,9	43	Vechta	5,3
20	Harburg	3,3	44	Wesermarsch	-3,6
21	Lüchow-Dannenberg	-3,1	45	Wittmund	-1,1
22	Lüneburg	3,9	(46)	Hamburg	3,9
23	Osterholz	0,9	(47)	Bremen	4
24	Rotenburg (Wümme)	-0,7	(48)	Bremerhaven	-0,8

Anhang 2: Beschreibung und Zuordnung der CLC5-Landbedeckungsdaten (BKG 2019).

CLC-Code	CLC-Klasse	CLC-Typ
111	bebaute Flächen	durchgängig städtische Prägung
112		nicht durchgängig städtische Prägung
121		Industrie und Gewerbeflächen, öffentliche Einrichtungen
122		Straßen-, Eisenbahnnetze und funktionell zugeordnete Flächen
123		Hafengebiete
124		Flughäfen
131		Abbauflächen
132		Deponien und Abraumhalden
133		Baustellen
141		städtische Grünflächen
142		Sport- und Freizeitanlagen
211	Landwirtschaft	nicht bewässertes Ackerland
221		Weinbauflächen
222		Obst- und Beerenobstbestände
231		Wiesen und Weiden
242		komplexe Parzellenstruktur
243		landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von signifikanter Größe
311	Wälder und naturnahe Flächen	Laubwälder
312		Nadelwälder
313		Mischwälder
321		natürliches Grünland
322		Heiden und Moorheiden
324		Wald-Strauch-Übergangsstadien
331		Strände, Dünen und Sandflächen
332		Felsen ohne Vegetation
333		Flächen mit spärlicher Vegetation
334		Brandflächen
335		Gletscher und Dauerschneegebiete
411	Feuchtflächen	Sümpfe
412		Torfmoore
421		Salzwiesen
423		in der Gezeitenzone liegende Flächen
511	Wasserflächen	Gewässerläufe
512		Wasserflächen
521		Lagunen
522		Mündungsgebiete
523		Meere und Ozeane

Autorenschaft

Kapitel 1, 2, 4.1, 4.2

- Dr. Robin Stadtmann
<https://orcid.org/0000-0002-6232-4188>
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 „Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Nicole Engel
<https://orcid.org/0000-0002-0208-1110>
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 „Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Uwe Hammerschmidt
<https://orcid.org/0000-0002-2037-7572>
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 „Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Dr. Marion Gunreben, ehemals
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

Kapitel 3.1

- Dr. Robin Stadtmann
<https://orcid.org/0000-0002-6232-4188>
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 „Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Hans-Werner Basedow
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 3.4 „Altlasten, Deponien“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Nicole Engel
<https://orcid.org/0000-0002-0208-1110>
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 „Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

Kapitel 3.2

- Dr. Robin Stadtmann

<https://orcid.org/0000-0002-6232-4188>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 „Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Dr. Jan Sbresny

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.2 „Digitalisierung, Niedersächsisches Bodeninformationssystem“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Anja Steininger

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.2 „Digitalisierung, Niedersächsisches Bodeninformationssystem“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

Kapitel 4.3.1 und 4.3.3

- Sylvia Palm

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 3.7 „Geotechnik, Geosicherheit, Niedersächsischer Erdbebendienst“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Irmgard Bolze, ehemals

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

Kapitel 4.3.2

- Uwe Hammerschmidt

<https://orcid.org/0000-0002-2037-7572>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 „Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Irmgard Bolze, ehemals

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

unter Mitarbeit von

- Tobias Mattner
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 „Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme“,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

ISSN 1864 – 7529