



WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN LANDNUTZUNG UND KLIMAWANDEL

AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE DES FORSCHUNGSVORHABENS CC-LANDSTRAD
HERAUSGEGEBEN VOM THÜNEN-INSTITUT BRAUNSCHWEIG | APRIL 2016



Herausgeber

Thünen-Institut für Ländliche Räume
 Johann Heinrich von Thünen-Institut,
 Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
 Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

Autoren:

J. Fick, H. Gömann, S. Baum, R. Dechow, P. Elsasser, N. Ermisch, R. Goetzke,
 U. Grabski-Kieron, M. Gutsch, M. Hellmich, M. Henseler, J. Hirschfeld,
 J. Hoymann, P. Kreins, P. Lasch-Born, M. Raabe, J. Sagebiel, R. Siebert,
 A. Steinführer, R. Steinhäuser, P. Weingarten, P. Weller

Zitierungshinweis:

Fick, J. et al. (2016): Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und
 Klimawandel. Ausgewählte Ergebnisse des Forschungsvorhabens
 CC-LandStraD. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.

Konzept und Gestaltung

Buck et Baumgärtel, www.bb-ulm.eu

Auflage: 250 Stück

Stand: April 2016

ISBN 978-3-86576-158-3

I. Einleitung 02
 Vorwort 04
 Forschungsrahmen und methodischer Ansatz 05

II. Landnutzung gestern – heute – morgen 14
Landnutzung gestern und heute 16
 Landnutzung in Deutschland 1992 – 2013 16
 Landnutzung in den Fokusregionen Altmark und Rhein 1992 – 2013 17
 Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland 1992 – 2012 18
 Entwicklung der Landwirtschaftsfläche in Deutschland 1992 – 2012 21
 Landwirtschaftlich genutzte Flächen in den Fokusregionen Altmark und Rhein 23
 Entwicklung der Waldflächen in Deutschland 1992 – 2012 24
 Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung 25
Landnutzung morgen: Projektion 2030 26
 Landnutzung in Deutschland 2010 – 2030 26
 Landnutzung in den Fokusregionen Altmark und Rhein 2010 – 2030 27
 Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche 2010 – 2030 28
 Entwicklung der Landnutzung auf kleinräumiger Ebene 29
 Entwicklung der Landwirtschafts- und Waldfläche 2010 – 2030 30
Landnutzungskonkurrenzen und -konflikte 32
 Landnutzungskonflikte in Deutschland 34
 Landnutzungskonflikte in den Fokusregionen 35

III. Gestaltungsprinzipien für heute und morgen 36
Maßnahmen, Modellierung und Prozess 38
Siedlung und Verkehr 42
 Maßnahme 1: Stärkung der Innenentwicklung 42
 Maßnahme 2: Erhalt und Entwicklung innerstädtischer Freiflächen 44
 Maßnahme 3: Stärkung des Hochwasserschutzes 48
Landwirtschaft 50
 Referenz-Szenario Landwirtschaft 50
 Maßnahme 1: Wiedervernässung organischer Böden 52
 Maßnahme 2: Steigerung der Düngereffizienz von mineralischem
 und organischem Dünger 56
Wald 60
 Regionale Zahlungsbereitschaft für mehr Wald 60
Fazit 62

IV. Ausstellung »Land Nutzen Leben« 64

V. Anhang
Maßnahmendefinitionen, Quellen und Literaturangaben 68

I. Einleitung

Land ist eine nicht vermehrbare und nicht bewegliche Ressource. Für uns Menschen ist Landnutzung lebenswichtig.

Vorwort

Die Minderung der Treibhausgasemissionen ist notwendig, um unabsehbare negative Folgen des Klimawandels zu vermeiden. Die Landnutzung kann zum Klimaschutz wichtige Beiträge leisten.

Land wird in Deutschland intensiv genutzt. Die Landnutzung erfüllt vielfältige gesellschaftliche Anforderungen wie die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln, Energie und Holz. Sie ist für die Erbringung ökologischer Leistungen unerlässlich. Sie prägt unsere Kulturlandschaft und stellt Fläche für Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur sowie Erholung bereit. Zunehmend wird der Beitrag der Landnutzung zum Klimawandel thematisiert und diskutiert, wie die Landnutzung zum Klimaschutz beitragen kann.

Deutschland hat sich verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen bis 2030 um 55 % gegenüber 1990 zu reduzieren und bis 2050 um 80 bis 95 %. Hierzu kann und muss die Landnutzung wichtige Beiträge leisten. Beispielsweise kann der in Böden und Biomasse gebundene Kohlenstoff durch geeignetes Landmanagement erhalten bzw. vergrößert werden. Weitere Möglichkeiten bestehen zum Beispiel darin, die Stickstoffeffizienz der Düngung zu verbessern und dadurch Emissionen von Lachgas zu verringern oder durch die Produktion erneuerbarer Energien fossile Energieträger und damit Kohlendioxidemissionen zu reduzieren.

Die Landnutzung ist aber auch Verursacher von Treibhausgasemissionen. Etwa 11 % der deutschen Treibhausgasemissionen entfallen auf die Landwirtschaft (einschließlich der Emissionen aus Acker- und Grünlandflächen). Andererseits würden die deutschen Treibhausgasemissionen ohne die Speicherungs- und Substitutionseffekte der Forstwirtschaft und Holzverwendung um 14 % höher ausfallen.

Diese Broschüre präsentiert Ergebnisse aus dem inter- und transdisziplinären Verbundforschungsprojekt CC-LandStraD (Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel – Nachhaltiges Landmanagement in Deutschland). Zwischen 2010 und 2015 arbeiteten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Disziplinen sowie regional und bundesweit tätige Akteure der Landnutzung zusammen an Lösungen für ein nachhaltigeres Landmanagement in Deutschland. Erstmals wurden dabei Arbeiten zu allen wesentlichen landnutzenden Sektoren – Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Siedlungswesen – gebündelt. Zusammen wurden die heutige Landnutzung sowie mögliche Entwicklungspfade bis zum Jahr 2030 analysiert. Zentrales Element in CC-LandStraD war der Flächenbezug der untersuchten Maßnahmen.

Mit der vorliegenden Broschüre möchten wir ausgewählte Ergebnisse zur Entwicklung der Landnutzung in Deutschland und deren Wechselwirkungen zum Klimawandel einem breiten Leserkreis präsentieren. Ausführlich werden die Methodik und die Ergebnisse in einem wissenschaftlichen Fachbuch beschrieben, das voraussichtlich zum Jahresende publiziert wird.

Wir hoffen, dass der Inhalt dieser Broschüre für Sie von Nutzen sein wird, und möchten uns bei allen, die zum Gelingen von CC-LandStraD beigetragen haben, herzlich bedanken.

Stellvertretend für das Projektteam

Prof. Dr. Peter Weingarten, Dr. Johanna Fick und Dr. Horst Gömann

Forschungsrahmen und methodischer Ansatz

Unsere vielfältigen Ansprüche an die Landnutzung stehen oftmals in Konkurrenz zueinander, da Land eine nicht vermehrbare knappe Ressource ist. Indem wir Prioritäten setzen und Entscheidungen in Kenntnis möglicher Folgen für die Landnutzung bewusst treffen, können wir die unterschiedlichen Ansprüche an das Land heute und in Zukunft nachhaltig zusammenbringen. Unterschiedliche Akteure – Landeigentümer, Land-

bewirtschafteter, Vertreter aus Politik und Verwaltung, Verbraucher und Landnutzer – entscheiden direkt oder indirekt darüber, wieviel Fläche für Wohnen, Wirtschaft, Verkehr und Erholung in Anspruch genommen wird und wieviel Fläche für den Anbau von Nahrungsmitteln, Futtermitteln, Rohstoffen oder Bioenergie verbleibt. Dadurch werden auch Natur und Umwelt beeinflusst.

CC-LandStraD untersuchte den Beitrag eines nachhaltigeren Landmanagements zum Klimaschutz unter der Berücksichtigung unterschiedlicher gesellschaftlicher Ansprüche an die Landnutzung. Die Forschungsfragen lauteten:

Wie kann die Landnutzung zum Klimaschutz beitragen, und welche Flächenansprüche resultieren daraus?

Wie können wir die unterschiedlichen Ansprüche an das Land heute und in Zukunft nachhaltig zusammenbringen?

Akteure



Die Bearbeitung der Forschungsfragen erfolgte in drei Phasen:

1. Definieren

Maßnahmen und Maßnahmenbündel definieren.

2. Modellieren

Wirkungen der Maßnahmen modellieren.

3. Bewerten

Ergebnisse bewerten.

1. Definieren

Maßnahmen und Maßnahmenbündel definieren.



Sektoren der Landnutzung

CC-LandStraD interessierte sich für alle Aktivitäten in den wesentlichen landnutzenden Sektoren – Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Siedlungswesen –, die direkt Einfluss auf Flächen besitzen.



Klimaschutz und -anpassung

Klimaschutz heißt in unserem Verständnis, dass der Ausstoß von Treibhausgasen verringert bzw. Kohlenstoff gespeichert/gebunden wird. Außerdem werden erforderliche prospektive Anpassungen der Landnutzung an die Folgen des Klimawandels berücksichtigt.

Landnutzungen sind sektorübergreifend verwoben. Sie bewirken komplexe Interaktionen zu den Ökosystemen, und haben ökonomische Auswirkungen aufgrund von Landnutzungswandel. Aus diesem Grund wurden die Forschungsfragen in einem interdisziplinären Projektteam bearbeitet.

Die Analyse und Betrachtung klimaschonenderer Landnutzung und klimaangepasster Flächenbewirtschaftung besitzen einen hohen Aktualitäts- und Anwendungsbezug. Einerseits stehen Landnutzer in der Praxis vor der Frage, in welcher Weise sie ihre Nutzungen zukünftig entwickeln sollen, andererseits arbeiten Planungsinstitutionen und politische Akteure an Rahmenset-

zungen, die die Landnutzung gezielt in klimaschutzfreundlichere und an den Klimawandel besser angepasste Formen lenken sollen. Diese Art der Forschung erfordert transdisziplinäres Arbeiten. Transdisziplinäre Forschung geht über die Grenzen disziplinärer und interdisziplinärer Wissenschaft hinaus und integriert lebensweltliche Fragestellungen und Praxisbezug, um von Wissenschaftlern und Praktikern geteilte Problemdefinitionen und neues Wissen zu generieren. Lösungsansätze und -wege werden im Dialog zwischen Wissenschaftlern und Akteuren entwickelt.

Als Akteure wurden Vertreterinnen und Vertreter relevanter gesellschaftlicher Gruppen, die professionell mit Flächennutzung, Flächennutzungswandel und -konflikten befasst sind, sowie zusätzlich von Landnutzungsentscheidungen betroffene, auch individuelle, nicht-organisierte und selbst solche Entscheidungen treffende Personen beteiligt.

Maßnahmen

Die relevanten Maßnahmen ermittelte das Projektteam in Zusammenarbeit mit regionalen und nationalen Akteuren der Landnutzung und weiteren Experten. Insgesamt wurden folgende Maßnahmen analysiert:



Siedlungswesen

- Stärkung der Innenentwicklung
- Reduktion der Flächeninanspruchnahme durch Verkehr
- Rückzug aus der Fläche (mit dezentraler Konzentration)
- Erhalt und Entwicklung innerstädtischer Freiflächen
- Stärkung des Öffentlichen Personennahverkehrs
- Zusätzliche Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten
- Stärkung des Hochwasserschutzes
- Restriktiverer Freiraumschutz
- Energieerzeugung auf für Siedlungszwecke ungeeigneten nicht-agrarischen Flächen
- Nutzung von Biomasse der Landschaftspflege



Landwirtschaft

- Nutzung organischer Böden
 - Wiedervernässung
 - angepasste Nutzung von Grünland
 - Anbau von Paludikulturen
- Anpassung des Düngemanagements
 - höhere Stickstoffeffizienz bei Mineral- und Wirtschaftsdünger
- Ersatz fossiler Energie durch Bioenergie
 - Anbau einjähriger Biomassekulturen
 - Anbau mehrjähriger Biomassekulturen
 - Minderung des Maisanbaus
- Grünlandnutzung
 - Erhalt von Grünland
 - ggf. Umwandlung von Ackerflächen in Grünland
 - Grünlandextensivierung
 - Erhöhung der Anzahl der Grünlandschnitte



Forstwirtschaft

- Baumartenwahl
- Durchforstungshäufigkeit
- Durchforstungsstärke
- Zielstärke
- Endnutzungsmengen
- Endnutungszeitraum
- Holzbereitstellung
- Nutzungsverzicht
- Erstaufforstung

Für die Forstwirtschaft wurden unterschiedliche Ausprägungen der Maßnahmen zu Maßnahmenbündeln zusammengefasst.

Detaillierte Maßnahmendefinitionen befinden sich im Anhang ab Seite 68.

2. Modellieren

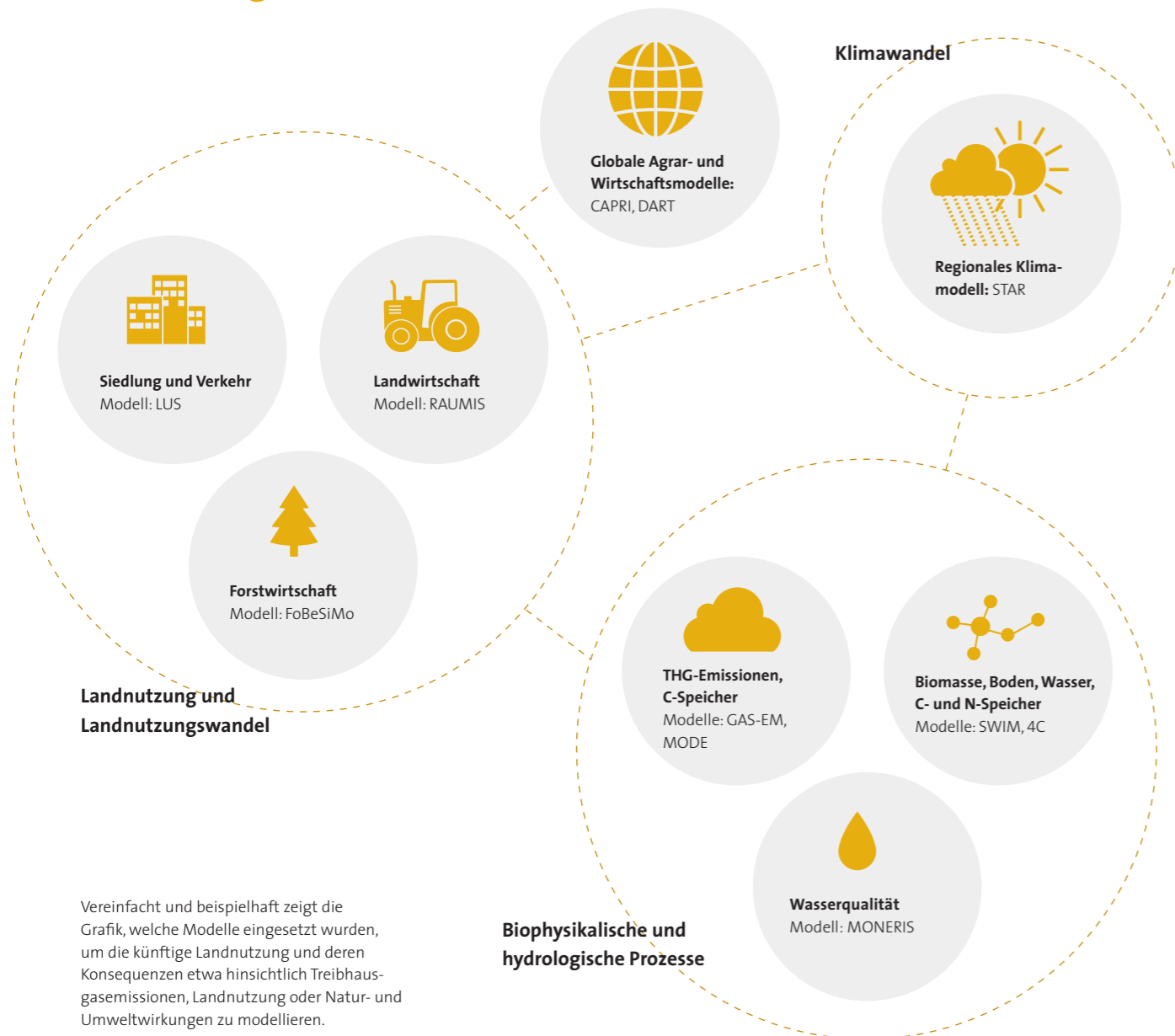
Wirkungen der Maßnahmen modellieren.

Szenarien

Szenarien beschreiben in sich konsistente und plausible mögliche zukünftige Entwicklungen unter bestimmten Rahmenbedingungen und sind daher nicht als Vorhersagen zu interpretieren. Dennoch sind solche

Simulationen geeignet, um Handlungsoptionen aufzuzeigen, alternative Entwicklungspfade zu skizzieren und Regionen mit besonderem Druck auf die Landnutzung zu identifizieren.

Daten – Harmonisierung – Schnittstellengenerierung – Modellergebnisse



Verteilung des Bedarfs auf geeignete Flächen

Die Auswirkungen von Maßnahmen und Maßnahmenbündeln auf die betrachteten Sektoren sowie die Natur und Umwelt wurden mit Hilfe eines Verbundes aus elf biophysikalischen und sozioökonomischen Modellen analysiert, die die komplexen Einflussfaktoren und Wechselwirkungen aufzeigen. Hierzu wurden zunächst

in einem Referenz-Szenario der Status Quo sowie alle bereits getroffenen politischen Rahmenbedingungen simuliert und diese dann mit den Simulationen anderer möglicher Entwicklungspfade verglichen. Die Simulationen erfolgten für das Zieljahr 2030, im Sektor Forst für das Zieljahr 2055.

Beispiel Flächenmodellierung



Kohlendioxid-Äquivalent (CO₂-Äquivalent)

Um die verschiedenen Treibhausgase vergleichbarer zu machen, werden sie entsprechend ihrer Klimaschädlichkeit in Kohlendioxid-Äquivalente umgerechnet. Ein Kilogramm Lachgas entspricht rund 300 Kilogramm CO₂-Äquivalente.

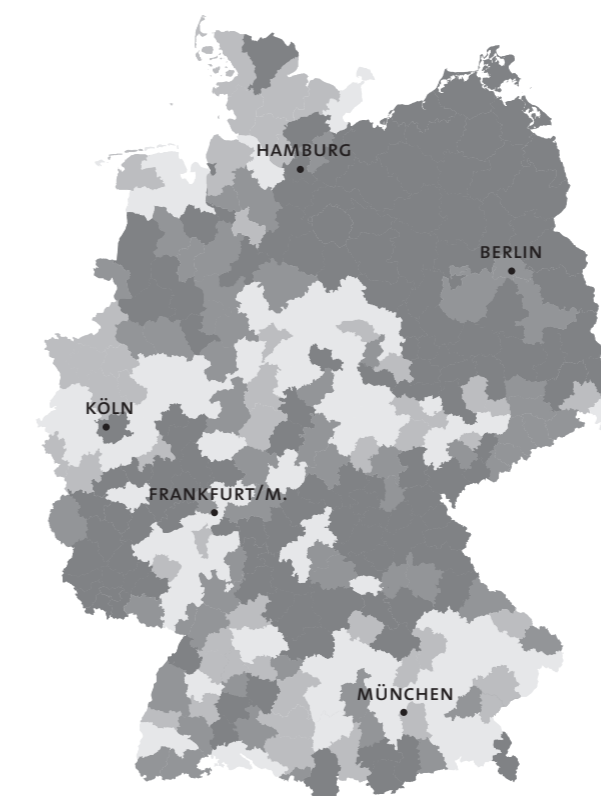
Methodische und technische Weiterentwicklungen

Für einen besseren Klimaschutz liefert CC-LandStraD nicht nur konkrete Ergebnisse zu verschiedenen Maßnahmen, sondern auch methodische und technische Weiterentwicklungen. Zum Beispiel wurden neue Ansätze entwickelt, um Treibhausgasemissionen genauer zu berechnen.

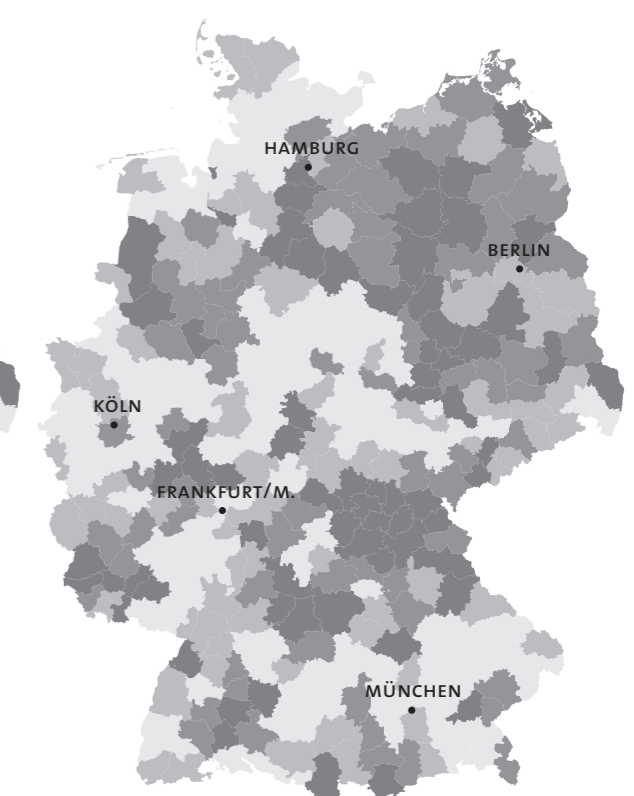
Landwirtschaftlich genutzte Böden emittieren Lachgas, ein Treibhausgas mit einer sehr viel höheren Klimawirksamkeit als Kohlendioxid. Lachgasemissionen aus Böden sind eine Hauptkomponente der Treibhausgasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft. Lachgas entsteht durch mikrobielle Umsetzungsprozesse in landwirtschaftlichen Böden. Die Menge des verfügbaren reaktiven Stickstoffs ist dabei eine wichtige Größe, welche die Höhe der Lachgasemissionen steuert. Neben natürlichen Entstehungsbedingungen wie der Mineralisierung oder der Stickstofffixierung gelangen reaktive Stickstoffverbindungen über die Ausbringung stickstoffhaltiger Dünger in die Böden. Bodenphysikalische und bodenchemische Bedingungen aus reaktiven Stickstoffverbindungen entscheiden darüber, ob und in welcher Menge Lachgas im Boden gebildet wird. Durch die Einbeziehung des Einflusses bodenphysikalischer und chemischer Bedingungen auf die Bildung von Lachgas in Verbindung mit räumlich expliziten Daten zu Witterung, Boden und Landnutzung ist es gelungen, regionalisierte

und präzisere Emissionsfaktoren für Deutschland im Vergleich zu den IPCC*-Faktoren abzuleiten. Diese Emissionsfaktoren wurden in einer Untersuchung zum regionalen Einfluss von Minderungsstrategien auf die Lachgasemissionen mineralischer Böden angewendet. Dazu wurde das Modell MODE mit dem regionalisierten Agrarsektormodell RAUMIS verknüpft. Diese Modellkopplung wurde genutzt, um die Entwicklung räumlich expliziter Lachgasemissionen für die Thünen-Baseline¹ 2007 bis 2020 zu berechnen. Der Vergleich mit dem IPCC-Ansatz zeigt, dass sich sowohl die räumliche Verteilung der Emissionen als auch die Summe der Lachgasemissionen unterscheiden. Aus dem IPCC-Ansatz ergibt sich ein Anstieg der nationalen Lachgasemissionen um sechs Prozent für landwirtschaftlich genutzte Böden, während es bei der Verwendung aus dem MODE-RAUMIS-Ansatz neun Prozent sind.² Diese methodischen und technischen Weiterentwicklungen ermöglichen es, Maßnahmen zur Senkung von Lachgasemissionen auf ihre Effektivität und Effizienz zu analysieren.





Modellierte Verringerung der Lachgasemissionen in 2020 durch die Besteuerung von Mineraldünger, berechnet mit IPCC-Ansatz



Modellierte Verringerung der Lachgasemissionen in 2020 durch die Besteuerung von Mineraldünger, berechnet mit MODE-RAUMIS-Ansatz



Veränderung von Lachgasemissionen

| | | | |
|---|-----------------------|---|------------------------|
|  | größer als -1,0 kg/ha |  | -1,0 bis -0,8 kg/ha |
|  | -0,8 bis -0,6 kg/ha |  | weniger als -0,6 kg/ha |

* Zwischenstaatlicher Ausschuss über Klimaveränderung wird oft als Klimarat bezeichnet.

^{1,2} Siehe Seite 73

3. Bewerten

Ergebnisse bewerten.

Bewertung: Schlüsselindikatoren

Die Ergebnisse der modellgestützten Analysen bildeten eine Grundlage für die Ergebnisbewertung. Bewertet wurden die Maßnahmen anhand der folgenden Schlüsselindikatoren:

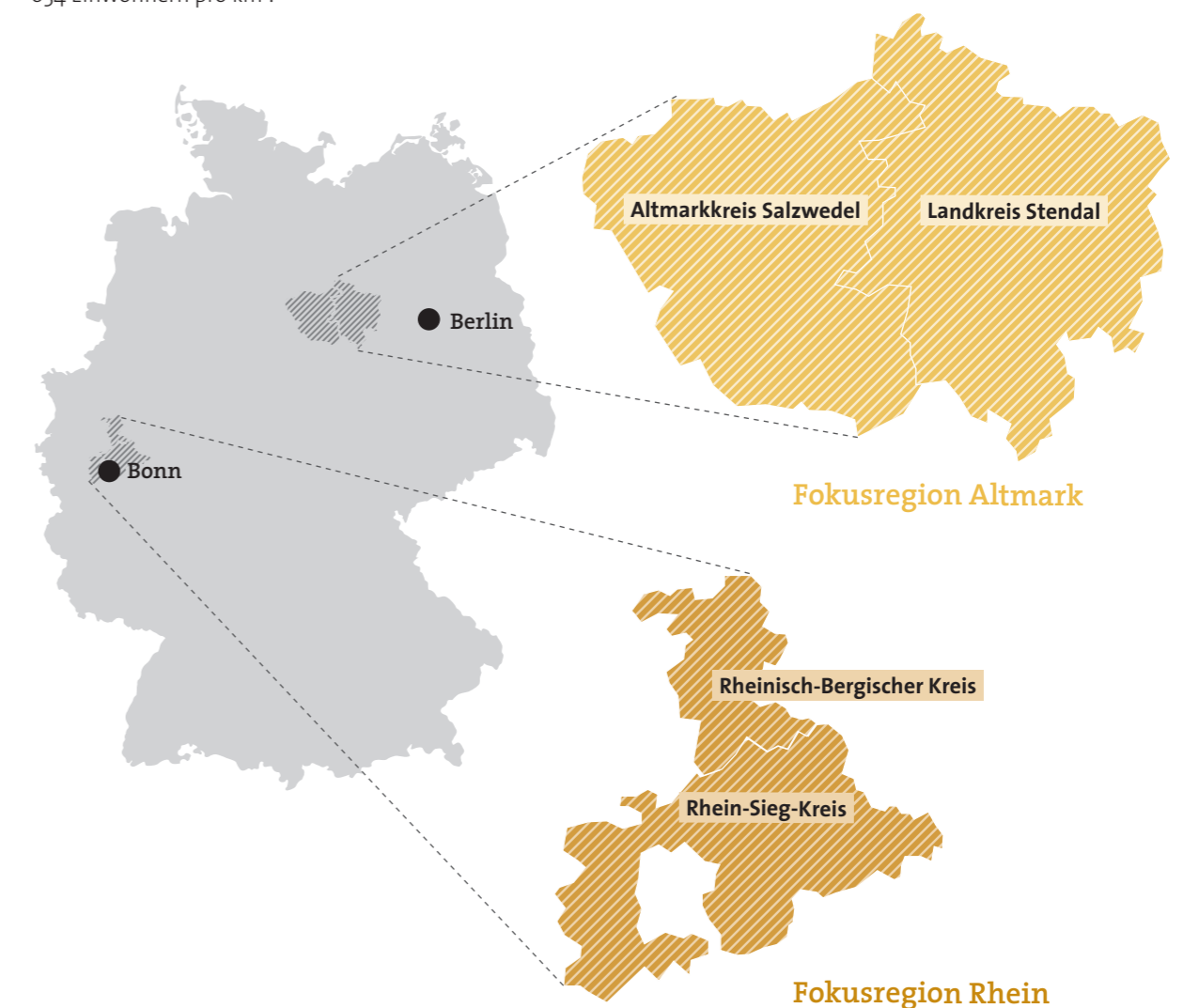
- Veränderungen der Flächennutzungen (z. B. Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr, verbleibende Produktionsflächen für Landwirtschaft und Forst)
- Veränderung der Treibhausgasemissionen (z. B. Entwicklung der Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äquivalent, Treibhausgas-Vermeidungskosten Euro/t CO₂-Äquivalent)
- Produktionswirkungen (z. B. Nahrungs- und Futtermittelproduktion, Holzerzeugung, Anteil Bioenergie am Endenergieverbrauch (landwirtschaftliche/forstwirtschaftliche Bioenergieerzeugung), Kohlenstoffvorrat im Wald)
- Wirkungen auf Umwelt und Natur (z. B. Gewässerqualität, Grundwasserneubildung)
- Einkommenswirkungen auf Landwirtschafts- und Forstbetriebe
- rechtlich-instrumentelle Umsetzbarkeit (z. B. Raumordnungsgesetz, Landesplanungsgesetze, Baugesetzbuch, EU-Wasserrahmenrichtlinie, Düngeverordnung)
- politisch-gesellschaftliche Umsetzbarkeit (z. B. mögliche Hemmnisse oder Zielkonflikte) aus der Perspektive regionaler und nationaler Akteure der Landnutzung und von Bürgern durch eine deutschlandweite Bevölkerungsbefragung.

**Fokusregionen**

Neben den deutschlandweiten Analysen wurden vertiefende Betrachtungen zu regionalen Bedingungen und Gestaltungsmöglichkeiten in den Fokusregionen Altmark (Landkreis Stendal/Altmarkkreis Salzwedel) und Rhein (Rheinisch-Bergischer Kreis/Rhein-Sieg-Kreis) vorgenommen.

Die Fokusregionen wurden ausgewählt, da sie strukturell sehr unterschiedlich sind. Beispielsweise liegt die Bevölkerungsdichte in der Fokusregion Altmark bei 45 Einwohnern pro km², in der Fokusregion Rhein bei 634 Einwohnern pro km².

Auch der Verstädterungsgrad, die Landnutzungsmuster und die sozioökonomischen und demografischen Trends unterscheiden sich stark.



II. Landnutzung gestern – heute – morgen

Die Ergebnisse des Referenz-Szenarios zeigen, wie die Landnutzung in Deutschland sich entwickelt, wenn man bisherige Trends, Rahmenbedingungen und Entwicklungen bis zum Jahr 2030 fortschreibt.

Landnutzung gestern und heute

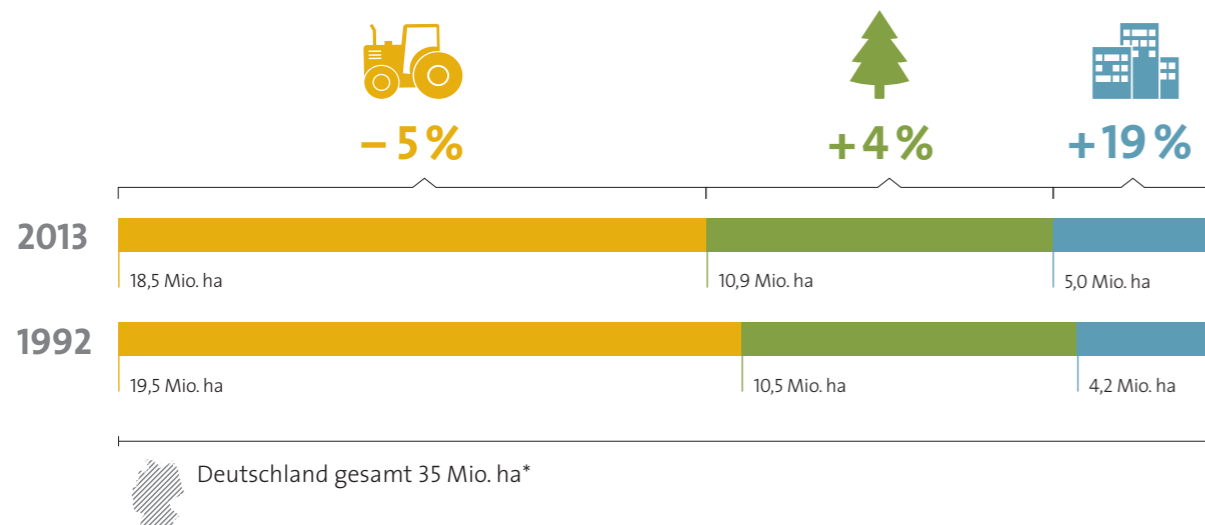
Zunächst beschreiben wir die Landnutzung in Deutschland und in den Fokusregionen und deren Entwicklung seit Beginn der 1990er Jahre. Dabei gehen wir vertiefend auf die untersuchten Sektoren ein.

Landnutzung in Deutschland 1992 – 2013

Deutschland verfügt über eine Landesfläche von etwa 35 Mio. Hektar. Davon nutzte die Landwirtschaft im Jahr 2013 etwa 18,5 Mio. Hektar, der Wald umfasste 10,9 Mio. Hektar und Flächen für Siedlung und Verkehr machten knapp 5 Mio. Hektar aus. Gewässer und sonstige Flächen umfassen etwa 1,5 Mio. Hektar. Im Vergleich zum Jahr

1992 sank damit die Landwirtschaftsfläche um 1 Mio. Hektar, der Wald wuchs um 450.000 Hektar und die Flächen für Siedlung und Verkehr stiegen um etwa 800.000 Hektar an. Gewässer und Flächen mit sonstiger Nutzung sanken um 200.000 Hektar.

Entwicklung der Flächennutzung 1992 – 2013 für Deutschland, nach Sektoren³

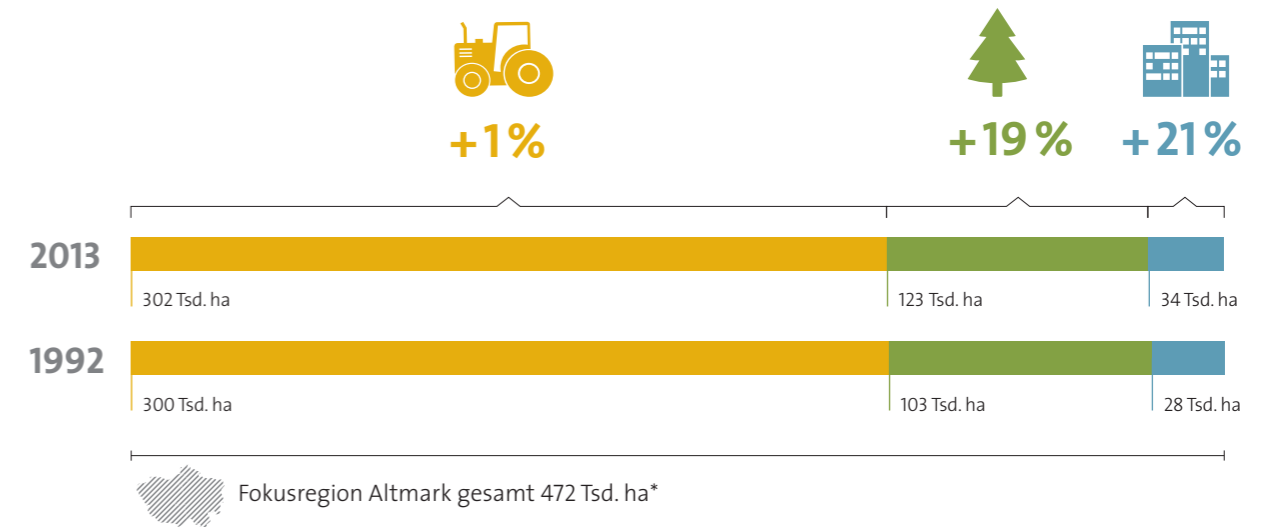


³ Siehe Seite 73

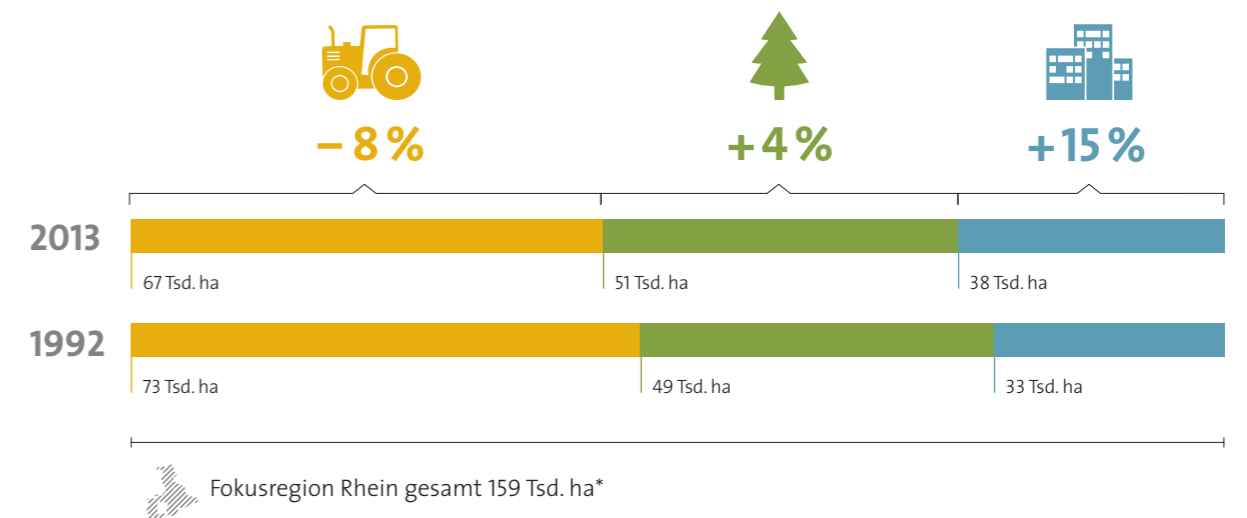
Landnutzung in den Fokusregionen Altmark und Rhein 1992 – 2013

In den Fokusregionen Altmark und Rhein wird die bundesdeutsche Entwicklung der Flächennutzung tendenziell bestätigt. Auch hier wuchsen Wald sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen zu Lasten landwirtschaftlicher Flächen an. In der Altmark blieb der Umfang landwirtschaftlicher Flächen bis 2013 nahezu stabil.

Entwicklung der Flächennutzung 1992 – 2013 für Altmark⁴, nach Sektoren⁴



Entwicklung der Flächennutzung 1992 – 2013 für Rhein, nach Sektoren⁵



* abgebildete sowie sonstige Flächen

** Durch Umstellungen in der statistischen Erfassung der Nutzungsarten (z. B. Umklassifizierung der Flächenart »Andere«, hier nicht dargestellt) kommt es zu angezeigten Änderungen, die real nicht stattgefunden haben.

^{4/5} Siehe Seite 73

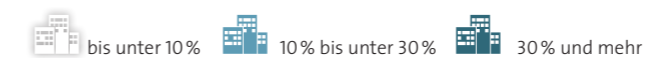
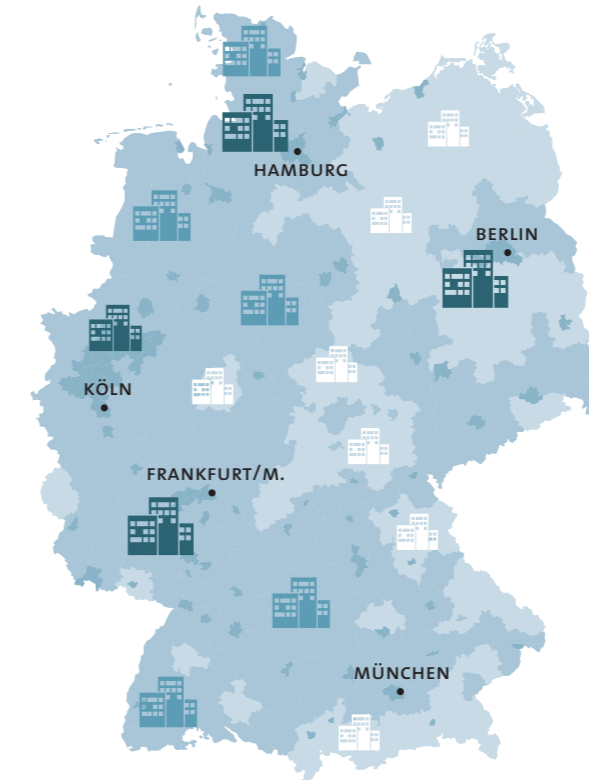


Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland 1992 – 2012

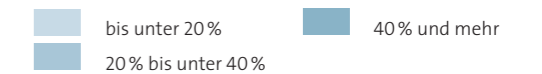
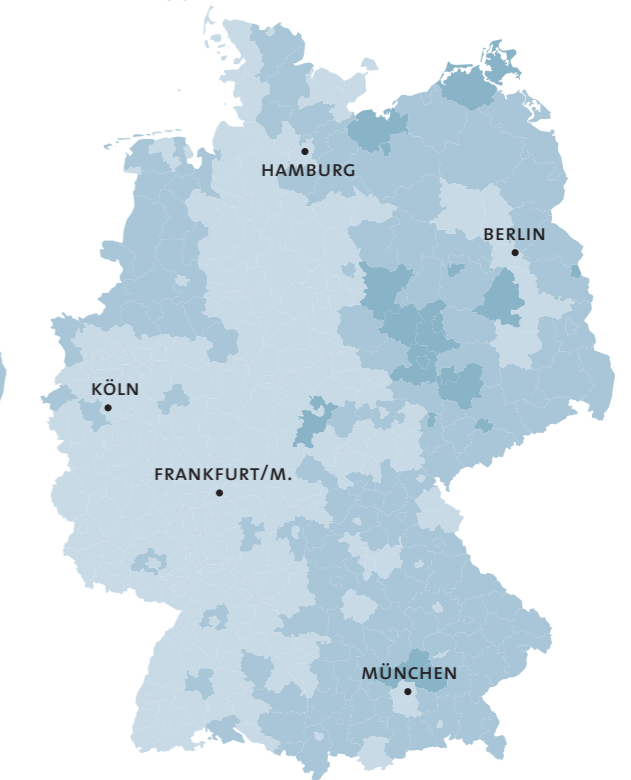
Die nebenstehende Abbildung zeigt, dass sich die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Ost- und Westdeutschland unterschiedlich entwickelt. Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche wächst in Ostdeutschland insbesondere in städtisch geprägten Regionen, in Westdeutschland vor allem in ländlichen Räumen. Auch innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsflächen spielen sich strukturelle Veränderungen ab. Einerseits wird neu gebaut, andererseits wächst in vielen Regionen der Wohnungs- und Gewerbeleerstand. In ländlich-peripheren Räumen besteht eine geringe Aussicht auf Nachnutzung, sodass eine Entwicklung hin zu einer perforierten, patchworkartigen Siedlungsstruktur mit Siedlungsbrachen, leerstehenden Gebäuden, Baulücken und nicht ausgelasteter Infrastruktur zu beobachten ist. Diesen Trend gibt es in Ost- und Westdeutschland gleichermaßen, das Niveau hinsichtlich Brachflächenentwicklung und Leerstand liegt in Ostdeutschland allerdings deutlich höher. Eine Ursache für die Entwicklung ist der Bevölkerungsrückgang in vielen Regionen Deutschlands. Lediglich in

einigen Kernstädten ist aktuell ein deutlicher Bevölkerungszuwachs zu verzeichnen. Einflussfaktoren, die diese »Renaissance der Großstädte« begünstigen, sind die wachsende Zahl an Studierenden aufgrund doppelter Abiturjahrgänge, ältere Menschen, die in einer Stadt ein altersgerechteres Umfeld finden, und Beschäftigte sogenannter Kreativberufe. Die Erschließung innerstädtischer Standorte (z. B. Nutzung von Brachflächen) und die Entwicklung neuer Stadtquartiere sind deshalb erforderlich und führen in einigen Städten zu Konzentrationsprozessen. In den meisten Räumen Deutschlands findet jedoch nach wie vor nur begrenzt Innenentwicklung statt, da nicht marktfähige Leerstände und Brachflächen nur schwer aktivierbar und kostenintensiv zu entwickeln sind. Baulandbereitstellung im Außenbereich scheint zunächst die günstigere Variante. Gleichwohl sind hier erhöhte Kosten für den Ausbau und Erhalt der technischen Infrastruktur einzuplanen.

Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Katasterfläche 2012 in Prozent



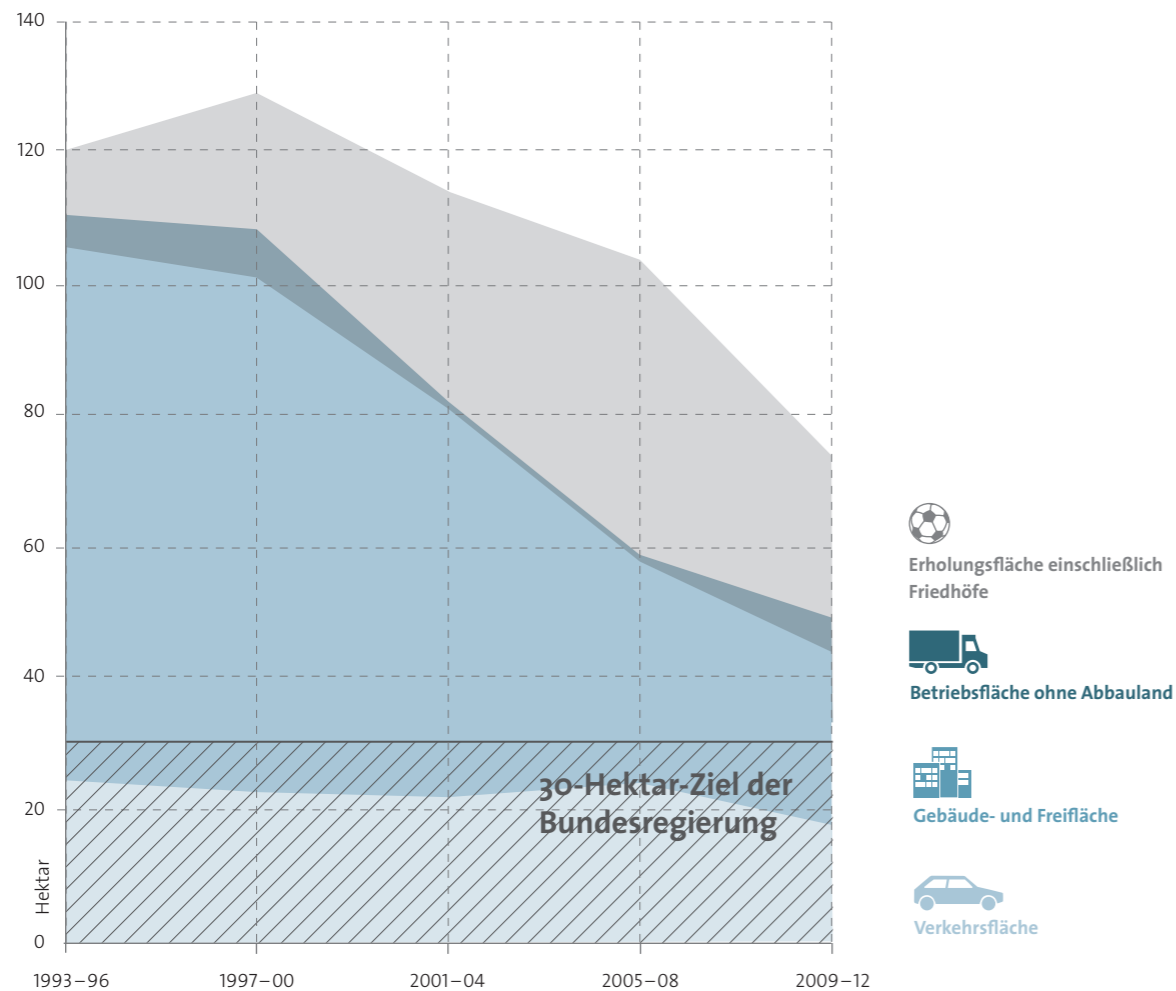
Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche zwischen 1992 und 2012 in Prozent



Betrachtet man die Siedlungs- und Verkehrsflächen genauer, ist erkennbar, dass zwischen 2009 und 2013 Gebäude- und Freiflächen (26 ha) sowie Erholungsflächen (22 ha) den größten Zuwachs pro Tag hatten. Verkehrsflächen wuchsen um knapp 17 Hektar pro Tag. Insgesamt lag der tägliche Zuwachs von Siedlungs- und Verkehrsflächen bei 69 Hektar pro Tag – das waren 60 Hektar weniger als zwischen 1997 und 2000. Ein Rückgang war in allen Nutzungsarten zu verzeichnen,

insbesondere bei den Gebäude- und Freiflächen. Lediglich Erholungsflächen nahmen zwischenzeitlich zu, dies war allerdings vor allem statistischen Umstellungen geschuldet. Die Inanspruchnahme neuer Flächen durch Siedlung und Verkehr macht Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zwingend notwendig. Dies soll die Eingriffe in die Natur kompensieren, führt aber zu einem weiteren Verlust landwirtschaftlich genutzter Flächen.

Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsfläche 1993 – 2012 in Hektar pro Tag

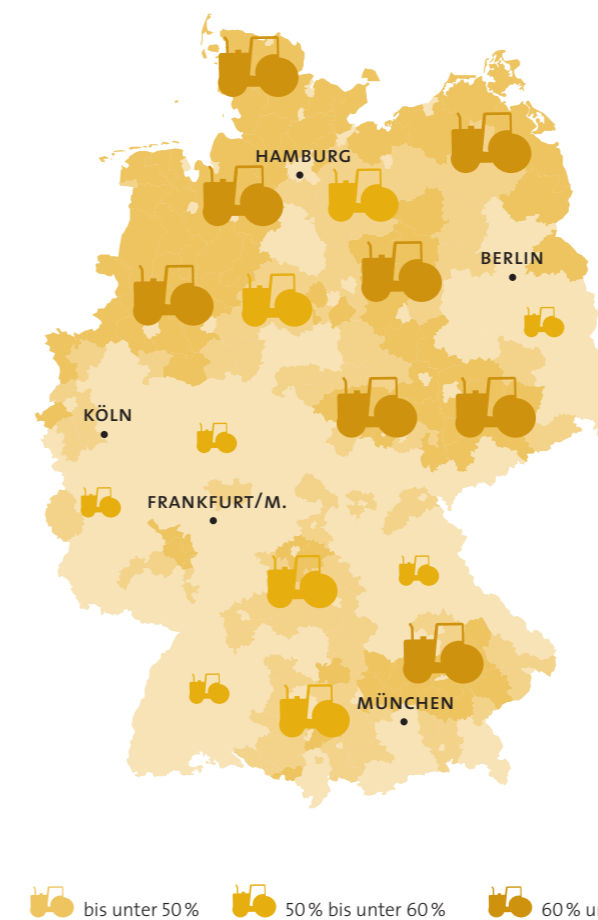


Entwicklung der Landwirtschaftsfläche in Deutschland 1992 – 2012

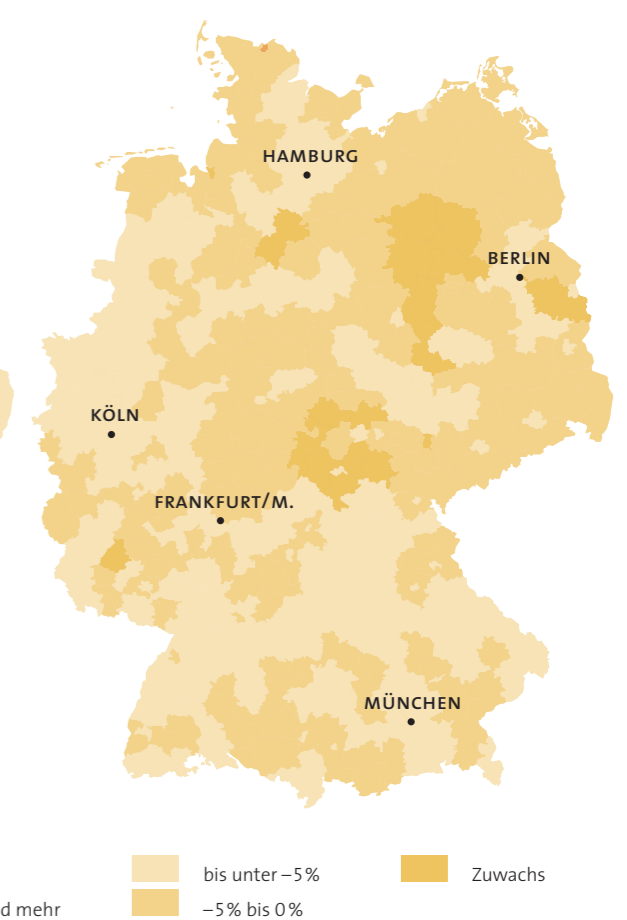
In Ostdeutschland, Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern ist der Anteil der Landwirtschaftsflächen besonders groß. Zwischen 1992 und 2012 wurde ein hoher Rückgang an Landwirtschaftsflächen insbesondere in Bayern, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen sowie in Teilen von Niedersachsen und Schleswig-Holstein verzeichnet. Bei der Landwirtschaftsfläche muss zwischen Landwirtschaftsfläche nach Katasterfläche und landwirtschaft-

lich genutzter Fläche unterschieden werden. Im Jahr 2013 umfasste die Landwirtschaftsfläche nach Katasterfläche 18,6 Mio. Hektar, während die landwirtschaftlich genutzte Fläche mit 16,7 Mio. Hektar beziffert wurde.⁶ Die Differenz ergibt sich aufgrund von Erfassungsgrenzen, zum Beispiel, weil für die landwirtschaftlich genutzte Fläche nur Betriebe mit mehr als 5 Hektar erfasst werden und Freizeitpferdehaltung nicht berücksichtigt wird.

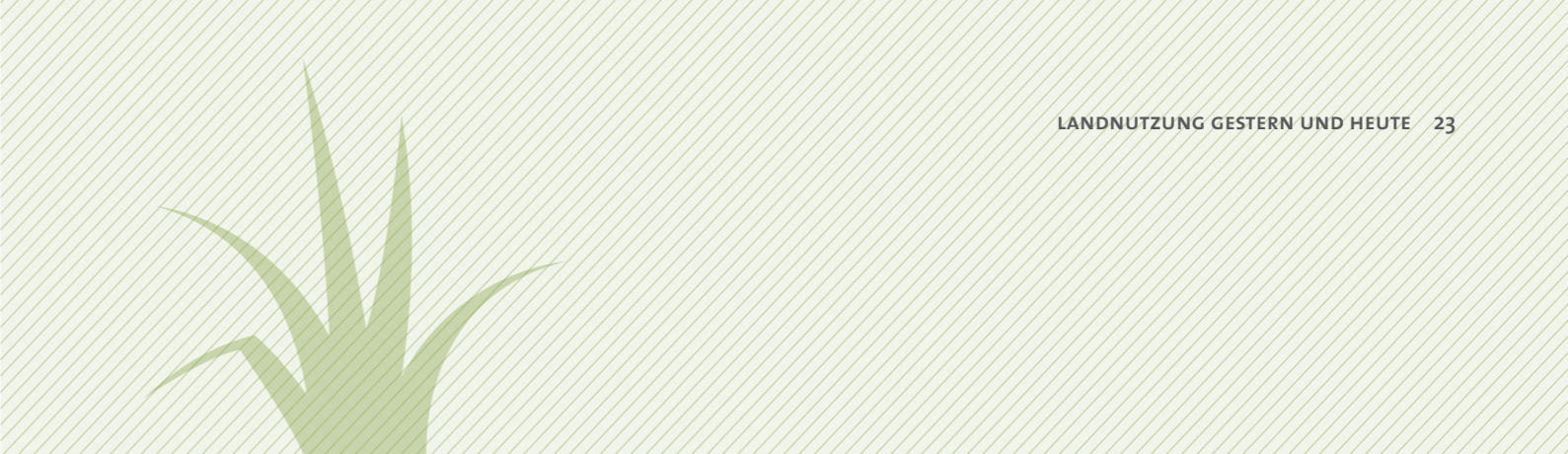
Anteil der Landwirtschaftsfläche an der Katasterfläche 2012 in Prozent



Veränderung der Landwirtschaftsfläche zwischen 1992 und 2012 in Prozent



⁶ Siehe Seite 73

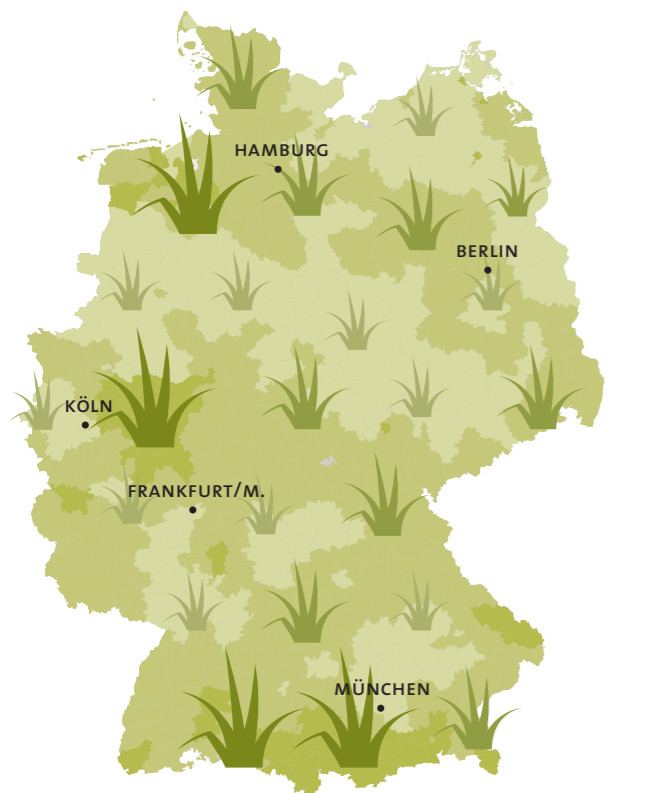


Die Entwicklung seit 1992 zeigt, dass Ackerland zu Lasten des Dauergrünlandes zunimmt.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche ist überwiegend Ackerland (71 Prozent). Etwa 28 Prozent werden als Dauergrünland und ein Prozent für Dauerkulturen wie Wein- oder Obstbau genutzt. Die Entwicklung seit 1992 zeigt, dass Ackerland zu Lasten des Dauergrünlandes zunimmt. Die Flächen für Dauerkulturen blieben gleich. Die höchsten Anteile von Dauergrünland an der landwirtschaftlich genutzten Fläche finden sich im Al-

pennvorland, in den Mittelgebirgsregionen sowie entlang der Nordseeküste. Seit 1999 ist der Anteil von Dauergrünland, mit Ausnahme der Mittelgebirge und einiger Grenzertragsstandorte, deutschlandweit zurückgegangen. An der schleswig-holsteinischen Nordseeküste und in Nordwest-Niedersachsen war der Rückgang besonders hoch.

Anteil des Grünlands an der landwirtschaftlich genutzten Fläche 2010 in Prozent



bis unter 20%
 20% bis unter 60%
 60% und mehr

Veränderung der Grünlandfläche zwischen 1999 und 2010 in Prozent



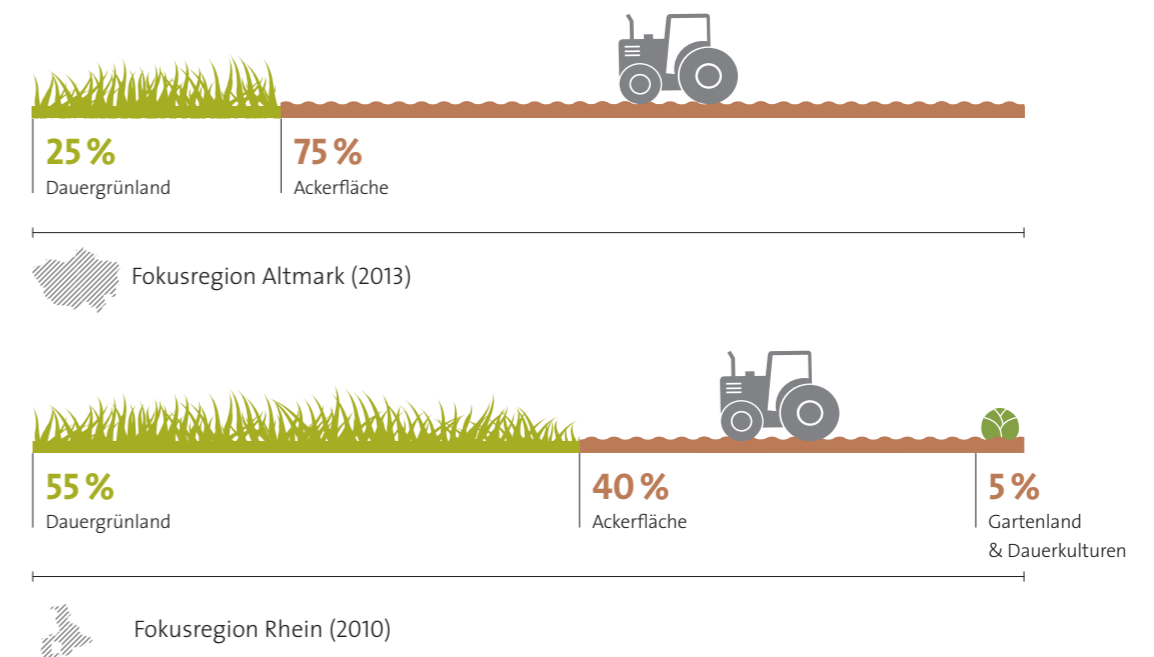
bis unter -10%
 -10% bis 0%
 Zuwachs

Landwirtschaftlich genutzte Fläche in den Fokusregionen Altmark und Rhein

In der Fokusregion Altmark umfasst die landwirtschaftlich genutzte Fläche 275.900 Hektar. Drei Viertel der Flächen sind Ackerflächen, knapp ein Viertel entfällt auf Grünland. Etwa zwölf Prozent der landwirtschaftlich genutzten Flächen befinden sich auf organischen Böden, zwei Drittel entfallen dabei auf den Altmarkkreis Salzwedel und ein Drittel auf den Landkreis Stendal. Darüber hinaus liegt auf etwa einem Drittel der landwirtschaftlich genutzten Flächen ein Schutzstatus (z. B. Landschaftsschutzgebiet, FFH-Gebiet, Naturschutzgebiet, Biosphärenreservat, Naturpark). Allein 13 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche unterliegen dem Schutzstatus Landschaftsschutzgebiet.

In der Fokusregion Rhein umfasst die landwirtschaftlich genutzte Fläche zu 55 Prozent Grünland, zu 40 Prozent Ackerland und zu fünf Prozent Flächen für Gartenbau und Dauerkulturen. Jedoch stellen sich der Rheinisch-Bergische Kreis und der Rhein-Sieg-Kreis sehr unterschiedlich dar. Die Flächen für Gartenbau und Dauerkulturen befinden sich fast ausschließlich im Rhein-Sieg-Kreis. Während hier Acker- und Grünland etwa gleich verteilt sind, überwiegt das Grünland im Rheinisch-Bergischen Kreis deutlich. Es macht hier über 80 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche aus.

Landwirtschaftlich genutzte Fläche in Prozent



Etwa ein Drittel der Fläche in Deutschland besteht aus Wald. Dieser Flächenanteil ist seit Jahren stabil, unter anderem aufgrund des Rodungsverbotes im Bundeswaldgesetz. Eine Waldneubegründung ist nahezu irreversibel.

Waldflächen erweisen sich aufgrund der Kohlenstoffspeicherung über die Biomasse als Treibhausgas-senke. Diese Sequestrierung senkt die deutschen Treibhausgasemissionen um etwa zwei Prozent.

Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung

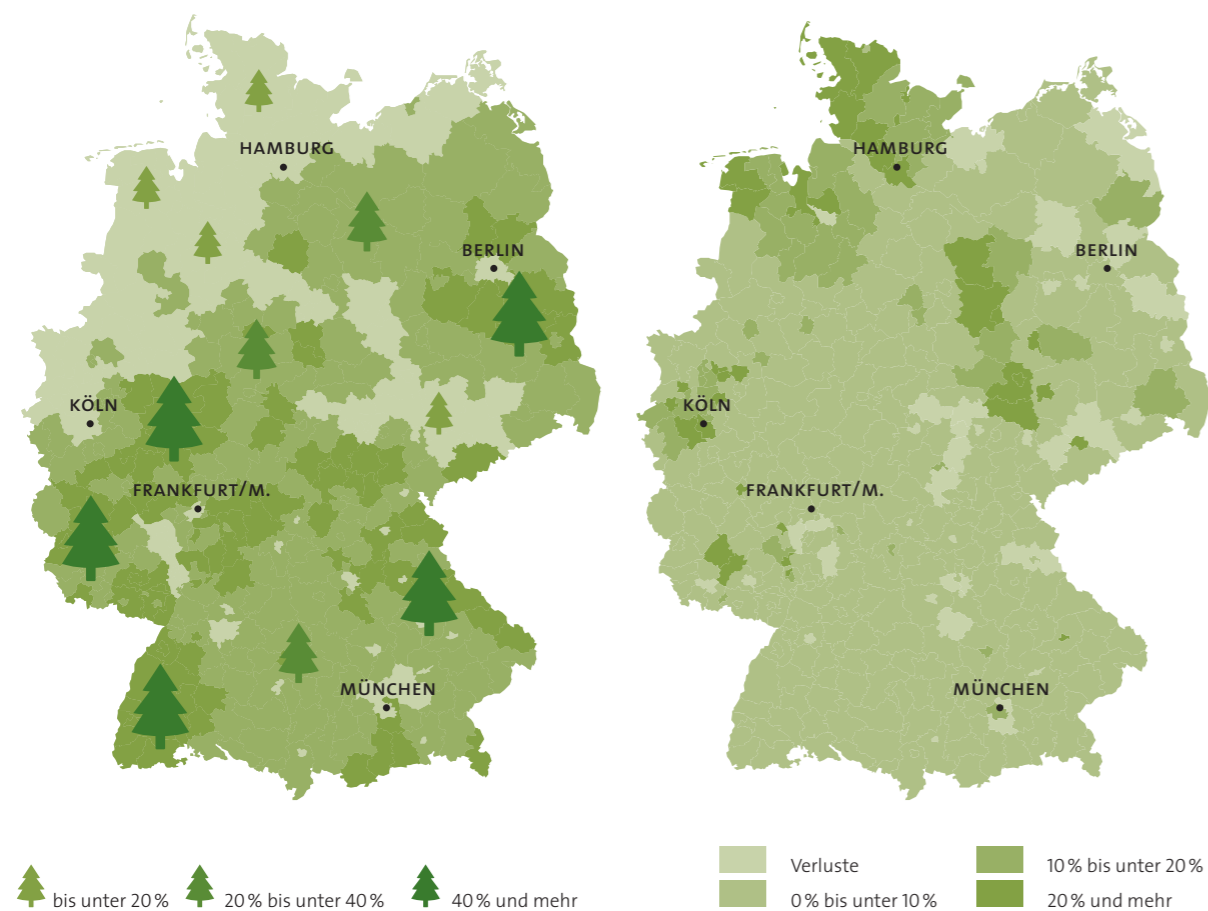
Die landwirtschaftliche Bodenbewirtschaftung und Landnutzung sowie Landnutzungsänderungen verursachten etwa neun Prozent der deutschen Treibhausgasemissionen im Jahr 2012. Verantwortlich hierfür sind zu etwa 50 Prozent die Nutzung organischer Böden, zu 17 Prozent die Düngerausbringung, zu 14 Prozent die

Auswaschungen von nicht aufgenommenem Dünger und zu etwa vier Prozent die Umwandlung von Grünland zu Ackerland auf mineralischen Böden. Weitere 15 Prozent verteilen sich auf sonstige Quellen (z. B. Ernterückstände, Kalkung). Hierbei wurden die Treibhausgasemissionen aus der Tierhaltung nicht berücksichtigt.

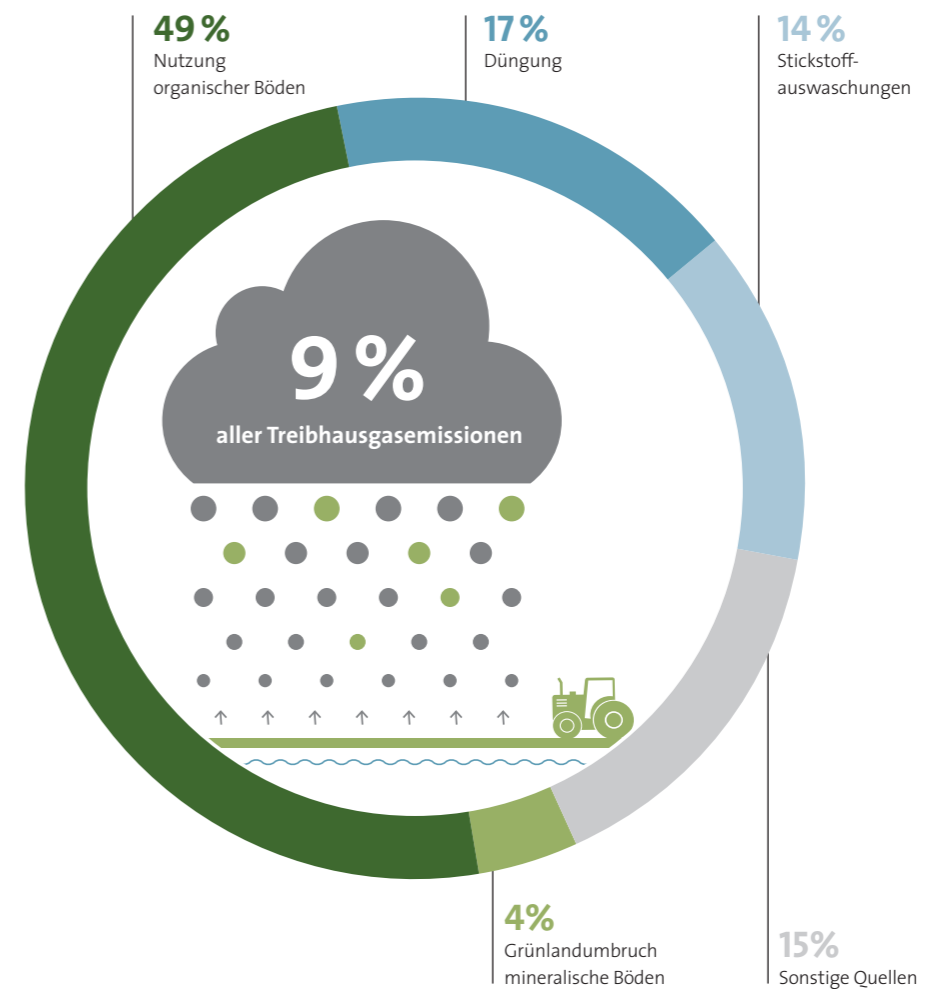
Entwicklung der Waldfläche in Deutschland 1992–2012

Anteil der Waldfläche an der Katasterfläche 2012 in Prozent

Veränderung der Waldfläche zwischen 1992 und 2012 in Prozent



Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung und landwirtschaftlichen Bodenbewirtschaftung



Landnutzung morgen: Projektion 2030

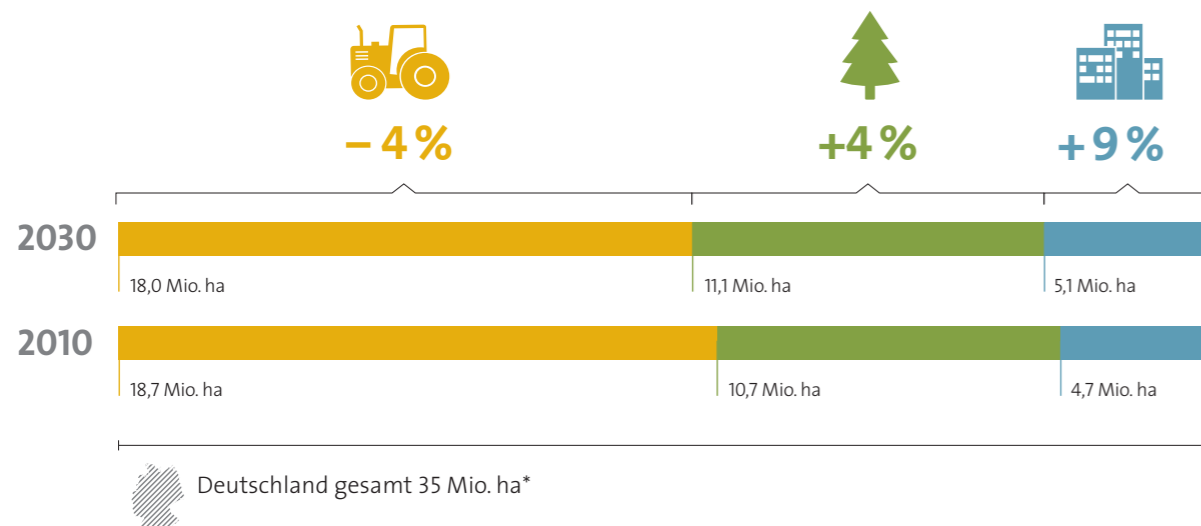
Die nachfolgenden Ergebnisse stellen eine Fortschreibung der in den letzten Jahren beobachteten Landnutzungsentwicklungen in Deutschland bis zum Jahr 2030 dar und dienen als Referenz-Szenario.

Landnutzung in Deutschland 2010 – 2030

Entsprechend der trendbasierten Projektion der Landnutzung bis 2030 sinkt die tägliche Inanspruchnahme von neuen Flächen für Siedlung und Verkehr auf ca. 45 Hektar pro Tag. Das 30-Hektar-Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wird demnach trotz eines deutlich rückläufigen Trends nicht erreicht. Von den 45 Hektar pro Tag werden allerdings nur rund 19,5 Hektar für Gebäude- und Freiflächen beansprucht. Für Erholungs- und Grünflächen werden im Jahr 2030 pro Tag noch knapp 9 Hektar und für Verkehrsflächen 15,5 Hektar neu in Anspruch genommen. Die tägliche Neuinanspruchnahme für Betriebsflächen (ohne Abbauand) beträgt dann nur noch einen Hektar. Ohne Erholungs- und Grünflächen sind es 2030 etwa 36 Hektar pro Tag.

Auch die räumlichen Unterschiede in der Flächenentwicklung, die bereits in der Vergangenheit beobachtet wurden, setzen sich fort. Regionen mit künftig hohem Flächenverbrauch weisen schon heute einen hohen Anteil an Siedlungs- und Verkehrsfläche auf. Im Besonderen sind das die Regionen um die großen Metropolen Hamburg, Berlin, München und im Rhein-Main-Gebiet. Gleichzeitig sind auch Regionen mit besonders geringem Flächenverbrauch deutlich erkennbar. Vor allem in Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern sowie dem Schwarzwald und der Schwäbischen Alb sind nur geringe Zuwächse der Siedlungs- und Verkehrsfläche zu erwarten. Die Flächenzunahme in den Sektoren Siedlung und Verkehr sowie Forst geht weiterhin in etwa gleichem Umfang zu Lasten der Landwirtschaftsfläche.

Projektion der Flächennutzung 2010 – 2030 für Deutschland, nach Sektoren

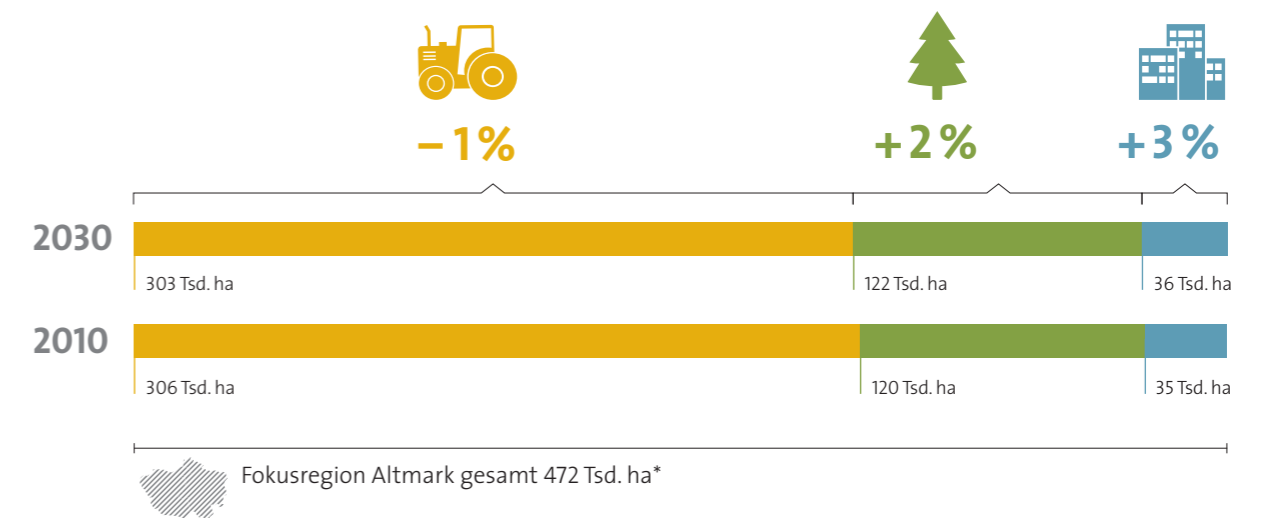


Landnutzung in den Fokusregionen Altmark und Rhein 2010 – 2030

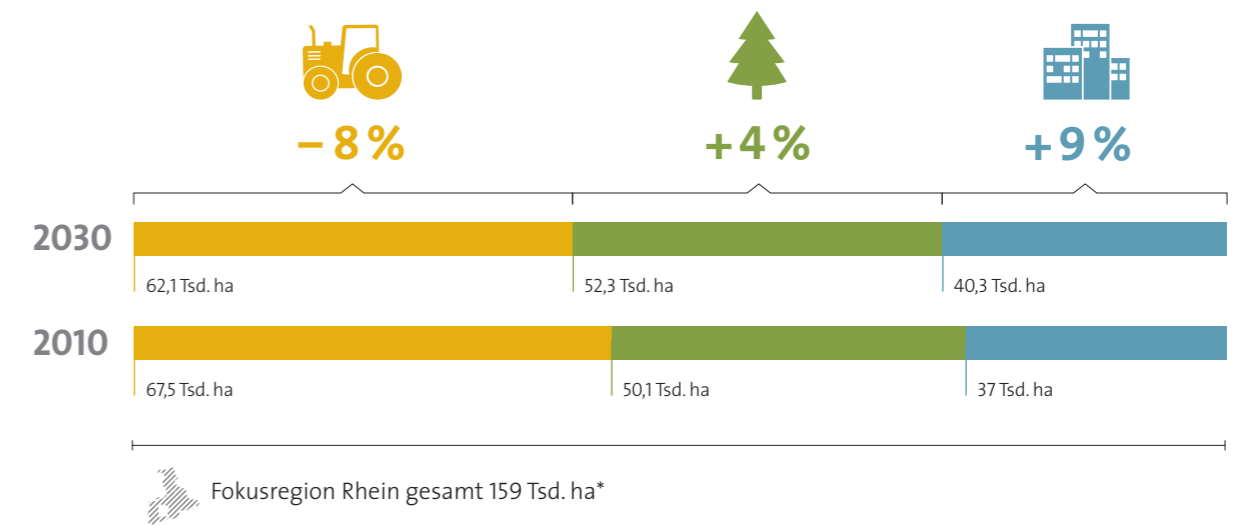
In den beiden Fokusregionen ist die Entwicklung unterschiedlich. In der Altmark wird Siedlungs- und Verkehrsfläche nahezu konstant bleiben. In der Fokusregion Rhein liegt die Entwicklung von Siedlungs- und Ver-

kehrsflächen über der durchschnittlichen Flächenentwicklung in Deutschland. Absolut wird hier ein Flächenzuwachs von etwa 3.300 Hektar erwartet, der vor allem an den Randlagen bestehender Siedlungen stattfindet.

Projektion der Flächennutzung 2010 – 2030 für die Fokusregion Altmark, nach Sektoren



Projektion der Flächennutzung 2010 – 2030 für die Fokusregion Rhein, nach Sektoren



* abgebildete sowie sonstige Flächen

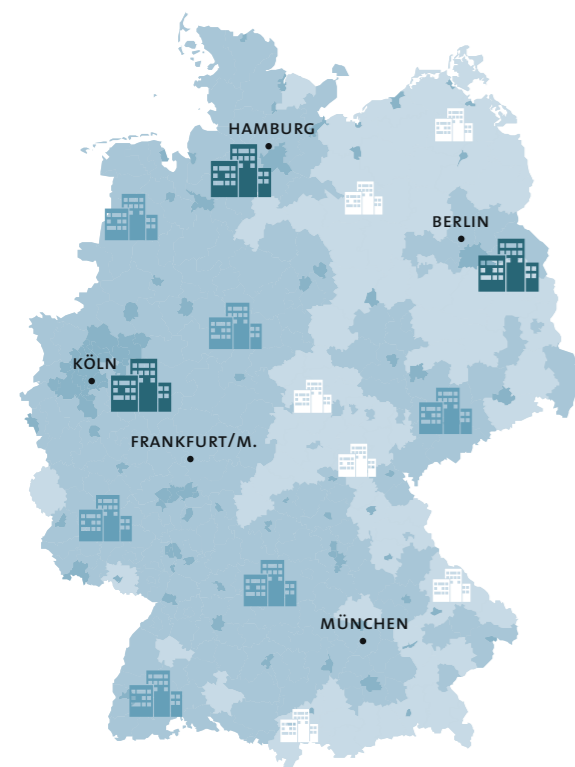
Die Landwirtschaftsfläche wird auch künftig abnehmen. Der Grund dafür ist, dass in vielen Regionen Siedlungs- und Verkehrsflächen fast ausschließlich auf landwirtschaftlichen Flächen entstehen. Durch Sukzession oder Erstaufforstung kann regional auch Wald entstehen.

Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche 2010 – 2030

Aus dieser Entwicklung ergibt sich eine Nachfrage nach Landwirtschaftsfläche. Wie viel Fläche jeweils zu Lasten der Acker- bzw. Grünlandflächen geht, hängt davon ab, wo in der Vergangenheit Siedlungs- und Verkehrsflächen entstanden sind. Im Ergebnis nimmt die Landwirt-

schaftsfläche bundesweit um 2 Prozent im Zeitraum 2010 bis 2030 ab. Bezogen auf die Acker- bzw. Grünlandfläche bedeutet das jeweils einen Rückgang von gut zwei bzw. knapp vier Prozent.

Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Katasterfläche 2010 in Prozent



bis unter 10% 10% bis unter 30% 30% und mehr

Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche zwischen 2010 und 2030 in Prozent

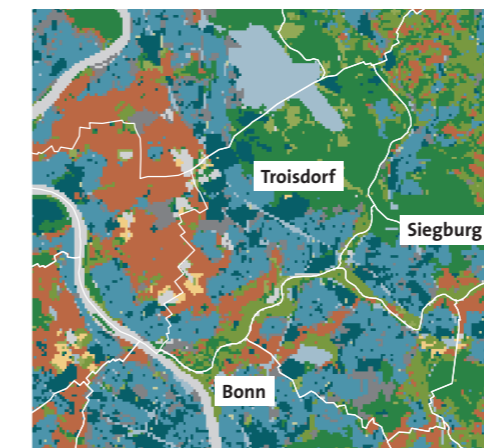


bis unter 10% 10% bis unter 15% 15% und mehr

Entwicklung der Landnutzung auf kleinräumiger Ebene

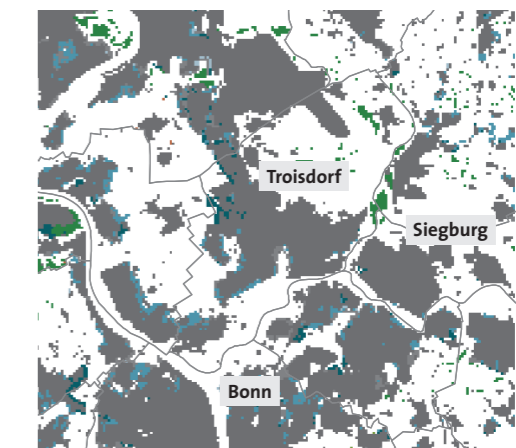
Die Simulationen zur Entwicklung der Landnutzung in Deutschland wurden regional differenziert durchgeführt. Dadurch ist es möglich, kleinräumige Aussagen zur Entwicklung der Landnutzung zu treffen. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen in der Region Bonn/Troisdorf/Siegburg für die verschiedenen Flächentypen bis zum Jahr 2030. Dies erlaubt, mögliche Flächenentwicklungen kleinräumig durchzuspielen, sich auf diese einzustellen und in einem gesellschaftlichen Entscheidungsprozess zu fördern oder ihnen gegenzusteuern.

Landnutzung 2030 (Referenz-Szenario)



- Flächen städtischer Prägung
- Industrie und Gewerbe
- Abbauland Deponien
- Verkehrsflächen
- Baustellen
- Brachflächen
- Erholungsflächen
- Ackerflächen
- Grünland
- Wald
- Naturnahe Flächen Offenland
- Feuchtgebiete
- Wasserflächen

Landnutzungsänderungen 2009 – 2030



- unveränderte Siedlungs- und Verkehrsfläche
- keine Veränderung
- Veränderung bis 2030**
- Gebäude- und Freiflächen
- Industrie und Gewerbeflächen
- Feuchtgebiete

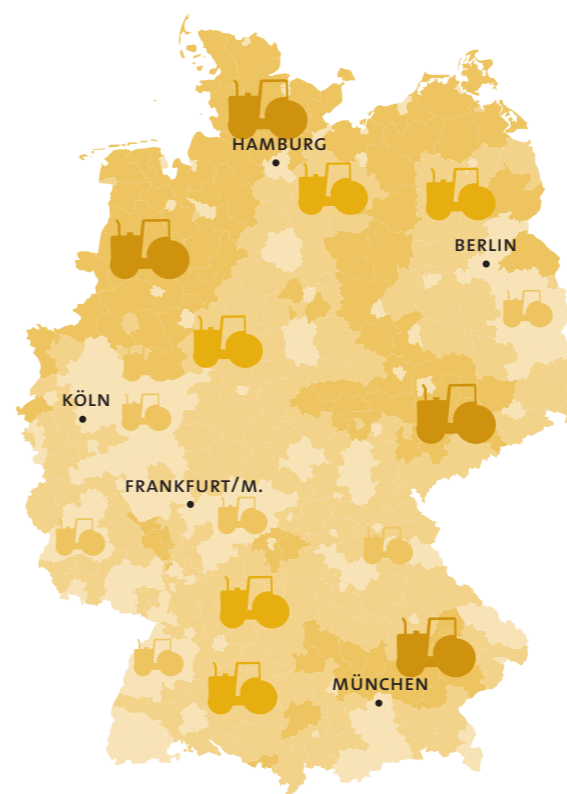


Entwicklung der Landwirtschafts- und Waldfläche zwischen 2010 und 2030

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Entwicklung der Landwirtschaftsfläche (Ackerfläche und Grünland) zwischen 2010 und 2030. Die größten absoluten Rückgänge, die mit der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung und der Ausweitung der Waldflächen stattfinden, befinden sich rund um Berlin, in weiten Teilen Niedersachsens sowie in Teilen Westfalens und des Rheinlands. Etwa fünf Prozent der Ackerfläche und zehn Prozent des Dauergrünlandes sind organische Böden und damit besonders relevant für den Klimaschutz.

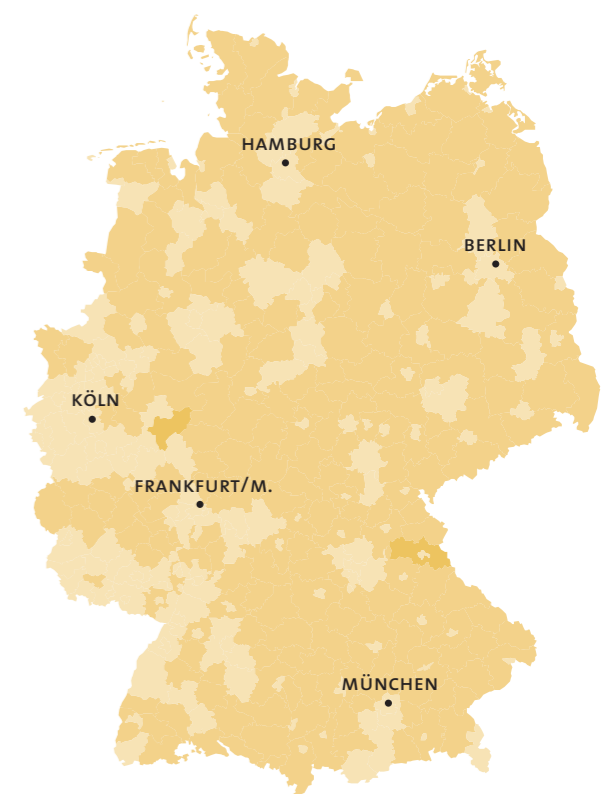
Die Nachfrage nach Forstflächen in den Landkreisen wird als Trendfortschreibung aus der Vergangenheit heraus ermittelt. Da laut Flächenerhebung im Zeitraum 1996 bis 2010 jährlich rund 15.000 Hektar Wald entstanden sind, wird diese Entwicklung auch bis zum Jahr 2030 angenommen. Damit nimmt die Waldfläche bundesweit um knapp drei Prozent bzw. gut 300.000 Hektar zu.

Anteil der Landwirtschaftsfläche an der Katasterfläche 2010 in Prozent



bis unter 40%
 40% bis unter 60%
 60% und mehr

Veränderung der Landwirtschaftsfläche 2010 bis 2030 in Prozent



bis unter -5%
 bis unter 5%
 -5% bis 0%

Landnutzungs- konkurrenzen und -konflikte

In CC-LandStraD haben Wissenschaftler die Landnutzung in Deutschland untersucht und daher auch die Akteure der Landnutzung nach aktuell wahrgenommenen Flächennutzungskonkurrenzen und Landnutzungskonflikten in Deutschland befragt.

Die Akteure wiesen vorwiegend auf Konflikte innerhalb der Sektoren Landwirtschaft und Forstwirtschaft hin. Die folgende Frage beschreibt den wohl wichtigsten Nutzungs- und Interessenkonflikt: Sollen Flächen zur Erzeugung von Rohstoffen für die Lebensmittel- bzw. Holzverarbeitungsindustrie oder zur Erzeugung von Bioenergie genutzt werden? In der jüngeren Vergangenheit hat die Flächennutzung für die Bioenergieproduktion in der Landwirtschaft stark zugenommen. Unter den befragten Akteuren war es weitgehend Konsens,

dass Bioenergiepflanzen nur als eine Übergangslösung anzusehen sind. Akteure der Forstwirtschaft hielten die energetische Holznutzung in Konkurrenz zur stofflichen Nutzung für einen der wichtigsten Nutzungskonflikte innerhalb der Forstwirtschaft. Sie betonten, dass durch die »Energiewende« auch die Nachfrage nach Energieholz gestiegen sei, mit der Folge, dass die Konkurrenz in der Holzverwertung zugenommen habe. Mehrfach wiesen die Akteure auch auf die globale Perspektive hin. So hat jede Änderung der Landnutzung in Deutschland

Sollen die Flächen zur Erzeugung von Rohstoffen für die Lebensmittel- bzw. Holzverarbeitungsindustrie oder zur Erzeugung von Bioenergie genutzt werden?



Beispiel für einen sektorinternen Konflikt in der Forstwirtschaft

Landnutzungs- konkurrenzen

entstehen dadurch, dass Flächen meist für unterschiedliche Nutzungen geeignet sind. So kann ein Acker zur Biomasseproduktion für energetische Zwecke oder zur Erzeugung von Nahrungsmitteln genutzt werden. Zu Landnutzungskonflikten kommt es, wenn (a) unterschiedliche

Akteure einander ausschließende Nutzungsinteressen an ein und dieselbe Fläche richten oder wenn (b) gesellschaftliche Interessengruppen bestimmte Landnutzungen zum Problem erklären und davon ausgehend Nutzungsveränderungen bzw. -einschränkungen oder sogar einen

Nutzungsverzicht erreichen wollen. Landnutzungskonflikte sind stets Interaktionen zwischen individuellen oder korporativen Akteuren, die entweder nicht kosten- oder nicht flächenneutral lösbar sind.

beispielsweise durch geringere Nahrungs- und Futtermittelproduktion oder die Ausweitung der Produktion von Bioenergiepflanzen auch Folgen für die Landnutzung in anderen Ländern der Welt. Zentrales Konfliktthema aus Sicht von Vertretern der Landwirtschaft war der anhaltende Flächenbedarf für Siedlungen und die daraus folgende naturschutzfachliche Kompensation. Beides führt zur weiteren Umnutzung vorwiegend landwirtschaftlicher – zumeist besonders fruchtbarer – Fläche.

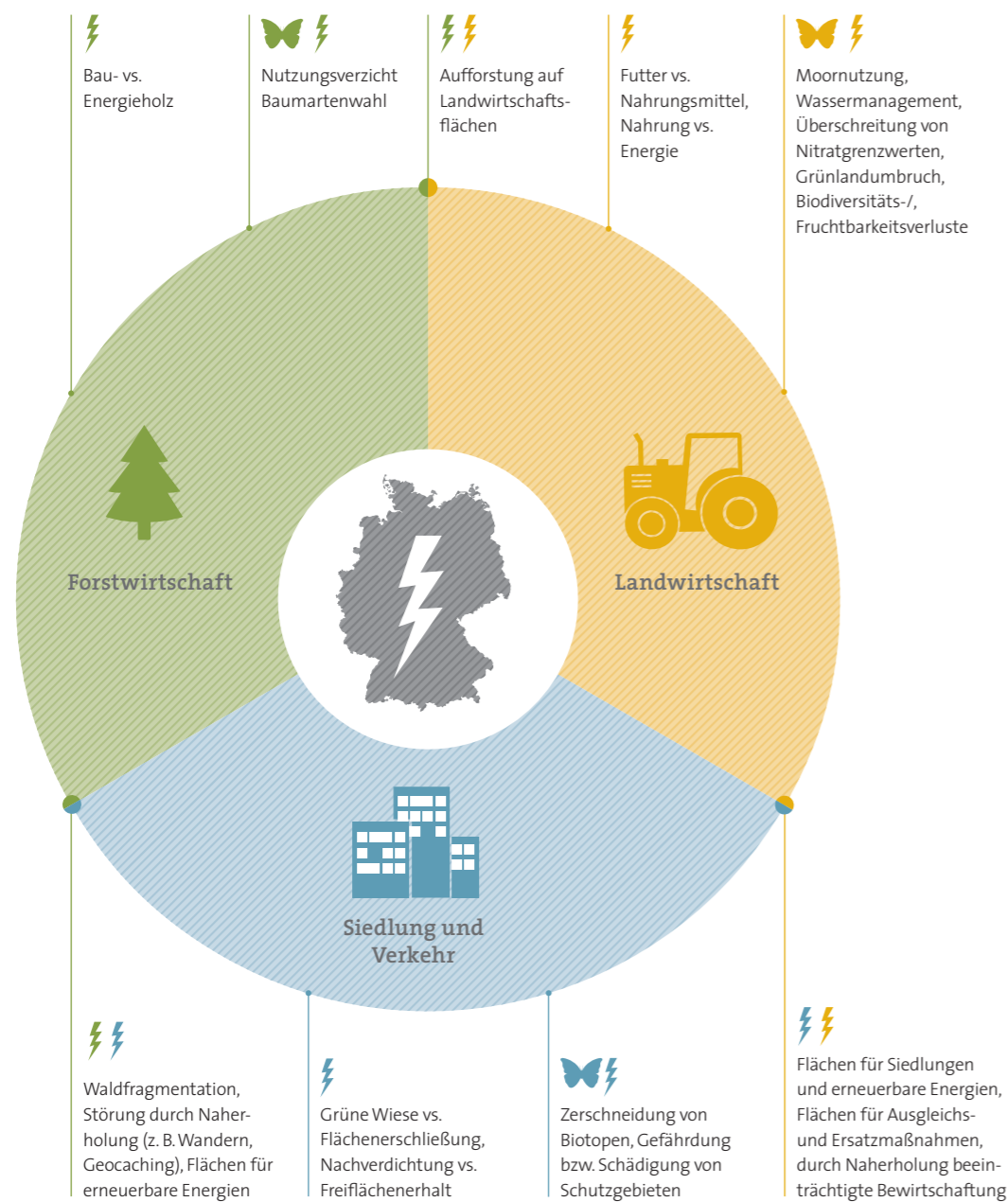
Nutzungsverzicht, also die Stilllegung von Flächen für den Naturschutz, ist für die Vertreter der Land- und Forstwirtschaft jedoch keine optimale Lösung. Interessenvertreter des Sektors Siedlung und Verkehr stellen dem teilweise eine andere Sicht entgegen: Sie argumentieren mit einem veränderten Bewusstsein in Bezug auf die Nutzung neuer Flächen und wiesen darauf hin, dass das »30-Hektar-Ziel« der Bundesregierung die Planungspraxis bereits verändert hat.



Beispiel für einen Konflikt zwischen den Sektoren »Siedlung und Verkehr« und »Land- und Forstwirtschaft«

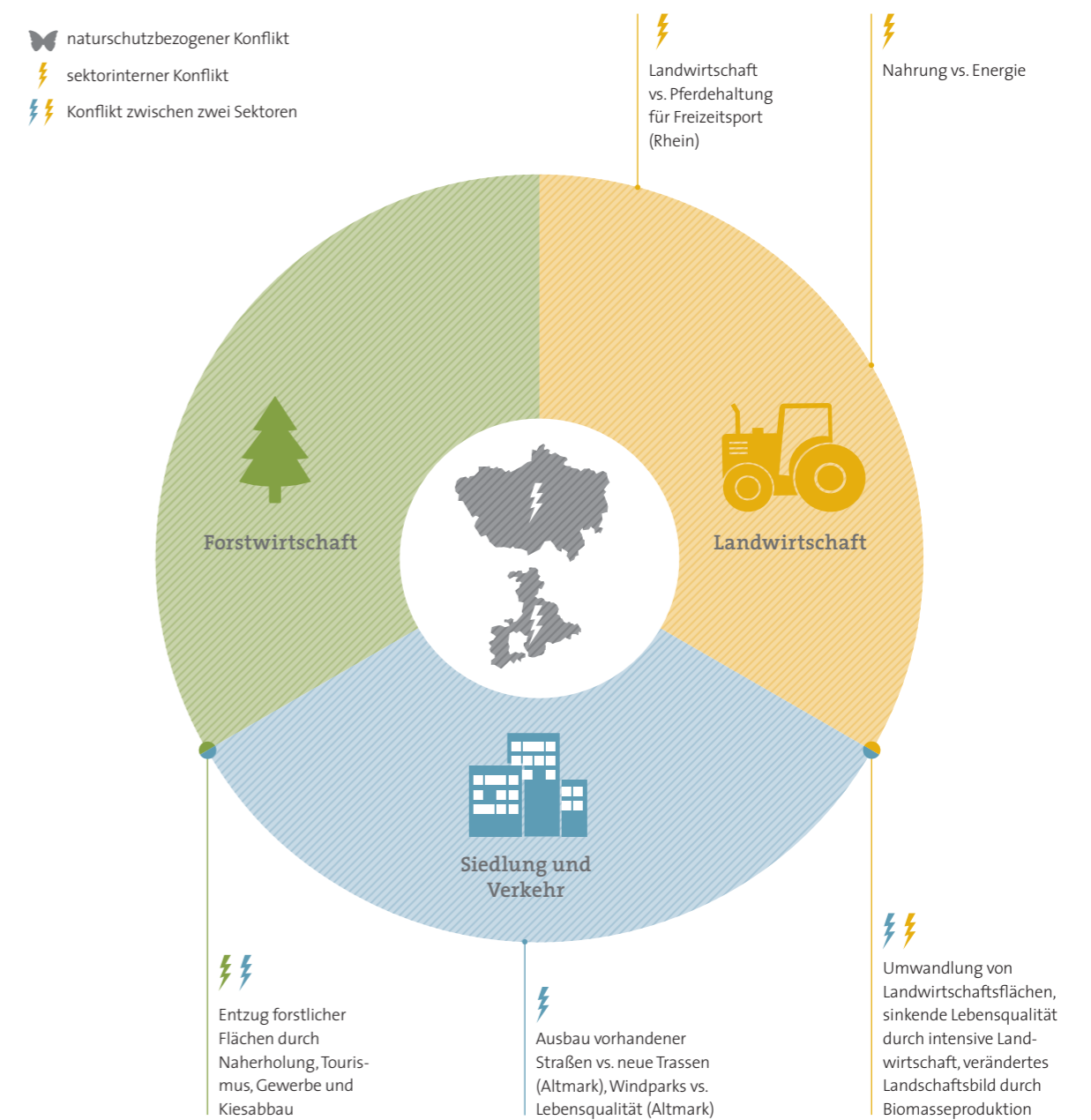
Landnutzungskonflikte in Deutschland

Bundesweite Landnutzungskonflikte in Deutschland



Landnutzungskonflikte in den Fokusregionen

Beispielhafte Landnutzungskonflikte in den Fokusregionen Altmark und Rhein



III. Gestaltungsprinzipien für heute und morgen

Das Forschungsprojekt
CC-LandStraD untersuchte,
wie ein verändertes
Landmanagement zum
Klimaschutz beitragen
kann.

Maßnahmen, Modellierung und Prozess

Die in CC-LandStraD untersuchten Maßnahmen zeigen Möglichkeiten auf, wie die Landnutzung über die bisherigen Ansätze hinaus gestaltet werden kann, um zum Klimaschutz und zu einer langfristigen Anpassung an den Klimawandel beizutragen. Nachfolgend stellen wir Ergebnisse einer Auswahl von Maßnahmen vor.

Ausgangspunkt war dabei die Frage, welche Landnutzungsmaßnahmen auf einer bestimmten Fläche ergriffen und welche gesellschaftlichen Ziele damit unterstützt werden können.

Als relevante gesellschaftliche Ziele wurden die Beiträge der Landnutzung zum Klimaschutz, zur Erzeugung von Biomasse für Bioenergieproduktion, zum Natur- und Umweltschutz sowie zur langfristigen Anpassung an den Klimawandel identifiziert.

Welche Landnutzungsmaßnahmen können auf einer bestimmten Fläche ergriffen, und welche gesellschaftlichen Ziele können damit unterstützt werden?



In einem mehrjährigen Forschungsprozess wurden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt und mit regionalen und nationalen Praxisakteuren abgestimmt.

1

Identifikation der Ziele der Landnutzung

Zu Beginn wurden wesentliche gesellschaftliche Ziele der Landnutzung identifiziert. Dazu gehören die Nahrungs- und Futtermittelproduktion, der Ressourcenschutz (Wasser, Boden, Artenvielfalt u. a.), die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen und der Beitrag zur

Erholung. Neuere gesellschaftliche Anforderungen an die Landnutzung sind z. B. die Flächenbereitstellung zur Produktion erneuerbarer Energien und die Minderung von Treibhausgasemissionen.



2

Bestimmung geeigneter Maßnahmen

Anschließend wurden für jeden Landnutzungssektor (Land- und Forstwirtschaft, Siedlungswesen) die wichtigsten Maßnahmen bestimmt, die einen Beitrag zur Erreichung einzelner oder mehrerer dieser gesellschaftlichen Ziele leisten können, zugleich aber auf andere Ziele negativ wirken können. Dies erfolgte in einem

intensiven Austausch mit regionalen und nationalen Akteuren der Landnutzung sowie Experten aus der Wissenschaft. Außerdem wurde geprüft, ob die identifizierten Maßnahmen einen Flächenbezug haben und die erforderlichen Daten für die Modellierung vorhanden sind.

3

Modellierung von Maßnahmenwirkungen

Im dritten Schritt wurden die Wirkungen der Maßnahmen auf das jeweilige gesellschaftliche Ziel modelliert. Dafür sind neue Verfahren in die Modelle implementiert sowie Modellkopplungen integriert worden.

4

Diskussion

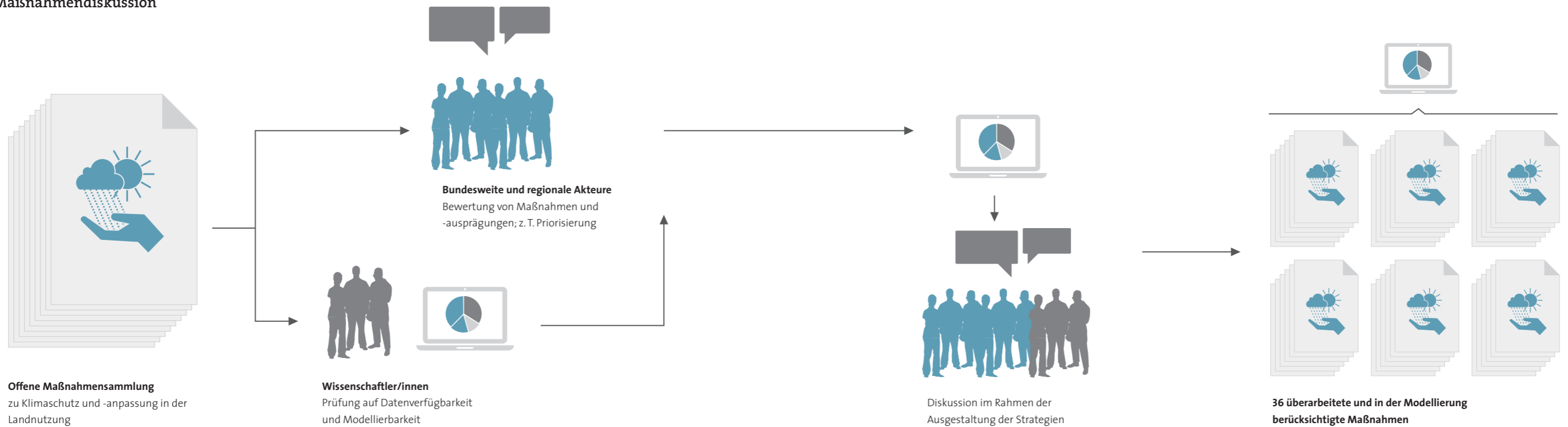
Daran anschließend wurden Hemmnisse und Zielkonflikte der Maßnahmen mit den Praxisakteuren diskutiert sowie die Hemmnisse und Zielkonflikte relevanter umwelt- und planungsrechtlicher Regelungssysteme sowie instrumenteller Steuerungsmöglichkeiten für die Landnutzung untersucht.

5

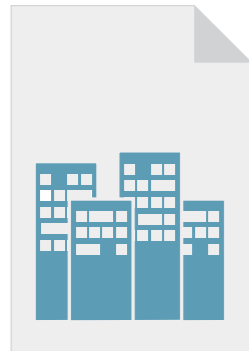
Schlussfolgerungen

Abschließend wurden Schlussfolgerungen für ein nachhaltige(re)s Landmanagement abgeleitet.

Maßnahmendiskussion



Siedlung und Verkehr



Maßnahme 1: Stärkung der Innenentwicklung

Zur »Stärkung der Innenentwicklung« werden Brachflächen und Baulücken mobilisiert, Leerstände gezielt wiedergenutzt und eine moderate Anhebung der Nachverdichtung im Bestand (z. B. weitere Gebäudegeschosse) umgesetzt. Unter der Maßgabe, die Innenentwicklung konsequent zu fördern, könnte die tägliche Zunahme von Flächen für Siedlung und Verkehr bis 2030 auf 32 Hektar – und damit um 13 Hektar im Vergleich zum Referenz-Szenario – sinken.

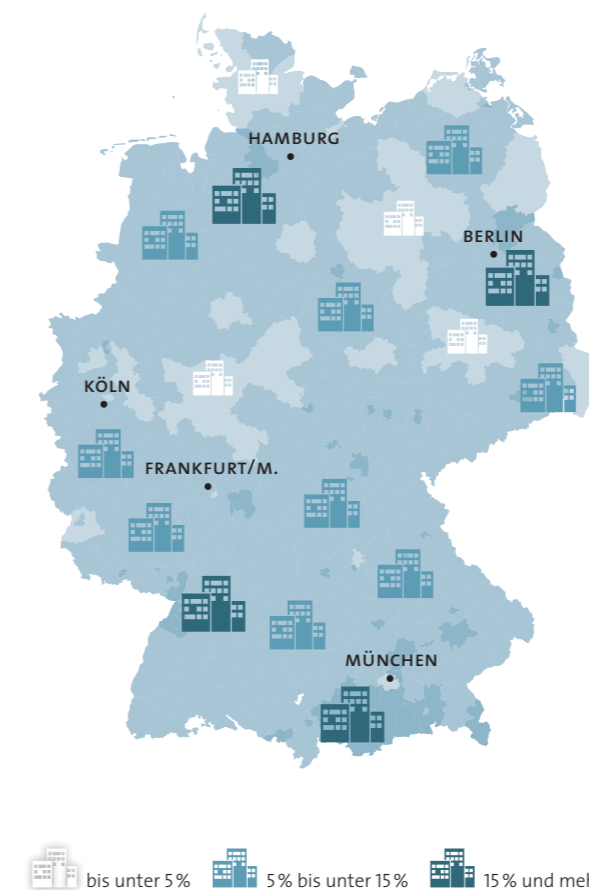
Durch diese Maßnahme ließe sich das 30-Hektar-Ziel der Bundesregierung im Jahr 2030 annähernd erreichen.

Räumlich betrachtet wirkt die Maßnahme »Stärkung der Innenentwicklung« sehr unterschiedlich. In einigen Regionen könnte damit mehr als die Hälfte der Nachfrage nach Siedlungsflächen gedeckt werden. Das trifft für Berlin, Leipzig, Dresden, Teile des Ruhrgebiets oder das Rhein-Main-Gebiet östlich von Frankfurt am Main zu. In anderen Regionen mit starkem Zuwachs an Siedlungsflächen kann die Maßnahme nur einen kleinen Teil der Nachfrage decken. Gründe hierfür sind, dass bei insgesamt hoher Nachfrage die Potenziale bereits weitgehend ausgeschöpft werden (z. B. München und Umland) oder dass es sich um wirtschaftlich prosperierende Regionen mit einer dörflich/kleinstädtisch geprägten Siedlungsstruktur handelt, in denen nur wenige Leerstände oder Brachflächen vorhanden sind (z. B. Emsland, Oberbayern, Schwaben). Daneben gibt es Regionen mit einem sehr hohen Potenzial zur Innenentwicklung, die

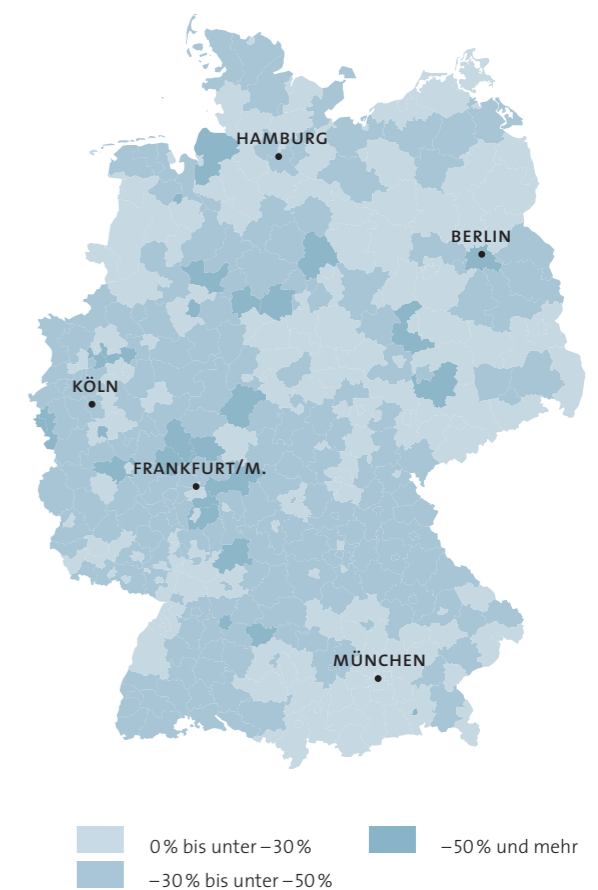
ihren Siedlungs- und Verkehrsflächenverbrauch aber nur in geringem Umfang reduzieren können (z. B. die Altmark). In der Regel ist die Nachfrage nach Siedlungsflächen in diesen Regionen bereits weitgehend zum Erliegen gekommen, und die vorhandenen Potenziale sind nicht ausschöpfbar. Erholungsflächen, und vor allem Verkehrsflächen (z. B. Bau der A 14), die durch die Maßnahme nicht beeinflusst werden, tragen dort weiterhin zur Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen bei. Die mengenmäßig größten Möglichkeiten, den Flächenzuwachs durch Innenentwicklung zu senken, liegen in Kernstädten und verdichteten Regionen. Dennoch ist die Umsetzung der Maßnahme gerade in ländlichen Räumen und in Klein- und Mittelstädten wichtig. Denn sie wirkt der Entleerung von Ortszentren und der Verödung von Quartieren entgegen und trägt zum Erhalt lebendiger Dörfer und Städte bei. Das für diese Maßnahme erforderliche Flächenmanagement stellt jedoch gerade kleine und mittlere Städte mit begrenzten Ressourcen vor besondere Herausforderungen.

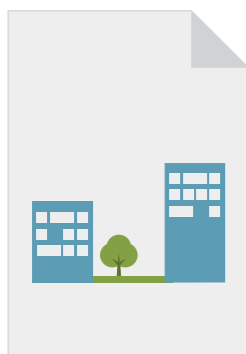
Durch die Maßnahme »Stärkung der Innenentwicklung« entstehen weniger neue Siedlungs- und Verkehrsflächen. Dadurch gehen weniger land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen verloren, die auch als CO₂-Speicher fungieren können.

Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche zwischen 2010 und 2030 in Prozent im Referenz-Szenario



Reduzierung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung durch die Maßnahme Stärkung der »Innenentwicklung« zwischen 2010 und 2030 in Prozent





Maßnahme 2: Erhalt und Entwicklung innerstädtischer Freiflächen

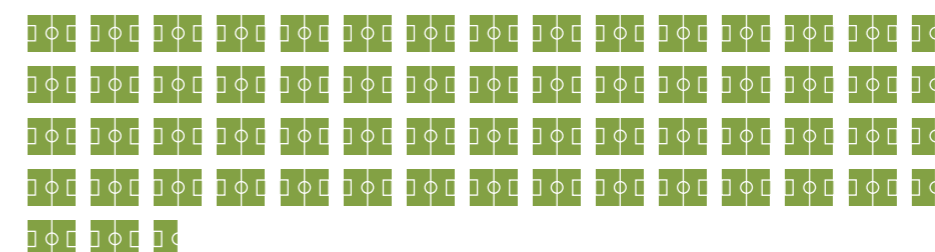
Die Maßnahme »Erhalt und Entwicklung innerstädtischer Freiflächen« umfasst den Erhalt bestehender innerstädtischer Grünflächen und eine geringere Nachverdichtungsrate als im Referenz-Szenario. Im Neubau werden Luftaustauschkorridore und qualitätsvolle Grünflächen berücksichtigt. Mit der Stärkung raumplanerischer Instrumente zum Siedungsklima- und Freiraumschutz, mit regionalen Grünzügen und Grünzäsuren sowie der Landschaftsplanung bleiben stadregionale Freiraumfunktionen sowie grüne und blaue Strukturen (z. B. Grünanlagen oder Wasserläufe) erhalten. Damit hilft die Maßnahme, das Wohlbefinden in den Städten bei steigender Hitzebelastung zu verbessern, da urbane Grünflächen vergrößert und ihre Erreichbarkeit verbessert werden. Sie dient so der Anpassung an den Klimawandel. Die Erholungsfläche je Einwohner wird auf neuen innerstädtischen Siedlungsflächen erhöht und vor allem dort verortet, wo bislang Defizite hinsichtlich der Grünausstattung bestehen. Außerdem wird die Umnutzung von Brachen in Grünflächen vereinfacht. In Regionen, in denen der Leerstand zu- und die Bevölkerung abnimmt, finden Rückbau, Entsiegelung und Konzentration gebauter Strukturen statt. Die Wirkung dieser Maßnahme wird mit dem Indikator »Flächeninanspruchnahme in wärmebelasteten Gebieten« bewertet. Hierfür werden der Anteil der Flächen, die in wärmebelasteten Gebieten neu in Anspruch genommen werden (Wohnbebauung), und der Anteil der Siedlungsflächen im Jahr 2030 (Wohnbebauung) innerhalb einer Distanz von 500 Metern um grüne und blaue Strukturen, also urbane Grün- und Erholungsflächen, Wald, Feuchtgebiete und Wasser, gleichgewichtet. Die Maßnahme ist vor allem in Regionen wirksam, die einen hohen Brachflächenanteil bzw. Leerstand bei geringem Flächendruck haben. Dort ergeben sich größere Handlungsspielräume, neue Grünflächen beispielsweise durch Rückbau zu schaffen. Dies ist vor allem in Teilen Sachsens, im südlichen Brandenburg sowie in Teilen Thüringens und Sachsen-Anhalts der Fall. Insgesamt erhöht sich allerdings durch die stärkere Berücksichti-

gung des Freiraums der Bedarf an neuer Siedlungs- und Verkehrsfläche, da bei konsequenter Anwendung der Maßnahme die Möglichkeiten der Innenentwicklung eingeschränkt werden und allgemein eine lockerere Bebauung angestrebt wird. Dies hat für einige Regionen zur Konsequenz, dass der Indikator »Flächeninanspruchnahme in wärmebelasteten Gebieten« wegen der höheren Gebäude- und Freiflächenentwicklung im Vergleich zum Referenz-Szenario leicht zunimmt. Im Ergebnis sind die Unterschiede zwischen Referenz- und Maßnahmen-Szenario gering, da in vielen Regionen die positiven Effekte, die sich aus der besseren Erreichbarkeit von erholungswirksamen grünen und blauen Strukturen ergeben, durch einen höheren Bedarf an neuen Flächen in wärmebelasteten Gebieten ausgeglichen werden.

Die tägliche Inanspruchnahme neuer Flächen liegt im Jahr 2030 bei Umsetzung der Maßnahme »Erhalt und Entwicklung innerstädtischer Freiflächen« bei 47 Hektar pro Tag und damit nur leicht oberhalb des Referenz-Szenarios.

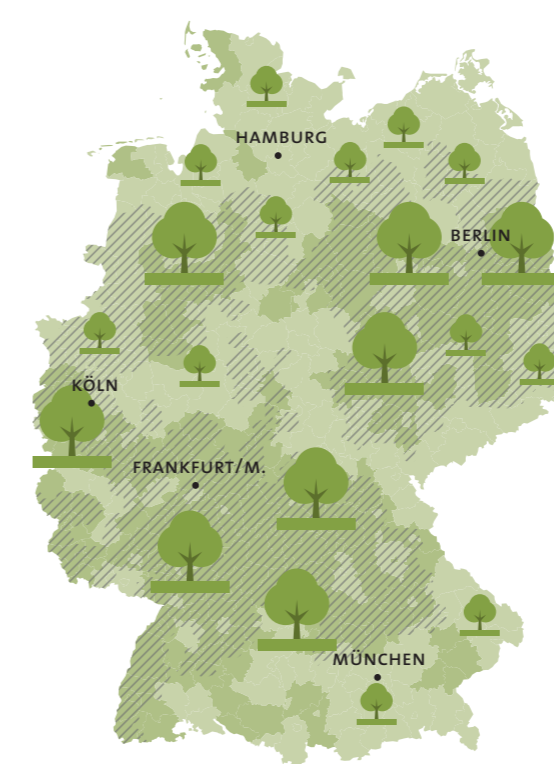
Dies liegt in erster Linie an einem höheren Bedarf an Erholungsflächen (13 Hektar pro Tag). Die Entwicklung der Gebäude- und Freiflächen ist durch den Rückbau von Leerständen geringer als im Referenz-Szenario und liegt im Jahr 2030 bei etwa 18 Hektar pro Tag. Die Entwicklung der Verkehrsflächen wird durch diese Maßnahme nur leicht erhöht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die Entwicklung von Gebäuden und Freiflächen an die Siedlungsränder verlagert, da Freiflächen im Innenbereich stärker in Grünflächen umgewandelt werden als im Referenz-Szenario. Zudem wird eine insgesamt lockerere Bebauung angestrebt. Dies hat längere Erschließungsstraßen zur Folge.

Bei Umsetzung der Maßnahme »Erhalt und Entwicklung innerstädtischer Freiflächen« werden im Jahr 2030 jeden Tag rund 47 Hektar für neue Siedlungs- und Verkehrsflächen beansprucht.

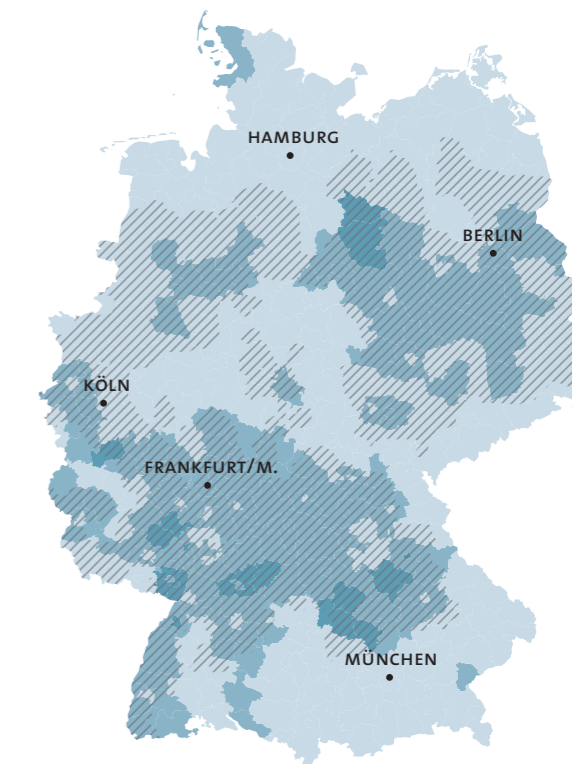


47 ha entsprechen einer Fläche von rund 62,5 Fußballfeldern.

Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Referenz-Szenario in wärmebelasteten Gebieten bis 2030*



Veränderung der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen mit der Maßnahme »Erhalt und Entwicklung innerstädtischer Freiflächen« in wärmebelasteten Gebieten*



* Verfügbare Fläche im Landkreis im Vergleich zur Freifläche 2009 im Bundesdurchschnitt

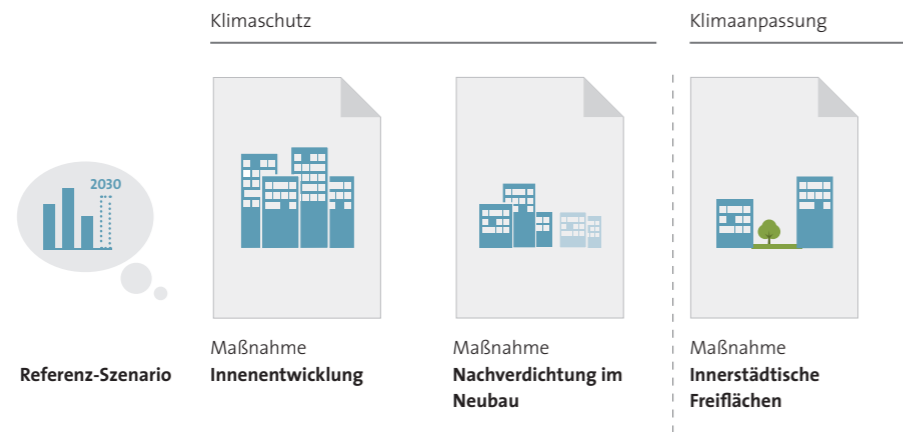
Die nachstehenden Tabellen fassen die raumwirksamen Folgen der drei innerstädtisch wirkenden Maßnahmen Innenentwicklung, Nachverdichtung im Neubau sowie innerstädtische Freiflächen beispielhaft für die Fokusregionen zusammen. Auch wenn die Maßnahmen sich untereinander beeinflussen und Aspekte des Klimaschut-

zes (z. B. Innenentwicklung) sowie der Klimaanpassung (z. B. innerstädtische Grünflächen) sorgfältig abgewogen werden müssen, wird deutlich, dass die Maßnahmen die Flächennutzung durch Siedlung und Verkehr wirksam beeinflussen und zur Steuerung verwendet werden können.

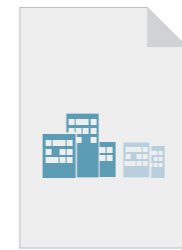
Vergleich: Unterschiedliche gesellschaftliche Ziele verursachen unterschiedliche Siedlungsmuster



Fokusregion Rhein



| | Referenz-Szenario | Klimaschutz Maßnahme Innenentwicklung | Klimaschutz Maßnahme Nachverdichtung im Neubau | Klimaanpassung Maßnahme Innerstädtische Freiflächen |
|---|-------------------|---|---|--|
| Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr 2009 – 2030 in ha | 3.282 | 2.404 | 3.259 | 3.929 |
| Unterschied gegenüber Referenz-Szenario in % | | -27% | -1% | 20% |
| Flächeninanspruchnahme durch Erholung 2009 – 2030 in ha | 596 | 547 | 595 | 1.197 |
| Unterschied gegenüber Referenz-Szenario in % | | -8% | 0% | 101% |



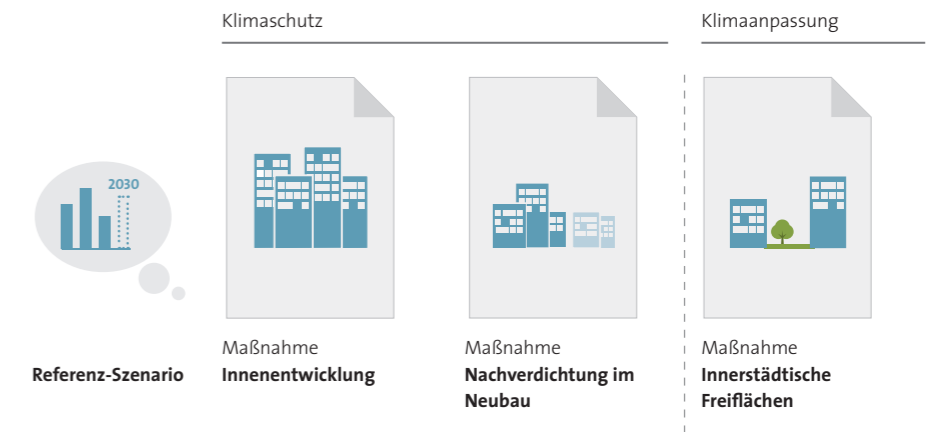
Nachverdichtung im Neubau

Die Bauleitplanung legt bauliche Dichten für Neubaugebiete fest. Diese werden in der Regel jedoch nicht ausgeschöpft, sodass mehr Fläche in

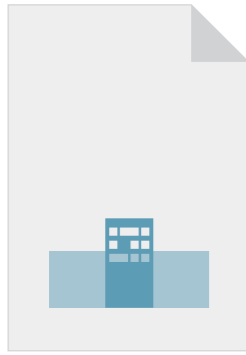
Anspruch genommen wird, als nötig wäre. Die Maßnahme zielt darauf ab, die maximalen Baudichten im Außenbereich/Neubau zu erreichen.



Fokusregion Altmark



| | Referenz-Szenario | Klimaschutz Maßnahme Innenentwicklung | Klimaschutz Maßnahme Nachverdichtung im Neubau | Klimaanpassung Maßnahme Innerstädtische Freiflächen |
|---|-------------------|---|---|--|
| Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr 2009 – 2030 in ha | 1.149 | 1.042 | 1.051 | 951 |
| Unterschied gegenüber Referenz-Szenario in % | | -9% | -8,5% | -17% |
| Flächeninanspruchnahme durch Erholung 2009 – 2030 in ha | 415 | 411 | 406 | 415 |
| Unterschied gegenüber Referenz-Szenario in % | | -1% | -2% | 0% |



Maßnahme 3: Stärkung des Hochwasserschutzes

Die Maßnahme »Stärkung des Hochwasserschutzes« beinhaltet vorsorgende (raumplanerische) Instrumente mit dem Ziel, die Siedlungsentwicklung in Gebieten zu unterbinden, in denen Extremhochwasser auftreten kann. Konkret werden Vorranggebiete des Hochwasserschutzes stärker gewichtet als im Referenz-Szenario. Zudem werden bestehende Vorbehaltsgebiete in Vorranggebiete umgewandelt. Die EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) wird konsequent umgesetzt, und zusätzlich werden Extremhochwasserbereiche als Vorranggebiete ausgewiesen. Die Fläche, in denen die Siedlungsentwicklung wegen Hochwassergefahr erschwert wird (z. B. durch höheren Begründungsaufwand oder Vorgaben für eine hochwasserangepasste Bauweise), ist deutlich größer als im Referenz-Szenario.

Die Stärkung des Hochwasserschutzes zielt auf eine Anpassung an mögliche Folgen des Klimawandels wie beispielsweise Extremwetterereignisse.

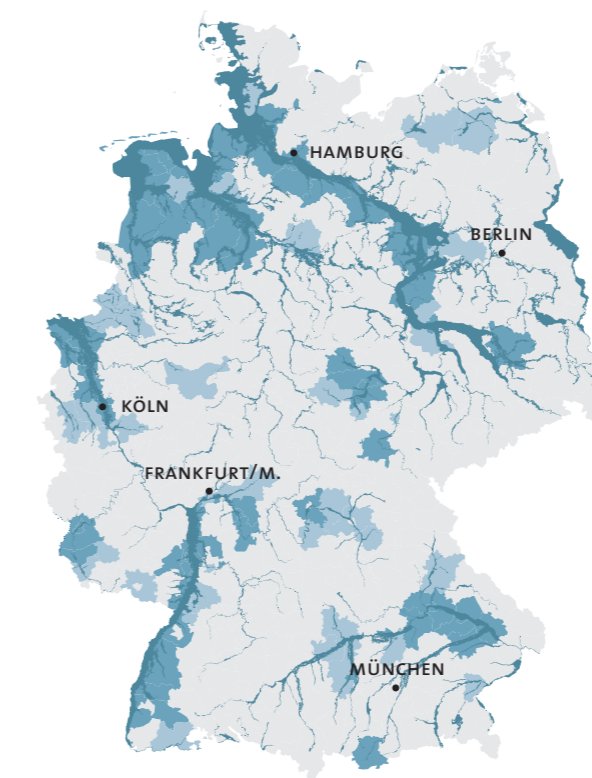
Durch die Maßnahme kann die Inanspruchnahme von Flächen in hochwassergefährdeten Gebieten deutlich reduziert werden. Die linke Karte auf der Folgeseite stellt die Zunahme von hochwassergefährdeten Siedlungsflächen bis 2030 dar (HQextrem). Das Referenz-Szenario berücksichtigt die derzeit bestehenden Vorrang- und Vorbehaltsgebiete zur Steuerung der Siedlungsentwicklung. Die Abweichung zum Bundesdurchschnitt zeigt an, in welchen Landkreisen und kreisfreien Städten sich die Siedlungsflächen über- oder unterdurchschnittlich stark in hochwassergefährdeten Gebieten ausweiten.

Der Indikator »Flächeninanspruchnahme in hochwassergefährdeten Gebieten« bezieht sich nur auf Siedlungs- und Verkehrsflächen, die bis 2030 neu hinzukommen. Deshalb werden einige Kreise entlang der Elbe als wenig gefährdet dargestellt, obwohl sie stark vom Elbe-Hochwasser, beispielsweise 2013, betroffen waren. Der Indikator sagt also nichts über die Gefährdung bestehender Siedlungsflächen aus. Basis der Berechnungen ist die Zunahme an Siedlungs- und Verkehrsflächen in HQextrem-Gebieten.

Es wird deutlich, dass die Ausweitung weiterer Vorranggebiete für den Hochwasserschutz das Schadenspotenzial in den meisten Kreisen deutlich reduziert.

Ausnahmen bilden Kreise, in denen die Nachfrage nach Siedlungsflächen sehr hoch und die Menge an verfügbaren Freiflächen außerhalb hochwassergefährdeter Gebiete (z. B. Rheinland, Oberrhein, Rhein-Main-Gebiet) gering ist. Daneben bleibt die Siedlungsflächenentwicklung in hochwassergefährdeten Bereichen in den Kreisen hoch, in denen der weitaus größte Teil der Fläche hochwassergefährdet ist, z. B. an der Nordsee. In einigen Gebieten, die vom Hochwasser 2013 an der Elbe und ihren Zuflüssen betroffen waren, ist das Hochwasserrisiko auch im Referenz-Szenario vergleichsweise gering. Grund hierfür ist die im Vergleich zum Bundesdurchschnitt geringe Entwicklung der Siedlungsfläche sowie ausreichend zur Verfügung stehende Ausweichflächen.

Entwicklung von versiegelungsrelevanten Siedlungs- und Verkehrsflächen im Referenz-Szenario in hochwassergefährdeten Gebieten bis 2030 (Abweichung zum Bundesdurchschnitt)



Gebiete mit Hochwassergefahr bei extremem Hochwasser

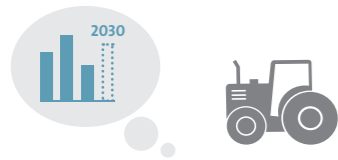
Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung weit überdurchschnittlich

Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung leicht überdurchschnittlich

Veränderung der Entwicklung von versiegelungsrelevanten Siedlungs- und Verkehrsflächen mit Maßnahme »Stärkung des Hochwasserschutzes« (Abweichung vom Bundesdurchschnitt im Referenz-Szenario)



Landwirtschaft



Referenz-Szenario Landwirtschaft

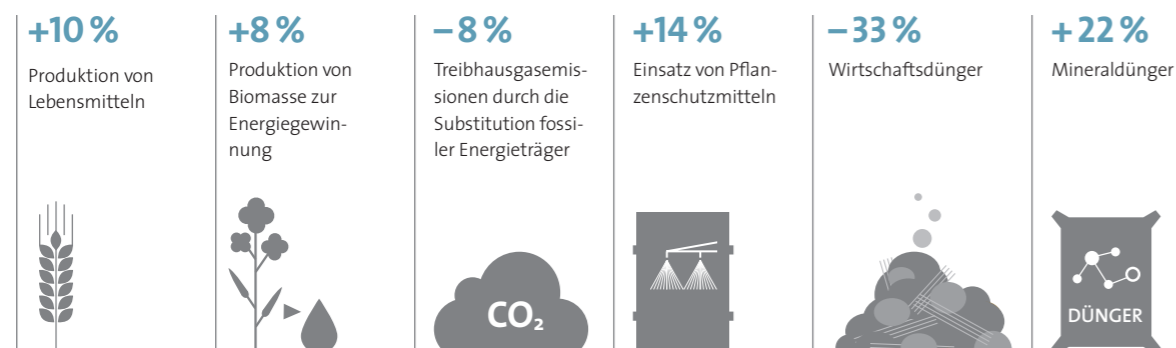
Ausgangspunkt der landwirtschaftlichen Untersuchungen war die Referenzsituation. Sie wurde für das Jahr 2030 ermittelt und basierte auf Annahmen zur Entwicklung der globalen Agrarmärkte und der Fortschreibung von Entwicklungen im deutschen Agrarsektor wie beispielsweise der Beibehaltung bzw. Umsetzung der aktuellen Agrarpolitik.

Wesentlich ist hier die Umsetzung der Reform der EU-Agrarpolitik von 2013. Die Reform umfasst beispielsweise Veränderungen hinsichtlich der Direktzahlungen, für deren Bezug nun die Erfüllung von Greening-Auflagen (Flächennutzung im Umweltinteresse) Voraussetzung ist, sowie das Auslaufen der Milch- und Zuckerquote.

Im Vergleich zum Basisjahr 2010 nimmt die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) in der Referenzsituation bis zum Jahr 2030 um ein Prozent ab, bedingt durch eine anhaltende Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsflächen. Durch höhere Erträge, die der technische Fortschritt hervorbringt, und einer erhöhten globalen

Nachfrage steigt die Produktion von Nahrungsmitteln um etwa zehn Prozent und die Produktion von Biomasse zur Energiegewinnung um acht Prozent. Die Treibhausgasemissionen sind leicht rückläufig (–0,5 Prozent), was vor allem an sinkenden Emissionen aus der Tierproduktion liegt. Die steigende Produktion von Biomasse zur Energiegewinnung führt zu sinkenden Treibhausgasemissionen durch die Substitution fossiler Energieträger wie Kohle oder Erdöl von etwa acht Prozent in diesem Bereich. Der Einsatz von Stickstoffdünger verschiebt sich vom organischen Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung (–33 Prozent) zu Mineraldünger (22 Prozent). Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln steigt deutlich um 14 Prozent.

Veränderungen 2010 – 2030

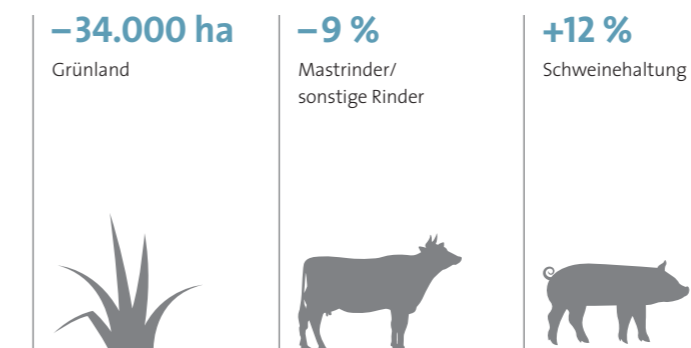


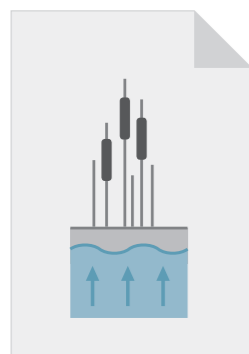
Die Produktivitäts- und Preissteigerungen führen zu einem deutlichen Anstieg des landwirtschaftlichen Nominaleinkommens (63 Prozent). Für das um die Inflation bereinigte Realeinkommen wären keine oder nur marginale Steigerungen zu erwarten.

In der Pflanzenproduktion und Tierhaltung verschieben sich die Produktionsverhältnisse infolge agrarpolitischer Bedingungen und Marktentwicklungen leicht.

Die Produktionsumfänge nehmen vor allem für Getreide (–600.000 ha) und Silomais (–120.000 ha) ab. Sie werden zum Teil durch Ölsaaten verdrängt (49.000 ha), deren Konkurrenzfähigkeit durch hohe Preisannahmen zunimmt. Bedingt durch den Wegfall der Zuckerquote dehnt sich die Fläche für Hackfrüchte (70.000 ha) aus. Die Agrarumweltmaßnahmen in Folge der EU-Agrarpolitik führen zur Ausdehnung der Stilllegungsfläche

(120.000 ha), auch zu Lasten intensiver und extensiver Grünlandflächen (–34.000 ha). Der Wegfall der Milchquote und die regionale Wanderung der Milchproduktion führen nur zu einem marginalen Rückgang in der Milchviehhaltung (–40.000 Großvieheinheiten/–1 Prozent). Die stark sinkende Haltung von Mastrindern und sonstigen Rindern (–42.000 Großvieheinheiten/–9 Prozent) bewirkt den Rückgang von Silomais- und Grünlandfutterfläche (siehe oben). Durch die erhöhte Nachfrage nach Schweinefleisch dehnt sich die Schweinehaltung aus (20.000 Großvieheinheiten/12 Prozent).





Maßnahme 1: Wiedervernässung organischer Böden

In organischen Böden haben sich über Jahrtausende sehr große Mengen an organisch gebundenem Kohlenstoff und Stickstoff auf vergleichsweise kleinen Flächen eingelagert. Dieses hohe Speicher- sowie Emissionspotenzial machen organische Böden zu einem wesentlichen Gegenstand in der Diskussion um Treibhausgaseinsparungen in der landwirtschaftlichen Landnutzung. In Deutschland befinden sich sieben Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf Mooren. Diese Flächen sind zu 61 Prozent Niedermoor-, 25 Prozent Anmoor- und 14 Prozent Hochmoorböden. Die landwirtschaftlich genutzte Moorfläche wird zu einem Drittel als Acker- und zu zwei Dritteln als Grünland genutzt. Die Vorkommen befinden sich vor allem in Nordostdeutschland, in Nordwestdeutschland und im zentralen bis südlichen Bayern. Da eine Nutzung organischer Böden zumeist mit einer Absenkung des Wasserstands einhergeht, sind die meisten organischen Böden dräniert. Klimaschutzler stufen mittlere Jahreswasserstände von 10 cm unter

Flur als optimal ein. Die Intensität der Moornutzung, der Beitrag zur Qualität des Landschaftswasserhaushaltes und der Zustand des Bodens können regional und flächenspezifisch sehr unterschiedlich ausfallen, weshalb das Wiedervernässungspotenzial sowie der Beitrag zum Klima-, Natur- und Umweltschutz im Einzelfall abgeschätzt werden müssen.

Ziel der untersuchten Maßnahmen ist es, die Treibhausgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden zu verringern.

Bei organischen Böden bedeutet dies eine adäquate Einstellung des Bodenwasserhaushaltes sowie eine damit verbundene Extensivierung der Nutzung. Diese extensive Nutzung kann beispielsweise durch den Anbau von

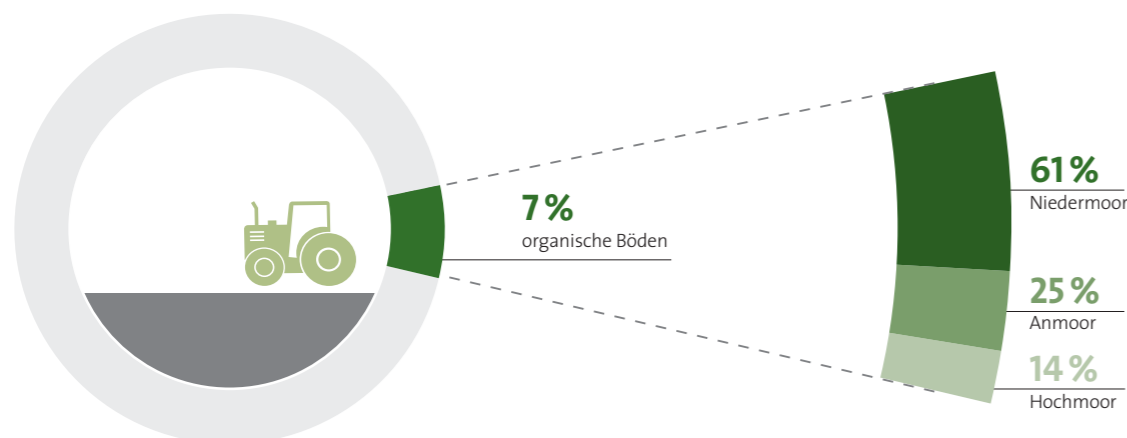
Paludikulturen wie Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Gewöhnliches Schilf (*Phragmites australis*), Rohrkolben (*Typha spec.*) und Großseggen (*Carex spec.*) oder extensive Grünlandnutzung erfolgen.

Durch Wiedervernässung von Mooren auf maximal 30 Prozent der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden (Annahme) ist es möglich, die Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung um bis zu acht Prozent zu mindern.

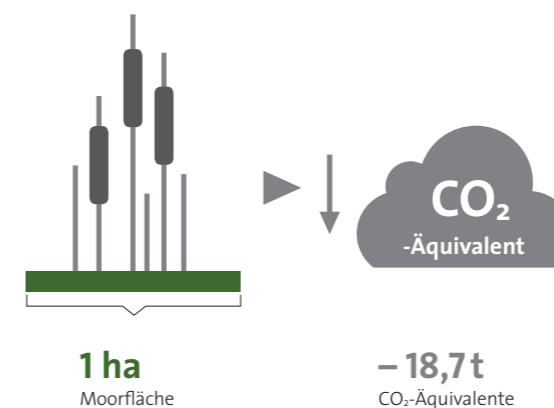
Diese hohe Mitigationwirkung kann auf 270.000 ha wiedervernässter Moorfläche bei einer Vermeidungswir-

kung von 5 Mio. t CO₂-Äquivalente erzielt werden. Mit einem Mitigationspotenzial von 18,7 t CO₂-Äquivalent/ha ist die Maßnahme als sehr effektiv und flächeneffizient zu bewerten. Um die Umsetzung der Maßnahme in der Simulation zu unterstützen, wurde als Politikinstrument eine Mitigationzahlung von 100 Euro pro Tonne vermiedenes CO₂-Äquivalent eingeführt. Neben der Kompensationsfunktion entlohnen die Zahlungen die Produzenten für über die THG-Emissionsvermeidung hinausgehende positive Umweltleistungen. Durch die Wiedervernässung von Mooren entsteht in der Regel ein ökologischer Mehrwert für Natur und Umwelt, da beispielsweise Habitate für seltene Tier- und Pflanzenarten entstehen und die aufgegebene Nutzung sich positiv auf den Gewässer- und Bodenschutz auswirkt. Die vergleichsweise geringen Einkommensverluste lassen die Wiedervernässung als sehr kosteneffiziente Maßnahme erscheinen. Die aufgezeigten regionalen Unterschiede müssen bei

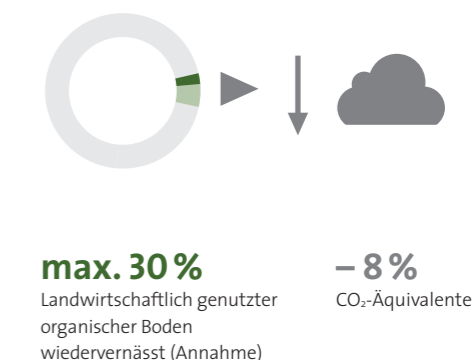
Organische Böden in der Landwirtschaft



Mitigationwirkung von wiedervernässten Moorflächen



Wiedervernässung von Mooren



einer Umsetzung der Maßnahme beachtet werden. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass Moorackerflächen vorwiegend im Nordwesten und im Nordosten Deutschlands wiedervernässt werden; Moorgrünland wird in den nordwestdeutschen Küstenregionen und in Schleswig-Holstein (vor allem Intensivgrünland) gewählt. In geringerem Umfang wird laut den Simulationen auch im südlichen Bayern und Baden-Württemberg Moorgrünland wiedervernässt. Insgesamt dehnt sich die wiedervernässte Fläche lediglich geringfügig auf 1,7 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche aus, wodurch die Umfänge der Produktionsverfahren kaum reduziert werden. Dieses bewirkt eine geringe Minderung des landwirtschaftlichen Einkommens aus der traditionellen Produktion von Nahrungsmitteln und Energie (-1 Prozent). Bei Berücksichtigung der Mitigationzahlungen steigt das Einkommen sogar geringfügig an (1,3 Prozent).

Auch wenn die agrarsektorale Analyse die Wiedervernässung als effiziente Maßnahme erscheinen lässt, sind in der Umsetzung regionale Unterschiede und einzelbetriebliche Betroffenheiten zu berücksichtigen.

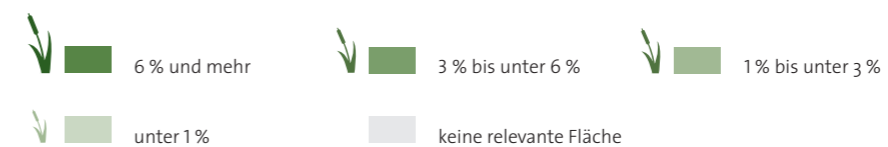
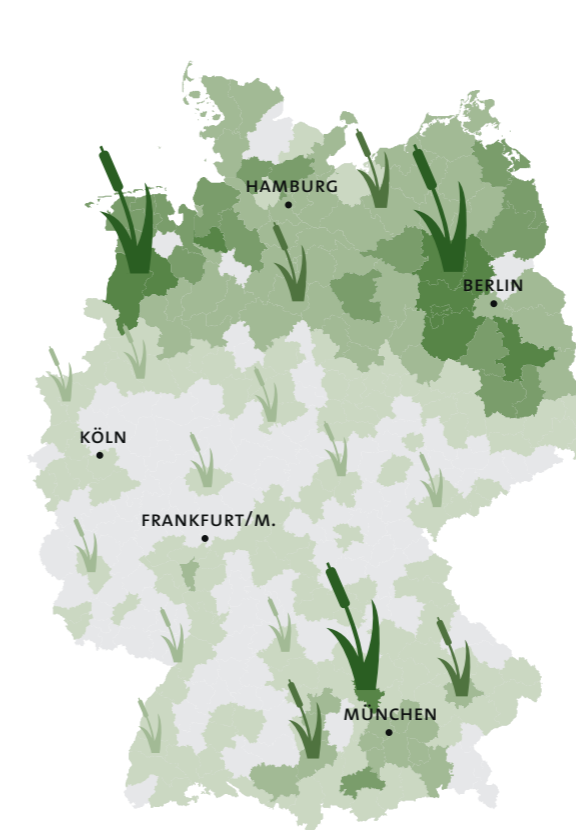
Dementsprechend müssten finanzielle Anreize (wie Mitigationzahlungen) gezielt regional ausgerichtet werden, um Regionen, die die Möglichkeit zur Wiedervernässung haben, einen hinreichend hohen Anreiz zur Umsetzung der Maßnahme zu bieten.

Die Vermeidungskosten (Reduzierung des landwirtschaftlichen Einkommens zuzüglich den vom Steuerzahler getragenen Mitigationzahlungen) erscheinen mit 100 bis 200 Euro pro vermiedener Tonne CO₂-Äquivalent relativ gering. Dennoch bedarf es umfangreicher finanzieller Mittel, um die Wiedervernässung von Mooren voranzutreiben und umzusetzen. Eine Möglichkeit ist das Auflegen eines Moorschutzfonds analog zum Waldklimafonds. Von Bedeutung ist darüber hinaus eine planerische Begleitung zur Vorbereitung und Sicherung der Flächen für Wiedervernässungsmaßnahmen.

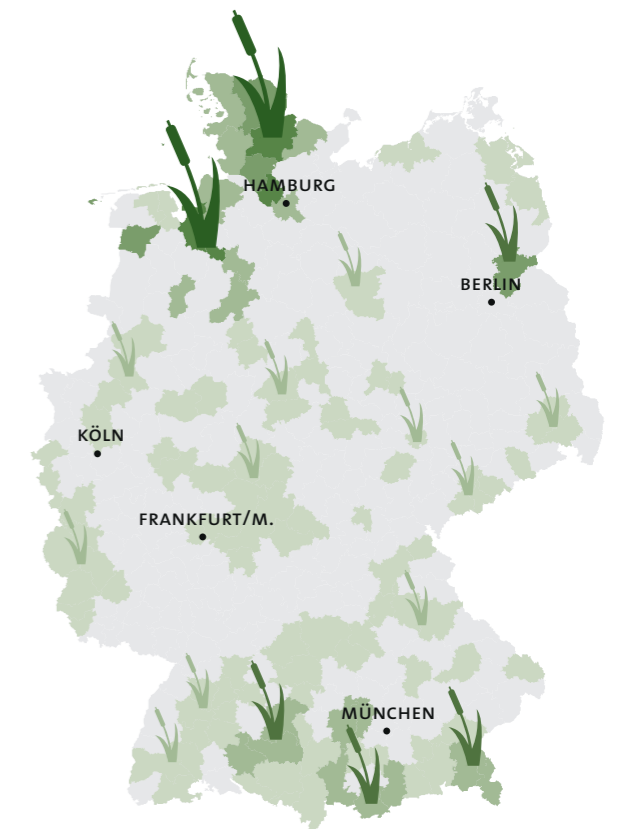
Um alternative Bewirtschaftungsformen wiedervernässter organischer Böden zu etablieren, wären attraktivere rechtliche und marktorientierte Rahmenbedingungen erforderlich.

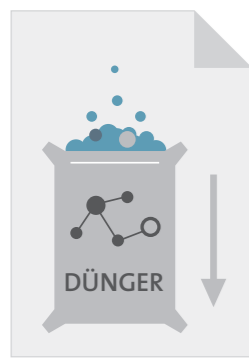
Für die Förderung des Anbaus von Paludikulturen ist beispielsweise ein klares politisches Bekenntnis, die Gewährleistung der Beihilfefähigkeit und die Herausnahme von Paludikulturen aus dem gesetzlichen Biotopschutz zu nennen. Wegen hoher Anfangsinvestitionen sind zudem zielgerichtete und langfristige Förderungen über Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) sowie Investitionshilfen für angepasste Landtechnik vorstellbar.

Regionale Umfänge der wiedervernässten Moorackerfläche in Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche



Regionale Umfänge der wiedervernässten Moorgrünlandfläche in Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche





Maßnahme 2: Steigerung der Düngeeffizienz von mineralischem und organischem Dünger

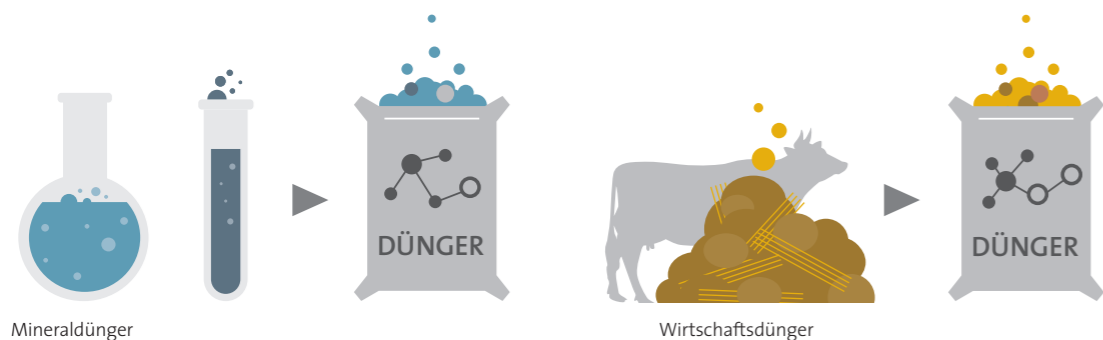
Um Ertrag und Qualität der landwirtschaftlichen Anbauprodukte zu gewährleisten, ist im Allgemeinen eine Nährstoffzufuhr in Form von mineralischen oder organischen Düngemitteln notwendig. Bei der Ausbringung von Stickstoffdünger entsteht ein großer Teil der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft, wobei es sich in erster Linie um Lachgas handelt. Dabei wird unterschieden zwischen direkten Treibhausgasemissionen, die durch Ausbringen von Dünger entstehen, und indirekten Emissionen. Letztere erfolgen, wenn reaktive Stickstoffverbindungen wie Nitrat und Ammoniak über das Sickerwasser und über Oberflächenabflüsse in die umliegende Landschaft gelangen oder über Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse Lachgas entsteht.

Treibhausgasemissionen treten bei und direkt nach dem Düngen sowie im gesamten Jahresverlauf auf. Zudem ist die Herstellung von Mineraldünger durch den Verbrauch fossiler Energien mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden.

Die Höhe dieser Emissionen ist abhängig von der Menge der Düngerausbringung, von den natürlichen Boden- und Klimagegebenheiten (Humus-, Stickstoffgehalt, pH-Wert, Bodenbelüftung bzw. Niederschlag, Temperatur und Frostperioden), vom Verhältnis Stickstoff-Eintrag zu Stickstoff-Austrag, von der eingesetzten Ausbringungstechnik sowie vom Ausbringungszeitpunkt. Ammoniak-Emissionen begrenzen sich auf die Tage nach der Ausbringung, während Lachgasemissionen zusätzlich im Jahresverlauf auftreten. Für die Bewertung von Ausbringungstechniken ist daher der gesamte Jahresverlauf der Emissionen zu betrachten, da Treibhausgaseinsparungen bei der Ausbringung ggf. im Jahresverlauf ausgeglichen werden könnten.

Die wichtigsten Ursachen für Ammoniak-Emissionen sind die Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung in Deutschland. Das größere Einsparpotenzial liegt bei der Wirtschaftsdüngerausbringung. Für ein mittleres Einsparpotenzial von circa 18 kg N/ha, das in Feldversuchen zur teilflächenspezifischen Düngung ermittelt wurde, ergeben sich 315 kg CO₂-Äquivalente pro Hektar, die bei der Mineraldüngung vermeidbar sind.⁷

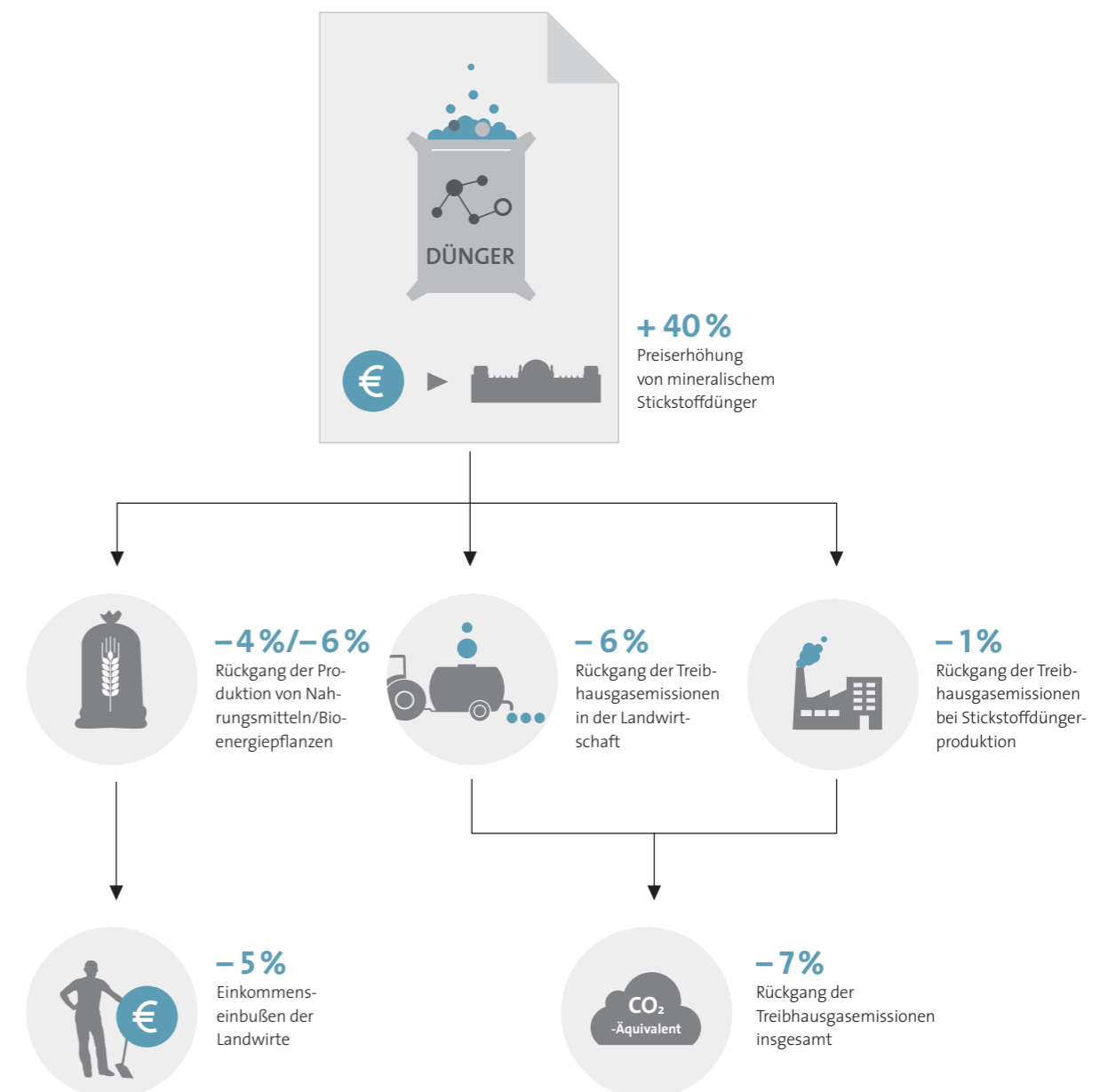
Düngerarten



Mineraldünger

Wirtschaftsdünger

Stickstoffminderung durch Einführung einer Mineralstickstoffsteuer



⁷ Siehe Seite 73

Ziel der Maßnahme »Steigerung der Düngeneffizienz« ist es, Treibhausgasemissionen zu verringern, die direkt oder indirekt mit der Düngung in Verbindung stehen.

Die Höhe des Flächenertrags soll hierbei nicht reduziert werden, um Verlagerungseffekte zu vermeiden. Als Anpassungen des Düngemanagements berücksichtigt das Modell RAUMIS verschiedene Möglichkeiten: die Anpassung der Düngemenge (die Reduzierung/ Erhöhung des Düngereinsatzes), die Anpassung der Produktionsumfänge und Fruchtfolgeanteile (die Substitution von düngereintensiven Kulturen durch düngereintensive Kulturen), die Aufgabe der landwirtschaftlichen Produktion (Flächenstilllegung) und die Substitution von Düngemitteln. Darüber hinaus wird als Maßnahme zur Stickstoffminderung vielfach die Einführung einer Stickstoffsteuer diskutiert. Eine Stickstoffabgabe auf Mineraldünger wurde in CC-LandStraD analysiert. Dabei wurde der Preis von Mineralstickstoffdünger um 40 Prozent erhöht, sodass die Produzenten einen Anreiz haben, weniger Mineraldünger einzusetzen. Auf agrarsektoraler Ebene reduziert eine Stickstoffsteuer die Netto-Treibhausgasemissionen um sechs Prozent. Werden die in der industriellen Stickstoffdüngerproduktion eingesparten Emissionen in der Bilanz berücksichtigt, ergibt sich eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um sieben Prozent (Annahme: Emissionsfaktor von 4 t CO₂-Äquivalente/t N).⁸

Aufgrund der Stickstoffsteuer ist insbesondere die Düngemenge rückläufig. Die Produktion von Nahrungsmitteln geht um vier Prozent zurück, die von Pflanzen zur energetischen Verwendung um sechs Prozent. Durch den Rückgang der Produktion von Bioenergiepflanzen sinkt der Mitigationseffekt durch die Substitution fossiler Energien (-5 Prozent) im Vergleich zum Referenz-Szenario. Der reduzierte Einsatz von Mineralstickstoffdünger (-12 Prozent) senkt die Stickstoffbilanz insgesamt um 5 Prozent, was das Risiko von Stickstoffeinträgen ins Grundwasser sowie in Oberflächengewässer reduziert.

Durch steigende Düngemengekosten und eine reduzierte Produktion von Marktfrüchten entstehen Einkommenseinbußen (-5 Prozent) unter der Annahme, dass die Einnahmen der Stickstoffsteuer als produktionsneutrale Einkommenskompensation zurückerstattet werden. Die Reduktion der Pflanzenproduktion betrifft hauptsächlich Weizen- und Ölsaatenflächen (-8 Prozent und -9 Prozent), während Silomais- und Stilllegungsflächen deutlich steigen (20 Prozent und 146 Prozent).

Unter den getroffenen Annahmen errechnen sich zusammenfassend für die simulierte Stickstoffsteuer CO₂-Vermeidungskosten von 200 bis 300 Euro pro Tonne CO₂-Äquivalent.

Die regionalen Produktionsintensitäten und -schwerpunkte der Ausgangssituation bestimmen im Wesentlichen das Potenzial der möglichen Reduzierung des Stickstoffinputs.

In der Stickstoffbilanz sind neben dem Stickstoffeintrag durch Mineral- und Wirtschaftsdünger u. a. auch die Stickstoffeinträge aus den ausgebrachten Gärresten der Biogasproduktion enthalten. Die Veränderung der Stickstoffbilanz fällt regional höher aus als die Änderung des N-Mineraldüngereinsatzes. Die durch die eingeführte Stickstoffsteuer reduzierte Energiemaisproduktion bewirkt eine deutliche Reduzierung der Stickstoffbilanz über einen Rückgang von Gärresten. Es ist zu erwarten, dass eine Reduzierung der Energiemais- und der Biogassubstratproduktion zur Folge hat, dass der Preis für diese Produkte ansteigt und sich deren Produktion sowie die Gärsubstratausbringung wieder erhöhen. Dadurch wird das Marktgleichgewicht verändert, was wiederum bei der Ergebnisinterpretation zu berücksichtigen ist. Eine Steuer auf den Verkaufspreis von mineralischem Stickstoff zu erheben, ist administrativ mit relativ geringem Aufwand verbunden, da sie an wenigen zentralen Stellen des Handels erhoben werden könnte. Allerdings muss die Steuer zum einen hoch genug sein,

um Wirkung zu zeigen, und zum anderen sollte die Heterogenität der Betriebsausrichtungen berücksichtigt werden. Betriebe, die durch Tierhaltung Zugriff auf Wirtschaftsdünger haben, setzen im Vergleich zu reinen Ackerbaubetrieben nur relativ wenig mineralischen Stickstoffdünger ein. Allerdings setzen diese Betriebe in der Tierhaltung (durch Verdauung, beim Wirtschaftsdüngermanagement) und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger erhebliche Treibhausgasemissionen frei. Daher ist eine Besteuerung von Mineral- und Wirtschaftsdünger zu prüfen. Letzteres könnte auch als Emissionssteuer für die in der Tierhaltung entstehenden Emissionen eingeführt werden. Eine Tier- bzw. Güllesteuer müsste allerdings gewährleisten, dass die kostenintensive Tierhaltung nicht zu unwirtschaftlich wird. Sie erfordert Kontrollmechanismen und ein Monitoring des Wirtschaftsdüngereinsatzes bzw. des Güllehandels. Auch eine Abgabe auf mineralische und/oder organische Düngemittel oder eine Abgabe auf den betrieblichen Stickstoffbilanzüberschuss sind denkbar. Die Wirkungen der verschiedenen Ausgestaltungen unterscheiden sich. Die Einführung einer Stickstoffsteuer ändert die Wettbewerbsfähigkeit der Produktionsverfahren in Abhängigkeit der Menge des mineralischen Stickstoffeinsatzes. Infolgedessen wird die Pflanzenproduktion bezüglich der Düngemenge sowie der Produktionsstruktur angepasst.

⁸ Siehe Seite 73

Wald

Regionale Zahlungsbereitschaften für mehr Wald

In CC-LandStraD wurde eine umfangreiche deutschlandweite Bevölkerungsbefragung durchgeführt. Die erhobenen Daten erlauben Auswertungen hinsichtlich der regionalen Präferenzen der Bevölkerung für einzelne Landnutzungsänderungen, indem Kosten und Nutzen räumlich verortet und auf Ebene der Landkreise geschätzt werden.

Hierfür wurde die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft pro Kopf beispielsweise für eine Erhöhung des Waldanteils um ein Prozent im unmittelbaren Umfeld des Wohnortes (15 km Radius) erhoben. Wenn beispielsweise eine Erhöhung des Waldanteils um 10 Prozent politisch gewollt ist, kann eine regionalisierte Kosten-Nutzen-Analyse helfen, Gegenden zu identifizieren, in denen der Nettonutzen einer Aufforstung am höchsten ist. Typisch für Mittelgebirge in Deutschland (z. B. Eifel, Schwarzwald, Hunsrück, Sächsische Schweiz) ist ihr hoher Waldanteil. Im Gegensatz dazu ist der Waldanteil vor allem in Nordwestdeutschland geringer. Die Präferenz für die Erhöhung des Waldanteils um ein Prozent ist regional unterschiedlich. Deutlich erkennbar sind hohe Zahlungsbereitschaften, vor allem in waldarmen Regionen. Aggregiert man die regionale Zahlungsbereitschaft pro Kopf mit den Einwohnerzahlen des jeweiligen Landkreises, ergeben sich regional stark differenzierte Gesamtzahlungsbereitschaften. Durch eine entspre-

chende regionale Differenzierung der Maßnahme zur Erhöhung des Waldanteils um ein Prozent an der Flächennutzung kann der gesamtgesellschaftliche Nutzen gegenüber einer bundeseinheitlichen Lösung deutlich erhöht werden.

Die regional differenzierte Analyse des Nutzens von Landmanagementmaßnahmen ist hier exemplarisch für die Erhöhung von Waldanteilen dargestellt. Sie lässt sich prinzipiell auch für andere Maßnahmen durchführen, beispielsweise für die Begrenzung von Nährstoffbilanzüberschüssen, und kann auf der anderen Seite den ebenfalls regional differenzierten Kosten aus der agrarökonomischen Modellierung gegenübergestellt werden. Diese Analysen zeigen, dass eine regionale Differenzierung von Maßnahmen, die sich an den räumlichen Mustern der Verteilung von Nutzen und Kosten orientiert, für eine gesamtgesellschaftlich optimale Lösung hilfreich ist.

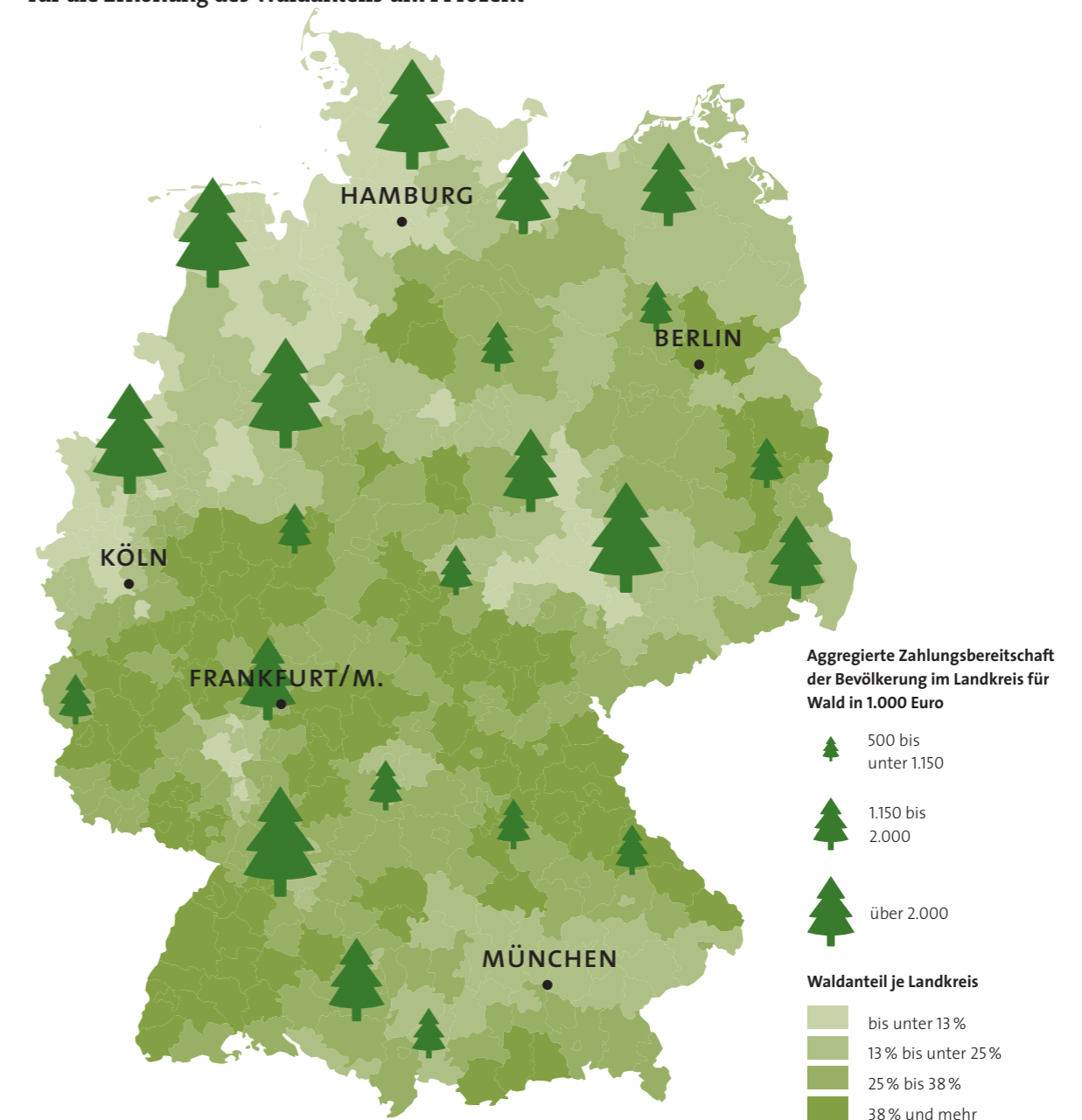


Geringe Zahlungsbereitschaft pro Kopf für eine Erhöhung des Waldanteils bei Personen aus waldreichen Gebieten



Hohe Zahlungsbereitschaft pro Kopf für eine Erhöhung des Waldanteils bei Personen aus waldarmen Gebieten

Waldanteil und jährlich aggregierte Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für die Erhöhung des Waldanteils um 1 Prozent



Fazit

Wie Landnutzung zum Klimaschutz beitragen kann – Fazit des Forschungsprojekts CC-LandStraD

Das Verbundforschungsprojekt CC-LandStraD lieferte wichtige Erkenntnisse über mögliche Klimaschutzmaßnahmen und deren Auswirkungen auf die Emission von Treibhausgasen bzw. die Kohlenstofffestlegung, auf damit verbundene Kosten sowie auf Umwelt und Natur. Dabei wurden sektorale und gesellschaftliche sowie lokale, regionale, nationale und globale Perspektiven einbezogen. Der kontinuierliche Dialog mit Akteuren der Landnutzung führte zu einem wertvollen wechselseitigen Transfer von Wissen und Erfahrungen. Klimaschutz wird als eine gesellschaftliche Anforderung an Landnutzer zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen.

Werden Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland weiter ausgedehnt, reduziert dies die verfügbaren Flächen für Land- und Forstwirtschaft. Deshalb ist es wichtig, die Inanspruchnahme neuer Flächen für Siedlung und Verkehr zu reduzieren. Das 30-Hektar-Ziel der Bundesregierung kann bis 2030 mit zusätzlichen Maßnahmen erreicht werden. Zur Minderung von Treibhausgasen kann die Landwirtschaft zum Beispiel mit dem Wiedervernässen organischer, landwirtschaftlich genutzter Böden einen großen Beitrag auf vergleichsweise kleiner Fläche leisten. Dies muss allerdings räumlich differenziert erfolgen. Es sollte finanziell ausgeglichen werden und dort erfolgen, wo die Vermeidungskosten pro Tonne Kohlendioxidemission gering sind. In der Forstwirtschaft bietet die stärkere stoffliche Nutzung von Holz eine Möglichkeit, um Kohlenstoff länger zu binden und energieintensive Materialien zu substituieren. Die modellierten Landnutzungsmaßnahmen lassen sich darüber hinaus mit zahlreichen anderen gesellschaftlichen Anforderungen, zum Beispiel mit dem Natur- und Umweltschutz, sinnvoll kombinieren. Dennoch können Treibhausgasemissionen zwar

gesenkt, aber nie gänzlich vermieden werden, da die Landnutzung ein offenes System ist. Im Siedlungs- und Verkehrssektor sowie in der Forstwirtschaft müssen die Aktivitäten zum Klimaschutz mit Anpassungsbedürfnissen kombiniert werden, die aus dem Klimawandel resultieren. Das vorhandene deutsche Planungs- und Umweltrecht, unterstützt durch nationale und europäische Anreizsysteme, bietet bereits heute ein breites Spektrum an Instrumenten, um Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen in der Praxis umzusetzen. Jedoch zeigen sich auch Vollzugs- bzw. Umsetzungsdefizite, zum Beispiel bezogen auf die raumordnerische Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung oder das Kompensationsflächenmanagement. Unter anderem mit weiter entwickelten Modellen zur Lachgasbildung auf landwirtschaftlich genutzten organischen Böden konnten bio-physikalische Prozesse bei der Entstehung von Treibhausgasemissionen besser erklärt werden. Neben Grundwasserständen steuern Landnutzungstypen und das Landmanagement die Intensität von Kohlendioxid- und Lachgasemissionen. Jahreszeitliche, an Niederschläge und Verdunstungs-

Zum Weiterlesen

Goetzke, R., Hoymann, J. (2014) **Flächeninanspruchnahme in Deutschland bis 2030 – Auswirkungen auf den Boden. Bodenschutz** (3), 83–88.

Goetzke, R., Schlump, Chr., Hoymann, J., Beckmann, G., Dosch, F. (2014) **Flächenverbrauch, Flächenpotenziale und Trends 2030: Beiträge zum Siedlungsflächenmonitoring im Bundesgebiet.** In: BBSR (Hrsg.): BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2014, Bonn.

Grabski-Kieron, U., Raabe, M. (2015) **Regelungs- und Steuerungsinstrumente der Landnut-**

zung vor den Herausforderungen des Klimawandels. Institutionelle Gestaltungsoptionen für ein nachhaltiges Landmanagement im Zeichen des Klimawandels. Münster (CC-LandStraD Arbeitsbericht Nr. 2)

Hellmich, M., Steinführer, A. (2012) **Klimawandel im Spannungsfeld unterschiedlicher Landnutzungsformen. Wahrnehmungen und Bewertungen von Akteuren der Landnutzung. Braunschweig** (CC-LandStraD Arbeitsbericht Nr. 1)

Henseler, M., Röder, N., Liebersbach, H., Kreins, P., Osterburg, B. (2015) **Mitigation potential and cost efficiency of abatement based subsidies for production of short rotation coppices in Germany. Biomass and Bioenergy** 81:592-601.

Hoymann, J., Goetzke, R. (2014) **Die Zukunft der Landnutzung in Deutschland – Darstellung eines methodischen Frameworks. Raumforschung & Raumordnung** 72 (3), 211–225.

Meyerhoff, J., Oehlmann, M., Weller, P. (2015) **The Influence of**

Design Dimensions on Stated Choices in an Environmental Context. Environmental and Resource Economics 61 (3), 385-407.

Röder, N., Henseler, M., Liebersbach, H., Kreins, P., Osterburg, B. (2015) **Evaluation of land use based greenhouse gas abatement measures in Germany. Ecological Economics**, 117, 193-202.

Steinhäuser, R., Siebert, R., Steinführer, A., Hellmich, M. (2015) **National and regional land-use conflicts in Germany from the perspective of stakeholders. Land Use Policy** 49, 183-194.

raten angepasste Grundwasserstände können diese Emissionen mindern. Weiterhin sind Untersuchungen zu den Wechselwirkungen von Klimawandel und Landnutzung erforderlich. Das betrifft die Entstehungsprozesse von Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung, regionale Hotspots, Wirkanalysen zu sektorspezifischem und -übergreifendem Landmanagement sowie Maßnahmen zur Klimagasreduktion. Um den vielfältigen gesellschaftlichen Ansprüchen an die Landnutzung gerecht zu werden, sind das vorhandene Erfahrungswissen zur Landnutzung und zum Landmanagement einzubeziehen, die Präferenzen der Bevölkerung zu berücksichtigen sowie Betrachtungen zum ökonomischen Gesamtnutzen voranzutreiben.

Der intensive Dialog mit den Akteuren der Landnutzung und der interdisziplinäre Forschungsansatz haben sich bewährt.

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen einen kleinen Ausschnitt der Ergebnisse von CC-LandStraD. Umfassend werden diese zum Jahresende 2016 veröffentlicht.

Nachzulesen in »Fick, J., Gömann, H. (Hrsg.) (in Vorbereitung): Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel. Heidelberg et al.: Springer«.

IV. Ausstellung »Land Nutzen Leben«

Die Ausstellung
»Land Nutzen Leben« zeigt
schlaglichtartig den
Wandel der Landnutzung
am Beispiel der Land-
wirtschaft seit 1800.

LAND NUTZEN LEBEN

Landnutzung gestern, heute und morgen.

Die Verbesserung der Landnutzung sowie die Einflussfaktoren des Landnutzungswandels werden nicht erst in unserer Zeit analysiert und erforscht. Bereits vor 200 Jahren befasste sich Johann Heinrich von Thünen auf seinem Gut Tellow in Mecklenburg mit der Verbesserung der Landnutzung. Damals wie heute gilt es, Nahrungs- und Futtermittel rentabel, im Einklang mit der Natur zu produzieren und die Ressourcen möglichst effektiv einzusetzen. Verändert haben sich gesellschaftliche Ansprüche an die Landnutzung, beispielsweise in Bezug auf unsere Ernährung oder unser Erholungsverhalten, und wir möchten aus Biomasse Energie erzeugen. Parallel gab es bahnbrechende technische Weiterentwicklungen, die sich direkt, aber auch indirekt, beispielsweise durch weltweite Handelsbeziehungen, auf die land- und forstwirtschaftliche Landnutzung in Deutschland auswirken. Damals wie heute war es wichtig, Veränderungen der Landnutzung vorzudenken. Denn durch die heutige Landnutzung gestalten wir maßgeblich die Nutzungsmöglichkeiten künftiger Generationen.

In der Ausstellung **LANDNUTZENLEBEN**, die schlaglichtartig den Wandel der Landnutzung am Beispiel der Landwirtschaft seit 1800 zeigt, werden diese gesellschaftlichen Veränderungen präsentiert. Die Ausstellung ist dauerhaft im Thünen-Museum-Tellow zu sehen. Darüber hinaus gibt es die Ausstellung auch als mobiles Angebot zum Ausleihen. Die mobile Ausstellung **LANDNUTZENLEBEN** wird in kompakter Form (7 doppel-seitige Displays) gerne zur Verfügung gestellt und kann beim Thünen-Museum-Tellow durch Schulen, Museen, andere öffentliche Einrichtungen oder Unternehmen ausgeliehen werden. Bitte kontaktieren Sie dazu das Thünen-Museum-Tellow.

Die Ziele Johann Heinrich von Thürens haben auch heute Gültigkeit

Ressourcen so effektiv wie möglich nutzen

Nahrungs- und Futtermittel rentabel produzieren

Holzanbau und -transport optimieren

Die Natur im Gleichgewicht halten

Wirtschaftlichen und sozialen Aspekten gerecht werden

Kontakt
Thünen-Museum-Tellow
OT Tellow 15
17168 Warnkenhagen

Tel. 039976-541-0
museum@thuenen.info
www.thuenen.info

Öffnungszeiten des Museums
Mai bis September: täglich 9 – 17 Uhr
Oktober bis April: täglich 9 – 16 Uhr

Führungen sind auch außerhalb der Öffnungszeiten möglich. Bitte rufen Sie uns an.

V. Anhang

Maßnahmendefinitionen,
Quellen und
Literaturangaben

Landwirtschaft

| Maßnahme | Beschreibung | Beitrag zu Szenarien | Einbringung durch |
|--|--|-----------------------------|---|
| Wiedervernässung und Bewirtschaftung von Mooren | Anhebung des Wasserstandes landwirtschaftlicher Flächen zur Minderung der Treibhausgasemissionen aus organischen Böden; angepasste Folgenutzung | KS +++ BE -- NUS +++ | bundesweiter Beteiligungsprozess |
| Angepasste Grünlandnutzung auf organischen Böden | Erhalt des Torfkörpers und Reduzierung von Treibhausgasemissionen aus organischen Böden (z. B. durch extensive Beweidung, Extensivgrünland) | KS ++ BE -- NUS +++ | Konsortium |
| Anbau von Paludikulturen (Schilf- und Rohrglanzgras) | Folgenutzung nach Wiedervernässung auf Niedermoorstandorten (Erhalt des Torfkörpers, Reduzierung von Treibhausgasemissionen aus organischen Böden) | KS +++ BE -- NUS +++ | Konsortium |
| Verbesserung der Stickstoff-Effizienz von Mineral- und Wirtschaftsdünger | Verringerung der Treibhausgasemissionen und der Auswaschung von Nährstoffen durch effiziente Düngernutzung: Effizienzsteigerung (Wirtschaftsdünger) z. B. durch Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren, präzise Ausbringungsverfahren, teilflächenspezifische Düngung, unmittelbares Einarbeiten des Wirtschaftsdüngers > durch höhere Effizienz Reduzierung des Mineraldüngerbedarfs (zusätzliche Treibhausgas-Einsparung durch geringere Produktion) | KS ++ BE -- NUS ++ | Konsortium, bundesweiter und regionaler Beteiligungsprozess |
| Überregionale Transporte von Wirtschaftsdünger aus Über- in Zuschussregion | Verringerung der Treibhausgasemissionen und der Auswaschung von Nährstoffen durch Transport von Wirtschaftsdünger aus Viehregionen in Ackerbauregionen | KS +/++ BE -- NUS ++ | bundesweiter Beteiligungsprozess |
| Erhalt von Grünland | Erhalt des hohen Bodenstoffgehalts von Grünland, Vermeidung beim Grünlandumbruch freigesetzter Treibhausgasemissionen, Erhalt der Kohlenstoff-Senkenfunktion | KS ++ BE -- NUS +++ | Konsortium, bundesweiter und regionaler Beteiligungsprozess |
| Ackerflächenumwandlung in Grünland | Erhöhung der CO ₂ -Speicherung im Boden und in der Vegetation | KS ++ BE - NUS ++ | Konsortium, regionaler Beteiligungsprozess |
| Anbau von Biomasse zur energetischen Verwendung: annuelle Kulturen | Einsparung fossiler Rohstoffe, Reduzierung von Treibhausgasemissionen durch Nutzung von Biomasse zur Erzeugung von Bioenergie, Anbau einjähriger Kulturen zur energetischen Verwendung unter Einbeziehung alternativer Energiepflanzen | KS +/++ BE ++ NUS +/- | Konsortium, bundesweiter und regionaler Beteiligungsprozess |
| Anbau von Biomasse zur energetischen Verwendung: mehrjährige Kulturen | Einsparung fossiler Rohstoffe, Reduzierung von Treibhausgasemissionen durch Nutzung von Biomasse zur Erzeugung von Bioenergie, Anbau mehrjähriger Kulturen zur energetischen Verwendung unter Einbeziehung alternativer Energiepflanzen; aufgrund reduzierter Bodenbearbeitung CO ₂ -Freisetzung geringer als bei einjährigen Kulturen | KS ++ BE ++ NUS ++ | Konsortium, bundesweiter und regionaler Beteiligungsprozess |

Anmerkung: Eignung der Maßnahme zur Erreichung des Ziels des Szenario: -- gegenläufig, - ungeeignet, +/- unter bestimmten Voraussetzungen geeignet, + geeignet, ++ gut geeignet, +++ sehr gut geeignet; KS – Klimaschutz, NUS – Natur- und Umweltschutz, BE – Bioenergie

Forstwirtschaft

| Maßnahme | Beschreibung | Varianten | validiert durch |
|----------------------------------|---|---|---|
| Baumartenwahl | Wichtigste forstliche Betriebsentscheidung, beeinflusst alle weiteren Maßnahmen; Unterscheidung in: Naturverjüngung aus bestehenden Bestandsgenerationen (Baumartenwahl dann eingeschränkt auf örtlich bereits vorhandene Baumarten) und Pflanzung (flexiblere Baumartenwahl) in Form einer (Neu-) Einbringung von Baumarten; Pflanzung entweder in bestehendem Wald oder Waldneubegründung; Durch Baumartenwahl aktiver Einfluss auf Anpassungsfähigkeit des Bestandes | KS: Dgl (bis 15%) für Ei & Bu BE: Dgl (bis 30%) für Ei & Ki NUS: Bu (bis 50%) für Fi & Ki KA: Bu (bis 25%) für Fi & Ei | Konsortium, bundesweiter Beteiligungsprozess |
| Durchforstungsart | Systematische Hochdurchforstung: Definition einer Zielstärke, keine Festlegung des Modells (der Bewirtschaftler) auf bestimmte Baumindividuen; bei Erreichen der Zielstärke findet systematische Baumentnahme statt. | Systematische Hochdurchforstung | Konsortium, bundesweiter Beteiligungsprozess |
| Durchforstungshäufigkeit | Steuerung der Anzahl der Eingriffe bis zum Endnutzungszeitpunkt mit großem Einfluss auf Stabilität des Bestandes; Häufiges Entnehmen kleinerer Holzmenen beugt Risiken wie z. B. Windwurf vor, jedoch sollte aus Fixkostengründen eine bestimmte minimale Holzmenge je Eingriff entnommen werden (im Modell berücksichtigt). | KS: alle 10 Jahre BE: alle 5 Jahre NUS: alle 10 Jahre KA: alle 5 Jahre | Konsortium |
| Durchforstungsstärke | Durchforstungsstärke steuert, welche Mengen bei einer Durchforstung entnommen werden; Durchforstungsstärke beeinflusst auch die Durchforstungshäufigkeit. Zu starkes Eingreifen kann die Bestandsstabilität verringern. Mit der Menge des entnommenen Holzes wird die Kohlenstoffspeicherleistung im Wald und in Holzprodukten beeinflusst. | KS: +2,5 % BE: -10 % NUS: +5 % KA: -17,5 % | Konsortium, bundesweiter Beteiligungsprozess |
| Zielstärke (Durchmesseränderung) | Mit Festlegung einer Zielstärke wird vorgegeben, ab welchem Zieldurchmesser die Bäume hiebreif sind und folglich endgenutzt werden. Mit der Zielstärke wird das Sortimentsbetriebsziel definiert (geringe Zieldurchmesser: eher Massensortimente, höhere Zieldurchmesser: eher Wertholzproduktion); Die im Bestand und in Holzprodukten gespeicherte Kohlenstoffmenge hängt von der Höhe der Zielstärke ab. | KS: ± 0 cm BE: -10 cm NUS: +5 cm KA: -10 cm | Konsortium |
| Endnutzungsmenge | Steuerung der Nutzungsmenge hiebreifer Bestände (Festmeter bzw. Baumindividuen bei einem Endnutzungseingriff); Endnutzungsmenge hat großen Einfluss auf Kohlenstoffspeicherleistung des Waldes. | KS: -12,5 % BE: +10 % NUS: -15 % KA: +7,5 % | Konsortium |
| Endnutzungsmenge | Steuerung des Zeitraumes, über den sich die Endnutzung erstreckt. Endnutzungszeitraum hat, in Kombination mit der Endnutzungsmenge, Einfluss auf Stabilität des verbleibenden Bestandes. Der Endnutzungszeitraum ist für die Steuerung des Lichtmanagements am Waldboden wichtig (Verjüngung). | KS: +5 Jahre BE: -120 Jahre NUS: +10 Jahre KA: -115 Jahre | Konsortium, regionaler Beteiligungsprozess |
| Holzbereitstellung | Steuerung der produzierten Holzmenen und Sortimente; Sortimentsstruktur hängt von der eingeschlagenen Baumart und vom Preis, der bezahlt wird, ab. So kann ein Forstbetrieb als Mehrproduktunternehmen je nach Preis bzw. Betriebsziel ganz bestimmte Sortimente produzieren bzw. einschlagen. | KS: Bauholzsortimente BE: Energieholzsortimente NUS: Starkholzsortimente KA: Bauholzsortimente | Konsortium, regionaler Beteiligungsprozess |
| Nutzungsverzicht | Durch Verzicht auf Holznutzung im Wald steigt das Durchschnittsalter der Bäume auf der Fläche und damit die Kohlenstoffspeicherkapazität. Die Vitalität der Bäume sinkt, der Totholzanteil steigt. | KS, BE, KA: wie heute NUS: 10% der Waldfläche | Konsortium, bundesweiter und regionaler Beteiligungsprozess |

Abkürzungen: Bu=Buche, Dgl=Douglasie, Ei=Eiche, Fi=Fichte, Ki=Kiefer; KS – Klimaschutz, BE – Bioenergie, NUS – Natur- und Umweltschutz, KA – Klimaanpassung

Siedlung und Verkehr

| Maßnahme | Beschreibung | Verfolgtes Szenario | Einbringung durch |
|---|--|-----------------------------|--|
| Erhalt und Entwicklung innerstädtischer Freiflächen | Erhalt/Schaffung innerörtlicher Freiflächen als Frischluftschneisen, Kaltluftentstehungsgebiete, zur Auskühlung in der Nacht, als Versickerungsflächen bei Starkregenereignissen und Erholungsmöglichkeiten; Berücksichtigung einer gezielten Grünplanung im Neubau, Schaffung innerstädtischer Grünflächen (z. B. auf Brachen) sowie Rückbau klimaanpassungs-relevanter Baukörper und gezielte Entsiegelung | KS + NUS + KA +++ | Konsortium, bundesweiter und regionaler Beteiligungsprozess |
| Ausschöpfung baulicher Dichte im Neubau | Reduktion der Neuinanspruchnahme von Flächen durch Siedlung und Verkehr durch kompakte und flächensparende Bauweise im Außenbereich/Neubau | KS ++ NUS + KA +/- | Konsortium, regionaler Beteiligungsprozess |
| Stärkung der Innenentwicklung | Mobilisierung und Revitalisierung von Brachflächen und weiterer Innenentwicklungspotenziale zur Senkung täglicher Flächeninanspruchnahme bei gleichzeitiger Befriedigung der Baulandnachfrage; auf Bestand ausgerichtete Siedlungsflächenentwicklung, anstatt Ausweitung des Baulandangebots auf bisher nicht baulich genutzte Flächen im Außenbereich | KS +++ NUS ++ KA +/- | Konsortium, bundesweiter und regionaler Beteiligungsprozess |
| Stärkung des ÖPNV | Reduktion des motorisierten Individualverkehrs sowie Förderung des ÖPNV zur Reduktion des Verkehrsaufkommens und der CO ₂ -Emissionen; kompakte, effiziente und an Knotenpunkten des ÖPNV ausgerichtete Siedlungsentwicklung; Verbesserung der Erreichbarkeit von sozialer Infrastruktur und zentralen Orten durch den ÖPNV | KS +++ NUS + KA o | Konsortium, regionaler Beteiligungsprozess |
| Reduktion der Flächeninanspruchnahme durch Verkehr | Reduzierung des Verkehrsflächenbedarfs und Reduktion von CO ₂ -Emissionen; Rückgang der Versiegelung und dadurch Verbesserung des Wasserrückhalts in der Fläche und Reduzierung des Wärmeinseleffekts; Verminderung der Landschaftszerschneidung, Verbesserung der Luftqualität, Verringerung von Lärmemissionen | KS ++ NUS ++ KA + | Konsortium |
| Rückzug aus der Fläche (dezentrale Konzentration) | Wiederherstellung von Freiraum, effizientere Siedlungsstruktur- und Infrastrukturnutzung; Rückbau im ländlich-peripheren Raum und Renaturierung der Siedlungs- und Verkehrsflächen; Konzentration der Funktionen für die Daseinsvorsorge, Stärkung eines ggf. ausgedünnten Zentrale-Orte-Systems | KS +++/- NUS ++ KA ++ | Konsortium, bundesweiter und regionaler Beteiligungsprozess |
| Zusätzliche Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten | Schutz von Gebieten, die durch Naturereignisse gefährdet sind (überschwemmungs- und lawinengefährdete Gebiete); Vermeidung von Auswirkungen eines Naturereignisses (Retentionsflächen); Schutz und Bereitstellung von Flächen für die Erzeugung erneuerbarer Energien; Beschränkung von Nutzungsintensitäten, Freiraumschutz | KS ++ NUS ++ KA ++ | Konsortium |
| Stärkung des Hochwasserschutzes | Schutz von überschwemmungsgefährdeten Gebieten bei extremen Hochwässern durch Freihalten von Flächen von bestimmten Nutzungen und die Bestimmung verschiedener Nutzungsintensitäten (Instrumente der Regionalplanung stärken, Vorrang- und Vorbehaltsgebiete ausweisen) | KS o NUS o KA +++ | Konsortium regionaler Beteiligungsprozess |
| Restriktiverer Freiraum-/ Naturschutz | Erweiterung der Schutzgebietkulisse und der Steuerungsfunktion naturschutzpolitischer Instrumente in Bezug auf das Schutzgut Boden; Erhalt und Erweiterung von Kohlenstoffsenken | KS + NUS +++ KA o | Konsortium |
| Energieerzeugung auf für Siedlungszwecke ungeeigneten nicht-agrarischen Flächen | Ausbau erneuerbarer Energien vorrangig auf Flächen, die weder für landwirtschaftliche Nutzung noch für Siedlungsentwicklung geeignet sind, um den Nutzungsdruck auf landwirtschaftliche Flächen zu reduzieren | KS ++ NUS o KA o | regionaler Beteiligungsprozess |

Anmerkung: Eignung der Maßnahme zur Erreichung des Ziels des Szenarios: -- gegenläufig, - ungeeignet, +/- unter bestimmten Voraussetzungen geeignet, + geeignet, ++ gut geeignet, +++ sehr gut geeignet; KS – Klimaschutz, NUS – Natur- und Umweltschutz, BE – Bioenergie, KA-Klimaanpassung

Quellen- und Literaturangaben

| Index | Grafik/Text | Quelle |
|-------|---|--|
| 1 | »Methodische und technische Weiterentwicklungen«, Seite 10 | Offermann F, Banse M, Deblitz C, Gocht A, Gonzalez Mellado AA, Kreins P, Marquardt S, Osterburg B, Pelikan J, Rösemann C, Salamon P, Sanders J (2016) Thünen-Baseline 2015–2025: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 116 p, Thünen Rep 40, DOI:10.3220/REP1458557428000 |
| 2 | »Methodische und technische Weiterentwicklungen«, Seite 10 | M. Henseler, R. Dechow (2014). Simulation of regional nitrous oxide emissions from German agricultural mineral soils: A linkage between an agro-economic model and an empirical emission model. <i>Agricultural Systems</i> 124: 70–82 |
| 3 | »Entwicklung der Flächennutzung 1992 – 2013 für Deutschland, nach Sektoren«, Seite 16 | Statistisches Bundesamt |
| 4 | »Entwicklung der Flächennutzung 1994 – 2013 für Altmark, nach Sektoren«, Seite 17 | Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt |
| 5 | »Entwicklung der Flächennutzung 1994 – 2013 für Rhein, nach Sektoren«, Seite 17 | Statistisches Landesamt Nordrhein-Westfalen |
| 6 | »Entwicklung der Landwirtschaftsfläche in Deutschland 1992 – 2012«, Seite 21 | Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 58. Jg. Landwirtschaftsverlag Münster |
| 7 | »Maßnahme 2: Steigerung der Düngereffizienz von mineralischem und organischem Dünger«, Seite 56 | Flessa H, Müller D, Plassmann K, Osterburg B, Techen AK, Nitsch H, Nieberg H, Sanders J, Meyer zu Hartlage O, Beckmann E, Anspach V (2012) Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. <i>Landbauforschung Sonderheft</i> 361:472 |
| 8 | »Maßnahme 2: Steigerung der Düngereffizienz von mineralischem und organischem Dünger«, Seite 58 | Heinzlmaier F (2013) CO ₂ -Fußabdruck der Mineraldünger. <i>BLW</i> 23, S 42 |



CC-LandStraD wurde gefördert von 11/2010 bis 4/2016 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ: 01LLog09A–F)

Projektpartner

- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn
- Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin
- Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
 - Thünen-Institut für Agrarklimaschutz
 - Thünen-Institut für Biodiversität
 - Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie
 - Thünen-Institut für Ländliche Räume
- Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Müncheberg
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam
- Westfälische Wilhelms-Universität, Münster

www.cc-landstrad.de