

Klima und Kohlenstoffspeicher schützen – Flächenverbrauch vermeiden!

Handlungshilfe zur Abschätzung der Klimawirkung von Boden und Vegetation bei Landnutzungsänderungen

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet I 2.5 – Nachhaltige Raumentwicklung,
Umweltprüfung
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
E-Mail: buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Autorinnen und Autoren:

Tobias Wagner, Dr. Klaus Hennenberg (Öko-Institut e. V.)
Dr. Jens-Martin Gutsche (Gertz Gutsche Rümenapp
Stadtentwicklung und Mobilität GbR)

Redaktion:

Detlef Grimski (Umweltbundesamt)

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Infografiken:

Erik Tuckow, tuckow.studio

Satz und Layout:

3f design, 3fdesign.de

Bildquellen:

Titel: stock.adobe.com/ARochau
Seite 4: stock.adobe.com/Georg
Seite 6 und 9: stock.adobe.com/Georg
Seite 10/11: stock.adobe.com/by-studio
Seite 14: stock.adobe.com/coffeeflavour
Seite 19: stock.adobe.com/wlad074
Seite 20: stock.adobe.com/schulzfoto
Seite 22/23: stock.adobe.com/KarachoBerlin
Seite 24/25: stock.adobe.com/ARochau
Seite 27: stock.adobe.com/ARochau
Seite 30: Dr. Jens-Martin Gutsche

Stand: September 2025

ISSN 2363-832X

Klima und Kohlenstoffspeicher schützen – Flächenverbrauch vermeiden!

**Handlungshilfe zur Abschätzung der
Klimawirkung von Boden und Vegetation
bei Landnutzungsänderungen**



Inhalt

Einleitung	6
Fachliche Grundlagen	10
Treibhausgaswirkungen des Flächenverbrauchs	12
Exkurs: Innenentwicklung und Außenentwicklung	13
Kohlenstoffvorräte in Boden und Vegetation	14
Auswirkungen von Nutzungsänderungen auf die Kohlenstoffvorräte in Boden und Vegetation	16
Exkurs: Organische Böden	18
Flächenbelegung vor und nach der Siedlungsentwicklung	20
Treibhausgaseinsparpotenziale	22
Handlungsempfehlungen	24
Wälder und Gehölze als Kohlenstoffspeicher erhalten	26
Dichter bauen	27
Bebauung im Außenbereich vermeiden und Innenentwicklung betreiben	28
Quellenverzeichnis	31

Einleitung



Der Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche („Flächenverbrauch“) ist in Deutschland mit mehr als 50 ha pro Tag nach wie vor auf einem hohen Niveau. Diese neue bzw. erstmalige Inanspruchnahme von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke verursacht zahlreiche ökologische, ökonomische und soziale Probleme. Die Bundesregierung strebt deshalb in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) an, den Flächenverbrauch bis zum Jahr 2030 auf durchschnittlich unter 30 Hektar pro Tag zu reduzieren und bis zum Jahr 2050 eine Flächenkreislaufwirtschaft zu realisieren, um netto gar keine neuen Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke mehr beanspruchen zu müssen. Auch in vielen Bundesländern gibt es bereits Ziele für die Reduzierung des Flächenverbrauchs.

Der Flächenverbrauch hat auch Auswirkungen auf das Klima. Mit nahezu jeder Flächenneuanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke werden die Kohlenstoffvorräte in den natürlichen Kohlenstoffspeichern Boden und Vegetation vollständig oder teilweise freigesetzt. Das heißt, es kommt zu Treibhausgasemissionen. Bisher wird diese Treibhausgaswirkung in der kommunalen Bauleitplanung kaum ermittelt. Das liegt daran, dass es bisher noch keine einfachen Instrumente zur Abschätzung dieser Treibhausgaswirkungen gab.

Abbildung 1

Startseite des LULUCF Wirkungsrechners

Treibhausgaswirkung (LULUCF) von Flächenneuanspruchnahmen

Dieser Rechner hilft Ihnen abzuschätzen, wie groß die **Treibhausgaswirkung** ist, wenn Sie im Freiraum bauen möchten und die Freiraumfläche zu Siedlungs- und Verkehrsfläche wird (Flächenverbrauch). Im Rahmen der Bauleitplanung und der strategischen Umweltprüfung können Sie so die Treibhausgaswirkung mehrerer alternativer Planungsoptionen abschätzen, miteinander vergleichen und die Ergebnisse in Ihre Entscheidungen einfließen lassen. Die Ergebnisse berücksichtigen ausschließlich die Treibhausgaswirkung durch den Eingriff in Boden und Vegetation. In der internationalen Treibhausgasbilanzierung zählt diese Wirkung zum Sektor **"LULUCF"**, abgekürzt für "Land Use, Land-Use Change and Forestry" (deutsch: "Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft"). Weitere Treibhausgaswirkungen der Flächenneuanspruchnahme ergeben sich durch Errichtung und Nutzung von Gebäuden und Infrastruktur. Diese müssen separat von diesem Rechner betrachtet werden. Informationen dazu finden Sie in Wagner et al. (2025).

Um eine **Abschätzung** vorzunehmen

- definieren Sie in einem ersten Schritt ein **Plangebiet im Außenbereich** und dessen aktuelle **Vornutzung**
- und beschreiben anschließend die **Nutzung und Bebauung** nach der Flächenneuanspruchnahme (Art und Maß der baulichen Nutzung).

Ihnen wird dann eine **Abschätzung der Treibhausgaswirkung dieser Flächennutzungsänderung** angezeigt. Diese Abschätzung bezieht sich nur auf den o. g. LULUCF-Effekt und betrachtet einen Wirkungszeitraum von 20 Jahren.

Die LULUCF-Treibhausgaswirkung ergibt sich aus

- der Emission von Treibhausgasen (CO₂, N₂O) beim Abschieben und Auskoffern des Bodens sowie dem Entfernen der Vegetation im Plangebiet,
- der im Fall einer Nutzungsänderung von Waldflächen entgangenen zukünftigen Einbindung von Kohlenstoff¹ und
- den klimavorteilhaften Wirkungen von Neupflanzungen im Plangebiet sowie von Ausgleichsmaßnahmen.

Die Ergebnisse gelten **nur für mineralische Böden**. Dies sind etwa 95% der deutschen Böden. Sie gelten nicht für organische Böden.

Zusätzlich gibt Ihnen die Abschätzung Hinweise auf mögliche **Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgaswirkung** der betrachteten Außenentwicklung, z. B. durch eine Erhöhung der städtebaulichen Dichte oder durch eine Umsetzung des geplanten Bauvolumens in Form einer Innenentwicklung.

Dieser Rechner wurde im Rahmen des **UBA-Forschungsvorhabens** "Reproduzierbare und methodisch verständliche Aufbereitung der durch die Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme erzielbaren qualitativen/quantitativen THG-Minderungspotenziale als Planungshilfe für regionalen und kommunalen Freiflächen- und Klimaschutz" (FKZ: 3721 15 103 0) erarbeitet. Es versteht sich als **ein Werkzeug für die kommunale Bauleitplanung**.

Die Nutzeroberfläche umfasst fünf Tabellenblätter mit dunkelgrünen Reitern. Alle anderen Tabellenblätter mit Daten und Hintergrundberechnungen sind ausgeblendet.

Um den vollständigen Funktionsumfang nutzen zu können, müssen **beim Öffnen der Datei** in Microsoft Excel **Makros aktiviert** werden.

© Gertz Gutsche Rügenapp / Öko-Institut

Stand: 28.11.2025 (v01.3)

Ansprechpersonen: Tobias Wagner (Öko-Institut, T.Wagner@oeko.de) und Dr. Jens-Martin Gutsche (Gertz Gutsche Rügenapp, gutsche@ggr-planung.de)

Start

Wagner, T.; Hennenberg, K.; Gutsche, J.-M. (2025): Treibhausgaseinsparpotenziale einer reduzierten Flächenneuanspruchnahme in Deutschland. Ergebnisband. Forschungskennzahl 3721 15 103 0. Im Auftrag des Umweltbundesamts.

¹: Methodische Aktualisierungen im [Nationalen Inventardokument aus dem Jahr 2025](#) (u. a. Modellierung von Wald und landwirtschaftlich genutzten mineralischen Böden als Kohlenstoffquellen) konnten in den Algorithmen, die diesem Rechner zugrundeliegen, nicht mehr berücksichtigt werden.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Projektes „Treibhausgas-Minderungspotenziale durch Flächensparen (FKZ 3721 15 103 0)“ diese Handlungshilfe erarbeitet. Sie soll Planungsträgern und insbesondere Kommunen dabei helfen, Zusammenhänge zwischen Bauvorhaben und den Kohlenstoffvorräten in Boden und Vegetation leichter zu erkennen, um deren Relevanz für die Klimawirkung besser verstehen und einordnen zu können. Die vorliegende Handlungshilfe wurde insbesondere für die Anwendung im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung entwickelt.

Im Rahmen des Projektes wurde auch ein kostenloser Rechner entwickelt (siehe Abbildungen 1 und 2), mit dem kommunale/regionale Planungsträger selbstständig abschätzen können, wie hoch der CO₂-Fußabdruck von geplanten Flächenentwicklungen ist und um wieviel die Treibhausgasemissionen durch alternative Planungsoptionen vermindert werden könnten. Der LULUCF Wirkungsrechner enthält für alle 11.000 Gemeinden in Deutschland Kennwerte (z. B. gemeindetypische Bebauungsdichte, gemeindetypische Gebäudeüberdeckung, etc.), die zur Berechnung der Treibhausgaswirkung durch Eingriffe in die natürlichen Kohlenstoffspeicher Boden und Vegetation benötigt werden.

Der LULUCF Wirkungsrechner kann von der Homepage des Umweltbundesamtes heruntergeladen werden: www.uba.de/lulucf_wirkungsrechner

Abbildung 2

Beispielergebnisse des LULUCF Wirkungsrechners



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR



Fachliche Grundlagen





Treibhausgaswirkungen des Flächenverbrauchs

Jede Baumaßnahme, z. B. die Realisierung eines neuen Wohn- oder Gewerbegebiets, beginnt in der Regel, indem die Fläche für die Bebauung vorbereitet wird (Baureifmachung): Vegetation wird entfernt und das Gelände profiliert. Zudem muss die Fläche an die vorhandene Infrastruktur angeschlossen werden. Im Außenbereich muss Infrastruktur in der Regel neu errichtet werden, d. h. es werden Straßen gebaut und technische Infrastruktur wie Trinkwasser- und Energieversorgung installiert. Außerdem werden Gebäude errichtet und genutzt.

Solche Vorhaben führen in folgenden Wirkungsbereichen zu Treibhausgaswirkungen:

- ▶ Treibhausgaswirkung der Landnutzungsänderung durch Eingriff in die natürlichen Kohlenstoffspeicher Boden und Vegetation (in der Treibhausgas-Statistik unter „LULUCF“ dargestellt, dies steht für „Land use, land use change and forestry“)
- ▶ Treibhausgaswirkung der Errichtung von technischer Infrastruktur
- ▶ Treibhausgaswirkung der Errichtung von Gebäuden
- ▶ Treibhausgaswirkung des zusätzlichen Verkehrsaufkommens
- ▶ Treibhausgaswirkung des späteren Betriebs der Gebäude (u. a. Heizung und Kühlung)

Tab. 1

Wodurch entstehen Treibhausgaswirkungen und welche Einsparpotenziale hat eine verstärkte Innenentwicklung im Vergleich zu einer Entwicklung der Vorhaben in der Außenentwicklung („auf der grünen Wiese“)?

Wirkungsbereich	Treibhausgaswirkungen Außenentwicklung	Einsparpotenziale durch Innenentwicklung (siehe Exkurs S. 13)
 Landnutzungsänderungen durch Eingriffe in Boden und Vegetation (Fokus dieser Handlungshilfe)	Verlust von Kohlenstoff in Boden und Vegetation	Schonung der Kohlenstoffvorräte, Erhalt von kontinuierlichen Kohlenstoffsinken
Errichtung technischer Infrastruktur	Verbrauch treibhausgasintensiver Materialien wie Asphalt, Beton, Stahl, usw.	Reduzierter Materialverbrauch durch Nutzung bestehender Infrastruktur
Errichtung von Gebäuden	Verbrauch treibhausgasintensiver Materialien für tendenziell kleinere Wohneinheiten, z. B. Einfamilienhäuser	Effizienterer Materialeinsatz für tendenziell größere Wohneinheiten, z. B. Mehrfamilienhäuser
Verkehrsaufkommen	Energieverbrauch für den Antrieb der Verkehrsmittel	Verringerung der durchschnittlich zurückzulegenden Distanzen
Temperierung und Betrieb der Gebäude	Energieverbrauch für Gebäudebetrieb, im Neubau insbesondere Strom	Höhere Energieeffizienz in Mehrfamilienhäusern gegenüber Einfamilienhäusern

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR

Die Treibhausgaswirkungen aufgrund von Landnutzungsänderungen stehen im Fokus dieser Handlungshilfe.

Exkurs: Innenentwicklung und Außenentwicklung

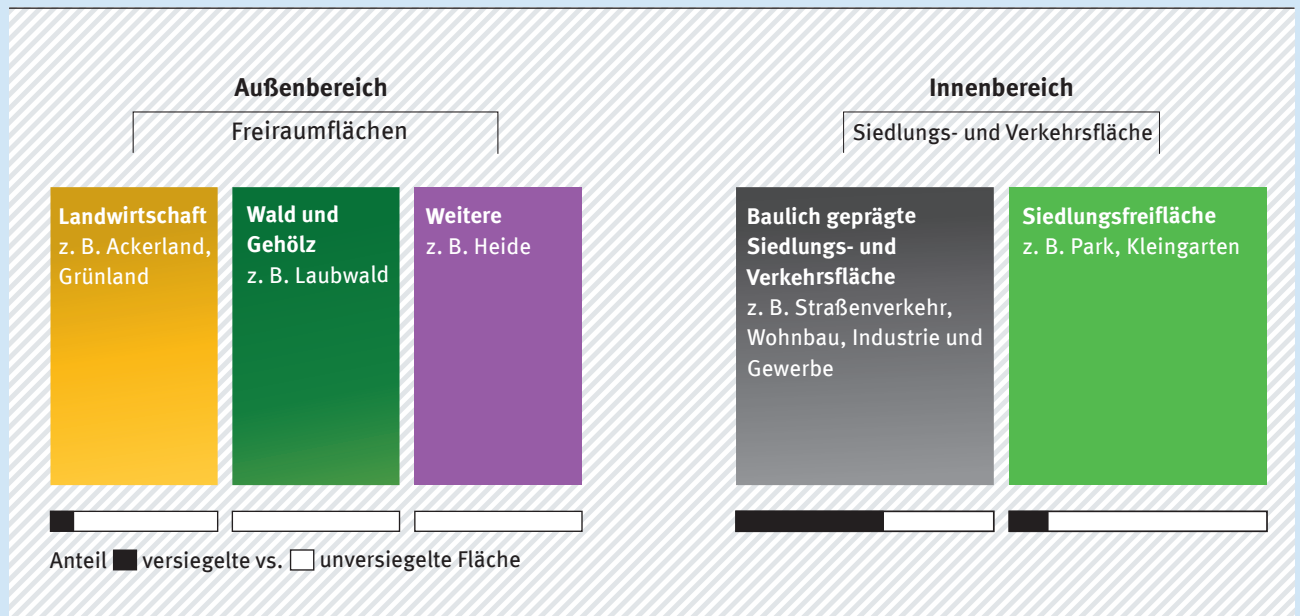
Die Innenentwicklung von Städten und Gemeinden ist ein wichtiges Instrument, um den Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche und damit den Flächenverbrauch einzudämmen. Innenentwicklung bedeutet, den Flächenbedarf auf innerörtlichen, in der Regel bereits erschlossenen Flächen zu realisieren. Dadurch werden Freiraumflächen im Außenbereich geschont und Flächenverbrauch wird vermieden. Grundsätzlich haben auch Baumaßnahmen im Innenbereich nachteilige Auswirkungen auf den Klimaschutz. Diese sind in der Regel jedoch deutlich geringer als bei der Außenentwicklung (siehe Doppelseite 28 und 29).

Mit dem Begriff **Außenentwicklung** sind in dieser Handlungshilfe somit Landnutzungsänderungen im Freiraum, d. h. außerhalb der Städte und Gemeinden, hin zu Siedlungs- und Verkehrsfläche gemeint (z. B. Wohngebiete, Gewerbegebiete, Freizeitanlagen oder Straßen).

Innenentwicklung meint in dieser Handlungshilfe dagegen alle Vorhaben, die auf bestehenden Siedlungs- und Verkehrsflächen realisiert werden (z. B. ungenutzte Industriebrachen, Bahn- oder Konversionsflächen und Baulücken). Auch die Nachverdichtung von Quartieren oder Ortsteilen, die Um- und Wiedernutzung sowie Aufstockung bestehender Gebäude werden als Innenentwicklungsmaßnahmen bezeichnet.

Abbildung 3

Nutzungsarten im Außen- und Innenbereich



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis des IÖR Flächenschemas (IÖR 2024), vereinfacht und ergänzt

Kohlenstoffvorräte in Boden und Vegetation

Änderungen in der Flächennutzung gehen in der Regel mit Erdbaumaßnahmen einher, wodurch ein Teil der in Boden und Vegetation gespeicherten Kohlenstoffvorräte freigesetzt wird und sich nachteilig auf das Klima auswirkt (siehe nachfolgenden Abschnitt). Um abzuschätzen wie viele Klimagas potenziell freigesetzt werden können, ist es wichtig zu wissen, wie viel Kohlenstoff im Boden und in der Vegetation gespeichert ist.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Kohlenstoffvorräte von unterschiedlichen Flächennutzungen, jeweils in Tonnen Kohlenstoff pro Hektar. Im oberen Bereich finden sich die häufigsten Flächennutzungen im Freiraum, also Acker- und Grünlandflächen sowie Hecken und Wald. Bezogen auf einen Hektar ist im Boden in der Regel mehr Kohlenstoff als in der Vegetation gespeichert. Der Unterschied zwischen mineralischen und organischen Böden wird im Exkurs auf S. 18 erklärt.

Zum Vergleich sind im unteren Bereich die häufigsten Nutzungsarten im Siedlungsbereich dargestellt. Auch im Boden von Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie in Siedlungsbäumen und Gehölzen sind nennenswerte Mengen Kohlenstoff gespeichert. Auf versiegelten Flächen hingegen ist der Kohlenstoffvorrat der Vegetation in der Regel vernachlässigbar.

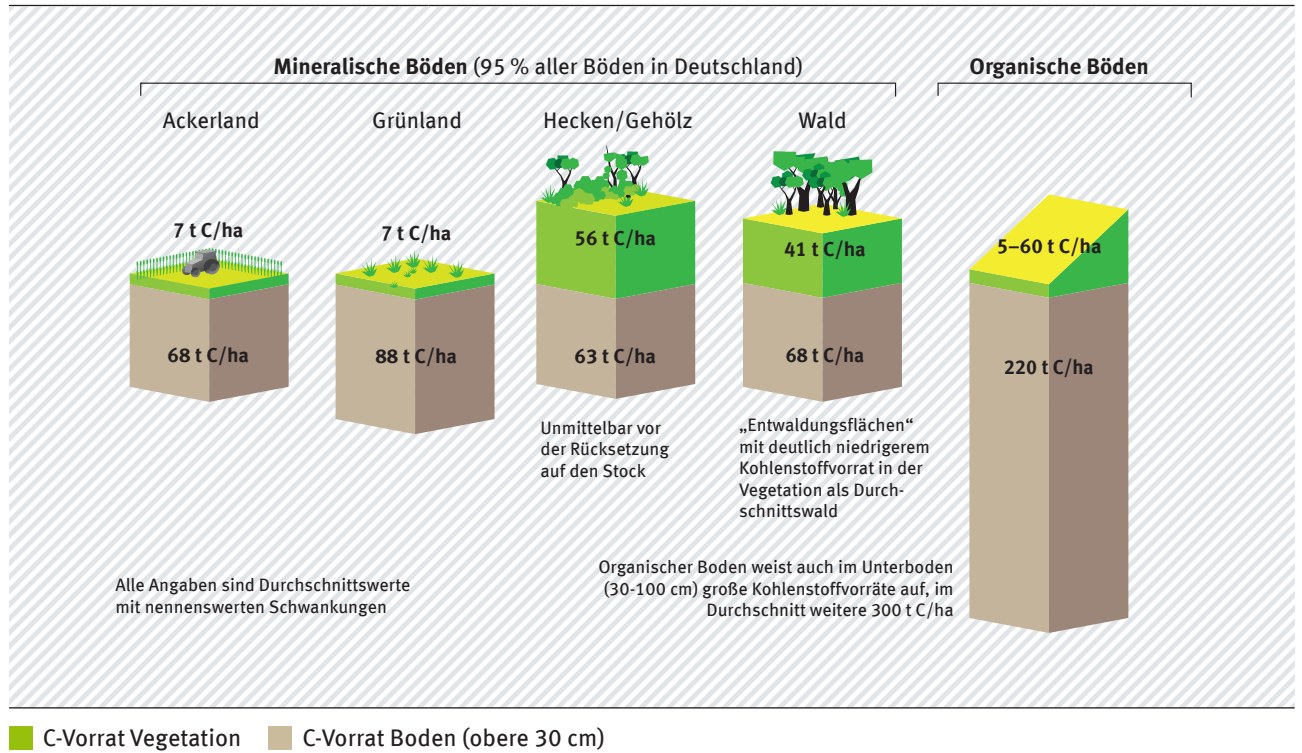
Wird eine Tonne Kohlenstoff freigesetzt, entspricht das aufgrund der Reaktion mit Sauerstoff und der höheren molaren Masse von CO_2 als C einer Treibhausgaswirkung von 3,7 Tonnen CO_2 .

Neben der Nutzungsart haben zahlreiche andere Parameter einen Einfluss auf die Kohlenstoffvorräte, beispielsweise Niederschläge oder Bodenhistorie. Insofern sind alle Werte als Durchschnitte mit nennenswerten Schwankungen zu interpretieren.



Abbildung 4

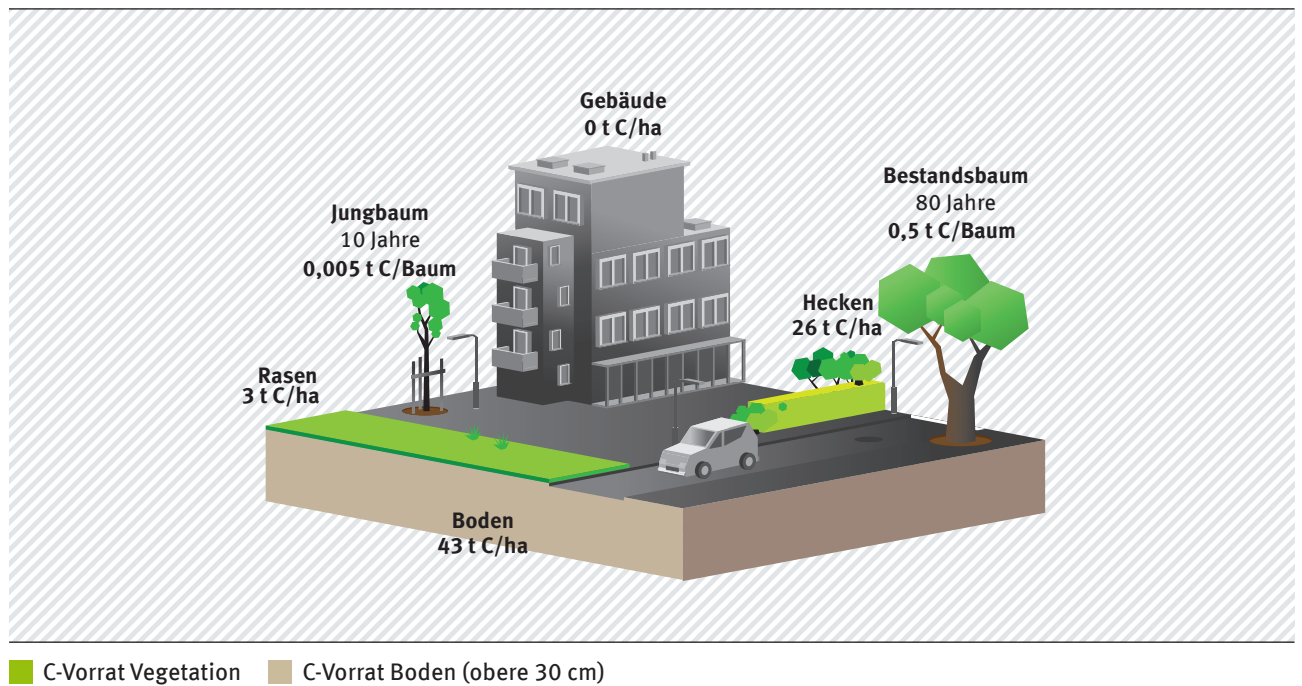
Kohlenstoffvorräte unterschiedlicher Flächennutzungen: Freiraumflächen



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR auf Basis von UBA (2023), BMEL (2019), Drexler et al. (2021) und Rötzer et al. (2019)

Abbildung 5

Kohlenstoffvorräte unterschiedlicher Flächennutzungen: Siedlungs- und Verkehrsflächen



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR auf Basis von UBA (2023), BMEL (2019), Drexler et al. (2021) und Rötzer et al. (2019)

Auswirkungen von Nutzungsänderungen auf die Kohlenstoffvorräte in Boden und Vegetation

Die Auswirkungen eines durchschnittlichen Siedlungsprojekts der Außenentwicklung auf die Kohlenstoffvorräte in Boden und Vegetation sind in Abbildung 6 illustriert (siehe Wagner et al. 2025a).

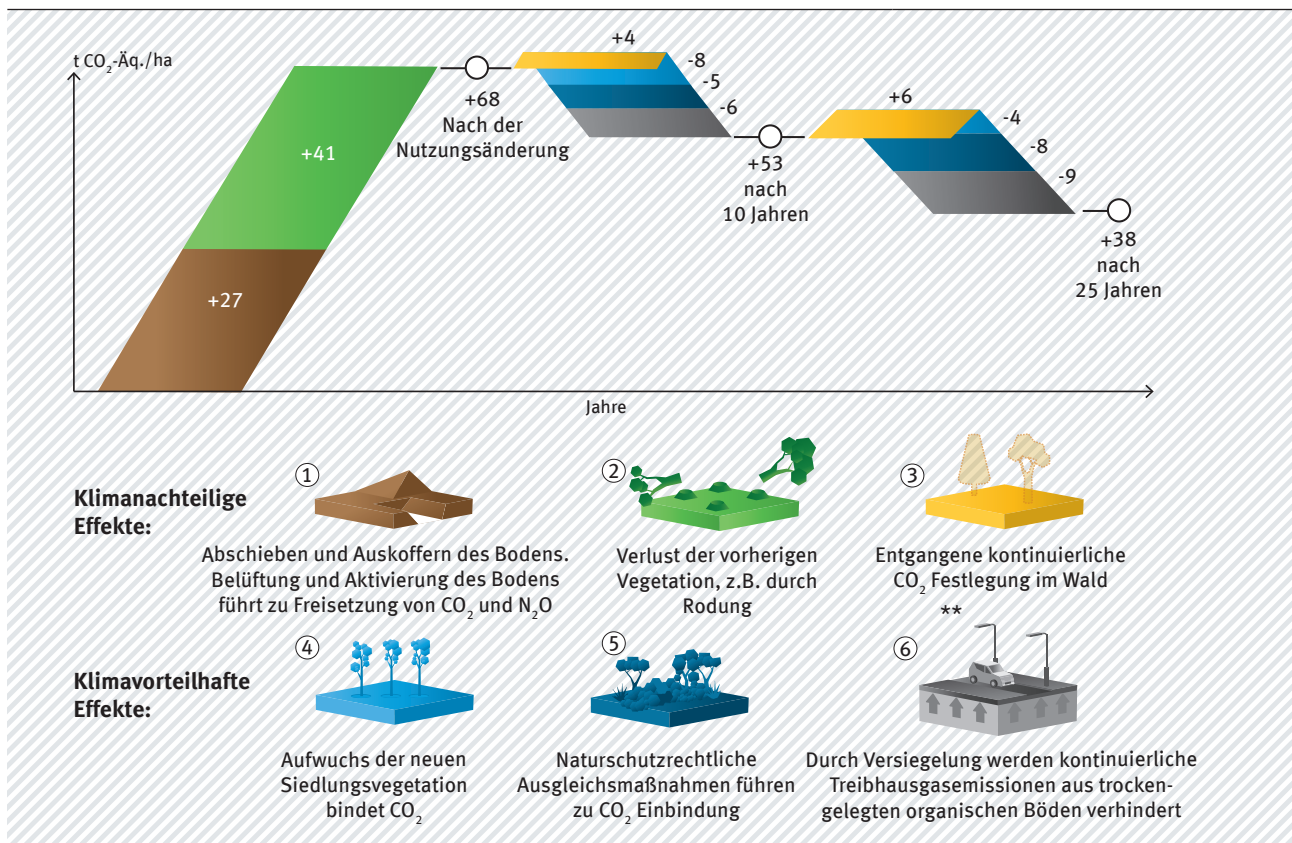
Dabei sind jeweils drei für das Klima nachteilige und drei für das Klima vorteilhafte Effekte zu unterscheiden. Die Auswirkungen durch das Abschieben bzw. Auskoffern des Bodens (Effekt 1) und durch den Verlust der vorherigen Vegetation (Effekt 2) entstehen unmittelbar durch die Baumaßnahmen. Alle anderen Effekte sind kontinuierliche Effekte, deren Wirkungen Jahr für Jahr nach der Nutzungsänderung entstehen. Auf der klimanachteiligen Seite zählt hierzu, dass die verlorene Wald-Vegetation in Zukunft keinen zusätzlichen Kohlenstoff mehr einlagern kann (Effekt 3).

Die drei klimanachteiligen Wirkungen werden durch die Kohlenstoffeinbindung in der neuen Vegetation ein Stück weit kompensiert. Neue Vegetation entsteht in neuen Siedlungen z. B. aufgrund von baurechtlichen Festsetzungen (Pflanzgebote) oder privaten Anpflanzungen (Effekt 4) oder auch außerhalb der neuen Siedlungen durch naturschutzrechtliche Ausgleichsmaßnahmen, wenn sie nicht an Ort und Stelle durchgeführt werden (Effekt 5).

Ein Sonderfall sind Siedlungsprojekte auf trockengelegten organischen Böden (Effekt 6). Hier kann eine Versiegelung des Bodens theoretisch dazu beitragen, die kontinuierlichen Treibhausgasemissionen zu verringern. Dies gilt aber nur für wenige Standorte in Deutschland und ist grundsätzlich nicht zu empfehlen (siehe Exkurs auf S. 18).

Abbildung 6

Treibhausgaswirkungen des Flächenverbrauchs (LULUCF) Wirkung einer durchschnittlichen Außenentwicklungsmaßnahme in Tonnen CO₂-Äquivalente* pro Hektar



* Da neben CO₂ teilweise auch andere Treibhausgase wie Methan oder Lachgas eine Rolle spielen, werden die Treibhausgaswirkungen mithilfe der aktuellen IPCC-Umrechnungsfaktoren in der Einheit „CO₂-Äquivalente“ („CO₂-Äq.“) angegeben.
** Effekt 6 umfasst mitunter auch veränderte Emissionsfaktoren durch Nutzungsänderungen ohne Versiegelung.
Weitere klimarelevante Effekte (nicht quantifiziert): Anstieg des Kohlenstoffvorrats im Boden nach Nutzungsänderung in Siedlungsfläche, u. a. durch Düngung und Bewässerung; Auf dem umgenutzten Standort verringerte landwirtschaftliche Aktivität (Düngemittel, Traktor, ...); Indirekte Landnutzungsänderungen/Verdrängungseffekte; Veränderte Oberflächenalbedo.

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR Methodische Aktualisierungen im [Nationalen Inventardokument aus dem Jahr 2025](#) (u. a. Wald und landwirtschaftlich genutzte mineralische Böden als Kohlenstoffquellen) konnten in diesen Darstellungen nicht mehr berücksichtigt werden.

Ein durchschnittliches Siedlungsprojekt der Außenentwicklung verursacht in der Summe über einen Wirkungszeitraum von 25 Jahren etwa 38 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar zusätzlicher Siedlungs- und Verkehrsfläche. Der Großteil der Wirkung resultiert aus Effekten 1 und 2 und entsteht unmittelbar bei der Nutzungsänderung. Innenentwicklungsprojekte verursachen deutlich weniger Treibhausgasemissionen, siehe Doppelseite 28 und 29.

Tabelle 2 stellt die Treibhausgaswirkungen für sämtliche Vorher-Nachher-Konstellationen dar.

Lesehilfe: Wenn 2 ha Ackerland (mineralischer Boden) zur Hälfte versiegelt wird und auf der anderen Hälfte niedrige Vegetation entsteht, führt das insgesamt über einen Wirkungszeitraum von 25 Jahren zu einer Treibhausgaswirkung von 42 + 14 = 56 t CO₂-Äq. Wird außerdem 1 ha Streuobst in Gebüsch/Gehölz umgenutzt, reduziert sich die Treibhausgaswirkung um 49 t CO₂-Äq., sodass sich insgesamt für die 3 ha 56 - 49 = 7 t CO₂-Äq. ergeben. Weitere Erläuterungen finden sich in Wagner et al. 2025 b, Kap. 4. Greifen Sie darauf zu, um die Treibhausgasemissionen Ihrer individuellen Planungen abzuschätzen. Nutzen Sie alternativ dazu den LULUCF Wirkungsrechner (siehe S. 7/8).

Tab. 2

Treibhausgaswirkungen sämtlicher Vorher-Nachher-Konstellationen auf mineralischem Boden
in Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar und 25 Jahren Wirkungszeitraum

Nach Flächenneuanspruchnahme ↳ Vor Flächenneuanspruchnahme	Siedlungs- und Verkehrsfläche		
	Versiegelt	Niedrige Vegetation/ Rasen	Gebüsch/Hecken/ Gehölz
Ackerland	42	14	-65
Grünland	52	16	-63
Streuobst	66	29	-49
Gartenland	42	14	-65
Obstbau	66	36	-43
Weinbau	22	-1	-80
Sonstige Landwirtschaftsfläche	42	14	-65
Laubwald	283	253	174
Nadelwald	301	271	193
Mischwald	292	262	183
Gehölz	201	173	94
Heide	15	-21	-100
Unland	-13	-24	-103
SuV: versiegelt	–	-6	-85
SuV: niedrige Vegetation	34	14	-65
SuV: Gebüsch/Gehölz/Hecken	113	93	14

Positives Vorzeichen: Treibhausgasemission; Negatives Vorzeichen: Treibhausgaseinsparung.

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR

Exkurs: Organische Böden

Es gibt mineralische und organische Böden in Deutschland. Organische Böden sind Moorböden, Moorfolgeböden oder Anmoore, die über lange Zeiträume große Mengen an Kohlenstoff gebunden haben. Organische Böden weisen deutlich höhere Kohlenstoffvorräte im Boden auf als mineralische Böden (siehe Abb. 3). Organische Böden machen ungefähr 5 % aller Böden in Deutschland aus.

In Deutschland sind weite Teile der organischen Böden durch den Menschen, z. B. zum Torfabbau und anschließender landwirtschaftlicher Nutzung, trockengelegt worden. Sobald organische Böden trockengelegt werden, gelangt Sauerstoff in den Boden und der kohlenstoffreiche Torf wird zersetzt. So gelangt der Bodenkohlenstoff in Form von CO₂ in die Atmosphäre. Dieser Jahrzehnte bis Jahrhunderte andauernde kontinuierliche Prozess ist aktuell für ca. 7 % der jährlichen Treibhausgasemissionen Deutschlands verantwortlich.

Besonders viele organische Böden befinden sich in Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Bayern und Schleswig-Holstein. Aber auch in allen anderen Bundesländern gibt es organische Böden. Schlagen Sie beispielsweise in öffentlich verfügbaren GIS-Dateien nach, wo sich organische Böden befinden.¹ Weitere Informationen sind unter anderem im deutschen Mooratlas aufbereitet.

Es ist wichtig, die noch intakten, d. h. feuchten organischen Böden zu schützen und keinesfalls trocken-zulegen. Gemäß der Nationalen Moorschutzstrategie sollen vielmehr bereits trockengelegte organische Böden wiedervernässt werden.² Dies soll laut Bundesklimaschutzgesetz die Emissionen bis 2030 um fünf Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr verringern.

Werden trockengelegte organische Böden versiegelt, wird dadurch die kontinuierliche Emission, die ansonsten stattgefunden hätte, unterbunden (siehe der klimavorteilhafte Effekt 6 in Abb. 6). Es wurden bisher allerdings noch keine konkreten wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Treibhausgasemissionen von Bauvorhaben auf trockengelegten organischen Böden durchgeführt. Insbesondere bei den Wirkungen, die sich durch eine Verbringung des abgeschobenen und ausgekofferten Bodens ergeben, bestehen Unsicherheiten. Wird der Boden nicht wieder auf demselben Baugrundstück verbracht, sondern auf mineralischem Boden abgelegt, ist auch eine Beschleunigung der Treibhausgasemissionen aus dem Abbau der organischen Substanz denkbar, so dass verstärkte klimanachteilige Effekt eintreten würden. Darüber hinaus stehen die bebauten und die angrenzenden Flächen nicht mehr für eine Wiedervernässung zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund ist eine Bebauung bzw. Versiegelung trockengelegter organischer Böden keine empfehlenswerte Maßnahme zur Verbesserung der Klimabilanz – weder von Einzelvorhaben noch bundesweit.

¹ Ein GIS-Layer kann beispielsweise bei Tegetmeyer et al. 2021 heruntergeladen werden.
² BMUV (2022)



Flächenbelegung vor und nach der Siedlungsentwicklung



Die durchschnittliche Flächenbelegung vor und nach der Siedlungsentwicklung ist in Abbildung 7 dargestellt. Wichtig: Die dargestellte Flächenbelegung umfasst nicht die gesamte Siedlungs- und Verkehrsfläche. Von der Verkehrsfläche werden nur die innerhalb der Siedlungsfläche neu gebauten Straßen, Wege oder Plätze berücksichtigt. Überregionale Verkehrsflächen außerhalb der Siedlungsbereiche wie Autobahnen, Bundesstraßen usw. sind nicht enthalten.

Siedlungsfläche im Außenbereich entstand überwiegend auf Ackerland (42,6 %) oder Grünland (29,9 %). Auch Waldflächen wurden zu Siedlungs- und Verkehrsflächen umgenutzt (8,2 %). Auf trockengelegten organischen Böden wurde die Siedlungs- und Verkehrsfläche nur in geringem Umfang ausgedehnt (3,6 %)³.

Wo seit den 1970er Jahren Siedlungsfläche im Außenbereich entstanden ist, wurde diese zu etwa 52 % versiegelt. Neben den Gebäuden tragen dazu auch die Straßen, Parkplätze, Carports, Terrassen, Einfahrten und sonstigen öffentlichen oder privaten Bodenversiegelungen bei. Etwa 48 % der umgenutzten Flächen blieben unversiegelt und sind mit Rasen (47 %) oder Gehölz/Hecken (knapp 1 %) bewachsen. Darüber hinaus befinden sich im Schnitt etwa 30 Bäume mit einer Höhe von mindestens drei Metern auf einem Hektar Siedlungs- und Verkehrsfläche.⁴

Die konkreten Planungen von Gemeinden können im Einzelfall von den in Abbildung 7 dargestellten Durchschnittswerten abweichen. Nutzen Sie daher Tabelle 2 dieser Handlungshilfe sowie den LULUCF Wirkungsrechner (siehe S. 7/8), um Ihre konkreten Planungsvorhaben abzubilden.

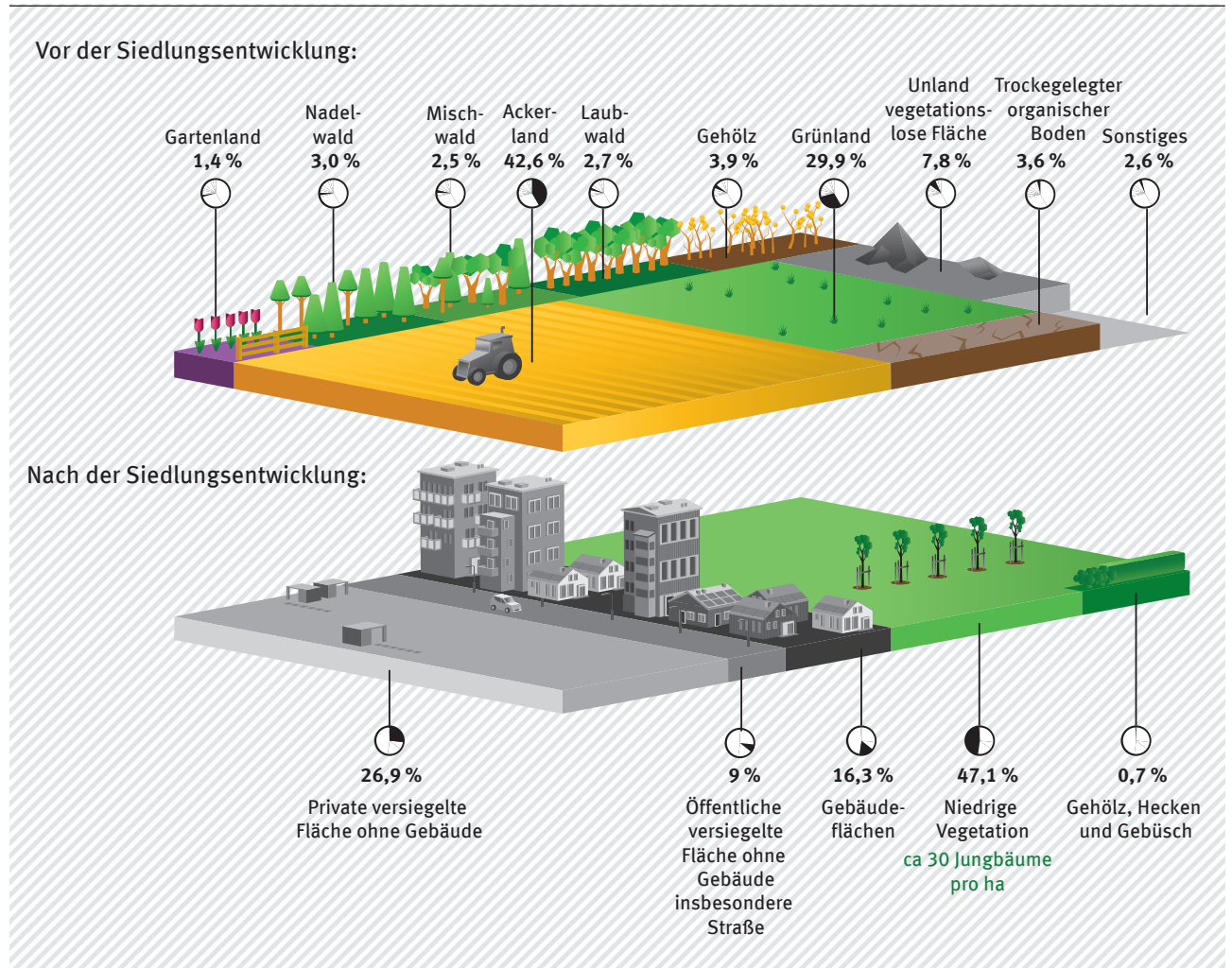
³ Die Zahlen in diesem Absatz wurden im Rahmen des vorliegenden Projekts durch eine GIS-Analyse auf Basis von Geodaten des IÖR erhoben, Details siehe Wagner et al. 2025 b.

⁴ Die Zahlen in diesem Absatz wurden im Rahmen des vorliegenden Projekts durch eine Luftbildgestützte Auswertung der Firma mundialis erhoben, Details siehe Wagner et al. 2025b.

Abbildung 7

Flächenanteile vor und nach der Entstehung von Siedlungsfläche im Außenbereich

Bundesdurchschnitt



Spezialfälle wie z. B. Gründächer, Pflanzen in Kübeln oder Tiefgaragen, die unterhalb von Vegetationsflächen liegen, sind nicht Teil der Betrachtungen.

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR

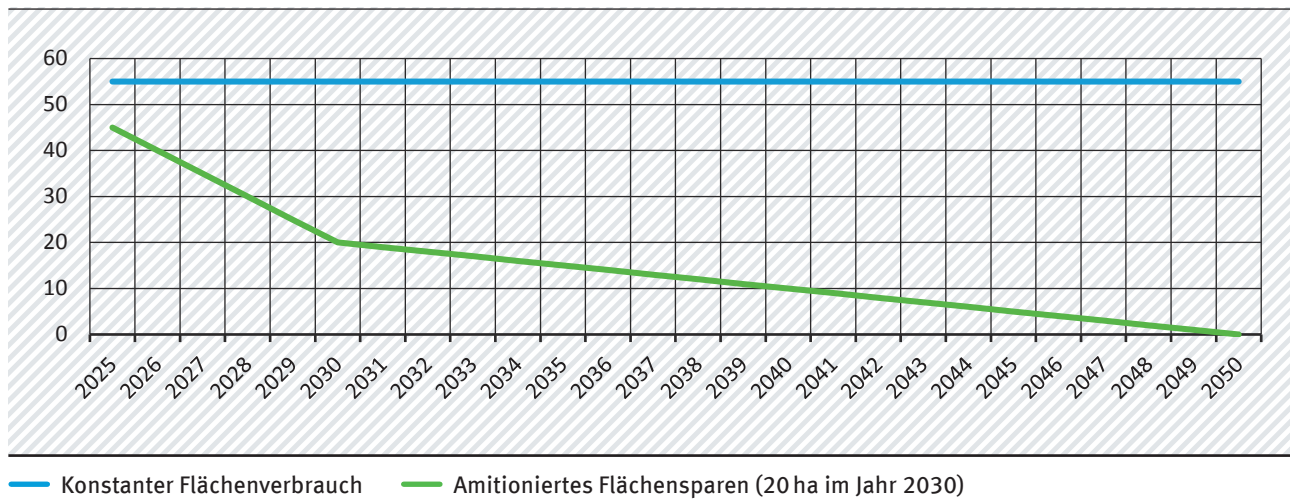
Treibhausgaseinsparpotenziale

Die Wirkung einer reduzierten Flächenneuinanspruchnahme lässt sich bestimmen, indem zwei Szenarien miteinander verglichen werden: Im Szenario „Konstanter Flächenverbrauch“ bleibt die Flächenneuinanspruchnahme unverändert hoch bei über 50 Hektar pro Tag (blaue Linie). Im Szenario „Ambitioniertes Flächensparen“ gelingt es, in Deutschland die Flächenneuinanspruchnahme

über 20 Hektar pro Tag im Jahr 2030 auf 0 Hektar pro Tag im Jahr 2050 zu reduzieren (grüne Linie). Die dadurch nicht im Außenbereich realisierte neue Siedlungs- und Verkehrsfläche wird durch eine verstärkte Innenentwicklung kompensiert.

Abbildung 8

Szenarien der Flächenneuinanspruchnahme in Deutschland in Hektar pro Tag



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR

Die außerplanmäßige Revision der Indikatorwerte für den Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche durch [das Statistische Bundesamt im August 2025](#) (für das Jahr 2022: 49 anstatt 52 Hektar pro Tag) konnte in diesen Darstellungen nicht mehr berücksichtigt werden.



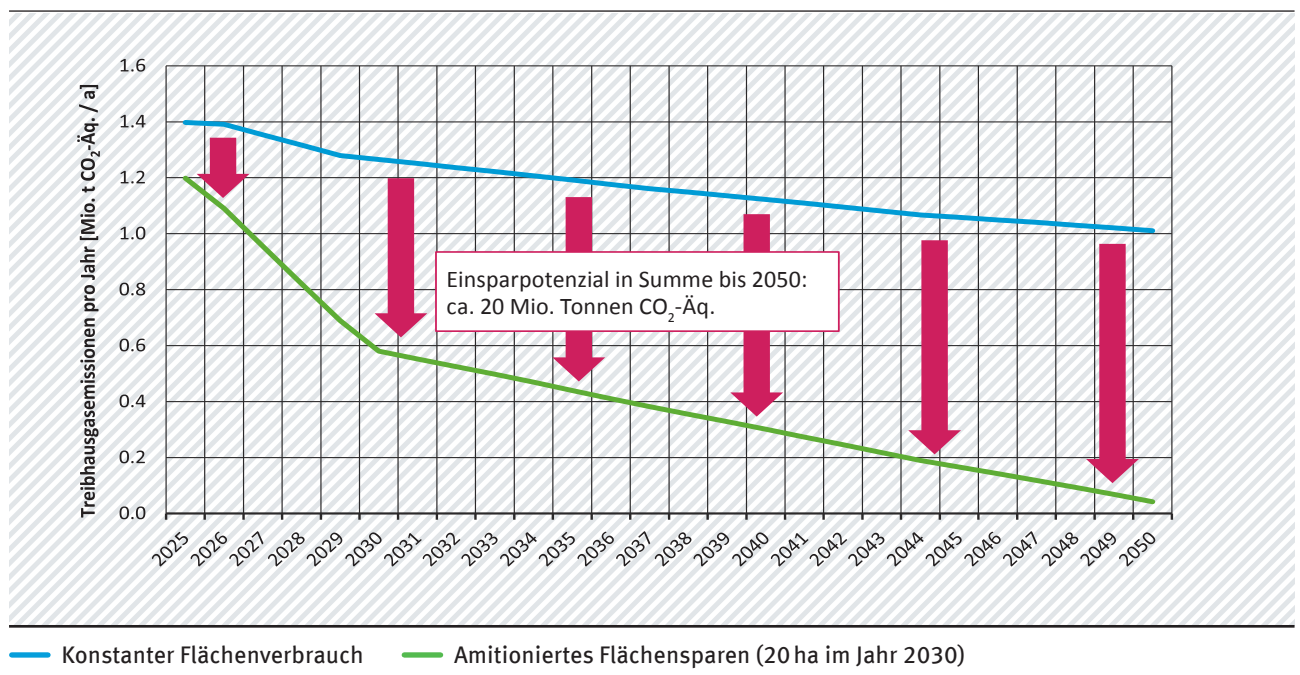
Der unveränderte Anstieg von über 50 Hektar pro Tag im Szenario „Konstanter Flächenverbrauch“ bewirkt im Jahr 2025 Treibhausgasemissionen in Höhe von etwa 1,4 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr. Durch den Aufwuchs der Vegetation auf den neuen Siedlungsflächen, durch die naturschutzrechtlichen Ausgleichsmaßnahmen sowie durch die Verhinderung von Emissionen aus trockengelegten organischen Böden reduzieren sich die jährlichen Treibhausgasemissionen durch die Flächenneuanspruchnahme von anfänglich etwa 1,4 im Jahr 2025 auf etwa 1,0 Million Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr im Jahr 2050 (blaue Linie in Abbildung 9).

Demgegenüber sind die Treibhausgasemissionen der Flächenneuanspruchnahme im Szenario „Ambitioniertes Flächensparen“ bereits 2030 nur noch halb so hoch (grüne Linie). Dies entspricht jährlichen Emissionseinsparungen von über einer halben Million Tonnen CO₂-Äquivalenten. In der Summe lassen sich über den Zeitraum 2025–2050 Treibhausgase in Höhe von ungefähr 20 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten durch eine verstärkte Innenentwicklung einsparen.

Auch bei einer weniger ambitionierten Reduktion der Flächenneuanspruchnahme auf 30 ha im Jahr 2030 ergeben sich nennenswerte Treibhausgaseinsparungen von ca. 16 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten (siehe Wagner et al. 2025 a, Kap. 4.3).

Abbildung 9

Treibhausgasemissionen der Flächenneuanspruchnahme in Deutschland und Einsparpotenziale durch ambitioniertes Flächensparen



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR



Handlungsempfehlungen





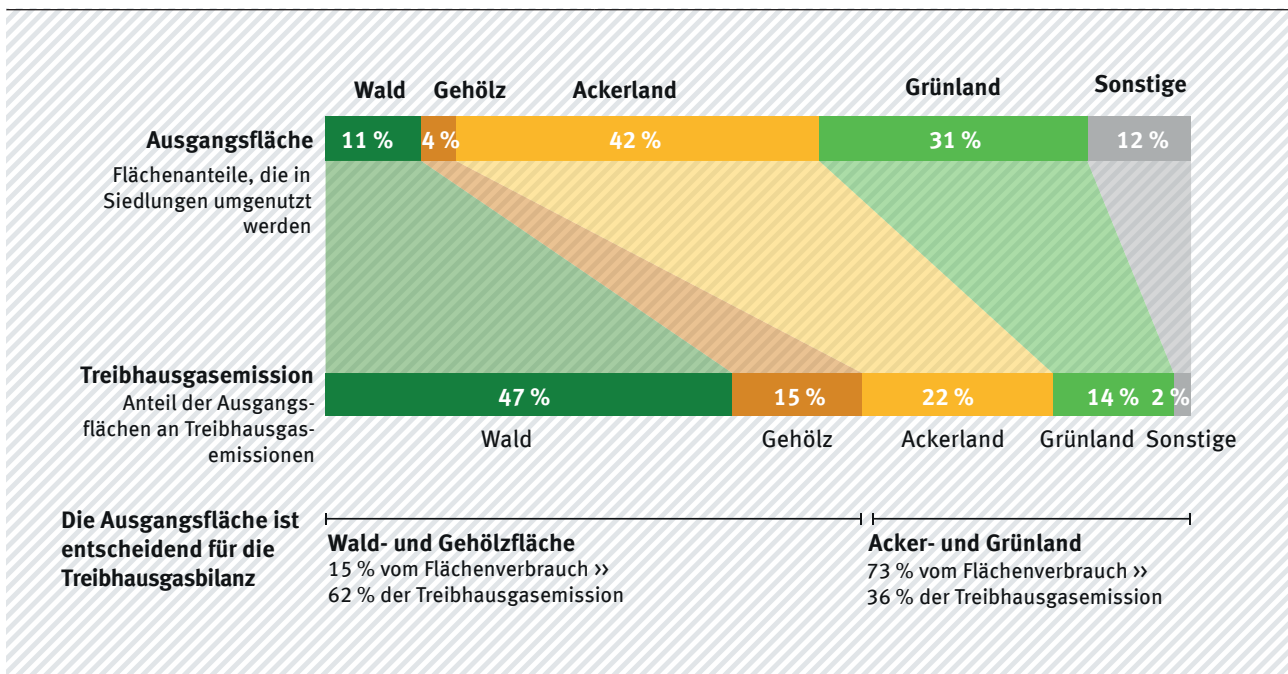
Wälder und Gehölze als Kohlenstoffspeicher erhalten

Wälder und Gehölze speichern deutlich mehr Kohlenstoff in ihrer Vegetation als andere Nutzungsarten des Freiraums. Die Nutzungsänderung eines Hektars Wald in Siedlungs- und Verkehrsfläche verursacht über sechs Mal höhere Treibhausgasemissionen als die Nutzungsänderung eines Hektars Ackerland.⁵

Im Durchschnitt über die Jahre 2013–2020 fand etwa 15 % der Flächenneuanspruchnahme für Siedlungsprojekte und außerörtliche Verkehrsflächen auf Wald oder Gehölzflächen statt. Der Anteil an den gesamten durch Flächenneuanspruchnahme verursachten Treibhausgasemissionen liegt hingegen bei etwa 50 %, bezogen auf einen Wirkungszeitraum von 25 Jahren. Besonders hoch ist der Waldanteil bei überörtlichen Verkehrsprojekten.

Abbildung 10

Treibhausgaswirkung der Nutzungsänderung von Wald- und Gehölzflächen



Inklusive außerörtlicher Verkehrsflächen

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR

Es liegt also in Ihrer Hand: Verhindern Sie die Rodung von Wäldern und Gehölzen. Denn schon kleine Flächenanteile können die Treibhausgasbilanz Ihres Projektes deutlich verschlechtern.

⁵ Dieser deutliche Unterschied ergibt sich trotz folgender Modellannahmen: 1) Die Kohlenstoffvorräte der Waldflächen, die zu Siedlungs- und Verkehrsflächen umgenutzt werden, sind mit lediglich etwa 40 t C deutlich kleiner als die Kohlenstoffvorräte durchschnittlicher Waldflächen. Diese Annahme beruht auf Untersuchungen des Thünen-Instituts zu „Entwaldungsflächen“ (UBA 2023, Kap. 6.1.2.3.8). 2) Es wird berücksichtigt, dass das Holz aus der Rodung der Wälder (i) zu einem Teil marktfähig ist und dadurch Holzzertern an anderen Orten ersetzt und (ii) teilweise stofflich genutzt wird, sodass die Freisetzung als CO₂ zeitlich verzögert eintritt. Beide Aspekte führen zu einer Verringerung der CO₂-Freisetzung durch die Rodung des Waldes (Wagner et al. 2025b).

Dichter bauen

Ein Neubaugebiet im Außenbereich ist für Ihre Kommune unumgänglich? Durch eine Erhöhung der städtebaulichen Dichte können Sie dieselbe Anzahl an Wohn- oder Gewerbeeinheiten wie in Ihrer ursprünglichen Planung auf weniger Fläche realisieren.

Je kleiner die Fläche, auf der gebaut wird, desto mehr Treibhausgasemissionen werden eingespart. Auch Flächen ohne Vegetation speichern Kohlenstoff im Boden. Das Abschieben, Auskoffern, Zwischen- und

Endlagern von Böden führt zu Verlusten im Kohlenstoffvorrat im Untergrund.

Ihre Kommune profitiert auch in anderer Hinsicht von einer erhöhten städtebaulichen Dichte: So wird Ihr Kommunalhaushalt von weniger Infrastrukturkosten pro Einwohnerin und Einwohner belastet und Ihre Bürgerinnen und Bürger zahlen weniger Netzkosten über ihre jährlichen Gebühren (siehe z.B. Gutsche 2009).



Bebauung im Außenbereich vermeiden und Innenentwicklung betreiben

Bei der Innenentwicklung werden Freiraumflächen, also insbesondere Äcker, Grünlandflächen sowie kohlenstoffreiche Wälder geschont. Stattdessen werden bereits vorhandene Siedlungs- und Verkehrsflächen intensiver oder nach längerer Zeit erstmalig wieder genutzt.

Innenentwicklung erfolgt in der Praxis in sehr unterschiedlichen Formen, sei es auf Ebene der Einzelgebäude oder auf der Ebene von größeren Entwicklungsflächen (siehe Abbildung 11).

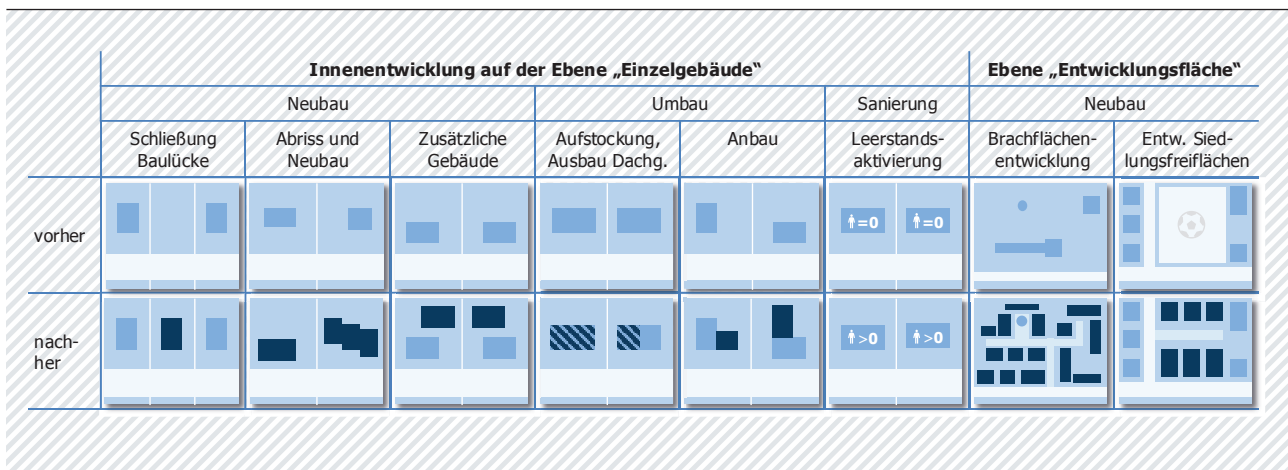
Die Treibhausgaswirkung dieser unterschiedlichen Formen der Innenentwicklung ist vom Umfang der zusätzlichen Bebauung, dem Umgang mit dem Bestandsgrün sowie dem Bodentyp abhängig. Im Mittel

erzeugen die Innenentwicklungsformen „Abriss und Neubau“, „Zusätzliche Gebäude“, „Aufstockung“ und „Anbau“ weniger Treibhausgase pro Hektar Innenentwicklungsfläche als die Formen „Schließung von Baulücken“, „Brachflächenentwicklung“ und „Bebauung von Siedlungsfreiflächen“, weil bei letzteren häufig mehr Bestandvegetation (Grünflächen, Bäume, Gebüsch) verloren geht.

Gleichwohl ist die Innenentwicklung mit Abstand klimafreundlicher als die Außenentwicklung. Wie Abbildung 12 zeigt, entstehen pro Hektar Außenentwicklung über fünf Mal so viele Treibhausgase wie bei einer Innenentwicklung mit dem gleichen Umfang an zusätzlich geschaffener Geschossfläche.

Abbildung 11

Formen von Innenentwicklung

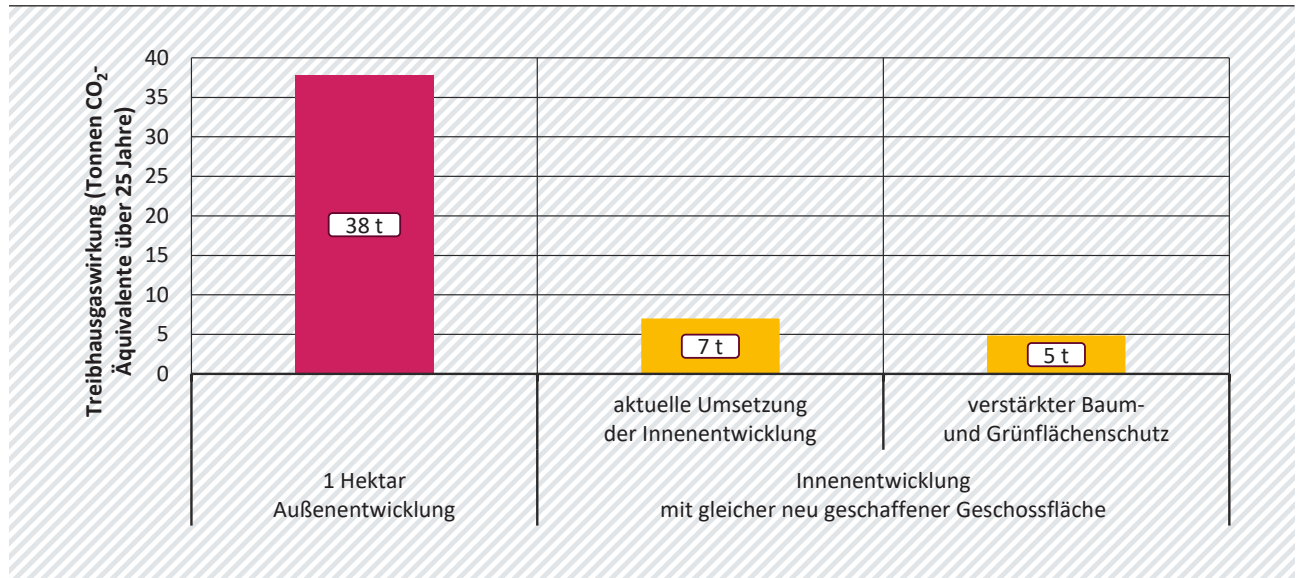


Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR

Abbildung 12

Vergleich: Treibhausgaswirkung der Außen- und Innenentwicklung

Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar Außenentwicklung bzw. einer Innenentwicklung mit gleichem Umfang an neu geschaffener Geschossfläche (jeweils Bundesschnitt über unterschiedliche Dichten, Nutzungen und Böden)



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut/GGR

Wie Abbildung 12 ebenfalls zeigt, bietet die Umsetzung der Innenentwicklung sogar noch weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der Treibhausgaswirkung. So ergibt sich die Treibhausgaswirkung von Innenentwicklungsmaßnahmen zu nennenswerten Teilen aus der Fällung von Bestandsbäumen und der Nutzungsänderung von Grünflächen (vgl. Effekt 2 in der Abbildung 6). Wie groß der Kohlenstoffvorrat eines Bestandsbaumes ist, lässt sich anhand der folgenden Formel⁶ abschätzen:

Wie die Vergleichsdarstellung zeigt, lassen sich durch einen behutsamen Umgang mit Bestandsbäumen und städtischen Grünflächen die mit der Innenentwicklung verbundenen Treibhausgasemissionen noch einmal um etwa 30% senken. Achten Sie daher auf die Erhaltung der Bestandsbäume und der Grünflächen auf Ihrem Gemeindegebiet. Auch das Mikroklima und die lokale Biodiversität profitieren davon.

Kilogramm Kohlenstoffvorrat pro Einzelbaum

$$= 0,34 \times \text{Kronenschirmfläche (in qm)}^{0,71} \times \text{Höhe (in m)}^{1,78}$$



⁶ Die Originalformel wurde von Kändler et al. (2011) entwickelt und veröffentlicht. Die hier wiedergegebene Formel wurde leicht verändert, um den ober- und unterirdischen Kohlenstoffvorrat anstelle der im Original abgebildeten oberirdischen Trockenbiomasse ermitteln zu können. Die Kronenschirmfläche bezeichnet die Fläche, die von der Baumkrone überdeckt wird.



Quellenverzeichnis

BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019):

Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands. Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. https://www.thuenen.de/media/institute/ak/Allgemein/news/Bodenzustandserhebung_Landwirtschaft_Kurzfassung.pdf

BMUV, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022):

Nationale Moorschutzstrategie. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nationale_moorschutzstrategie_bf.pdf

Drexler, S.; Gensior, A.; Don, A. (2021):

Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. In: Springer [Hrsg.]: Regional Environmental Change, Volume 21, article number 74. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10113-021-01798-8.pdf>

Gutsche, J.-M. (2009):

Flächeninanspruchnahme: Kostenstrukturen und Rahmenbedingungen. Siedeln kostet Geld. Kostenstrukturen und Rahmenbedingungen der Baulandentwicklung. In: Thomas Preuß, Holger Floeting (Hrsg.) (2009): Folgekosten der Siedlungsentwicklung. Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen-Betrachtung. https://difu.de/sites/default/files/media_files/publikationen/Band%20III%20Folgekosten-web-end%20neu.pdf

IÖR, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (2024):

Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor). <https://www.ioer-monitor.de/methodik/>

Kändler, G.; Adler, P.; Hellbach, A. (2011):

Konzept zur Erfassung der Kohlenstoff-Speicherleistung von Stadtbäumen am Beispiel der Stadt Karlsruhe. Stand 31. Juli 2011. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Abt. Biometrie und Informatik. Freiburg. https://www.researchgate.net/publication/285375225_Wie_viel_Kohlenstoff_speichern_Stadtbäume_Eine_Fallstudie_am_Beispiel_der_Stadt_Karlsruhe

Rötzer, T.; Rahman, M. A.; Moser-Reischl, A.; Pauleit, S.; Pretzsch, H. (2019):

Process based simulation of tree growth and ecosystem services of urban trees under present and future climate conditions. In: Science of The Total Environment, Volume 676, Elsevier Ltd, S.651–664. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.235>

Tegetmeyer, C.; Barthelmes, K.-D.; Busse, S.; Barthelmes, A. (2021):

Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands. 2., überarbeitete Fassung. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 01/2021 (Selbstverlag, ISSN 2627-910X), 10 S. <https://www.greifswaldmoor.de/gmc-schriftenreihe.html>

UBA (2023):

Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2023 – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2021. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/28_2023_cc_berichterstattung_unter_der_klimarahmenkonvention.pdf

Wagner, T.; Hennenberg, K.; Gutsche, J.-M. (2025a):

Treibhausgaseinsparpotenziale einer reduzierten Flächenneuinanspruchnahme in Deutschland. Ergebnisband. Forschungskennzahl 3721 15 103 0. Im Auftrag des Umweltbundesamts.

Wagner, T.; Hennenberg, K.; Gutsche, J.-M. (2025b):

Treibhausgaseinsparpotenziale einer reduzierten Flächenneuinanspruchnahme in Deutschland. Methodikband. Forschungskennzahl 3721 15 103 0. Im Auftrag des Umweltbundesamts.



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurmlink: bit.ly/2dowYYI