

Flächennutzung und Flächennutzungsansprüche in Deutschland

Bernhard Osterburg, Andrea Ackermann, Jonas Böhm, Matthias Bösch, Jens Dauber, Thomas de Witte, Peter Elsasser, Stefan Erasmi, Alexander Gocht, Heiko Hansen, Claudia Heidecke, Sebastian Klimek, Christine Krämer, Heike Kuhnert, Aura Moldovan, Hiltrud Nieberg, Christoph Pahmeyer, Elke Plaas, Joachim Rock, Norbert Röder, Mareike Söder, Gideon Tetteh, Bärbel Tiemeyer, Andreas Tietz, Johannes Wegmann, Maximilian Zinnbauer

Thünen Working Paper 224

Jonas Böhm, Thomas de Witte, Stefan Erasmi, Alexander Gocht, Heiko Hansen, Heike Kuhnert, Hiltrud Nieberg, Christoph Pahmeyer, Elke Plaas, Gideon Tetteh
Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Andrea Ackermann, Christine Krämer, Aura Moldovan, Norbert Röder, Andreas Tietz, Johannes Wegmann, Maximilian Zinnbauer
Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen

Jens Dauber, Sebastian Klimek
Thünen-Institut für Biodiversität

Bärbel Tiemeyer
Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

Matthias Bösch, Peter Elsasser
Thünen-Institut für Waldwirtschaft

Joachim Rock
Thünen-Institut für Waldökosysteme

Bernhard Osterburg, Claudia Heidecke, Mareike Söder
Stabsstelle Klima und Boden des Thünen-Instituts

Kontakt

Bernhard Osterburg
Stabsstelle Klima und Boden des Thünen-Instituts
Bundesallee 49
38116 Braunschweig
Telefon: +49 (0)531 596-1101
E-Mail: [bernhard.osterburg \[a\] thuenen.de](mailto:bernhard.osterburg@thuenen.de)

Thünen Working Paper 224

Braunschweig, Eberswalde, Hamburg-Bergedorf, im Oktober 2023

Kurzfassung

Die Landwirtschaftsfläche ist in Deutschland in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich zurückgegangen. Dies ging mit einer Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie von Waldfläche einher. Dieser Prozess setzt sich weiter fort. Auch wenn die Nahrungsversorgung in Deutschland aufgrund dieser Entwicklung nicht gefährdet wird, ist Landwirtschaftsfläche eine grundsätzlich sehr knappe und schützenswerte Ressource. Es muss abgewogen werden, welche globale Verantwortung Deutschland hat, fruchtbare Ackerflächen für die Nahrungsproduktion einzusetzen und entsprechend zu schützen. Vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Nachhaltigkeitsziele, die auf den Schutz der Böden abzielen, und angesichts der Tatsache, dass die pro Kopf zur Verfügung stehenden Anbauflächen weltweit abnehmen, sollte Deutschland im Umgang mit der Ressource Boden eine Vorbildfunktion einnehmen.

In den letzten Jahren ist die Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr deutlich zurückgegangen. Im Zuge des geplanten, verstärkten Wohnungsneubaus und des Ausbaus erneuerbarer Energien, insbesondere der Freiflächen-Photovoltaik, ist jedoch bis 2030 eine stark ansteigende Flächenneuanspruchnahme zu erwarten. Gleichzeitig werden aus Sicht des Biodiversitäts- und Klimaschutzes zunehmende Flächenansprüche für die Schaffung naturnaher Lebensräume und Kohlenstoffsinken formuliert. Diese sind mit Flächennutzungsänderungen (Aufforstung, Gehölzpflanzungen, Wiedervernässung von Mooren) oder mit einer Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung verbunden. In welchem Umfang die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) durch zusätzliche Flächenansprüche für bezahlbaren Wohnraum, für die Energiewende und für den natürlichen Klimaschutz insgesamt beansprucht wird, ist angesichts zahlreicher Unwägbarkeiten kaum prognostizierbar. Eine Schätzung unter der Annahme, dass wesentliche formulierte Ziele bis 2030 erreicht werden, beläuft sich auf einen Rückgang um mehr als 300.000 ha LF bis 2030.

Die zunehmenden Flächenansprüche verstärken die ohnehin bestehenden Flächennutzungskonkurrenzen. Die Nutzungsansprüche müssen künftig stärker gegeneinander abgewogen werden, und Synergien und Mehrfachnutzungen von Flächen sollten so weit wie möglich realisiert werden. Beispiele für solche Synergien sind der Ausbau von Photovoltaik (PV) auf Siedlungs- und Verkehrsflächen, auf wiedervernässten Mooren oder in Kombination mit landwirtschaftlicher Nutzung. Eine Steuerung des PV-Ausbaus auf Freiflächen ist derzeit allerdings nur eingeschränkt möglich, da Planung und Genehmigung in der Hand der Kommunen liegen und Neuanlagen zunehmend auch außerhalb des Erneuerbare-Energien-Gesetzes entstehen. Die erweiterte baurechtliche Privilegierung von Freiflächen-PV auf Korridoren entlang von Autobahnen und Bahntrassen soll den Ausbau beschleunigen und befördert dabei die Umwandlung von Landwirtschaftsflächen, ohne die genannten Synergien zu nutzen. Angesichts der hohen Flächenansprüche für den Biodiversitäts- und Klimaschutz müssen auch in diesem Bereich Synergien genutzt werden. Die Abwägung und Steuerung der verschiedenen Flächenansprüche, ohne dabei das Tempo der Energiewende und der Transformation in Richtung einer nachhaltigeren und klimafreundlicheren Landnutzung zu bremsen, ist eine große Herausforderung für die Politik. Hierfür ist eine zielübergreifende Landnutzungspolitik zu entwickeln.

Schlüsselwörter: Landnutzung, Flächennutzungskonkurrenzen, Landnutzungspolitik, Siedlungs- und Verkehrsfläche, Erneuerbare Energien, Freiflächen-Photovoltaik, Wiedervernässung von Mooren

Abstract

Agricultural land in Germany has continuously declined in recent decades. This was accompanied by an increase in settlement and transport areas as well as forest areas. This process continues. Even if the food supply in Germany is not endangered due to this development, agricultural land is a fundamentally scarce resource that is worth protecting. It must be taken into account that Germany has a global responsibility to use fertile arable land for food production and to protect it accordingly. In view of the fact that national and international sustainability goals are aimed at protecting soils and that the amount of arable land available per capita is decreasing worldwide, Germany should therefore provide an example in dealing with soil as a resource.

In recent years, new land use for settlement and transport infrastructure has declined significantly. However, as a result of plans to increase construction of new housing and to expand renewable energies, especially ground-mounted photovoltaics, a sharp increase in new land use is expected by 2030. At the same time, from the perspective of biodiversity and climate protection, increasing demands are being made for the creation of near-natural habitats and carbon sinks. These are associated with land use changes (afforestation, planting of woodlands and hedges, rewetting of peatlands) or with an extensification of agricultural use. Given the numerous uncertainties, it is difficult to predict to what extent the utilised agricultural area will be allocated towards additional land requirements for affordable housing, the energy transition and natural climate protection. An estimate assuming that key goals are achieved by 2030 amounts to a decline of more than 300,000 hectares of utilised agricultural area by 2030.

The increasing demands for land are exacerbating the already existing competition between land uses. In the future, land use requirements must be carefully weighed up more closely and synergies and multiple uses of areas should be realized as far as possible. Examples of such synergies include the expansion of photovoltaics (PV) on settlement and transport areas, on rewetted peatlands or in combination with agricultural use. However, governance of PV expansion on open spaces is currently only possible to a limited extent, as planning and approval are in the hands of the municipalities and new systems are increasingly being built outside of the Renewable Energy Act. The expanded privilege under building law for ground-mounted PV on corridors along motorways and railway lines is intended to accelerate expansion. However, it promotes the conversion of agricultural land without taking advantage of the aforementioned synergies. Given the high demands on land for biodiversity and climate protection, synergies must also be realised in this area. Balancing and controlling the various land requirements without slowing down the pace of the energy transition and the transformation towards more sustainable and climate-friendly land use is a major challenge for politicians. For this purpose, a cross-target land use policy must be developed.

Keywords: land use, land use competition, land use policy, settlement and transport infrastructure, renewable energies, ground-mounted photovoltaics, rewetting of peatlands

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Zielsetzung	1
1.3	Struktur der Studie	1
1.4	Internationale Entwicklung der Landwirtschaftsflächen	2
2	Ex-post-Analyse der Flächennutzung in Deutschland	3
2.1	Datenquellen und Definitionen zur Flächennutzung	3
2.2	Aktuelle Flächennutzung	3
2.3	Entwicklung der Flächennutzung in der Vergangenheit	5
2.4	Ausgewählte, für die landwirtschaftliche Flächennutzung relevante Entwicklungen	13
3	Flächenrelevante politische Ziele, Strategien und Programme und deren Flächenbedarfe	19
3.1	Wohnungsbau- und Verkehrspolitik	19
3.2	Agrarpolitik	25
3.3	Waldpolitik	31
3.4	Erneuerbare Energien (Windenergie, PV, Bioenergie)	33
3.5	Schutz der Biodiversität	43
3.6	Klimaschutz	46
3.7	Wasserschutz	51
3.8	Bodenschutz	54
4	Einzelbetriebliche Bewertung von Flächennutzungsoptionen	55
5	Synergien und Konflikte zwischen flächenbezogenen Zielen	58
5.1	Übersicht über die Kombinierbarkeit flächenbezogener Ziele	58
5.2	Flächennutzungen und Flächennutzungsänderungen mit klimawirksamem CO ₂ -Bindungspotenzial und ihre Synergien mit weiteren flächenbezogenen Zielen	59
5.3	Weitere Beispiele für Synergien zwischen flächenbezogenen Zielen	61
6	Erwartete zukünftige Entwicklungen der Flächennutzungen	66
6.1	Trendfortschreibung der Flächennutzungsentwicklung	66
6.2	Übersicht über die durch neue Politiken und Programme induzierten Flächenbedarfe	67
7	Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen	70
8	Literatur	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Flächennutzung in Deutschland im Jahr 2021.....	4
Abbildung 2:	Nutzung der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) und Differenz zur landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in Deutschland im Jahr 2020	5
Abbildung 3:	Veränderung der Flächennutzung in Deutschland von 1992 bis 2021 *)	6
Abbildung 4:	Veränderung der Flächennutzung in Deutschland von 1996 bis 2020 in Hektar pro Tag.....	7
Abbildung 5:	Veränderung der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) und der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) in Deutschland von 1991 bis 2021	7
Abbildung 6:	Veränderung der Flächennutzung in Deutschland von 1991 bis 2021.....	8
Abbildung 7:	Flächennutzungsänderungen zugunsten von Wald sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen zwischen 2001 und 2020 gemäß Klimaberichterstattung.....	9
Abbildung 8:	Gesamtfläche, Ackerland und dessen Umwandlung in andere Flächennutzungen (2000 bis 2010) nach Bodenqualität	10
Abbildung 9:	Entwicklung der Nutzung des Ackerlandes in Deutschland von 1990 bis 2021	11
Abbildung 10:	Entwicklung der Fläche, der Erträge und der Produktion von Getreide (a), der prozentualen Änderungen gegenüber dem Vorjahr (b) und gegenüber dem Jahr 1990 (c)	12
Abbildung 11:	Entwicklung des Biogasanlagenbestandes1).....	15
Abbildung 12:	Annahmen zur Biokraftstoffherstellung aus agrarischen Primärrohstoffen in Deutschland (in 1.000 Tonnen Rohstoff).....	16
Abbildung 13:	Kumulierte Entwicklung der in Anspruch genommenen Fläche durch Freiflächen-PV.....	17
Abbildung 14:	Bedeutung des ökologischen Landbaus in den Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2021	18
Abbildung 15:	Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche.....	19
Abbildung 16:	Anzahl neu gebauter Wohnungen und Wohnfläche neuer Wohnungen (a) und prozentuale Entwicklung neuer Wohnungen und neuer Wohnfläche auf Basis des Jahres 2001 und der Flächenneuanspruchnahme für Gebäude und Freiflächen auf Basis der Mittelwerts 1996-2001 (b)	21
Abbildung 17:	Anteil der Landschaftselemente und Pufferstreifen an der Ackerfläche (Datengrundlage Kleinstrukturenkataster des JKI auf Basis des DLM).....	27
Abbildung 18:	Höhe der Grenzopportunitätskosten, um 6% der Ackerfläche einjährig stillzulegen	28
Abbildung 19:	Geplanter Ausbau von Windenergie und Photovoltaik gemäß Eröffnungsbilanz Klimaschutz vom Januar 2022	34
Abbildung 20:	Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien*) und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland im Jahr 2021	35
Abbildung 21:	Stromgestehungskosten für Freiflächen- und Agri-PV ohne Landbewirtschaftung.....	38

Abbildung 22:	Grundrenten von Freiflächen- und Agri-PV mit und ohne Landbewirtschaftung	39
Abbildung 23:	Direkte Gegenüberstellung der Flächenerträge – Strom	41
Abbildung 24:	Entwicklung der LULUCF-Emissionen und Einbindungen gemäß Projektionsbericht 2021 und Ziele des Bunds-Klimaschutzgesetzes von 2021 (KSG).....	47
Abbildung 25:	Flächen der Hoch-, Nieder- und Anmoorböden in den Bundesländern nach Emissionsberichterstattung.....	50
Abbildung 26:	Überblick zu bestehenden Regelungen im Politikfeld Wasser	52
Abbildung 27:	Durchschnittliche Grundrenten im Zeitablauf nach Betriebsform.....	55
Abbildung 28:	Grundrente von PV-Freiflächenanlagen.....	57
Abbildung 29:	Einschätzung von Konflikten und Synergien bei Flächennutzungsänderungen.....	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Flächennutzungsänderungen und Veränderungen der LF zwischen 1992 und 2021	9
Tabelle 2:	Anbauflächen für Industrie- und Energiepflanzen	14
Tabelle 3:	Ökologisch wirtschaftende Landwirtschaftsbetriebe und Umfang der ökologisch bewirtschafteten Fläche (LF) nach Verordnung (EG) Nr. 834/2007 i.V.m. Verordnung (EG) Nr. 889/2008 in Deutschland im Jahr 2021 (sortiert nach Umfang der ökologisch bewirtschafteten Fläche in ha).....	18
Tabelle 4:	Abschätzung des Flächenbedarfs für Siedlungs- und Verkehrsfläche 2022 bis 2030	23
Tabelle 5:	Fläche der Landschaftselemente an/auf Ackerland bzw. an/auf Dauergrünland und Sonderkulturen je Betriebstyp (Datengrundlage Kleinstrukturenkataster des JKI auf Basis des DLM)	26
Tabelle 6:	Übersicht über die durch die GAP geförderten Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau .	31
Tabelle 7:	Flächenbedarf für neue Freiflächen-PV und Anteil von Freiflächen-Anlagen am gesamten PV-Zubau unter Berücksichtigung verschiedener Annahmen zum Flächenbedarf je MWp und Gesamtzubau.....	37
Tabelle 8:	Verteilung der landwirtschaftliche Nutzfläche entsprechend des höchsten naturschutzrechtlichen Schutzniveaus einer Fläche (in 1.000 km ²).....	44
Tabelle 9:	Landnutzung organischer Böden in Deutschland 2020.....	50
Tabelle 10:	Treibhausgasemissionen aus organischen Böden in Deutschland 2020 (nach UBA, 2022b)	51
Tabelle 12:	Betroffenheit der landwirtschaftlichen Flächennutzung von verschiedenen Kulissen des biotischen und abiotischen Ressourcenschutzes (in 1.000 ha).....	62
Tabelle 13:	Betroffenheit der landwirtschaftlichen Flächennutzung von verschiedenen Kulissen des biotischen und abiotischen Ressourcenschutzes nach Bundesländern.....	63
Tabelle 14:	Entwicklungspfade für die Flächennutzung bis 2030 in Abhängigkeit von der Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr (Angaben in Hektar)	67
Tabelle 15:	Potentielle Auswirkungen zusätzlicher Flächenansprüche für bezahlbaren Wohnraum, für die Energiewende und für den natürlichen Klimaschutz auf die Entwicklung der Flächennutzung bis 2030 (Angaben in Hektar).....	68
Tabelle 16:	Ausbauziele EEG 2023	69

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ABO	Unternehmensname
Abs.	Absatz
ACK	Amtschefkonferenz
AEE	Agentur für Erneuerbare Energien e. V.
AF	Ackerfläche
AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
Agri-PV	Agri-Photovoltaik
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
ANK	Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz
Art.	Artikel
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
AUKM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV Gebietsausweisung)
AVV GeA	
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutzverordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BGBI	Bundesgesetzblatt
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSW	Bundesverband Solarwirtschaft
BÜK	Bodenübersichtskarte
BWaldG	Bundeswaldgesetz
C	Kohlenstoff
CBD	Convention on Biological Diversity
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -Äqu.	Kohlendioxid-Äquivalent
COP	Conference of the Parties
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DüV	Düngeverordnung
DZ	Direkzahlung
ebd.	ebenda
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
et al.	et alii (und andere)
EU	Europäische Union

EUR	Euro
FAO	Food and Agricultural Organisation of the United Nations
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FlurbG	Flurbereinigungsgesetz
FM	Festmeter (Kubikmeter)
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
FPV	Freiflächenanlagen-Photovoltaik
GAK	Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes"
GAP	gemeinsame Agrarpolitik der EU
GAPDZV	Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen
gfP	gute fachliche Praxis
GLÖZ	Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden
ha	Hektar
i. d. R.	in der Regel
i.e.S.	im engeren Sinn
i.V.m.	in Verbindung mit
insb.	insbesondere
inkl.	inklusive
InVeKoS	Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems
IWR	Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien
i.w.S.	im weiteren Sinn
Jgg.	Jahrgang
JKI	Julius-Kühn-Institut
Kap.	Kapitel
km ²	Quadratkilometer
KOM	Kommission
KP	Kyoto-Protokoll
KUP	Kurzumtriebsplantagen
kWh	Kilowattstunde
kW	Kilowatt
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LAWAMAD	Landwirtschaftliches Wassermanagement in Deutschland
LF	landwirtschaftlich genutzte Fläche
LN	landwirtschaftliche Nutzfläche
LULUCF	land use, land use change and forestry (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft)
LwAnpG	Landwirtschaftsanpassungsgesetz
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
Mio.	Millionen
MW	MegaWatt
nFK	nutzbare Feldkapazität

NIR	National Inventory Report
NPP	NettoPrimärProduktion
NRL	Nature Restoration Law
ÖR	Öko-Regelung
p.a.	per annum
PAF	Prioritäre Aktionsrahmen
PIK	Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen
PSM	Pflanzenschutzmittel
PV	Photovoltaik
StMUV	Staatsministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz
StMWi	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
SuV	Siedlung und Verkehr
SWOT	Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Risiken))
t	Tonnen
THG	Treibhausgas
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
TWh	Terawattstunden
UBA	Umweltbundesamt
v. a.	vor allem
VB	vordringlichem Bedarf
VB-E	vordringlichem Bedarf – Engpassbeseitigung
VCI	Verband der chemischen Industrie
versch.	verschiedene
vgl.	vergleiche
vgl.	vgl. "vgl."
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSG	Wasserschutzgebiet

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Flächennutzung in Deutschland ist aktuell mit zahlreichen politischen Herausforderungen konfrontiert. In jüngster Zeit wurden neue Ziele bezüglich des Klima- und Biodiversitätsschutzes, der Schaffung bezahlbaren Wohnraums, des Ausbaus der Infrastruktur und der Energiewende formuliert, die mit neuen Ansprüchen an die Flächennutzung verbunden sind. In ihrer Gesamtheit zielen diese Ansprüche in erster Linie auf eine Nutzungsänderung oder Umwidmung der Landwirtschaftsfläche, die seit Jahrzehnten ohnehin kontinuierlich im Rückgang begriffen ist. Vor diesem Hintergrund hat das BMEL das Thünen-Institut beauftragt, eine Studie über Flächennutzungsansprüche in Deutschland zu erstellen. Die Studie wurde Ende Mai 2023 abgeschlossen und im September redaktionell für die Publikation als Thünen Working Paper überarbeitet. In diesem Thünen Working Paper werden die verschiedenen Flächennutzungsansprüche, ihre Auswirkungen auf die land- und forstwirtschaftliche Fläche sowie Konflikte und Synergien zwischen den verschiedenen Ansprüchen und Zielen untersucht.

1.2 Zielsetzung

In der vorliegenden Studie sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

- (1) Welche Flächenverfügbarkeiten bestehen in Deutschland zur Verwirklichung der Ziele des Klimaschutzes, des Biodiversitätsschutzes, zur Schaffung bezahlbaren Wohnraums, für den Ausbau der Infrastruktur und für die Energiewende?
- (2) In welchem Umfang erfordern die verschiedenen politischen Ziele und Programme eine erweiterte bzw. veränderte Flächennutzung bis 2030, und auf welche Flächen würde sich die Umsetzung der jeweiligen Programme maßgeblich auswirken?
- (3) Mit welchen Verlusten an Agrar- und Waldflächen ist bis 2030 aufgrund der langjährigen Entwicklung auch ohne ausdrückliche Zielformulierung in Programmen zu rechnen? Welche Auswirkungen hätten die künftig zu erwartenden Flächenerfordernisse auf die Verfügbarkeit landwirtschaftlicher Fläche zur Lebensmittelerzeugung oder auf die Forstwirtschaft?
- (4) Inwieweit bestehen Möglichkeiten der Kombination verschiedener Nutzungen, um die notwendige Fläche gleichzeitig in unterschiedlicher Weise zu nutzen, und welche Kombinationsmöglichkeiten ergeben sich aus den verschiedenen politischen Zielen und Programmen?
- (5) Welche Flächennutzungen und Flächennutzungsänderungen verfügen über ein klimawirksames CO₂-Bindungspotenzial?

1.3 Struktur der Studie

Fragen zur Flächennutzung und Flächenverfügbarkeit werden in Kapitel 2 anhand einer Analyse der aktuellen Flächennutzung und der Entwicklungen in der Vergangenheit beantwortet. Die Analyse erfolgt für Deutschland insgesamt und nur für ausgewählte Fragestellungen auch in regionaler Differenzierung. Fragen der Eignung und Wertigkeit von Flächen können in dieser Studie nicht umfassend untersucht werden. In Kapitel 3 werden flächenrelevante politische Ziele, Strategien und Programme und deren Flächenbedarfe vorgestellt. Dabei werden auch ökonomische Treiber, die unabhängig von diesen Politiken in den jeweiligen Bereichen wirken, berücksichtigt. Die einzelbetriebliche Vorzüglichkeit verschiedener Flächennutzungsoptionen, die durch die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen beeinflusst wird, wird in Kapitel 4 dargestellt. In Kapitel 5 werden Synergien und Konflikte zwischen flächenbezogenen Zielen untersucht. Hier werden die Kombinierbarkeit flächenbezogener Ziele und flächenbezogene CO₂-Bindungspotenziale betrachtet. Die erwarteten, zukünftigen Entwicklungen der Flächennutzung und der durch neue politische Ziele und Programme induzierte

Flächenbedarf werden in Kapitel 6 abgeschätzt. Die Studie schließt mit Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen in Kapitel 7.

1.4 Internationale Entwicklung der Landwirtschaftsflächen

Im Mittelpunkt des vorliegenden Berichts steht die Entwicklung der Flächennutzung in Deutschland. Um diese in den internationalen Kontext zu stellen, werden hier die Ergebnisse einiger aktueller Analysen der weltweiten Veränderung der Agrarflächen vorgestellt.

Huang et al. (2020) untersuchten die Siedlungsflächenentwicklung von 1992 bis 2016, die Umwandlung von Agrarflächen und die Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Netto-Primärproduktivität (net primary production - NPP). In diesem Zeitraum wurden demnach weltweit 159.170 km² Agrarflächen in Siedlungsfläche umgewandelt, das entspricht 45,9 % des gesamten Siedlungsflächenzuwachses. Dadurch gingen 0,42 % der landwirtschaftlichen Netto-Primärproduktivität (gemessen auf Basis des Durchschnitts der Jahre 2000 bis 2015) verloren, entsprechend knapp 15 Mio. t Getreide. Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit resultieren daraus vor allem in Ländern Asiens und Afrikas, wie China, Vietnam und Ägypten.

Gardi et al. (2020) fanden für den Zeitraum 2000 bis 2014, dass die Ausweitung urbaner Ballungsräume zwar nur 0,1 % der globalen Landfläche betraf, aber 1 % der als fruchtbar eingestuften Böden. Während sich einige große Ballungszentren auf fruchtbaren Böden weiterentwickeln, gibt es viele Megastädte, die sich auf wenig fruchtbaren Böden ausweiten.

Bren d'Amour et al. (2017) schätzen künftige Umwandlungen von Agrarflächen in Siedlungsfläche ab und kommen zum Ergebnis, dass dadurch bis zum Jahr 2030 1,8 bis 2,4 % der globalen Agrarflächen verloren gehen werden. Auf den Flächen, die den Szenarioanalysen zufolge künftig von Umwandlungen betroffen sein werden, wurden im Jahr 2000 3-4 % der Weltagrarproduktion erzeugt. 80 % der Verluste werden in Asien und Afrika erwartet. Die potentiell von künftigen Umwandlungen betroffenen Agrarflächen weisen eine gegenüber dem weltweiten Durchschnitt 1,77-mal höhere landwirtschaftliche Produktivität auf.

In einer Studie von Potapov et al. (2022) steht die Gesamtentwicklung der weltweiten Agrarflächen im Fokus. Von 2003 bis 2019 stieg die weltweite Agrarfläche um 9 %, vor allem durch die Expansion von Agrarflächen in Afrika und Südamerika. Gleichzeitig stieg die NPP um 25 %. In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich die Geschwindigkeit der Agrarflächenexpansion nahezu verdoppelt, am stärksten fiel der Anstieg in Afrika aus. Etwa die Hälfte der Expansion ging auf Kosten natürlicher Vegetation und Baumbedeckung. Im Zeitraum von 2003 bis 2019 ging die pro Kopf der Weltbevölkerung verfügbare Agrarfläche aufgrund des Bevölkerungswachstums um 10 % zurück. Gleichzeitig stieg die pro Kopf verfügbare Produktivität NPP in Folge von Intensivierung der Agrarproduktion um 3,5 %.

2 Ex-post-Analyse der Flächennutzung in Deutschland

2.1 Datenquellen und Definitionen zur Flächennutzung

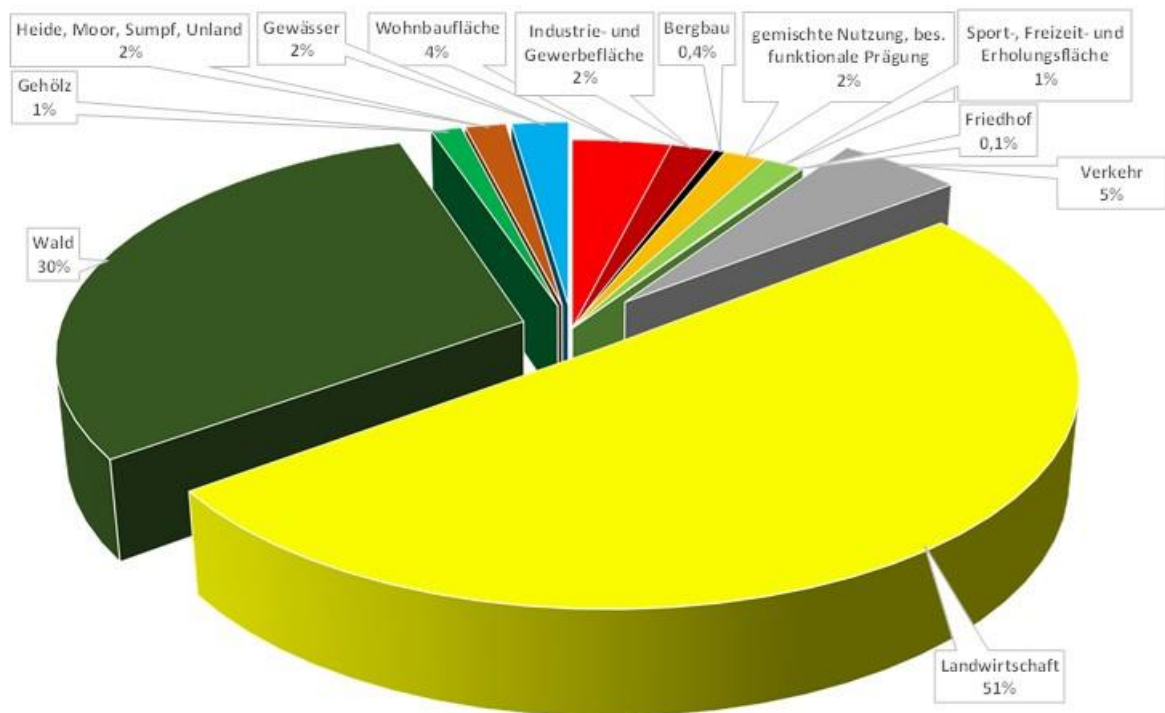
Für die Erhebung der Landnutzung in Deutschland werden in der offiziellen Statistik Katasterdaten und optische Erhebungsmethoden eingesetzt. Zum einen wird damit die ‚Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung‘ und zum anderen das ‚Digitale Landschaftsmodell‘ (DLM) erstellt. In diesen wird im Gegensatz zur Bodennutzungshaupterhebung die gesamte Flächennutzung erfasst. Acker- und Grünlandflächen umfassen dabei auch Flächen, die nicht von landwirtschaftlichen Betrieben genutzt werden, aber ähnliche Oberflächeneigenschaften haben, wie z. B. Zierrasen, Pferdekoppeln sowie schmale Wegflächen, Gewässer u. Ää., die unterhalb der optischen Erfassungsgrenzen liegen. Die so ermittelte ‚Landwirtschaftsfläche‘ (LN) beträgt in der Summe etwa 18,1 Mio. ha. Die LN bildet die Flächen ab, die Oberflächeneigenschaften von Acker, Grünland oder Sonderkulturen aufweisen, unabhängig davon, ob sie tatsächlich landwirtschaftlich genutzt werden oder nutzbar sind. Allerdings werden einige zum Teil extensiv genutzte Flächen seit 2016 nicht mehr zur LN gezählt, z. B. „Heide“ und „Moor“. Diese werden wie „Sumpf“ und „Unland“ zur sonstigen Vegetation gezählt.

Mit statistischen Erhebungen, wie z. B. der Bodennutzungshaupterhebung als Teil der Agrarstrukturerhebung oder der Landwirtschaftszählung, wird die Produktionsfläche der landwirtschaftlichen Betriebe erfasst. Die Landwirtschaftszählung fokussiert somit auf die von landwirtschaftlichen Betrieben genutzten Flächen (LF) und verwendet zudem Mindestgrößen für die Erfassung der Betriebe (Destatis 2022a) Betriebsflächen, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden, auf landwirtschaftlichen Flurstücken liegende Wege, Säume, kleine Gehölze und Gräben, sowie Flächen kleiner Betriebe unterhalb der Erfassungsgrenzen werden in der LF nicht erfasst. Bis 1998 wurden in der Agrarstatistik landwirtschaftliche Betriebe ab 1 ha LF erfasst, von 1999 bis 2007 ab 2 ha LF. Aktuell liegt die Erfassungsgrenze bei 5 ha LF, mit weiteren Bedingungen für die Mindestanzahl an Nutztieren und Mindestfläche an Gemüse, Dauer- und Sonderkulturen. Die so ermittelte ‚landwirtschaftlich genutzte Fläche‘ (LF) beträgt aktuell etwa 16,6 Mio. ha. Die LF wird als Flächengröße für die landwirtschaftliche Produktionsfläche der Agrarbetriebe verwendet.

Der flächenmäßige Unterschied zwischen LN und LF ist zum überwiegenden Teil auf eine unterschiedliche Erfassung und Bewertung von grünlandartigen Pflanzenbeständen zurückzuführen. Diese Abweichung resultiert aus den unterschiedlichen Datengrundlagen, den Erhebungszielen, Erfassungsmethoden und -grenzen. Für gesamtäumliche bzw. sektorübergreifende Betrachtungen wird die Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung herangezogen, also die LN verwendet.

2.2 Aktuelle Flächennutzung

In diesem Unterkapitel wird die Flächennutzung in Deutschland auf Grundlage von Daten des Statistischen Bundesamtes aus der ‚Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung‘ dargestellt. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Flächennutzung in Deutschland im Jahr 2021 nach Art der tatsächlichen Nutzung. Auf die LN entfallen 51 % der Gesamtfläche von 357.592 km² in Deutschland, auf Wald 30 %. 14 % der Fläche entfallen auf Siedlungs- und Verkehrsflächen. Dabei handelt es sich nicht nur um bebaute und versiegelte Flächen, sondern auch um unbebaute Flächen wie Gärten, Hofflächen, Straßenbegleitgrün etc. und Freiflächen wie Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche sowie Friedhöfe. Bergbaubetriebe und Tagebau (Abbauland) mit 0,4 % der Fläche werden nicht zur Siedlungs- und Verkehrsfläche nach deutschem Nachhaltigkeitsindikator gezählt, weil sie langfristig wieder in andere Nutzungen überführt werden (Bundesregierung, 2021). Die verbleibende Fläche entfällt auf Gehölze (1,2 %), Heide, Moor, Sumpf und Unland (1,6 %) und Gewässer (2,3 %).

Abbildung 1: Flächennutzung in Deutschland im Jahr 2021

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis 2022a). Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, Stand 31.12.2021.

Abbildung 2 stellt die LN und die Nutzung der LF im Jahr 2020 dar. Die Differenz zwischen LN und LF lag bei ca. 1,5 Mio. ha. In der Bodennutzungshaupterhebung 2020 wurden neben der LF Gebäude- und Hofflächen sowie andere Flächen (z. B. Landschaftselemente) mit einer Flächensumme von 285.078 ha sowie dauerhaft aus der landwirtschaftlichen Produktion genommene Flächen ohne Prämienanspruch mit 29.060 ha erfasst. Diese Fläche entspricht 21 % der Differenz zwischen LN und LF.

Das Statistische Bundesamt hat die Differenz zwischen LN und LF für das Jahr 1997 analysiert (Schäfer et al., 2002). Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass 883.800 ha Differenz nicht erklärt werden konnten. Säume umfassten den Schätzungen zufolge 676.000 ha, Hofflächen 21.000 ha, Hausgärten 17.800 ha und Moore und Heiden 126.500 ha. Geschätzt wurden auch 247.000 ha Brachland und 50.000 ha Fläche in landwirtschaftlichen Betrieben unterhalb der Erfassungsgrenze der agrarstatistischen Erhebung. Es kann angenommen werden, dass viele Grünlandflächen nicht als LF erfasst sind und einen großen Teil der verbleibenden Differenz erklären (vgl. Tietz et al. 2012).

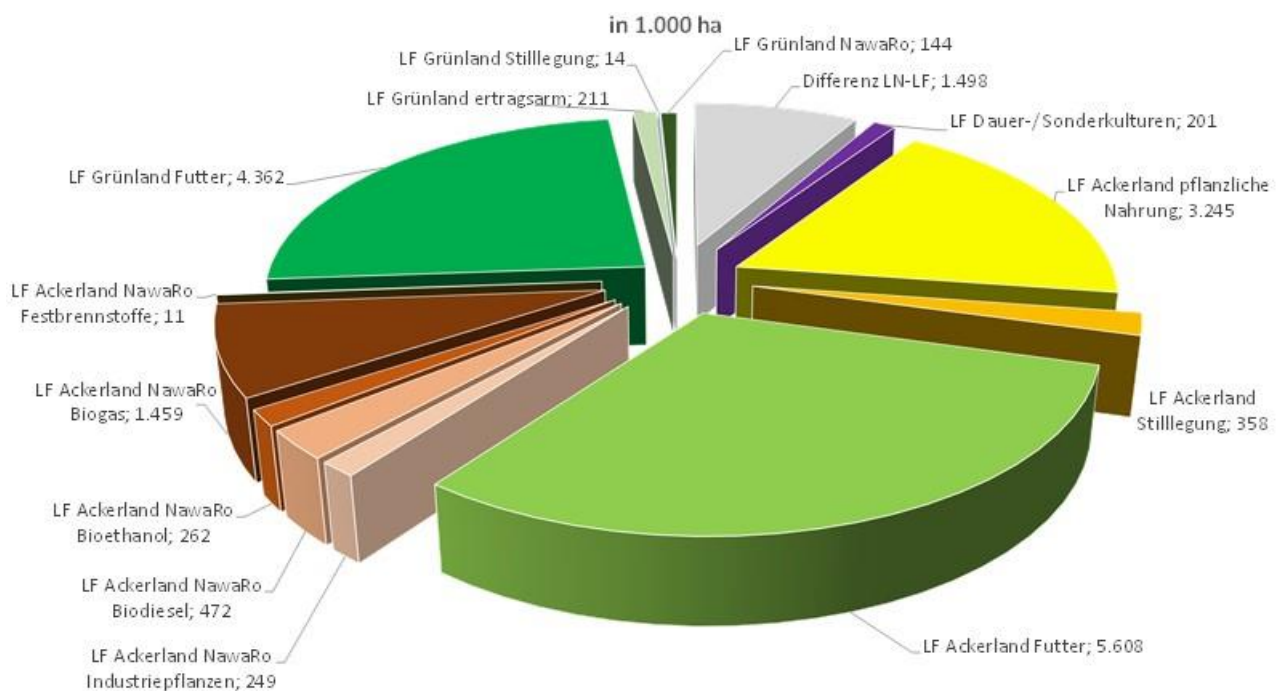
Für eine aktuelle und weitergehende Analyse der Differenz zwischen LN und LF werden digitale Karten über die Lage dieser Flächen benötigt. Mit Hilfe der Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) könnten die Diskrepanzen zwischen den landwirtschaftlich genutzten Flächen in Betrieben, die einen GAP-Förderantrag stellen, und der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen im DLM genauer untersucht werden. Das Thünen-Institut arbeitet derzeit daran, eine flächendeckende und lange Zeitreihe der InVeKoS-Daten für Deutschland aufzubauen. Grundlage dafür bildet insbesondere ein Beschluss der Amtschefkonferenz (ACK) der Staatssekretärinnen und Staatssekretäre der Agrarministerien von Bund und Ländern vom 22. Januar 2022, mit dem der Nutzungszweck der InVeKoS-Daten zur Klimaberichterstattung anerkannt wird.

Die im Jahr 2020 bewirtschaftete LF beinhaltet 11,66 Mio. ha Ackerland. Diese Ackerfläche wurde zu 28 % für die Produktion von pflanzlichen Nahrungsmitteln, zu 48 % für die Futterproduktion (Futtergetreide, Ackerfutterbau) und zu 21 % für die Produktion nachwachsender Rohstoffe, vor allem Energiepflanzen, genutzt. Etwa 3 % der Ackerfläche waren stillgelegt. Die ca. 4,7 Mio. ha Grünland wurden vor allem als Futterfläche genutzt. Etwa 4 %

des Dauergrünlands sind ertragsarmes Dauergrünland (z. B. Hutungen, Heiden, Streuwiesen) und ca. 3 % werden für die Produktion nachwachsender Rohstoffe eingesetzt.

Die LF wird zu 61 % für die Futterproduktion und 16 % für die Produktion nachwachsender Rohstoffe genutzt. Etwa 2 % der LF sind den Ergebnissen der Bodennutzungshaupterhebung zufolge stillgelegt. Für die Produktion pflanzlicher Nahrungsmittel für die menschliche Ernährung werden 21 % der LF eingesetzt. Die Relation dieser verschiedenen Ausrichtungen der Nutzung der LF zeigen, dass der Umfang der für die menschliche Ernährung benötigten Fläche auch bei künftig voranschreitenden LF-Verlusten durch Umwidmung von Flächen sichergestellt werden kann, die derzeit für die Produktion von Futter und nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden.

Abbildung 2: Nutzung der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) und Differenz zur landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in Deutschland im Jahr 2020



Quelle: BMEL (2021a) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Tabelle 3070200: 46. Gesamtfläche nach Nutzungsarten; Tabelle 3070400: 47. Landwirtschaftlich genutzte Fläche nach Kulturarten; Tabelle 3071310: 52. Anbau nachwachsender Rohstoffe und Energiepflanzen; Tabelle 3090400: 75. Anteil der Futtererzeugung an der landwirtschaftlichen Produktion; Destatis (2020) Bodennutzung der Betriebe - Landwirtschaftlich genutzte Flächen - Fachserie 3 Reihe 3.1.2; FNR (2022) Anbauflächen Nachwachsender Rohstoffe in Deutschland.

<https://pflanzen.fnr.de/anbauzahlen>

2.3 Entwicklung der Flächennutzung in der Vergangenheit

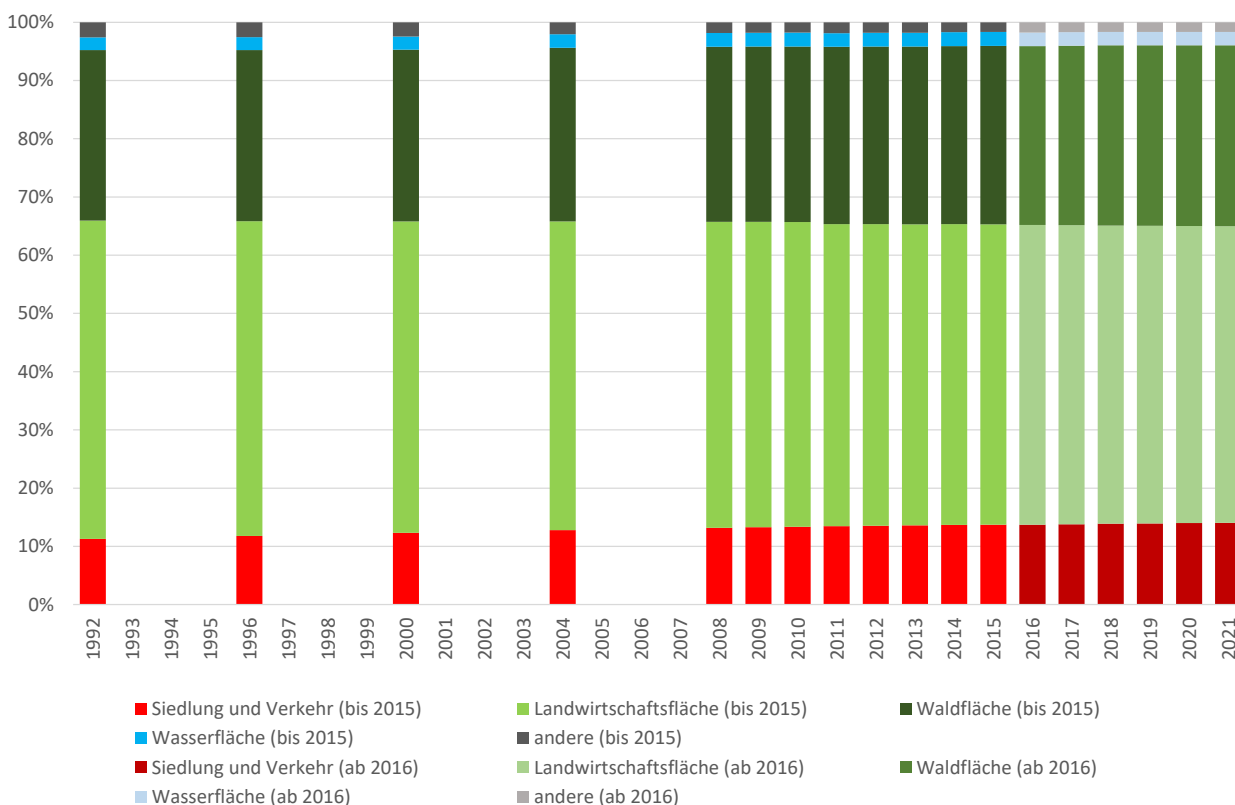
Die Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung wurde im Jahr 2016 von der Erhebung auf Grundlage des Nutzungsartenverzeichnisses des Automatisierten Liegenschaftsbuchs auf den neuen Nutzungsartenkatalog des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS) umgestellt. Damit verbunden ist eine Steigerung der Datenqualität, eine Harmonisierung und stärkere Differenzierung des Nutzungsartenkatalogs. Die Umstellung vom Liegenschaftsbuch, das dem Eigentumsnachweis, aber nicht dem Flächennachweis dient, auf das ALKIS führt aber auch zu vermessungsmethodisch bedingten Abweichungen in der Flächengröße, ohne dass dem reale Flächenveränderungen gegenüberstehen. Beim Wechsel von der Buchfläche auf die Geometriefläche wurden viele Flächen neu berechnet bzw. Flächengrößen ersetzt. Gerade bei Wald- und Landwirtschaftsflächen kommt es nur selten zu einem Eigentumswechsel, bei dem die Fläche neu vermessen und die Angabe zur Nutzungsart aktualisiert wird. Aus diesem Grund kommt es bei diesen Flächennutzungen zu größeren

Abweichungen aufgrund der Umstellung als bei anderen Flächennutzungsarten. Zu berücksichtigen ist ferner, dass es für die Erfassung der Nutzungsart in den Bundesländern unterschiedliche Erfassungsuntergrenzen gibt, die für die Kategorie „Vegetation“ (hierzu zählen die Landwirtschaftsfläche, Wald, Gehölze etc.) zwischen 100 und 5.000 m² liegen. Kleinere Landschaftselemente werden demnach nicht erfasst (Destatis, 2022).

In Abbildung 3 wird die Entwicklung der wichtigsten Flächennutzungskategorien zwischen 1992 und 2021 abgebildet. In Abbildung 4 werden die Veränderungen in 4-Jahresschritten in ha pro Tag abgebildet. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche und die Waldfläche (hier einschließlich Gehölzen) haben kontinuierlich zugenommen, die Landwirtschaftsfläche (hier einschließlich Moor und Heide) und sonstige Flächen (vor allem Abbauland und Unland, darunter Bauerwartungsland) haben dagegen stetig abgenommen.

In Abbildung 5 wird die Entwicklung der Landwirtschaftsfläche (LN) und der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) von 1991 bis 2021 dargestellt. Die Differenz zwischen LN und LF ist in diesem Zeitraum deutlich zurückgegangen. Abbildung 6 zeigt die prozentuale Entwicklung der LN und der LF, sowie der Acker- und Dauergrünlandfläche als Hauptkategorien der LF. Während die LN von 1992 bis 2021 um 7 % zurückgegangen ist, nahm die LF nur um 3 % ab. Die Fläche mit Ackerland hat um 1 % zugenommen, die Dauergrünlandfläche hat hingegen um 11 % abgenommen. Seit 2014 hat sich dieser Trend umgekehrt: Ackerland nimmt ab und Dauergrünland zu. Bei der Interpretation der Entwicklung der LF ist zu berücksichtigen, dass in den östlichen Bundesländern die LF nach der ersten Landwirtschaftszählung im Jahr 1991 zugenommen hat. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Jahr 1991 aufgrund des starken Strukturwandels nicht alle landwirtschaftlichen Flächen in den statistisch erfassten Betrieben bewirtschaftet wurden. Nicht bewirtschaftete Flächen wurden in nachfolgenden Jahren wieder in Nutzung genommen. Dies erklärt die Zunahme der LF in der 1990er Jahren.

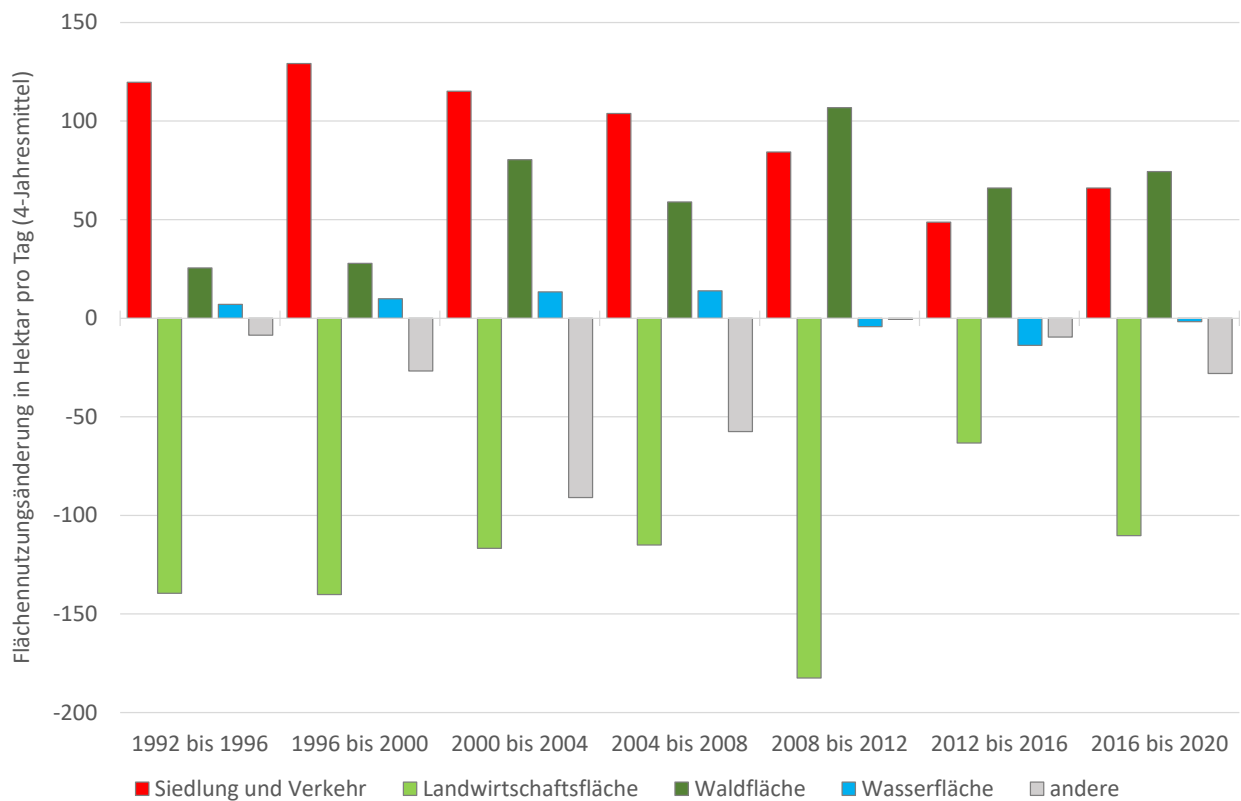
Abbildung 3: Veränderung der Flächennutzung in Deutschland von 1992 bis 2021 *)



*) Die Daten der Jahre ab 2016 werden aufgrund einer Umstellung der statistischen Methodik gesondert dargestellt.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung.

Abbildung 4: Veränderung der Flächennutzung in Deutschland von 1996 bis 2020 in Hektar pro Tag



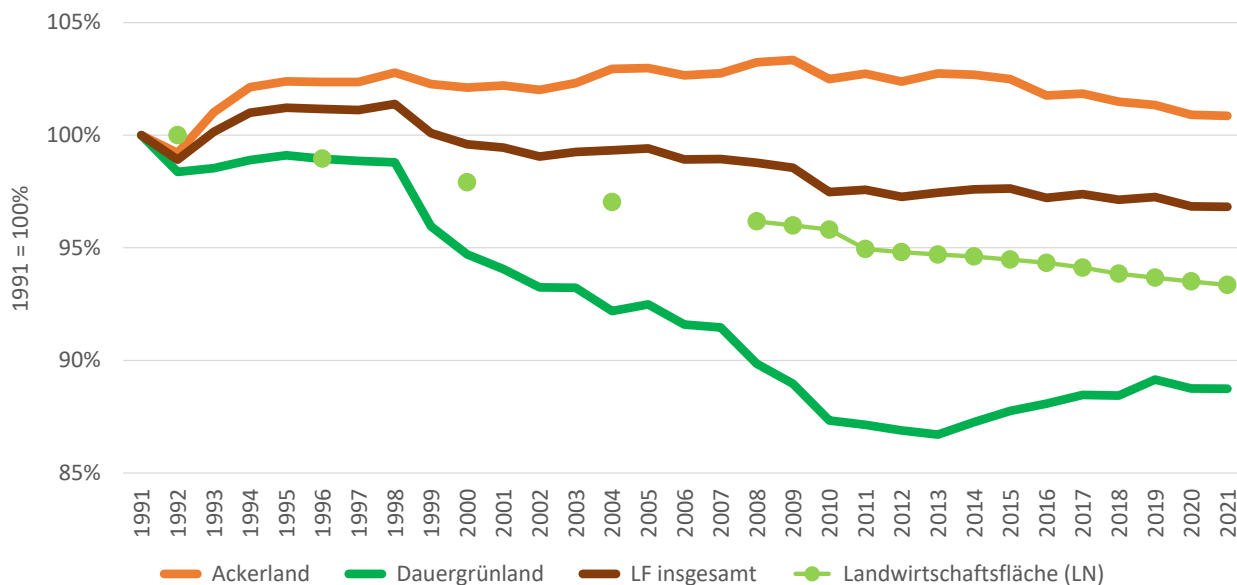
Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung.

Abbildung 5: Veränderung der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) und der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) in Deutschland von 1991 bis 2021



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung sowie Bodennutzung der Betriebe - Landwirtschaftlich genutzte Flächen - Fachserie 3 Reihe 3.1.2.

Abbildung 6: Veränderung der Flächennutzung in Deutschland von 1991 bis 2021



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung sowie Bodennutzung der Betriebe - Landwirtschaftlich genutzte Flächen - Fachserie 3 Reihe 3.1.2.

In Tabelle 1 werden für ausgewählte Zeiträume mit einheitlicher Methodik der Flächennutzungsstatistik (1992 bis 2000 und 2000 bis 2015, sowie 2016 bis 2021) Veränderungen der Siedlungs- und Verkehrsfläche, der Landwirtschaftsfläche (hier einschließlich Moor und Heide) und der Waldfläche (hier einschließlich Gehölzen) sowie der LF, des Ackerlands und des Dauergrünlands dargestellt. Die längerfristige Entwicklung wird für den Zeitraum 2000 bis 2021 dargestellt. Die Abnahme der Landwirtschaftsfläche erklärt in diesem Zeitraum knapp 73 % der Zunahmen der Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie der Waldfläche. Die Differenz wird durch Rückgänge anderer Flächennutzungen wie Abbauland und Unland erklärt, die ebenfalls stetig abgenommen haben. Die Abnahmen der LF betragen im selben Zeitraum nur 54 % der Abnahme der LN. Während die LF-Abnahme von 2000 bis 2015 auf Kosten der Dauergrünlandfläche ging, hat sich dies im Zeitraum 2016 bis 2021 umgekehrt. Die Erhaltung und Zunahme des Dauergrünlandes dürfte u. a. auf seit 2015 geltende, veränderte Regelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik zur Erhaltung des Dauergrünlandes zurückzuführen sein. Seither geht die Ackerfläche zurück, weil eine Kompensation von Ackerflächenverlusten durch Umwandlung von Grünland in Ackerland nicht mehr stattfindet.

Die Flächennutzungsveränderungen in Richtung der Siedlungs- und Verkehrsfläche und der Waldfläche dürften jedoch auch die LF betreffen. Allerdings ist davon auszugehen, dass gleichzeitig auch bisher nicht zur LF zählende Flächen aus der LN (z. B. bisherige Pferdeweiden, die nicht von landwirtschaftlichen Betrieben bewirtschaftet werden) in landwirtschaftliche Betriebe aufgenommen werden und damit zur LF hinzukommen. Die Offenlandfläche der LN, z. B. grünlandartige Flächen, bilden eine „Flächenreserve“, aus der die LF „aufgefüllt“ werden kann. Dieser Puffer ist in den letzten 30 Jahren allerdings deutlich kleiner geworden: Die Differenz zwischen LN und LF ist seit 1992 um etwa eine Mio. ha zurückgegangen.

Tabelle 1: Flächennutzungsänderungen und Veränderungen der LF zwischen 1992 und 2021

	Änderung 1992-2000		Änderung 2000-2015		Änderung 2016-2021		Änderung 2000-2021	
	in km ²	ha pro Tag	in km ²	ha pro Tag			in km ²	ha pro Tag
Siedlung und Verkehr	3.634	124	5.127	94	1.183	65	6.325	83
Landwirtschaftsfläche	-4.084	-140	-6.695	-122	-1.922	-105	-8.892	-116
Waldfläche und Gehölze	779	27	4.200	77	1.234	68	5.793	76
andere Flächen ¹⁾	-328	-11	-2.632	-48	-496	-27	-3.225	-42
LF gesamt	1.173	40	-3.366	-61	-674	-37	-4.758	-62
LF: Ackerfläche	3.360	115	429	8	-1.051	-58	-1.456	-19
LF: Dauergrünland	-1.950	-67	-3.705	-68	352	19	-3.179	-41

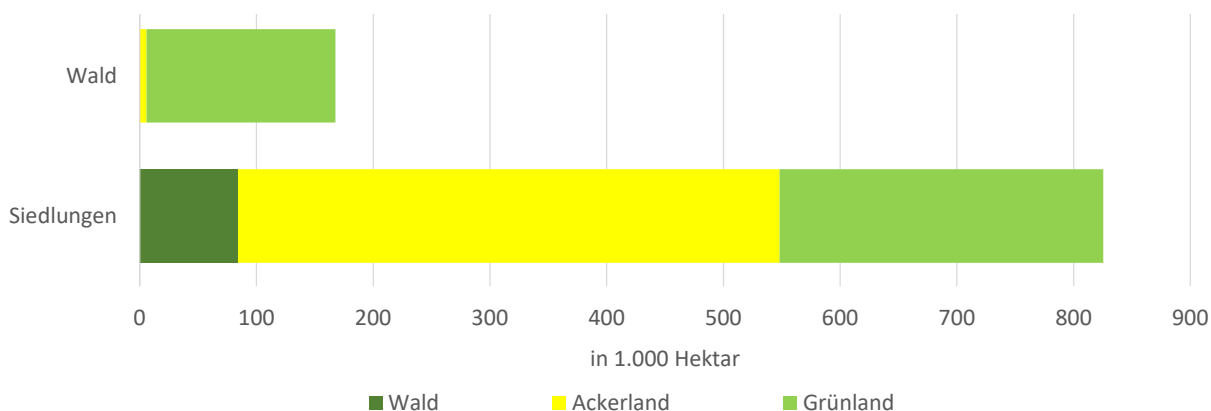
1) andere Flächen umfassen Abbauand (Halden, Bergbaubetrieb, Tagebau, Grube, Steinbruch), Unland, vegetationslose Flächen und Gewässer.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung sowie Bodennutzung der Betriebe - Landwirtschaftlich genutzte Flächen - Fachserie 3 Reihe 3.1.2.

Wie sich die Flächenzuordnungen zu LN und LF im Einzelnen entwickeln, lässt sich aus der Flächenstatistik und der Bodennutzungshaupterhebung nicht ablesen, denn es werden nur aggregierte Flächensummen ausgewiesen. Aus diesen lassen sich nur die Netto-Flächenveränderungen berechnen. Die Brutto-Flächenwanderungen zwischen den Kategorien der Flächennutzungserhebung und der landwirtschaftlichen Bodennutzung können mangels einzelflächenbezogener Daten nicht nachvollzogen werden.

Einen Einblick gewährt die Landnutzungsmatrix der Klimaberichterstattung, in der die Brutto-Flächenveränderungen zwischen den Flächenkategorien Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete und Siedlungen ausgewiesen werden. Diese werden auf Datengrundlage des Digitalen Landschaftsmodells für Deutschland erstellt. In der folgenden Abbildung 7 werden die Nettoänderungen zwischen diesen Flächenkategorien von 2001 bis 2020 für Wald sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen abgebildet. Waldfläche entsteht demnach vor allem aus bisheriger Grünlandfläche. Der Flächenzuwachs der Siedlungs- und Verkehrsflächen erklärt sich zu 10 % aus der Umwandlung von Waldflächen, zu 56 % aus Umwandlung von Ackerflächen und zu 34 % aus Umwandlung von Grünlandflächen.

Abbildung 7: Flächennutzungsänderungen zugunsten von Wald sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen zwischen 2001 und 2020 gemäß Klimaberichterstattung

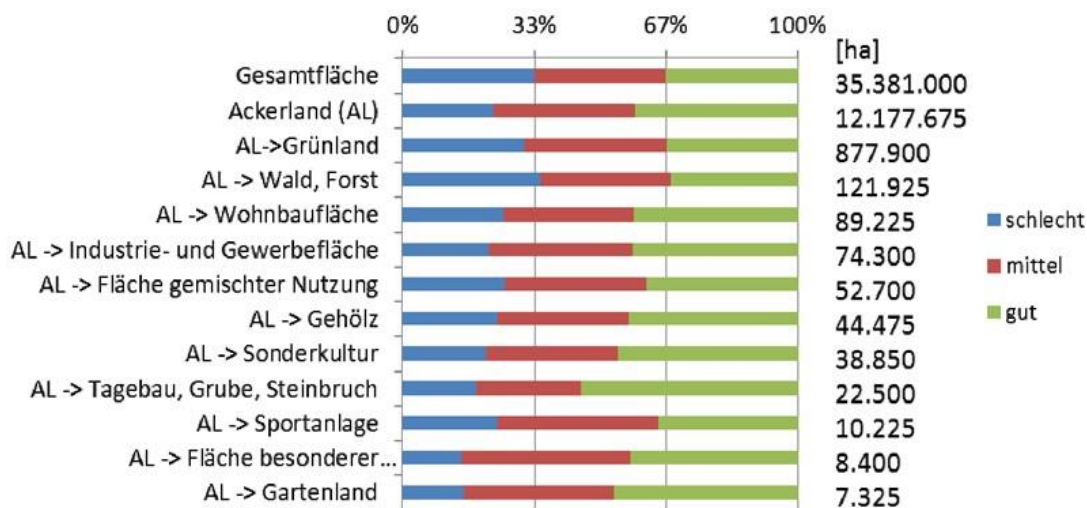


Quelle: UBA (2022b). CRF-Tabellen 2022 für das Inventarjahr 2020.

Im Folgenden wird die Frage untersucht, welche Bodenqualität Ackerflächen insgesamt haben und Ackerflächen welcher Bodenqualität in andere Nutzungen umgewandelt werden. Die folgende Abbildung 8 basiert auf einer Auswertung des Digitalen Basis-Landschaftsmodell für die Jahre 2000 und 2010 (Schmidt, 2013). Die Bodenqualität wurde auf Basis der Bodenübersichtskarte BÜK 1000 anhand der nutzbaren Feldkapazität (nFK) abgeschätzt. Die nFK bestimmt maßgebend das Ertragspotential eines Standortes. Es erfolgt eine Unterteilung in

gute, mittlere und schlechte Böden, mit je einem Drittel Flächenanteil. Das Ackerland befand sich im Jahr 2010 zu etwa 23 % auf schlechten Böden und zu 41 % auf guten Böden. Neue Grünland- und Waldflächen, die aus bisheriger Ackerfläche entstanden sind, befinden sich auf etwas schlechteren Standorten. Neue Wohnbau-, Industrie- und Gewerbeflächen auf bisherigem Ackerland weisen dagegen bessere Bodenqualitäten auf. Die Verteilung auf die drei Qualitäten entspricht hier dem Durchschnitt aller Ackerflächen in Deutschland. Bei Abbauland (Tagebau etc.) weist das umgewandelte Ackerland im Durchschnitt sogar erhöhte Bodenqualitäten auf.

Abbildung 8: Gesamtfläche, Ackerland und dessen Umwandlung in andere Flächennutzungen (2000 bis 2010) nach Bodenqualität



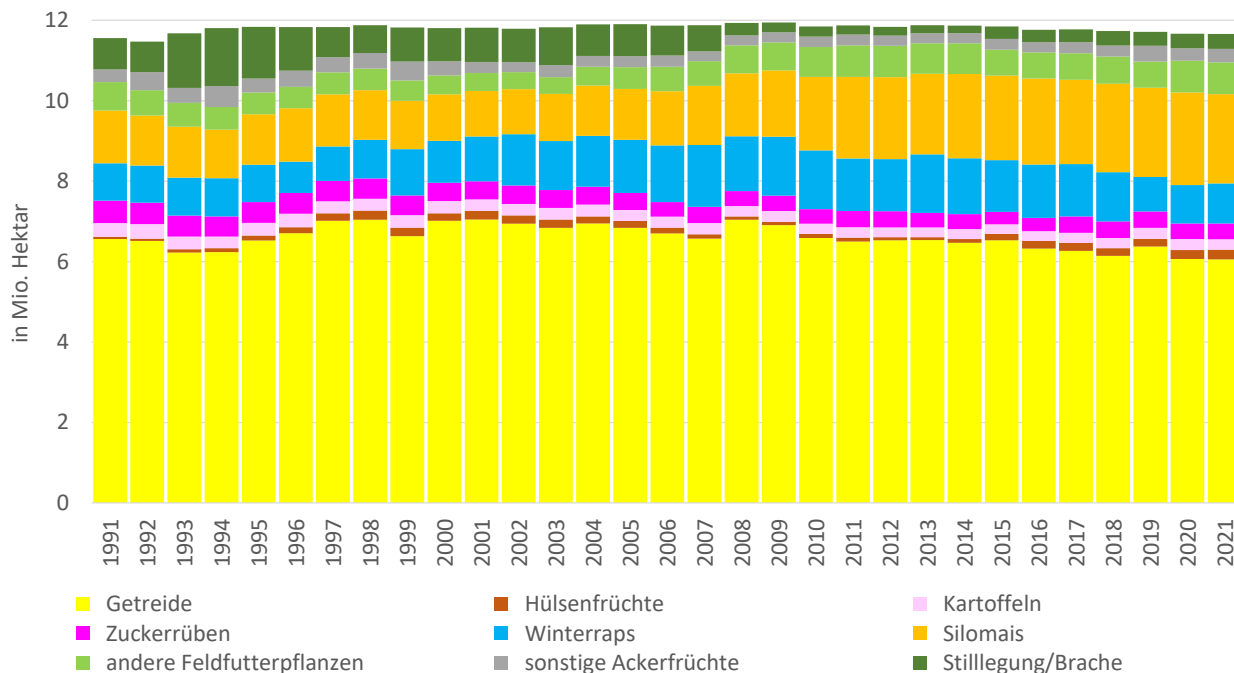
AL->: Umwandlung von Ackerland in eine andere Flächennutzung.

„Fläche besonderer ...“ : „Fläche besonderer funktionaler Prägung“ ist eine baulich geprägte Fläche einschließlich der mit ihr im Zusammenhang stehenden Freifläche, auf denen vorwiegend Gebäude und/oder Anlagen zur Erfüllung öffentlicher Zwecke oder historische Anlagen vorhanden sind.

Quelle: Schmidt (2013), Auswertung auf Basis von Daten des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Digitales Basis-Landschaftsmodell und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000.

Angesichts der Umwidmung an landwirtschaftlicher Fläche stellt sich die Frage, welchen Einfluss Anbauflächenveränderungen auf die Lebensmittelerzeugung haben. Am Beispiel von Getreide als wichtigstes Grundnahrungsmittel wird dies für die vergangenen 30 Jahre analysiert. In Abbildung 9 wird deutlich, dass die Getreideanbaufläche nicht nur von der Entwicklung der Ackerfläche beeinflusst wurde, sondern bis 2007 von den agrarpolitischen Vorgaben zur Ackerflächenstilllegung. Weitere Einflussgrößen waren die Zunahme der Rapsanbaufläche und seit etwa 2005 die Zunahme der Silomaisproduktion als Gärsubstrat für die Biogasproduktion. Gegenüber dem Mittel der Jahre 1990 bis 1992 hat die Getreideanbaufläche im Mittel der Jahre 2019 bis 2021 um 0,51 Mio. ha oder 7,7 % abgenommen. Der entsprechende, durchschnittliche Flächenrückgang über einen Zeitraum von 29 Jahren beträgt 48 ha Getreideanbaufläche pro Tag.

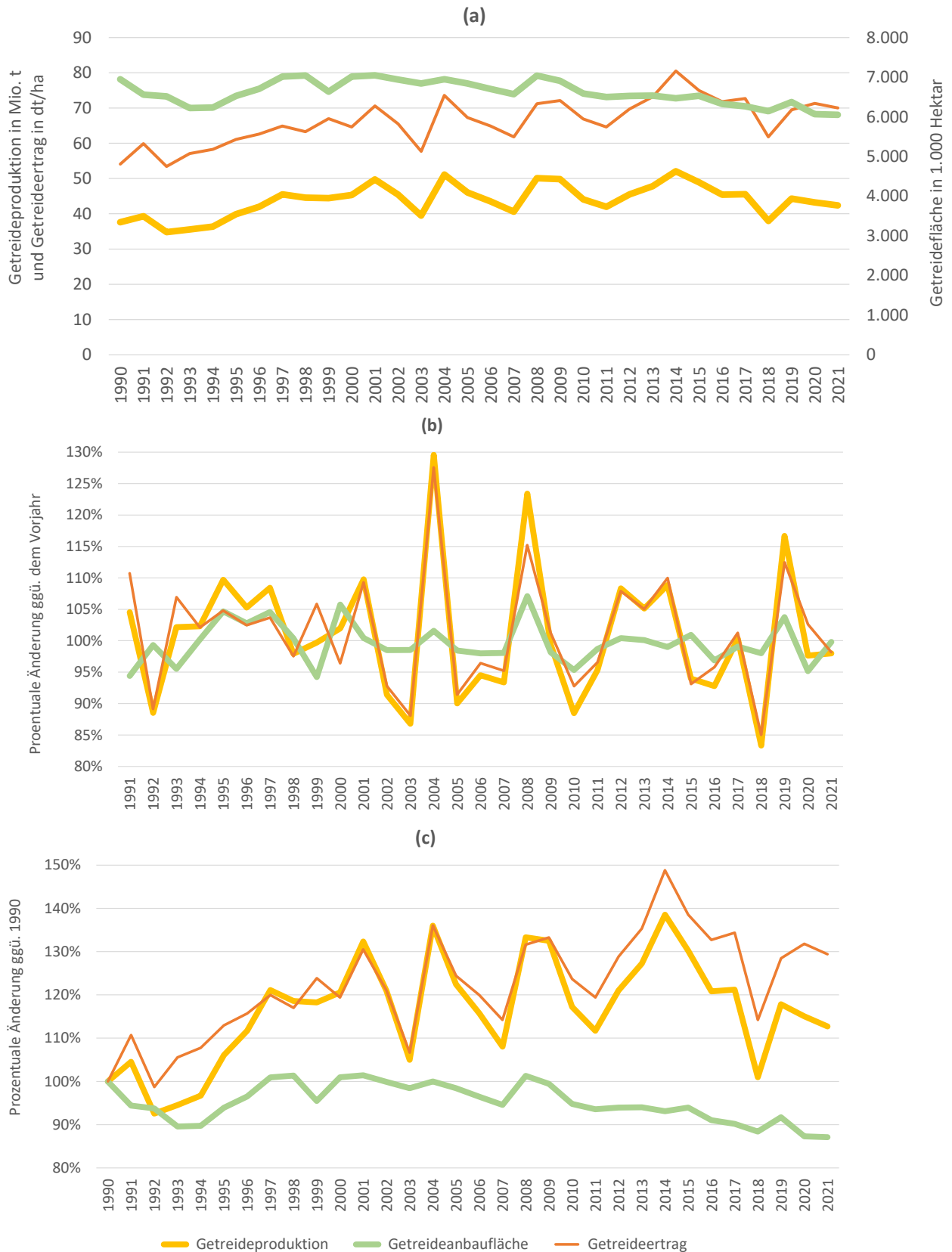
Abbildung 9: Entwicklung der Nutzung des Ackerlandes in Deutschland von 1990 bis 2021



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Bodennutzung der Betriebe - Landwirtschaftlich genutzte Flächen - Fachserie 3 Reihe 3.1.2.

Welche Wirkung hat dieser Anbauflächenrückgang nun auf die Getreideproduktion? Da die Getreideerträge im Mittel der Jahre 2019 bis 2021 gegenüber dem Mittelwert aus 1990 bis 1992 um 25,9 % gestiegen sind, hat die Getreideproduktionsmenge um 16,3 % zugenommen, trotz Anbauflächenrückgang um 7,7 %. Die positive Ertragsentwicklung konnte den Effekt der rückläufigen Anbaufläche also weit mehr als kompensieren. Die Abbildung 10 zeigt in drei Schaubildern die Entwicklung der Getreideproduktion, der Anbaufläche und des Ertrags. Schaubild (a) stellt absolute Größen dar, Schaubild (b) prozentuale Veränderungen gegenüber dem jeweiligen Vorjahr, und Schaubild (c) zeigt die prozentualen Veränderungen gegenüber dem Jahr 1990. Damit wird illustriert, wie stark sich Veränderungen der Anbaufläche und der Erträge auf die Produktionsmenge auswirken. In Schaubild (b) zeigt sich, dass die seit dem Jahr 2000 zunehmenden, jährlichen Schwankungen der Getreideproduktion fast ausschließlich durch die Entwicklung der Getreideerträge erklärt werden. In Schaubild (c) wird dargestellt, dass die Entwicklung der Getreideproduktionsmenge gegenüber dem Jahr 1990 seit Mitte der 1990er Jahre zum weit überwiegenden Teil durch die Ertragsentwicklung erklärt wird und nicht durch die deutlich rückläufige Anbauflächenentwicklung.

Abbildung 10: Entwicklung der Fläche, der Erträge und der Produktion von Getreide (a), der prozentualen Änderungen gegenüber dem Vorjahr (b) und gegenüber dem Jahr 1990 (c)



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Bodennutzung der Betriebe - Landwirtschaftlich genutzte Flächen - Fachserie 3 Reihe 3.1.2.

Seit dem Allzeithoch im Jahr 2014 schwanken die Getreideerträge u. a. aufgrund von Extremwetter. Bei stagnierenden Erträgen schlagen die zurückgehenden Anbauflächen stärker auf die Produktionsmenge durch. Das Beispiel zeigt anschaulich, dass der Frage der Flächenproduktivität und den Auswirkungen von Extensivierung der Produktion sowie Extremwetterereignissen in Hinblick auf die Versorgungslage mit Lebensmitteln im Vergleich zur bisher beobachteten Verringerung der Anbauflächen eine höhere Bedeutung zukommt.

Anhand der durchschnittlichen Getreideerträge können die durch den Rückgang von Ackerflächen verloren gegangenen Produktionspotentiale abgeschätzt werden. Die in Siedlungsfläche umgewandelte Ackerfläche weist in etwa dieselbe Verteilung der Bodenqualitäten auf wie die gesamte Ackerfläche (vgl. Abbildung 8). Daher wird hier mit dem deutschlandweiten Ertragsdurchschnitt von Getreide der Jahre 2019 bis 2021 von 7 t/ha gerechnet. Von 2000 bis 2021 ist die in der Agrarstatistik erfasste Ackerfläche um 1,2 % bzw. 145.600 ha zurückgegangen. Die Ackerfläche hat zwischen 2000 und 2009 zugenommen, deshalb liegt der Rückgang von 2009 bis 2021 sogar bei 2,4 % oder 287.200 ha. Unter der Annahme, diese Ackerflächen würden für die Getreideproduktion genutzt, hat die zwischen 2000 und 2021 verloren gegangene Fläche ein Produktionspotential von ca. 1 Mio. t Getreide. Bezogen auf die Ackerflächenverluste von 2009 bis 2021 liegt der Rückgang des Produktionspotentials sogar bei ca. 2 Mio. t Getreide.

2.4 Ausgewählte, für die landwirtschaftliche Flächennutzung relevante Entwicklungen

Im Folgenden werden ausgewählte, für die Flächennutzung relevante Entwicklungen näher beschrieben.

Energie- und Industriepflanzen

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) ermittelt jährlich den Flächenbedarf für die Erzeugung von Bioenergie und Industriepflanzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den meisten Fällen die angebauten Kulturen sowohl für die Erzeugung von Bioenergie als auch im Nahrungs- und Futtermittelsektor verwendet werden können und viele Rohstoffe international gehandelt werden. Die tatsächliche Verwendung kann sich dabei kurzfristig aufgrund von Ertragsschwankungen und Marktverhältnissen ändern und steht nicht bereits zum Zeitpunkt der Aussaat fest. Daher schätzt die FNR die Anbauflächen auf Basis der Verwendungsmengen mithilfe der Agrarstatistik, amtlichen Produktions- und Außenhandelsstatistiken sowie zusätzlicher Annahmen aufgrund von Experteneinschätzungen. In Tabelle 2 sind die von der FNR geschätzten Anbauflächen für die Jahre 2019 bis 2021 dargestellt. Die geschätzten Anbauflächen sind kalkulatorische Größen, die von den tatsächlichen Anbauflächen abweichen können.

Tabelle 2: Anbauflächen für Industrie- und Energiepflanzen

Rohstoff	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 ¹⁾	2022 ²⁾
Industriestärke	110	107	101	113	133	142	129	129	147	150	155
Industriezucker	16	17	13	12	13	12	12	10	13	12	12
Technisches Rapsöl	139	139	116	138	147	123	129	101	90	63	69
Technisches Sonnenblumenöl	9	8	7	8	10	8	7	8	10	15	33
Technisches Leinöl	4	4	4	4	4	5	4	3	4	5	5
Pflanzenfasern	1	1	1	1	2	2	3	5	5	6	6
Arznei- und Farbstoffe	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Industriepflanzen insgesamt	289	287	253	288	320	304	296	268	281	263	292
Rapsöl für Biodiesel/Pflanzenöl	786	614	799	805	720	591	589	513	471	612	665
Pflanzen für Bioethanol	201	173	188	238	259	248	267	214	188	216	216
Pflanzen für Biogas	1.163	1.269	1.354	1.340	1.430	1.430	1.550	1.570	1.630	1.570	1.650
Pflanzen für Festbrennstoffe ³⁾	11	9	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Energiepflanzen insgesamt	2.160	2.060	2.350	2.390	2.420	2.280	2.420	2.300	2.300	2.410	2.540
Insgesamt	2.450	2.350	2.600	2.680	2.740	2.590	2.720	2.580	2.580	2.670	2.830

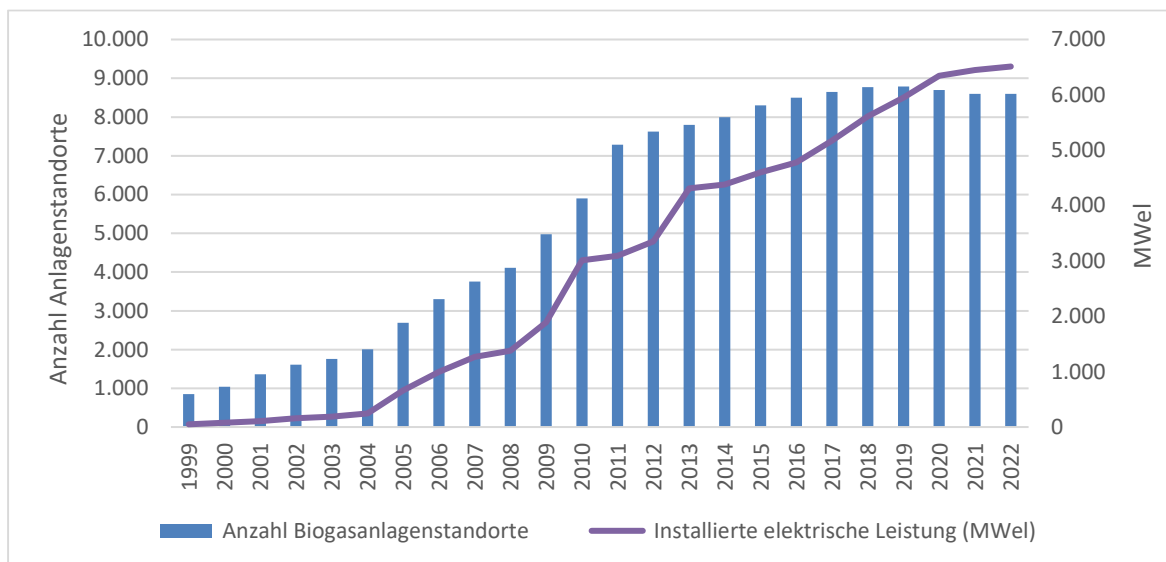
1) Vorläufig - 2) Schätzung - 3) u. a. Agrarholz und Miscanthus.

Quelle: BMEL (2022c)

Flächen für die Biogaszeugung

Wesentlicher Treiber für die Entwicklung des Biogasanlagenbestandes sind die Vergütungsbedingungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), welches im Jahr 2000 eingeführt und seither vielfach angepasst wurde. Zwischen 2005 und 2011 ist der Anlagenbestand stark gewachsen (vgl. Abbildung 11); durch Anpassungen in den Vergütungsmodellen wurden die Zubauraten seit 2013 deutlich begrenzt. Der Anlagenzubau beschränkte sich seitdem im Wesentlichen auf neu errichtete Güllekleinanlagen und Erweiterungsinvestitionen an bestehenden Biogasanlagen. Im EEG 2017 wurde der Förderanspruch auf ein Ausschreibungsmodell mit Höchstgebotsgrenzen umgestellt und eine Deckelung für den Anteil an Silomais eingeführt. Derzeit (EEG 2023) liegen die Höchstgebotsgrenzen bei 16,07 ct/kWh für Neuanlagen, so dass zukünftig von keinem weiteren Ausbau der Biogaszeugung auszugehen ist.

Da die Biogasproduktion vor allem auf Basis nachwachsender Rohstoffe (insbesondere Silomais) erfolgt, konkurriert sie mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Daher war in der Vergangenheit neben der EEG-Vergütung ebenfalls die Entwicklung der Agrarpreise ausschlaggebend für den Zubau von Biogasanlagen. Beispielsweise kamen im Zuge sehr hoher Agrarpreise im Jahr 2007 die bestehenden Anlagen unter wirtschaftlichen Druck, so dass kaum neue Anlagen gebaut wurden. Erst als in der EEG-Novelle 2009 die Vergütung weiter erhöht wurde, kam es wieder zu einem Ausbau des Anlagenbestandes.

Abbildung 11: Entwicklung des Biogasanlagenbestandes¹⁾

1) Ohne Anlagen zur Einspeisung von Biomethan

Quelle: BMEL (2022c, sowie weitere Jahrgänge des Statistischen Jahrbuchs über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten).

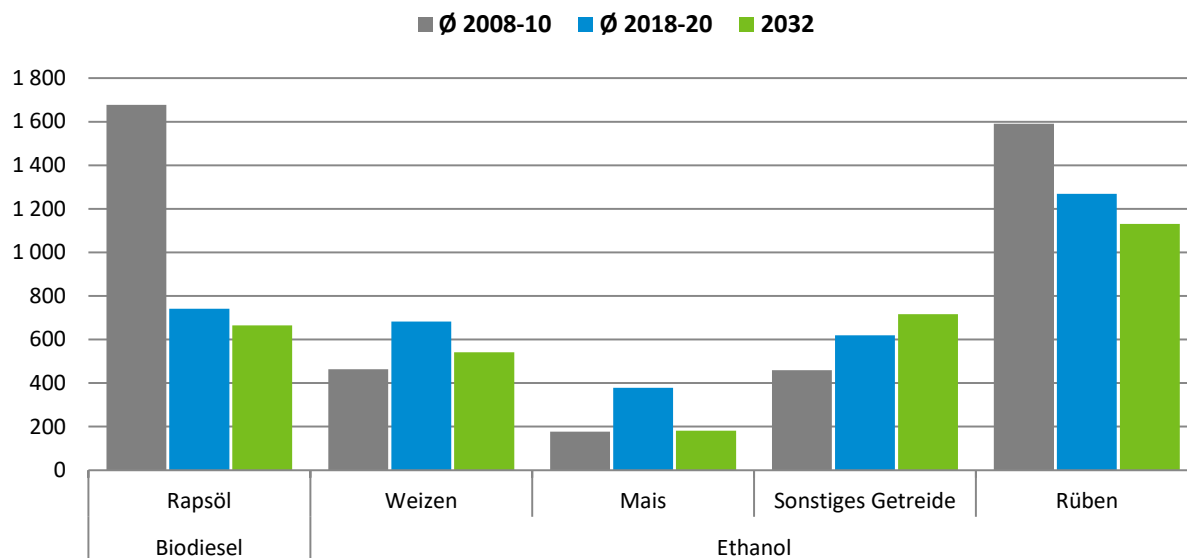
Der Ausbau von Biogasanlagen weist regionale Schwerpunkte auf. Regionen mit einer vergleichsweise hohen installierten elektrischen Leistung befinden sich im Norden Schleswig-Holsteins, in Niedersachsen in einem Gürtel vom Emsland bis Lüchow-Dannenberg sowie in einigen Regionen Bayerns und Baden-Württembergs: Auf etwa 10 % der deutschen Landkreise entfallen rund ein Drittel der gesamten installierten Leistung. Teilweise weisen diese Regionen gleichzeitig eine intensive und wachsende Milcherzeugung sowie Veredelung (Schweine- und Hähnchenmast) auf (vgl. Gömann et al. 2013).

Flächen für die Biokraftstoffe

Der Anbau von Energiepflanzen für die Erzeugung von Biokraftstoffen in Deutschland hängt stark von den politischen Rahmenbedingungen ab. Seit 2015 lässt sich eine kontinuierliche Reduktion der Rohstoffe aus deutscher Produktion zugunsten von Rohstoffen aus Nicht-EU-Ländern beobachten (BLE versch. Jgg.). Für die Erstellung der Thünen-Baseline 2022 (Haß et al. 2022) wurden in Ermangelung genauerer Projektionen für Deutschland die gleichen prozentualen Änderungen der Rohstoffverwendung zur Biokraftstoffherstellung angenommen, die die Mittelfristprojektion der EU-Kommission für das Länderaggregat EU-14 ausweist. Das Ergebnis dieser Berechnung ist in Abbildung 12 dargestellt. Demnach hat sich die Erzeugung von Biodiesel aus Rapsöl in den letzten Jahren rückläufig entwickelt, da Rapsöl verstärkt durch Palmöl, vor allem aber durch Abfall- und Reststoffe (insb. Altspeisefette) substituiert wird (BLE versch. Jgg.). Über die Projektionsperiode der Thünen-Baseline 2022 - 2032 wird daher von einer weiteren Reduktion der Verwendung von Rapsöl zur Biodieselherstellung ausgegangen.

Die Erzeugung von Bioethanol aus Getreide ist in den letzten Jahren noch gewachsen, wohingegen der Einsatz von Zuckerrüben rückläufig war. In der Projektion der Thünen-Baseline sinkt die Verwendung von Agrarrohstoffen zur Bioethanolherstellung insgesamt. Nur die Verwendung sonstiger Getreide, zu denen in Deutschland vor allem Roggen zählt, gefolgt von Triticale und Gerste, steigt bis 2032 an (Haß et al. 2022).

Abbildung 12: Annahmen zur Biokraftstoffherstellung aus agrarischen Primärrohstoffen in Deutschland (in 1.000 Tonnen Rohstoff)



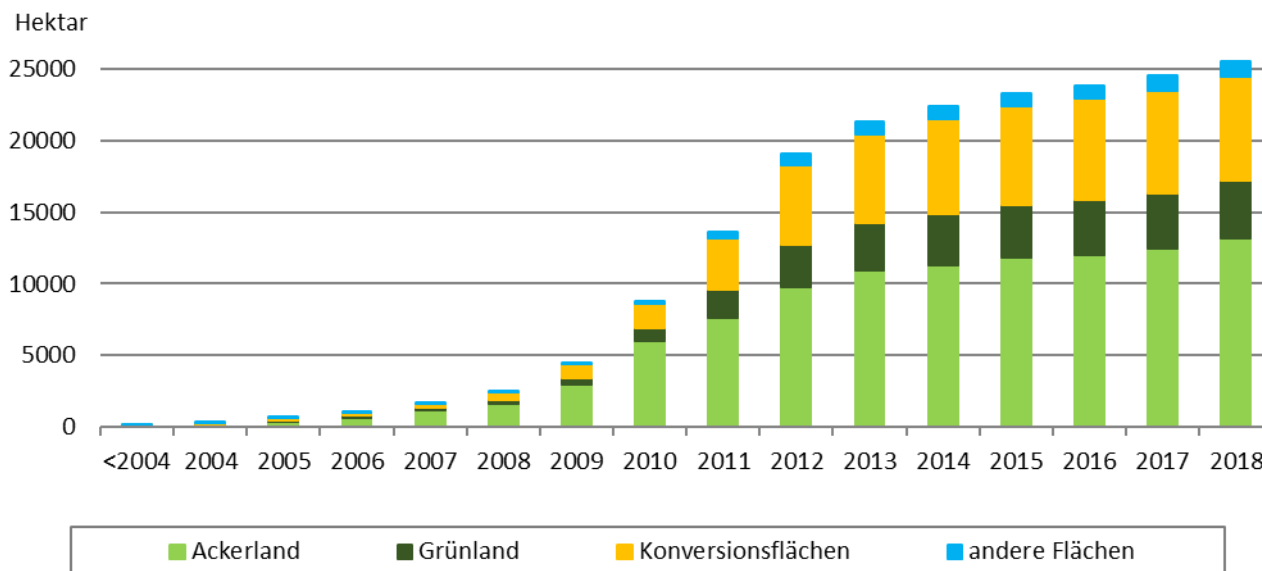
Quelle: Haß et al. (2022) Abb. 2.7, S. 18.

Während die Flächenansprüche für die Erzeugung von Biokraftstoffen stagnieren oder zurückgehen, nehmen andere Flächenansprüche wie die der chemischen Industrie in Deutschland zu. Derzeit werden von der chemischen Industrie in Deutschland ca. 18 Mio. t fossile Rohstoffe (Erdölprodukte, Erdgas und Kohle) und nur ca. 2,7 Mio. t nachwachsende Rohstoffe eingesetzt (VCI 2019; Angaben für 2017). Künftig könnte ein Großteil der Ausgangsstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft gewonnen werden. Auf Grundlage von Berechnungen unterschiedlicher Rohstoff-Anteile könnten hierfür bis zu 5 Mio. ha erforderlich werden (Isermeyer 2022).

PV-Freiflächenanlagen auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen

Die für die PV-Stromerzeugung verwendete landwirtschaftliche Fläche wird nicht zentral in der amtlichen Flächenstatistik erfasst. Daher haben Böhm et al. (2022b) auf Basis des Marktstammdatenregisters für EEG-Anlagen sowie des Basis-DLM den bisherigen landwirtschaftlichen Flächenbedarf für PV-Freiflächenanlagen analysiert. Danach waren im Jahr 2018 auf 25.500 ha PV-Freiflächenanlagen installiert. Etwa 13.300 ha davon wurden zuvor als Ackerland und 3.800 ha als Grünland genutzt. Weiterhin existieren 7.500 ha PV-Freiflächenanlagen auf bisherigen Konversionsflächen und 950 ha auf sonstigen Flächenkategorien. Da PV-Freiflächenanlagen bisher vor allem in den ostdeutschen Bundesländern, Bayern und Schleswig-Holstein errichtet wurden, ergeben sich deutliche Unterschiede in der regionalen Verteilung. Andere Literaturquellen kommen mit Flächenbedarfen von 24.300 bis 29.300 ha für Freiflächen-PV zu ähnlichen Ergebnissen (Kelm et al. 2019; Göhler et al. 2019). Abbildung 13 zeigt, wie viel Fläche für Freiflächen-PV von 2004 bis 2018 neu in Anspruch genommen wurde. Es liegen keine aktuelleren Daten vor, aus denen Rückschlüsse auf die vorherige Nutzungsart gezogen werden können.

Das Marktstammdatenregister mit Stand 02.03.2023 bietet neuere Daten. Die Güte der Datenqualität ist jedoch zu hinterfragen. Wie in Böhm et al. (2022b) diskutiert, scheint die Datenkontrolle unzureichend, so dass es zu fehlerhaften und ungenauen Angaben kommt. Nach einer ungefilterten Auswertung der registrierten PV-Freiflächenanlagen ergibt sich mit Stand 02.03.2023 eine beanspruchte Fläche von 37.461 ha.

Abbildung 13: Kumulierte Entwicklung der in Anspruch genommenen Fläche durch Freiflächen-PV

Quelle: Böhm et al. (2022b).

Windenergie auf landwirtschaftlichen Flächen

Für die durch Windenergieanlagen versiegelten Flächen gibt es bislang keine amtliche Statistik. Daher wird im Rahmen dieser Stellungnahme der bisherige Flächenbedarf für Windenergieanlagen grob geschätzt. Hierfür werden aus dem Marktstammdatenregister alle im Betrieb befindlichen Anlagen an Land mit einer Nettoleistung von mehr als 750 kW berücksichtigt. Im August 2022 befanden sich 24.200 Anlagen dieser Größenordnung in Betrieb. Auf Basis einer Literaturrecherche wird von einer durchschnittlichen Flächeninanspruchnahme von 0,4 ha je Anlage und einem Schwankungsbereich von 0,24 - 0,6 ha je Anlage ausgegangen (ABO Wind 2021; Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) 2021; Bundesverband Boden 2021; Bundesverband WindEnergie 2015; Fachagentur Windenergie an Land 2021; Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2016). Auf Basis dieser Annahmen ergibt sich eine bisherige Flächeninanspruchnahme von 9.700 ha. Der zusätzlich notwendige Bedarf für Ausgleichsflächen bleibt hierbei unberücksichtigt, da dies regional sehr unterschiedlich gehandhabt wird und die hierfür beanspruchten Flächen nicht zentral erfasst werden.

Ökologischer Landbau

Die Bedeutung des ökologischen Landbaus in Deutschland ist seit Anfang der 1990er Jahre stetig gewachsen. Ende des Jahres 2021 haben insgesamt 36.307 Betriebe rund 1,8 Mio. ha ökologisch bewirtschaftet. Der Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche liegt bei knapp 11 %, der Anteil an allen Betrieben liegt bei 14 % (BMEL 2022b/2022c). Regional gibt es deutliche Unterschiede hinsichtlich des Umfangs und der relativen Bedeutung des Ökolandbaus (siehe Tabelle 3 und Abbildung 14); in Bezug auf die Bundesländer ergibt sich zusammenfassend folgendes Bild:

- Über 60 % der deutschen Ökobetriebe sind in Bayern und Baden-Württemberg ansässig. Dies ist auf die kleineren Betriebsstrukturen zurückzuführen, in Baden-Württemberg zusätzlich auf den besonders hohen Anteil der Ökobetriebe an allen Betrieben.
- Der Anteil Bayerns und Baden-Württembergs an der gesamten ökologisch bewirtschafteten Fläche in Deutschland liegt bei 34 %.

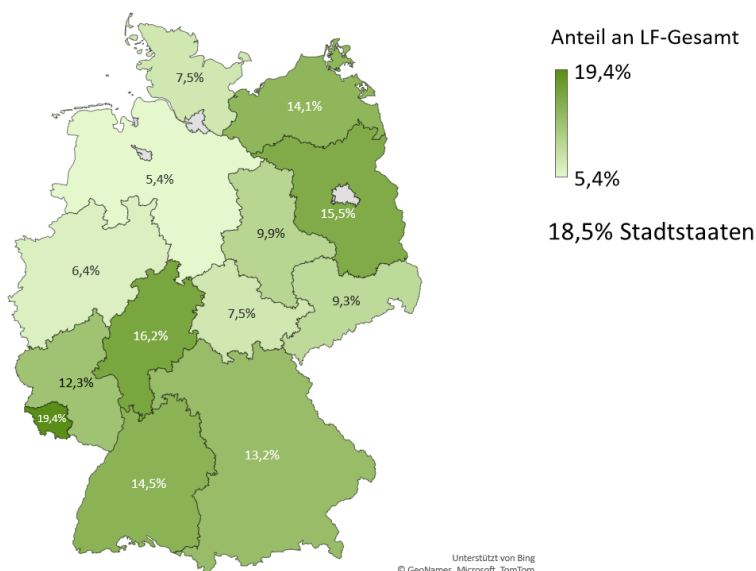
- Führend in Bezug auf die relative Bedeutung des Ökolandbaus auf Länderebene sind das Saarland (19 % Flächenanteil), Hessen (16 %), Brandenburg (16 %), Baden-Württemberg (15 %) und Bayern (13 %).
- Vergleichsweise geringe Bedeutung hat der ökologische Landbau in Niedersachsen (5 %), Nordrhein-Westfalen (6 %) sowie Schleswig-Holstein und Thüringen (je 8 % Flächenanteil).

Tabelle 3: Ökologisch wirtschaftende Landwirtschaftsbetriebe und Umfang der ökologisch bewirtschafteten Fläche (LF) nach Verordnung (EG) Nr. 834/2007 i.V.m. Verordnung (EG) Nr. 889/2008 in Deutschland im Jahr 2021 (sortiert nach Umfang der ökologisch bewirtschafteten Fläche in ha)

Bundesland	Öko-Fläche (in ha LF)	Anteil Öko-Fläche an LF	Anzahl Ökobetriebe (inkl. < 5 ha)	Anteil Ökobetriebe an allen Betrieben	Anteil an der Öko-Fläche in D
Bayern	408.616	13,2 %	11.527	13,8 %	22,7 %
Baden-Württemberg	203.830	14,5 %	10.162	26,4 %	11,3 %
Brandenburg	202.216	15,5 %	1.052	19,6 %	11,2 %
Mecklenburg-Vorpommern	190.074	14,1 %	1.174	24,4 %	10,5 %
Niedersachsen	143.024	5,4 %	2.453	6,9 %	7,9 %
Hessen	123.776	16,2 %	2.418	16,0 %	6,9 %
Sachsen-Anhalt	114.857	9,9 %	650	15,2 %	6,4 %
Nordrhein-Westfalen	95.344	6,4 %	2.297	7,2 %	5,3 %
Rheinland-Pfalz	87.016	12,3 %	1.865	11,7 %	4,8 %
Sachsen	82.948	9,3 %	913	14,0 %	4,6 %
Schleswig-Holstein	73.771	7,5 %	880	7,3 %	4,1 %
Thüringen	58.011	7,5 %	480	13,1 %	3,2 %
Saarland	14.268	19,4 %	285	26,4 %	0,8 %
Stadtstaaten	4.480	18,5 %	151	19,4 %	0,2 %
Deutschland insgesamt	1.802.231	10,9 %	36.307	14,0 %	100 %

Quelle: Eigene Darstellung (Thünen-Institut 2022 nach BMEL 2022b)

Abbildung 14: Bedeutung des ökologischen Landbaus in den Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2021



Quelle: Eigene Darstellung (Thünen-Institut 2022 nach BMEL 2022b)

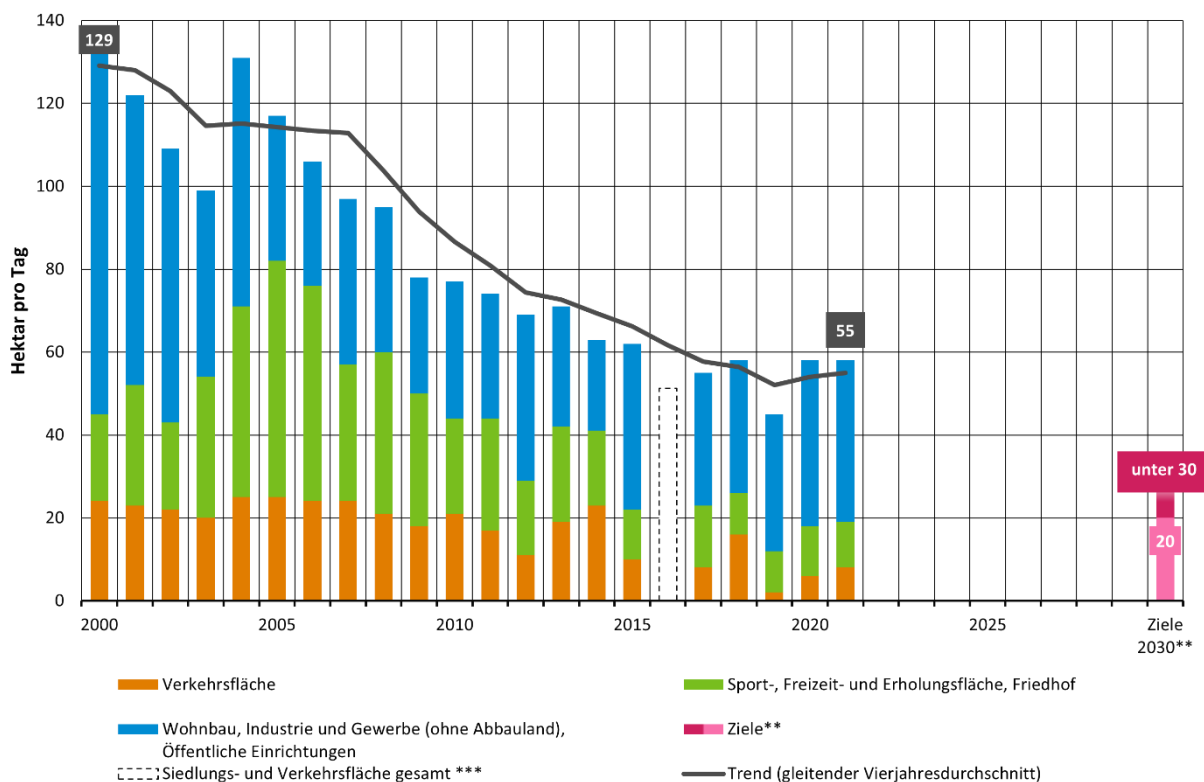
3 Flächenrelevante politische Ziele, Strategien und Programme und deren Flächenbedarfe

Im Folgenden werden verschiedene, für die Flächennutzung relevante Politikfelder mit ihren Strategien, Programmen und Zielen vorgestellt. Wirtschaftliche Treiber werden dabei soweit möglich berücksichtigt.

3.1 Wohnungsbau- und Verkehrspolitik

Die Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr soll gemäß der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung bis 2030 auf weniger als 30 ha pro Tag gesenkt werden. Dabei formuliert das integrierte Umweltprogramm des BMU für 2030 sogar ein Ziel von 20 ha pro Tag. Das „30-ha-Ziel“ wurde ursprünglich schon für das Jahr 2020 festgelegt, wurde aber deutlich verfehlt. Aktuell liegt der tägliche „Verbrauch“ im Durchschnitt der Jahre 2018 bis 2021 bei 55 ha. Dies bedeutet zwar einen deutlichen Rückgang gegenüber der Flächeninanspruchnahme bis Anfang der 2000er Jahre, in den letzten Jahren jedoch stagnierte dieser Wert bzw. ist gegenüber dem Vierjahresdurchschnitt des Vorjahres (54 ha) sogar leicht angestiegen. Davon entfielen in den letzten Jahren etwa 66 % (36 ha) auf Wohn-, Industrie- und Gewerbefläche, wobei nicht bekannt ist, wieviel davon allein für Wohnbaufläche in Anspruch genommen wurde. 14 % (8 ha) entfielen auf Verkehrsfläche und 20 % (11 ha) auf Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche sowie Friedhöfe (UBA 2023).

Abbildung 15: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche



* Die Flächenerhebung beruht auf der Auswertung der Liegenschaftskataster der Länder. Aufgrund von Umstellungsarbeiten in den Katastern (Umschlüsselung der Nutzungsarten im Zuge der Digitalisierung) ist die Darstellung der Flächenzunahme ab 2004 verzerrt.

** Ziele 2030: „30 minus x“ Hektar pro Tag: „Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Neuauflage 2016“; 20 Hektar pro Tag: „Integriertes Umweltprogramm 2030“

*** Ab 2016 entfällt aufgrund der Umstellung von automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) auf das automatisierte Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) die Unterscheidung zwischen „Gebäude- und Freifläche“ sowie „Betriebsfläche ohne Abbauland“. Dadurch ist derzeit der Zeitvergleich beeinträchtigt und die Berechnung von Veränderungen wird erschwert. Die nach der Umstellung ermittelte Siedlungs- und Verkehrsfläche enthält weitgehend dieselben Nutzungsarten wie zuvor. Weitere Informationen unter www.bmu.de/WS2220#c10929.

Quelle: Werte aus Statistisches Bundesamt 2023, Erläuterungen zum Indikator „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“.

Im Bereich Wohnungsbau hat die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag die Schaffung von 400.000 neuen Wohnungen pro Jahr als Ziel ausgegeben, davon 100.000 öffentlich geförderte Wohnungen. 14,5 Milliarden Euro stellt der Bund den Bundesländern bis 2026 für den sozialen Wohnungsbau bereit. Im April 2022 wurde das „Bündnis bezahlbarer Wohnraum“ von Vertretern aus Bund, Ländern, Kommunen, Wirtschaftsverbänden und Zivilgesellschaft ins Leben gerufen mit dem Ziel, konkrete Maßnahmen zur Schaffung bedarfsgerechter, d. h. in erster Linie bezahlbarer Wohnungen in nachhaltiger, d. h. klimagerechter und ressourcenschonender Bauweise abzustimmen. Im Oktober 2022 wurde ein Maßnahmenpaket beschlossen, das mit Blick auf die Flächenneuanspruchnahme auf den bisherigen Prinzipien fußt (Stichwort: Vorrang für Innenentwicklung) und insbesondere den Zugriff auf Freiflächen nicht zusätzlich erleichtert (BMWSB 2022). „Flächensparen“ bedeutet im Kontext des Bündnisses bezahlbarer Wohnraum aber nicht, dass eine Flächenneuanspruchnahme ausdrücklich abgelehnt wird, denn das primäre Ziel ist die Schaffung neuen Wohnraums.

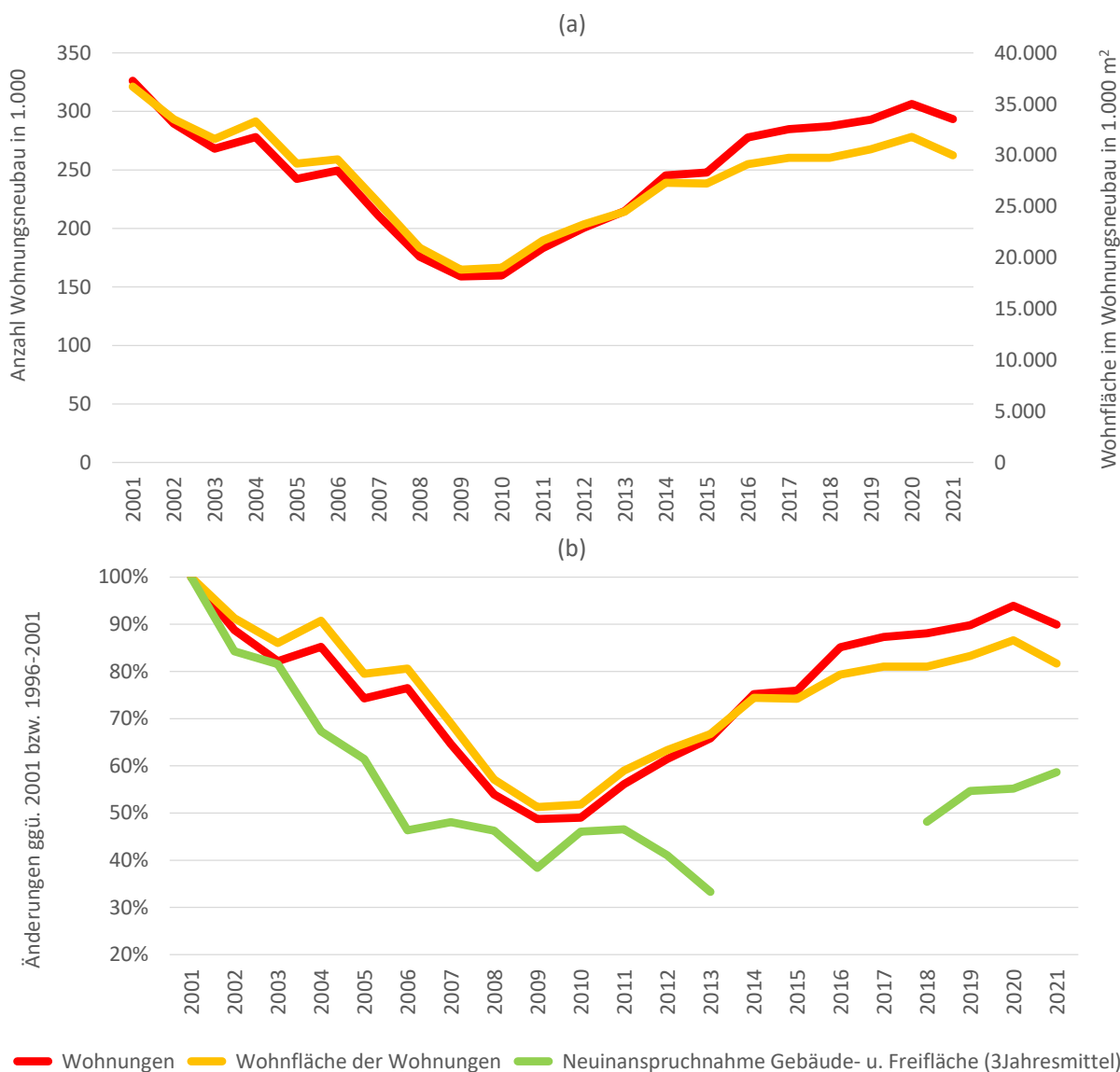
Um die Flächenneuanspruchnahme zu begrenzen, wurde in der Baurechtsnovelle 2017 ein neuer Baugebietstypus des Urbanen Gebiets aufgenommen. Dieser ermöglicht eine gemischte Nutzung zu Wohn-, gewerblichen, sozialen, kulturellen und anderen Zwecken bei gleichzeitig höheren zulässigen Bebauungsdichten im Vergleich zu herkömmlichen Mischgebieten (§§6a, 17 Baunutzungsverordnung). Dadurch soll eine kompaktere und flächensparendere Bauweise befördert werden. In derselben Novelle wurde in § 13b Baugesetzbuch eine befristete Ausnahmeregelung für eine beschleunigte Ausweisung von Wohnbauflächen beschlossen. Diese steht im Konflikt mit dem Ziel der Begrenzung der Neuanspruchnahme von Flächen für Siedlungen (Bundesregierung 2021).

Abbildung 16 zeigt die Entwicklung des Neubaus von Wohnungen in Deutschland seit 2001. In keinem der Jahre wurde die Zahl von 400.000 neuen Wohnungen erreicht. Aktuell liegt die Anzahl bei 300.000 neuen Wohnungen jährlich, nach einem Tiefstand im Neubau mit unter 160.000 Wohnungen im Jahr 2010. In der prozentualen Darstellung wird die Entwicklung von Wohnungsneubau und neuer Wohnfläche mit der Entwicklung der Neuanspruchnahme für Gebäude- und Freiflächen als Teil der Siedlungsfläche gegenübergestellt¹. Wegen der Umstellung der Statistik sind die Jahre 2014 bis 2017 nicht dargestellt. Zu berücksichtigen ist, dass in der Neuanspruchnahme auch die Industrie- und Gewerbefläche enthalten ist.

Der Startwert für die prozentuale Betrachtung der Flächenneuanspruchnahme liegt bei 70 ha pro Tag. In den Jahren 2020 und 2021 lag der Wert bei gut 40 ha pro Tag, das entspricht 15.000 ha pro Jahr. Das Verhältnis zwischen Flächenneuanspruchnahme und Wohnungsneubau hat sich von 2001 bis 2021 um 30 % verringert. Das bedeutet, dass für eine gleiche Anzahl neuer Wohnungen heute 30 % weniger Flächenneuanspruchnahme erfolgt. Die Neuanspruchnahme hat in den letzten Jahren jedoch aufgrund der Erhöhung der Bautätigkeit wieder zugenommen. Sie ist in Relation zum Wohnungsneubau zwar zurückgegangen, von einer Entkopplung der beiden Entwicklungen kann aber noch nicht gesprochen werden.

¹ Für die Jahre bis 2015 wurde die statistische Angabe zur Gebäude- und Freifläche übernommen, dassdas ist die Siedlungsfläche ohne Betriebsflächen, Erholungsflächen und Friedhof. Für die Jahre ab 2016 wurde die Siedlungsfläche abzüglich Abbauland (Halden, Bergbaubetrieb, Tagebau, Grube, Steinbruch), Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen und Friedhof berechnet.

Abbildung 16: Anzahl neu gebauter Wohnungen und Wohnfläche neuer Wohnungen (a) und prozentuale Entwicklung neuer Wohnungen und neuer Wohnfläche auf Basis des Jahres 2001 und der Flächenneuinanspruchnahme für Gebäude und Freiflächen auf Basis der Mittelwerte 1996-2001 (b)



Quelle: Destatis, Statistik der Baufertigstellungen, Hochbau. 31121-0001: Baufertigstellungen im Hochbau: Deutschland, Jahre, Bautätigkeiten, Gebäudeart/Bauherr. Verfügbarer Zeitraum: 2001 – 2021. Quelle: <https://www-genesis.destatis.de>; Statistisches Bundesamt (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung.

Herausforderungen für die Abschätzung des Flächenbedarfs für die Schaffung neuen Wohnraums bestehen (neben der ungewissen zeitlichen Perspektive) zum einen darin, den Flächenbedarf pro Wohneinheit realistisch einzuschätzen, und zum anderen, die Verfügbarkeit bebaubarer Flächen entsprechend der erwarteten Nachfrage nach Wohnbauland je nach Raumtyp und Wachstumsdynamik zu beurteilen.

Bezüglich des Flächenbedarfs je Wohneinheit differiert die Bebauungsdichte je nach vorherrschender Bauweise in den Raumtypen erheblich. Aktuelle Schätzungen liegen je nach BBSR-Kreistyp zwischen 12,5 Wohneinheiten je ha in dünn besiedelten ländlichen Kreisen und 50 bis 100 Wohneinheiten in Großstädten mit über 100.000 Einwohnern (BBSR 2022, S. 76). In einer pauschalen Durchschnittsbetrachtung geht das BBSR (2022) von 25 Wohneinheiten je ha aus, was einem jährlichen Bedarf an Wohnungsbaufäche von 16.000 ha (zwischen 4.000 und 32.000 ha je nach Verteilung auf Kreistypen) entsprechen würde. Eine Aufstockung von Bestandsgebäuden

würde keinen neuen Flächenbedarf bedeuten. Welcher Anteil am Gesamt-Wohnungsneubau hierauf entfallen könnte, ist derzeit nicht sicher einschätzbar.

Es stellt sich die Frage, wo dieser Wohnraum entstehen soll und ob die Fläche dort verfügbar ist oder auf Kosten anderer Nutzungsarten für den Wohnungsneubau mobilisiert werden muss. Hochrechnungen auf der Basis einer Umfrage unter deutschen Gemeinden (BBSR 2022) kommen zu dem Ergebnis, dass aktuell bundesweit ein Innenentwicklungspotenzial, das sind Brachflächen und Baulücken im Siedlungsbereich, von mindestens 84.000 ha vorhanden ist. Einschließlich der durch Bebauungspläne festgelegten Baulandreserven mit gesicherter Erschließung besteht nach Ergebnissen der Umfrage ein Gesamtpotential von mindestens 99.000 und höchstens 132.000 ha, die theoretisch kurzfristig ohne zusätzliche Flächenneuanspruchnahme mobilisierbar sind. Nach Angaben der Kommunen teilen sich die vorgesehenen Nutzungsarten auf 65 % Wohnen, 25 % Gewerbe und 3 % Erholungsfläche auf. Ein aus Sicht des Flächensparziels kritisches Ergebnis der Umfrage ist, dass 75 % des veranschlagten Flächenbedarfs auf die Wohnform Ein- und Zweifamilienhaus und nur 25 % auf den Geschosswohnungsbau entfällt (BBSR 2022, S. 7). Die Wohnfläche pro Kopf nahm in Deutschland zwischen 2011 und 2021 von 46,1 auf 47,7 m² zu (UBA 2023b).

Verschiedene Hemmnisse stehen einer tatsächlichen Baulandentwicklung des mobilisierbaren Flächenpotenzials entgegen. Bevorratung und Eigenbedarf der Flächeneigentümer sowie komplizierte Eigentumsverhältnisse werden als Hemmnisse von mehr als der Hälfte der befragten Kommunen genannt, daneben auch problematische Lagen, Abrisskosten, Altlastenrisiken, Natur- und Artenschutz usw. (BBSR 2022, S. 69). Hohe Grundstückskosten im Innenbereich und nicht zuletzt die Nachfrage durch Investoren und bauwillige Bürger nach bestimmten, möglichst verkehrsgünstigen Lagen im erreichbaren Umkreis von Wachstumsregionen sind weitere Gründe, warum das Innenentwicklungspotenzial in der Vergangenheit nicht ausgeschöpft wurde und stattdessen neue Flächen außerhalb des beplanten Gebiets für Bauland in Anspruch genommen wurden. Die Treiber dieser Entwicklung sind unverändert gültig, auch wenn der allgemein prognostizierte Konjunkturreinbruch und der Anstieg der Hypothekenzinsen die Baulandnachfrage in näherer Zukunft stark dämpfen dürften.

Im Bereich der Industrie- und Gewerbeflächen sind übergeordnete Strategien von Bund oder Ländern nicht bekannt. Ohnehin ist dieser Bereich stark nachfragegetrieben. Wenn die Chance besteht, potentielle große Arbeitgeber bzw. Gewerbesteuerzahler durch Ausweisung bedarfsgerechter Gewerbeflächen in die Region zu locken, ist die Flächensparnis bei Kommunen wie auch in der Raumordnung meist ein nachrangiges Ziel. In welchem Umfang zukünftig neue Gewerbefläche benötigt wird, hängt zudem stark von der konjunkturellen Entwicklung ab. Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien (Freiflächen-Photovoltaik, Windenergie an Land) werden in der Flächennutzungsstatistik der Industrie- und Gewerbefläche zugerechnet. Die für eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien erforderliche Fläche (siehe Kapitel 3.4) trägt somit auch zu einer möglichen Verfehlung des 30-ha-Ziels in der Zukunft bei.

Im Bereich der Verkehrsflächen besteht auf Bundesebene der Bundesverkehrswegeplan 2030, der im Jahr 2016 beschlossen wurde. Für den Neu- und Ausbau von Bundesfernstraßen, Schienen- und Wasserwegen (Projekte des vordringlichen Bedarfs) wird der Flächenbedarf bis 2030 auf 16.299 ha beziffert, dies entspricht einer Flächeninanspruchnahme von rund 3 ha pro Tag (BMVI, 2016). Der Bundesverkehrswegeplan berücksichtigt keine Projekte der Länder und Kommunen, die in der Vergangenheit laut dieser Quelle den weitaus größeren Teil des Bedarfs für Verkehrsinfrastruktur ausmachten. Konkrete Planungen für den Ausbau von Straßen, Ortsumgehungen, Radwegen usw. existieren in den Landesstraßenbaubehörden in den verschiedensten Verfahrensstadien. Einen Überblick über Flächenbedarfe in den nächsten Jahren zu gewinnen, ist nicht möglich.

Insgesamt wird deutlich, dass im Bereich Wohnungsbau zwei widerstreitende bundesweite Strategien vorliegen – umfangreicher Wohnungsneubau bei gleichzeitiger, deutlicher Einschränkung der Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr. Im Bereich Gewerbe- und Verkehrsflächen fehlen übergeordnete Strategien, aus denen der gesamte Flächenbedarf ableitbar wäre.

In Tabelle 4 wird der mögliche Flächenbedarf bis einschließlich 2030 anhand von drei Szenarien abgeschätzt. Im Szenario „Trend“ wird angenommen, dass sich die durchschnittliche Flächeninanspruchnahme der Jahre 2017 bis 2020 konstant fortsetzt. Im Szenario „Untergrenze“ wird angenommen, dass die Flächeninanspruchnahme ab dem Jahr 2023 auf 30 ha pro Jahr gesenkt wird. Die oben dargestellten Anteile der drei Flächenkategorien (63 % Wohn-, Industrie- und Gewerbefläche, 15 % Verkehrsfläche, 22 % Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche) werden beibehalten. Im Szenario „Obergrenze“ wird angenommen, die Inanspruchnahme für Verkehrs- und Freifläche setze sich konstant fort, während für die Wohnbaufläche die Inanspruchnahme auf 16.000 ha pro Jahr zur Realisierung des Ziels im Bündnis „Bezahlbarer Wohnraum“ erhöht wird. Dabei wird angenommen, dass Wohnbaufläche 65 % der Wohn-, Industrie- und Gewerbefläche ausmacht, entsprechend der oben zitierten Umfrage des BBSR (2022).

Tabelle 4: Abschätzung des Flächenbedarfs für Siedlungs- und Verkehrsfläche 2022 bis 2030

Szenario		Verkehrsfläche	Sport, Freizeit, Erholung	Wohnbau, Industrie, Gewerbe	Benötigte Fläche insgesamt			
					ha pro Tag	ha pro Jahr	ha bis 2030	Anteil der LN
Trend	Fortschreibung des Durchschnitts der SuV-Zunahme 2017-2020	2.900	3.900	13.100	55	19.900	159.200	0,88%
Untergrenze	Senkung der SuV-Zunahme auf 30 ha/Tag ab dem Jahr 2023	1.600	2.200	7.200	30	11.000	88.000	0,49%
Obergrenze	Trendfortschreibung plus Bündnis "Bezahlbarer Wohnraum"	2.900	3.900	20.600	75	27.400	219.200	1,21%

Quelle: Eigene Berechnung nach Daten des UBA (2023).

Die Berechnungen ergeben einen geschätzten Flächenbedarf bis 2030 je nach Szenario zwischen 88.000 und 219.200 ha, das entspricht 0,49 – 1,21 % der aktuellen Landwirtschaftsfläche (18,1 Mio. ha). Nicht enthalten ist in den Zahlen die Inanspruchnahme für zusätzliche Gewerbefläche zum Ausbau erneuerbarer Energien (vgl. Kapitel 3.4).

Für die Inanspruchnahme von Freifläche entsteht zusätzlicher Flächenbedarf für naturschutzrechtliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, sofern die erforderlichen Maßnahmen nicht innerhalb der Vorhabensgebiete realisiert werden können (vgl. hierzu Kapitel 3.5). Eine Abschätzung der daraus resultierenden und zukünftig entstehenden Flächenbedarfe für die Kompensation ist aktuell nicht möglich, da die dafür notwendige, bundesweit einheitliche, digitale Datengrundlage der Kompensationsflächen nicht vorliegt. Stattdessen werden Kompensationsflächen auf Ebene der Bundesländer, der Vorhabensträger oder anderer organisatorischer Einheiten in sehr diversen Datensystemen mit stark abweichender Datenaktualität und -qualität digital oder analog vorgehalten. Auch die Identifikation, Pflege und resultierende Qualität der Ausgleichsflächen ist häufig problematisch.

Von der gesamten Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlung und Verkehr entfällt nur etwa ein Fünftel auf die Verkehrsflächenentwicklung. Während die jährliche Neuinanspruchnahme für Siedlungsflächen seit dem Jahr 2000 bis 2011 um fast 50 % zurückgegangen ist (von 106 auf 47 ha pro Tag), lag der Rückgang der Neuinanspruchnahme durch Verkehrsflächen nur bei 25 % (von ca. 23 auf 17 ha pro Tag). Der Rückgang war dabei fast ausschließlich auf den zurückgehenden Flächenzuwachs an Erschließungsstraßen auf 4 ha pro Tag zurückzuführen, was mit dem Rückgang des jährlichen Zubaus an Siedlungsflächen zusammenhängt. Die Flächenneuanspruchnahme für Hauptverkehrsstraßen, andere überörtliche Straßen und Autobahnen,

Bahntrassen, Häfen, Flugplätze sowie land- und forstwirtschaftliche Wege blieb von 2000 bis 2011 dagegen mit 13 ha pro Tag unverändert. Auf den Neu- und Ausbau von Straßen des Bundesverkehrswegeplans entfielen bis zu 3 ha pro Tag, auf den Neu- und Ausbau von Bahntrassen 0,5 ha pro Tag sowie auf den Ausbau des land- und forstwirtschaftlichen Wegenetzes 7 ha pro Tag (UBA 2017).

Bei der vom UBA (2017) aufgeführten Flächenneuanspruchnahme für den Ausbau des land- und forstwirtschaftlichen Wegenetzes dürfte es sich allerdings i. d. R. nicht um neue Wegeflächen handeln, sondern um eine Befestigung bestehender Wege, verbunden mit einer Versiegelung unbefestigter Feld- und Waldwege. Es ist zu vermuten, dass unbefestigte Feld- und Waldwege im Liegenschaftskataster bisher als Teil land- und forstwirtschaftlicher Flächen geführt und nicht gesondert ausgewiesen wurden. Im Zuge der Befestigung des bestehenden Wegenetzes und der Aktualisierung des Liegenschaftskatasters ist eine zunehmende, separate Ausweisung der Wegeflächen erfolgt. Diese ist aber nicht mit einer Flächenneuanspruchnahme verbunden. Im Methodenbericht zur Flächenerhebung der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2018) finden sich Hinweise zur uneinheitlichen und im Zeitverlauf veränderten Erfassung der Wegeflächen im Liegenschaftskataster. Das UBA weist zudem darauf hin, dass der Ausbau des Wegenetzes oft mit öffentlichen Mitteln aus Programmen zur Förderung des ländlichen Raums unterstützt wird. In der Vergangenheit hat die geförderte Befestigung des Wegenetzes (abzüglich der Beseitigung von Wegen) tatsächlich einen relevanten Umfang erreicht. Je nach angenommener Wegebene von 4 oder 5 m hatte der geförderte Ausbau land- und forstwirtschaftlicher Wege in Deutschland im Mittel der Jahre 2008 bis 2010 einen Umfang zwischen 5,7 und 7 ha pro Tag. Da immer größere Teile des Wegenetzes ausgebaut sind, hat die Bedeutung des weiteren Ausbaus mittlerweile deutlich abgenommen. Im Mittel der Jahre 2019 bis 2021 lag der geförderte Ausbau land- und forstwirtschaftlicher Wege bei 1,6 bis 2 ha pro Tag².

Zwischen 2011 und 2015 lag die Neuanspruchnahme für alle Verkehrsflächen zusammen bei 15 ha pro Tag. Nach der Umstellung der Flächenstatistik zum Jahr 2016 sind die Daten für die Verkehrsflächenentwicklung offenbar nicht vergleichbar (2016-2021: 4 ha pro Tag).

Der Flächenanspruch des Bundesverkehrswegeplans 2003 wurde auf ca. 37.100 ha geschätzt. Die im Bundesverkehrswegeplan 2030 festgelegten Projekte mit vordringlichem Bedarf (VB) und mit vordringlichem Bedarf – Engpassbeseitigung (VB-E), die bis zum Jahr 2030 umgesetzt bzw. begonnen werden sollen, sind mit einer geschätzten Neuanspruchnahme von 16.299 ha verbunden. Bezogen auf die Gültigkeitsdauer des Plans ergibt sich daraus eine Neuanspruchnahme von 2,98 ha pro Tag (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016a). Für das in der Umweltfolgenabschätzung untersuchte Szenario, das auf die Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung ausgerichtet ist, werden nur insgesamt 9.228 ha Neuanspruchnahme ausgewiesen. Dies ergibt sich durch einen stärkeren Fokus auf den Ausbau von Bahntrassen und einen geringeren Umfang des Straßenneu- und -ausbaus (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016b). In einer Kleinen Anfrage zum Flächenverbrauch des Bundesverkehrswegeplans (s. Bundestag Drucksache 18/9540, 18. Wahlperiode, 05.09.2016) wurde festgestellt, dass bei den Flächenangaben für den Bundesverkehrswegeplan 2030 die erforderlichen Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen fehlen. Die resultierende Flächenanspruchnahme des Gesamtplans wäre daher um ein Vielfaches höher. Außerdem würden Angaben zum Flächenanspruch des sogenannten Weiteren Bedarfs fehlen.

² Statistische Jahrbücher des BMEL (2011 und 2022), siehe <https://www.bmel-statistik.de/archiv/statistisches-jahrbuch>, Tabellen „Ländliche Wege, Gewässer und Bodenschutz nach dem Flurbereinigungsgesetz (FlurbG) und Landwirtschaftsanpassungsgesetz (LwAnpG)“ sowie „Investive Maßnahmen der integrierten ländlichen Entwicklung“; sowie Berichterstattung zum Vollzug der GAK (verschiedene Jahrgänge): Forstwirtschaftliche Maßnahmen, siehe <https://www.bmel-statistik.de/laendlicher-raumfoerderungengemeinschaftsaufgabe-zur-verbesserung-der-agrarstruktur-und-des-kuestenschutzes/>

Fazit zur Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr

Die für Wohnungs- und Industriebau benötigte Fläche von (je nach Szenario) 87.200 bis 220.800 ha kann theoretisch in Teilen durch das vorhandene Innenentwicklungspotenzial von mindestens 99.000 ha abgedeckt werden, wodurch weniger Landwirtschaftsfläche in Anspruch genommen werden würde. Aufgrund der vielfältigen und unvorhersehbaren Rahmenbedingungen für die Hebung dieses Potenzials (s. o.) kann keine Größenordnung abgeschätzt werden, doch es ist zu vermuten, dass eine Forcierung des Ziels „bezahlbarer Wohnraum“ in erster Linie auf Kosten des unbeplanten Außenbereichs ginge. Mit einem verringerten Zuwachs an Siedlungsflächen nimmt auch der Bedarf für weitere Erschließungsstraßen ab. Die für Projekte des Bundesverkehrswegeplans 2030 erwartete Neuinanspruchnahme von 2,98 ha pro Tag könnte durch einen stärkeren Fokus auf den Ausbau von Bahntrassen und einen geringeren Umfang des Straßenneu- und -ausbaus deutlich gesenkt werden. In den Zahlen zum Bundesverkehrswegeplan sind keine zusätzlichen Flächenansprüche für naturschutzrechtliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen enthalten. Der Ausbau des land- und forstwirtschaftlichen Wegenetzes hat vor allem in der Vergangenheit zu einer Befestigung des ländlichen Wegenetzes beigetragen, war aber nicht mit einer tatsächlichen Flächenneuanspruchnahme verbunden.

3.2 Agrarpolitik

Die landwirtschaftliche Flächennutzung wird wesentlich durch die Agrarförderpolitik beeinflusst. Mit der Einführung der Direktzahlungen 1992 und der weitestgehenden Entkopplung staatlicher Zahlungen von der Produktion ab 2005 nahm der direkte Einfluss auf Produktionsentscheidungen der landwirtschaftlichen Betriebe allerdings ab. Demgegenüber steht die sukzessive Anhebung v. a. der Umweltmindeststandards für den Erhalt von Direktzahlungen und zumindest in Deutschland die sukzessive Erhöhung des Budgetansatzes für Agrarumweltmaßnahmen in der zweiten Säule, so dass die Agrarförderpolitik weiterhin die landwirtschaftliche Flächennutzung stark beeinflusst.

Im Folgendem wird auf die GAP-Reform nach 2023 (Verordnung (EU) 2021/2115; Bundesregierung 2022a), die Farm-to-Fork-Strategie der EU (Europäische Kommission 2020a), deren Ziele sich in den Strategieplänen der Mitgliedsstaaten wiederfinden sollen, das 30 %-Ziel für den Ökolandbau der derzeitigen-Bundesregierung (laut Koalitionsvertrag) sowie auf die Ackerbaustrategie (BMEL 2021a) eingegangen. Dabei werden insbesondere deren Effekt auf Flächenstilllegung und Extensivierung herausgearbeitet sowie erwartbare Änderungen der Flächennutzung vor allem in den Flächenkategorien Acker- und Grünland. Dass Änderungen der Rahmenbedingungen insbesondere zur Stützung von Produktionsmengen dennoch kurzfristig erfolgen, zeigt das Aussetzen der GLÖZ 7 und 8 Standards („Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand“) für das Jahr 2023 im Zuge des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine.

Ackerland

Die überwiegende Zahl der Betriebe in Deutschland, die Zahlungen der ersten oder zweiten Säule in Anspruch nehmen wollen, muss ab spätestens 2024 jährlich vier Prozent ihrer Ackerfläche aus der Nutzung nehmen (GLÖZ 8). Dies entspricht unter Berücksichtigung der Befreiungen ca. 460.000 ha. Hierauf können bestimmte, in der GAP definierte, Landschaftselemente angerechnet werden. GLÖZ 8 kann mit weiteren freiwilligen Maßnahmen der Öko-Regelungen oder Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) kombiniert werden. Ferner dürfen entlang von Gewässern auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf einer Breite von 3 m keine Pflanzenschutz- und Düngemittel eingesetzt werden (GLÖZ 4). Ungefähr 44.000 ha Ackerland, 1.000 ha Sonderkulturen und 92.000 ha Grünland dürften von dieser Regelung betroffen sein. Insbesondere im Ackerland ist davon auszugehen, dass mit Ausnahme des Futterbaus der Verzicht von Pflanzenschutz- und Düngemittel zu starken Ertragseinbußen führt (vgl. Zusammenstellung in Röder et al. 2021b).

Abschätzungen von Röder et al. 2021a zeigen, dass ca. 115.000 ha, dies entspricht ca. 1 % der Ackerfläche, Landschaftselemente inkl. Pufferstreifen (ohne flächenhafte Brachflächen) an oder auf Ackerfläche in

Deutschland vorhanden sind (Tabelle 5) (Röder et al. 2021a). Die räumliche Verteilung der vorhandenen Anteile an Landschaftselementen und Pufferstreifen zeigt Abbildung 17. Weitere ca. 345.000 ha wären notwendig, um die Anforderung von vier Prozent nicht-produktive Flächen oder Landschaftselemente bereitzustellen.

Zu berücksichtigen ist, dass auch in der Förderperiode bis 2022 im Rahmen des Greening, Ökologische Vorrangflächen und vergleichbare Flächenkategorien bereitgestellt wurden (BMEL 2022a). So umfassen im Jahr 2021 brachliegende Ackerflächen ca. 169.000 ha und Puffer-, Feldrand- und Waldrandstreifen sowie Honigbrachen weitere 47.000 ha, so dass die von den Betrieben zusätzlich bereitzustellende Fläche für GLÖZ 8 in der Größenordnung von 130.000 ha liegen dürfte (vgl. Röder et al. 2022).

Der Prioritäre Aktionsrahmen (PAF) der Bundesregierung für NATURA 2000 nennt einen Bedarf von 240.000 ha Extensivierungsmaßnahmen (S. 61) auf Ackerland sowie an Pufferflächen um Lebensraumtypen in der Größenordnung von 210.000 ha (BMU 2021). Dieser Bedarf wird zumindest quantitativ durch den GLÖZ 8 Standard erreicht, aber auch durch den beabsichtigten Ausbau des Ökolandbaus (allein 1,05 Mio. ha Ackerland bis 2027), das über einen Erschwernisausgleich kompensierte Verbot der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf Ackerflächen in Naturschutzgebieten (56.000 ha) sowie den über die Ökoregelung 6 geförderten Verzicht auf Pflanzenschutzmittel (1,41 Mio. ha Ackerland in 2027), wenn die entsprechende Lage der Flächen und die Ausgestaltung ihrer Nutzung gegeben sind.³

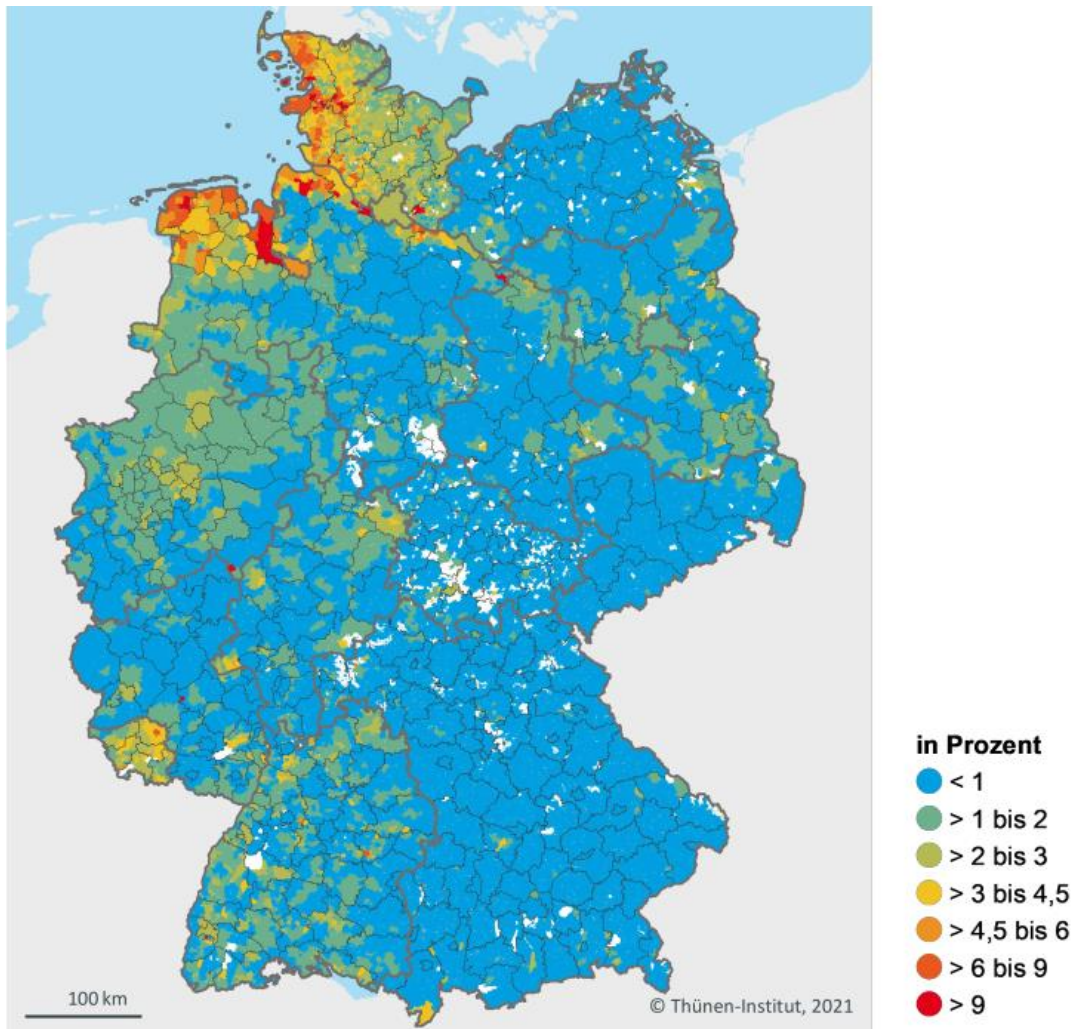
Tabelle 5: Fläche der Landschaftselemente an/auf Ackerland bzw. an/auf Dauergrünland und Sonderkulturen je Betriebstyp (Datengrundlage Kleinstrukturenkataster des JKI auf Basis des DLM)

	Fläche (in ha)				Anteil	
	Ackerland	Dauergrünland & Sonderkulturen	Landschaftselemente & Pufferstreifen am / auf		Ackerland	Dauergrünland & Sonderkulturen
			Ackerland	Dauergrünland & Sonderkulturen		
Milchvieh	1.432.528	1.440.951	16.560	19.447	1,2%	1,3%
Gemischt / Verbund	3.445.856	1.056.454	31.554	16.606	0,9%	1,6%
Marktfruchtbau	4.875.313	430.678	42.880	6.947	0,9%	1,6%
Dauerkulturen	43.269	147.703	386	3.959	0,9%	2,7%
Sonstiger Futterbau	1.101.376	1.928.090	13.367	31.340	1,2%	1,6%
Veredlung	746.095	61.318	9.356	972	1,3%	1,6%
Summe	11.644.436	5.065.194	114.104	79.270	1,0%	1,6%

Quelle:Röder et al. 2021a

³ Je nach Inanspruchnahme der Ökoregelung 6 durch ökologisch wirtschaftende Betriebe enthalten die Zahlen Doppelzählungen.

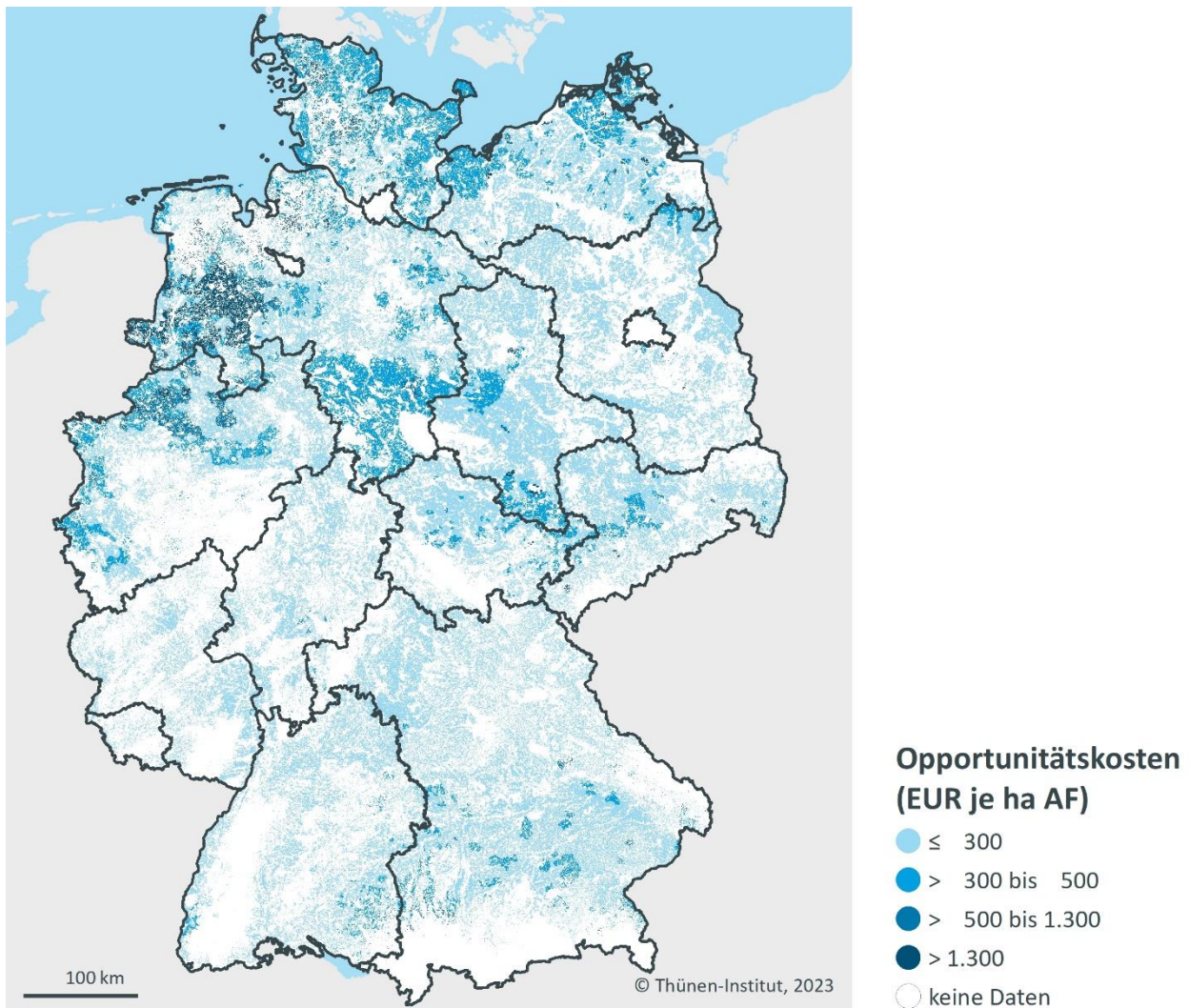
Abbildung 17: Anteil der Landschaftselemente und Pufferstreifen an der Ackerfläche (Datengrundlage Kleinstrukturenkataster des JKI auf Basis des DLM)



Quelle: Röder et al 2021a

Über die Ökoregelung 1 – Bereitstellung von Flächen zur Verbesserung der Biodiversität und Erhaltung von Lebensräumen - können die Betriebe zusätzlich zu GLÖZ 8 bis zu weitere 6 % ihrer Ackerfläche gefördert stilllegen. Die Bundesregierung geht davon aus, dass über die Ökoregelung 1 (GAP- Intervention „DZ-0401“: Bereitstellung von Flächen zur Verbesserung der Biodiversität und Erhaltung von Lebensräumen) insgesamt ca. 320.000 ha zusätzlich zu den vier Prozent durch GLÖZ 8 (460.000 ha) durch GLÖZ 8 aus der Produktion genommen werden (Bundesregierung 2022a). Zu beachten ist, dass es im Laufe der Förderperiode zu einer zunehmenden Budgetumschichtung von der ersten Säule in die zweiten Säule kommt, so dass das für die Öko-Regelungen mindestens zur Verfügung stehende Budget sinkt.

Erfahrungen aus der letzten Förderperiode zeigen, dass Auflagen zum Nachweis ökologischer Vorrangflächen kaum mit Brachen und Streifen, sondern eher über Zwischenfrüchte erfüllt wurden (BMEL 2022a). Brachen und Streifen wurden vermehrt von Betrieben mit einer niedrigen Wertschöpfung auf der Fläche umgesetzt (Röder et al. 2022a). Daher ist davon auszugehen, dass eine Teilnahme an freiwilligen Ökoregelungen trotz des degressiven Fördersatz vermehrt von diesen Betrieben durchgeführt wird. Die räumliche Verteilung der Grenzopportunitätskosten ist in Abbildung 18 dargestellt.

Abbildung 18: Höhe der Grenzopportunitätskosten, um 6% der Ackerfläche einjährig stillzulegen

Quelle: verändert nach Röder und Krämer 2020

Des Weiteren bestehen Möglichkeiten der zusätzlichen Flächenstilllegung im Rahmen der Agrarumweltprogramme der Bundesländer. Hier planen die Länder für den Zeitraum 2027 ungefähr 200.000 ha für die Anlage von Blühflächen, Grün- und Pufferstreifen oder Wildkrautäcker ein.

GLÖZ 7 schreibt ab 2024 den Fruchtwechsel zwischen den Kulturen vor. Von der Verschärfung der Regel sind in Deutschland v. a. Ackerfutterbaubetriebe, aufgrund des hohen Anteils von Mais in der Fruchtfolge, und im geringeren Maße Marktfruchtbaubetriebe mit einem hohen Anteil an Winterweizen in der Fruchtfolge betroffen (Röder et al. 2022a). Da pflanzenbaulich der Anbau von Zwischenfrüchten nach Mais nicht und Untersaaten in etlichen Regionen nur eingeschränkt möglich sind, führt die Regelung dazu, dass die betroffenen Betriebe ihren Maisanteil deutlich reduzieren müssten, um die GAP-Förderung weiterhin zu erhalten. Selbst wenn das organisatorisch auf den Betrieben möglich ist, ist dies oft damit verbunden, dass Mais durch unter den spezifischen Standortbedingungen ertragsschwächere Kulturen ersetzt wird. Somit ist von einem Rückgang der nutzbaren Biomasseproduktion auszugehen. In etlichen Fällen kann aber der Ausstieg aus der GAP-Förderung für solche Betriebe die betriebswirtschaftlich sinnvollere Option sein.

Weitere Maßnahmen des Strategieplans sind mit einer Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung verbunden, wie z. B. Ökoregelung 6 (Verzicht auf Pflanzenschutzmittel) oder die Agrarumweltprogramme der Bundesländer. Diese leisten einen Zielbeitrag zur Reduzierung des Einsatzes chemischer Pestizide sowie von Nährstoffüberschüssen (u. a. definiert in der Farm to Fork-Strategie). Dabei ist nach Isermeyer et al. (2020) darauf

hinzuweisen, dass „die beschriebenen Reduktionsziele und Einschränkungen im Bereich Pflanzenschutz die gesellschaftlichen Erwartungen aufgreifen, dass hinsichtlich der Umsetzung jedoch viele Fragen offen sind, ohne deren Klärung eine solide Folgenabschätzung unmöglich ist“ (Isermeyer et al. 2020, S. 47). Hinsichtlich des Ziels der Reduzierung der Nährstoffüberschüsse wird festgehalten, dass „(d)ie Landwirtschaft (...) prinzipiell in der Lage (ist), eine Halbierung des sektoralen Nährstoffüberschusses zu verkraften, ohne dass dies zu nennenswerten Ertragseinbußen führen muss“ (Isermeyer et al. 2020, S.42).

Im Rahmen der GAP ab 2023 werden auch Anforderungen und freiwillige Maßnahmen bzgl. Änderungen des Anbauspektrums definiert (GLÖZ 7, Öko-Regelung 2, Agrarumweltprogramme), die sich auch z. B. in der Ackerbaustrategie widerspiegeln (Anbau von Leguminosen auf 10% der Ackerfläche bis 2030).

Dauergrünland

Dauergrünland bleibt wie im Rahmen des Greenings (Förderperiode 2015-2022) auch in der Förderperiode ab 2023 besonders geschützt. GLÖZ 1 „Erhaltung von Dauergrünland“ legt fest, dass Dauergrünland nur mit Genehmigung umgewandelt werden darf, und in der Regel nur, wenn als Ersatz an anderer Stelle Grünland angelegt wurde. Solange der Grünlandanteil auf regionaler Ebene nicht sinkt, ist für die Rückumwandlung von Dauergrünland in Ackerland für Dauergrünland, das nach dem 1.1.2015 entstanden ist, kein Ausgleich notwendig. Sinkt in einer Region (in der Regel die Flächenbundesländer) der Anteil des Dauergrünlandes an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche um mehr als 4 % gegenüber dem Referenzjahr 2018, werden keine Genehmigungen mehr erteilt. Bereits durch die Einführung des Greenings 2015 konnte nach jahrelangem kontinuierlichem Rückgang der Verlust des Dauergrünlandes gestoppt werden und dessen Anteil an der LF nimmt seit 2013 von 27,7% auf 28,5 % leicht zu (vgl. auch Röder et al. 2022a). Das „Verbot der Umwandlung oder des Umpflügens von Dauergrünland in Natura-2000 Gebieten“ (GLÖZ 9) erweitert im Vergleich zur bisherigen Situation die betroffene Fläche um die Vogelschutzgebiete mit einer Fläche in der Größenordnung von 300.000 bis 400.000 ha. Die Auflagen setzen einer intensiven Dauergrünlandnutzung relativ enge Grenzen, da lediglich eine umbruchlose Narbenerneuerung möglich ist.

Im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen sollen bis 2028 ca. 12.000 ha Ackerland zu Grünland umgewandelt werden. Diese Maßnahme ist teils auf die Moorkulisse beschränkt, so dass hier eventuell Synergieeffekte mit einer Moorwiedervernässung bestehen. Allerdings ist die Akzeptanz dieser Maßnahme ungewiss. In der Vergangenheit wurde die Umwandlung von Acker- zu Grünland von drei Bundesländern angeboten. „Ein Bundesland meldet eine stetige Steigerung der Zahl der Begünstigten sowie der geförderten Fläche. Während im Jahr 2015 noch 1.000 ha gefördert wurden, waren es 7.000 ha im Jahr 2019. Die geförderten Betriebe verpflichten sich dabei, Grünland über einen Zeitraum von fünf Jahren anzulegen. Die zwei anderen Bundesländer berichten von einer geringen Akzeptanz der Maßnahme ‚Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland‘. So wurde in einem Bundesland lediglich 28 ha Fläche im Jahr 2019 gefördert. Als Begründung für die geringe Akzeptanz wird der Statuswechsel von Ackerland in Dauergrünland genannt. Nichtsdestotrotz möchte ein Bundesland auch in Zukunft die Maßnahme weiter fördern“ (LULUCF Report, S. 32).

Auch bzgl. der Grünlandnutzung werden im Rahmen der Öko-Regelungen (1, 4, 5, 7) bzw. der Agrarumweltprogramme der Bundesländer freiwillige Extensivierungsmaßnahmen angeboten. So können bspw. Betriebe im Rahmen von Öko-Regelung 1 bis zu 6 % der betrieblichen Dauergrünlandfläche für Altgrasstreifen oder -flächen bereitstellen.

Agroforstsysteme

Für die Ökoregelung ‚Beibehaltung von agroforstlicher Bewirtschaftung auf Ackerland oder Dauergrünland‘ wird ab 2027 mit 200.000 ha geförderten Agroforstgehölzflächen pro Jahr gerechnet (Bundesregierung 2022a). Die Anlage von streifenförmigen Agroforstsystemen auf Ackerland und Dauergrünland kann über die GAK finanziell unterstützt werden.

Laut dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz des Bundesumweltministeriums ist vorgesehen, dass die Anlage und Pflege von Feldgehölzen und Hecken sowie von Agroforstgehölzflächen deutlich ausgebaut werden soll. Im Jahr 2021 gab es in Deutschland ca. 95.000 ha dieser Flächen und bis zum Jahr 2030 sollen weitere Flächen von ca. 200.000 ha hinzukommen, so dass nach derzeitigen Plänen im Jahr 2030 ca. 295.000 ha für Feldgehölze, Hecken und Agroforstgehölzflächen genutzt werden. Je nach Ausgestaltung der Förderregelung beziehen sich das Aktionsprogramm und die GAP entweder auf dieselben Flächen (z. B. Investitionsförderung einerseits, Förderung der Pflege bzw. der Beibehaltung andererseits) oder die Flächenumfänge sind vollständig additiv, falls beide Programme alle notwendigen Bausteine anbieten werden und sich die Förderung gegenseitig ausschließt.

Moorböden

Der GLÖZ 2 ‚Schutz von Feuchtgebieten und Torfflächen‘ verbietet den Umbruch von Dauergrünland sowie eine tiefe Bodenbearbeitung in der Kulisse organischer Böden. Neuanlagen von Drainagen sind genehmigungspflichtig. Darüber hinaus dürfen Drainagen nur bei gleichbleibendem Entwässerungsniveau erneuert werden. Diesbezüglich ergeben sich vermutlich regional unterschiedliche Ausprägungen je nach Entwässerungsniveau und Bodendegradation. Die Einhaltung von GLÖZ 2 wird ab 2024 verpflichtend sein. Angaben zum Flächenumfang können bisher nicht gemacht werden, da in der Region Niedersachsen, Bremen und Hamburg (...) sowie im Saarland (...) die Erstellung der Gebietskulisse nach bisheriger Planung voraussichtlich erst im Laufe des Jahres 2023 abgeschlossen werden (kann) (Bundesregierung 2022a, S. 328).

Nach wie vor bestehen in der Gemeinsamen Agrarpolitik und in der nationalen Umsetzung Hemmnisse für den Moorbodenschutz durch Wiedervernässung. Dazu gehören Anforderungen an die Erhaltung des Dauergrünlandes (Pflicht zum Nachweis von neuem Dauergrünland als Ersatzflächen bei Vernässung von Dauergrünland und Umwandlung in Paludi-Dauerkulturen) und an die Mindestnutzung von Flächen, welche aufgrund der eingeschränkten Befahrbarkeit der Flächen nach Vernässung schwerer zu gewährleisten ist.

Ökolandbau

Der Anteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlichen Nutzfläche soll gemäß der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung bis 2030 auf 20 % ausgedehnt werden (Bundesregierung 2016). Im Jahr 2020 lag der Anteil bei 10,3 % der LF. Im Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung wird eine Ausdehnung auf 30 % der LF als Ziel genannt. Dieses Ziel wurde in einem Grundsatzbeschluss des Bundeskabinetts am 30. November 2022 festgelegt (Bundesregierung 2022b). Auf Grundlage der geplanten flächenbezogenen Förderungen der Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung und deren Beibehaltung in der zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik in Deutschland ist eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus auf ca. 15 % der LF zu erwarten. Ein weiterer Flächenzuwachs ist ohne Umstellungsförderung nicht zu erwarten, dafür wären Aufstockungen des Förderbudgets notwendig. Eine weitere Umstellung von knapp 10 % der LF entspricht einer Fläche von 1,6 Mio. ha LF. Wenn der in der Vergangenheit beobachtete Anteil von Ackerflächen an der ökologisch bewirtschafteten Fläche von 50 % bestehen bleibt, würden ca. 0,8 Mio. ha Ackerland umgestellt.

Prinzipiell ist es denkbar, dass steigende Naturschutz- bzw. Tierschutzaufgaben einen Beitrag zum Ausbau des Ökolandbaus leisten, selbst wenn keine explizite Umstellungsförderung erfolgt. Die Stärke dieses Effektes ist von mehreren Bedingungen abhängig: 1) führen die höheren Auflagen tendenziell zu einer Angleichung der Produktionskosten zwischen konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben, 2) ist ein nennenswerter Teil des Betriebes von den verschärften Auflagen betroffen, 3) gibt es vergleichbare Förderangebote unabhängig von der Ausrichtung (z. B. Erschwernisausgleich für den Verzicht auf Pflanzenschutzmittel u. a. in Naturschutzgebieten, Förderung des PSM-Verzichts über Ökoregelung 6 oder einer extensiven Grünlandnutzung über die Ökoregelung 4 und 5 sowie 4) besteht trotzdem die Möglichkeit, die Produkte des ökologischen Landbaus zu höheren Preisen am Markt abzusetzen.

Zusammenfassung

Durch die im Rahmen der Agrarpolitik definierten Auflagen und freiwilligen Maßnahmen wird das Ertragsniveau der Flächen durch Extensivierung eingeschränkt (teils sogar auf Null gesetzt) oder die Nutzung der Fläche ändert sich (z. B. Umwandlung von Acker in Grünland, verändertes Anbauspektrum im Ackerbau). Tabelle 6 fasst die obigen Zahlen für das Ackerland zusammen. Im Grünland ist die Abschätzung des Nettoproduktionseffektes deutlich schwieriger, da in vielen Fällen die Umweltförderung der GAP dazu beiträgt eine naturschutzfachlich gewünschte Nutzung aufrecht zu erhalten. Bei Maßnahmen im Rahmen der GAP bleiben die Flächen i. d. R. in der Nutzung durch landwirtschaftliche Betriebe und werden weiterhin der Flächennutzungskategorie Landwirtschaft zugerechnet. Die umgesetzten Maßnahmen können dabei vielfältige Ökosystemfunktionen unterstützen (z. B. Bestäubung, Erosions- und Hochwasserschutz). Bei einem Auslaufen der Förderung ist tendenziell mit einer Rückkehr zu einer intensiveren Nutzung zu rechnen.

Tabelle 6: Übersicht über die durch die GAP geförderten Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau

	Ackerland (in 1.000 ha)
In 2021 bestehend	
Landschaftselemente und Pufferstreifen an bzw. auf Ackerflächen	115
Brachen, Honigbrachen und Pufferflächen (Ökologische Vorrangflächen im Jahr 2021)	216
Weitere Brachen	151
Ökologischer Ackerbau	762
Ab 2024 in der GAP gefordert	
GLÖZ 8 Brachen	440
davon auch GLÖZ 4	44
Ab 2023 zusätzlich durch die GAP bzw. das ANK gefördert (Zielwerte)	
ÖR 1 Brachen	420
Agroforstgehölzflächen (ÖR 3 / ANK)	200
AUKM Brachen u. ä.	200
zstl. PSM-Verzicht (ÖR 6 bzw. Ökolandbauförderung lt. Strategieplan)	1.222
Summe	2.482
davon zusätzlich im Vergleich zu 2021	1.238

3.3 Waldpolitik

Mit einem Waldflächenanteil von rund 32 Prozent (11,419 Millionen ha) ist Deutschland eines der waldreichsten Länder Europas. Die Waldfläche Deutschlands weist nur geringe Änderungsraten auf und ist seit 1990 leicht um etwa 200.000 ha angestiegen (FAO 2020). Dies ist wesentlich auf gesetzliche Vorschriften zum Walderhalt zurückzuführen (geregelt im Bundeswaldgesetz, BWaldG). Ist eine Fläche einmal zu Wald geworden, kann sie nicht mehr ohne weiteres einer anderen Flächennutzung zugeführt werden (Rodungsverbot nach BWaldG § 9). Diese Irreversibilität schützt den Wald zwar vor Umwandlung in andere Nutzungsformen, macht die Flächenumwandlung zu Wald aber auch grundsätzlich weniger attraktiv (Elsasser 2008), da mit dem Eigentum an Wald spezifische Einschränkungen der Eigentumsrechte verbunden sind und auch die Rentabilität von konkurrierenden Flächennutzungen oft überlegen ist - zumal diese Rentabilität durch verschiedene politische Maßnahmen verstärkt wird (landwirtschaftliche Förderung, Unterstützung von Gewerbeansiedlungen etc.).

Geringfügige Umwandlungen von Wald in andere Nutzungsformen kommen in der Praxis durchaus vor, etwa für Siedlungs- und Verkehrswegebauten oder auch für den seit einigen Jahren politisch stark geförderten Bau von

Windenergieanlagen (FA Wind 2021). Diese Flächenverluste müssen aber regelmäßig durch entsprechende Ersatzaufforstungen kompensiert werden (die entsprechenden Bestimmungen werden in den jeweiligen Landeswaldgesetzen konkretisiert, z.B. LWaldG Niedersachsen (2002, §8); LWaldG Baden-Württemberg (1995, §9). Diese Flächenumwandlungen sind daher für die Waldflächenbilanz unerheblich; jedoch ergibt sich ein gewisser Einfluss auf die CO₂-Bilanz. So werden in der Emissionsberichterstattung zu KP-Artikel 3.3 regelmäßig geringe Emissionen aus Entwaldung berichtet. 2020 betragen diese 1274,14 kt CO₂-Äqu., wovon durch Landnutzungsänderung zu Wald nur 725,09 kt CO₂-Äqu. ausgeglichen werden konnten (NIR 2022, S. 145). Dies entspricht einer Entwaldungsfläche von 5.773 ha, der eine (Wieder-)Bewaldungsfläche von 14.126 ha gegenübersteht (NIR 2022, S. 819).

Grundsätzlich ist Waldmehrung ein immer wieder bekräftigtes Ziel in den forstpolitischen Debatten, sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene. So enthalten die EU-Biodiversitätsstrategie und die EU-Waldstrategie das Ziel, in Europa drei Milliarden Bäume zusätzlich zu pflanzen. Trotz eines langfristigen Planungs- und Überwachungssystems ist hier jedoch von erheblichen Herausforderungen in Bezug auf die Verfügbarkeit von Flächen in den einzelnen Mitgliedstaaten auszugehen (Rat der Europäischen Union 2021). Erstaufforstungen sind auch Bestandteil des Entwurfs des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz der Bundesregierung (BMUV 2022): Über einen Bund-Länder-Austausch sollen Möglichkeiten erörtert werden, wie eine möglichst großflächige Umsetzung von Erstaufforstungen naturnaher Wälder auf dafür geeigneten Flächen nach biodiversitätsfördernden Vorgaben umgesetzt werden können. Laut ANK-Entwurf sollen von 2023 bis 2030 jährlich 10.000 ha neuer Wald entstehen. Auch hier ist in der praktischen Umsetzung mit einigen Herausforderungen zu rechnen, nimmt man etwa die derzeit im Rahmen der GAK (Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“) wirtschaftlich geförderte Neuwaldbildung als Maßstab: Hier lag die geförderte Kulturbegründungsfläche im Jahr 2021 bei gerade einmal knapp 300 ha (BMEL 2021b).

Der Klimawandel und die dadurch häufigeren und / oder verschärften Witterungsextreme wie Hitze, Trockenheit und Stürme bedeuten allgemein eine große Gefahr für den Wald. Es besteht eine hohe Dringlichkeit darin, die bestehenden Waldflächen durch aktiven Waldumbau besser an den Klimawandel anzupassen sowie bereits geschädigte Flächen wiederherzustellen. Im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 stellt die Bundesregierung zur Förderung einer naturnahen und klimastabilen Waldbewirtschaftung sowie für die Beseitigung von Schäden durch Extremwetterereignisse insgesamt rund 480 Millionen Euro im Rahmen der GAK für private und kommunale Waldbesitzer bereit. Durch eine Kofinanzierung durch die Bundesländer stehen insgesamt rund 800 Mio. Euro für die Zeit bis 2023 zur Verfügung, die zudem über das Jahr 2023 hinaus verstetigt und nach Möglichkeit aufgestockt werden sollen (BMUV 2022). Es ist allerdings bislang weder gesichert, dass diese Verstetigung/Aufstockung tatsächlich realisiert werden wird, noch dass die Waldbesitzer die angebotenen Fördermittel im möglichen Umfang abrufen können oder werden (da z.B. die Versorgungslage mit Pflanzgut auch angespannt ist). Auch ist völlig offen, ob sichergestellt ist, dass die geförderten Maßnahmen die Wälder tatsächlich hinreichend gegen den zukünftigen Klimawandel stabilisieren werden.

Schließlich ist festzuhalten, dass viele der derzeit aufgelegten politischen Programme tendenziell eine Auswirkung auf die Nutzungsmöglichkeiten im Wald haben (konkret zumeist die Holznutzung). So ist ein Schlüsselement der EU-Biodiversitätsstrategie die Schaffung von Schutzzonen auf mindestens 30 % der Land- und Meeresgebiete und ein strengerer Schutz der europäischen Wälder. Die Implementierung konkreter Maßnahmen im Wald wird unmittelbar einen Einfluss auf die Rohholzproduktion in Deutschland und den anderen EU-Ländern haben (Dieter et al. 2020). Zudem wird sich der in den nächsten Jahren erwartbare weitere Anstieg von installierten Windenergieanlagen im Wald tendenziell negativ auf die Erholungsfunktion der betroffenen Waldstücke auswirken.

3.4 Erneuerbare Energien (Windenergie, PV, Bioenergie)

Bis zum Jahr 2030 geplanter Ausbau erneuerbarer Energien im Stromsektor

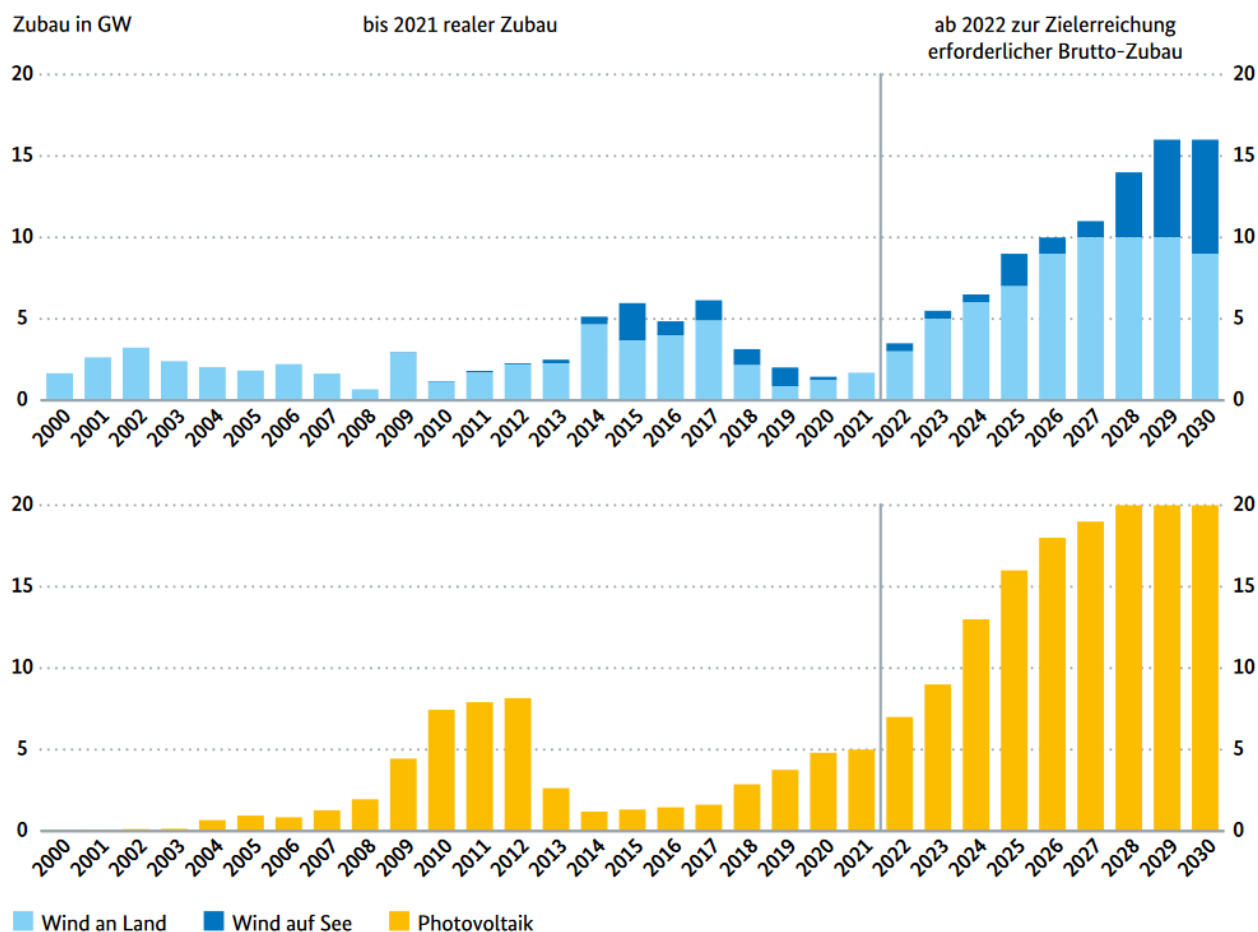
Der Anteil des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien ist von ca. 6 % im Jahr 2000 auf ca. 46 % im Jahr 2020 angestiegen. Das Ziel eines Anteils von 35 % im Jahr 2020 wurde damit übertroffen. Das EEG 2023 legt den Rahmen für einen ambitionierteren Ausbau der erneuerbaren Energien fest. Im Jahr 2030 sollen mindestens 80 % des Bruttostromverbrauchs in Deutschland aus erneuerbaren Energien stammen. Dafür sollen im Jahr 2030 600 Terawattstunden (TWh) Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt werden, gegenüber aktuell 240 TWh. Der Ausbau entspricht mehr als einer Verdoppelung des Anteils am Gesamtstromverbrauch. Um dies zu ermöglichen, soll dem Ausbau erneuerbarer Energien künftig Vorrang vor anderen öffentlichen Interessen eingeräumt werden und Planungs- und Genehmigungsverfahren sollen deutlich beschleunigt werden (BMWK, 2022a).

Die Ausbaupfade für Solar- und Windenergie als die wichtigsten erneuerbaren Energien im Stromsektor sind im Jahr 2022 deutlich erhöht worden: Bei Solarenergie soll die Ausbaurate bis 2030 auf 22 Gigawatt (GW) pro Jahr gesteigert werden. Der Ausbau soll zu je 50 % auf Dach- und Freiflächen aufgeteilt werden. Gegenüber einer Gesamtleistung von Photovoltaikanlagen von gut 66 GW im Jahr 2022 sollen im Jahr 2030 PV-Anlagen im Umfang von insgesamt rund 215 GW installiert sein (BMWK, 2022a).

Die Leistung der Windenergie an Land soll bis 2030 um bis zu 10 GW pro Jahr steigen. Im Jahr 2021 betrug die installierte Leistung der Windenergieanlagen an Land 56,0 GW und auf See 7,8 GW. Ziel ist eine installierte Kapazität von rund 115 GW bei Windenergieanlagen an Land in Deutschland bis 2030. Der Ausbau der Windenergie auf See soll ebenfalls vorangetrieben werden – bis zum Jahr 2030 sollen mindestens 30 GW installiert sein. (BMWK, 2022a).

Das Ausmaß des angestrebten Ausbaus wird in Abbildung 19 im Vergleich zu den in der Vergangenheit realisierten Ausbauraten pro Jahr illustriert. Die Abbildung beinhaltet noch nicht das Ziel für PV-Anlagen von bis zu 22 GW pro Jahr. Diese Zielerhöhung ist Teil des sogenannten Sommerpakets zum Klimaschutz.

Abbildung 19: Geplanter Ausbau von Windenergie und Photovoltaik gemäß Eröffnungsbilanz Klimaschutz vom Januar 2022



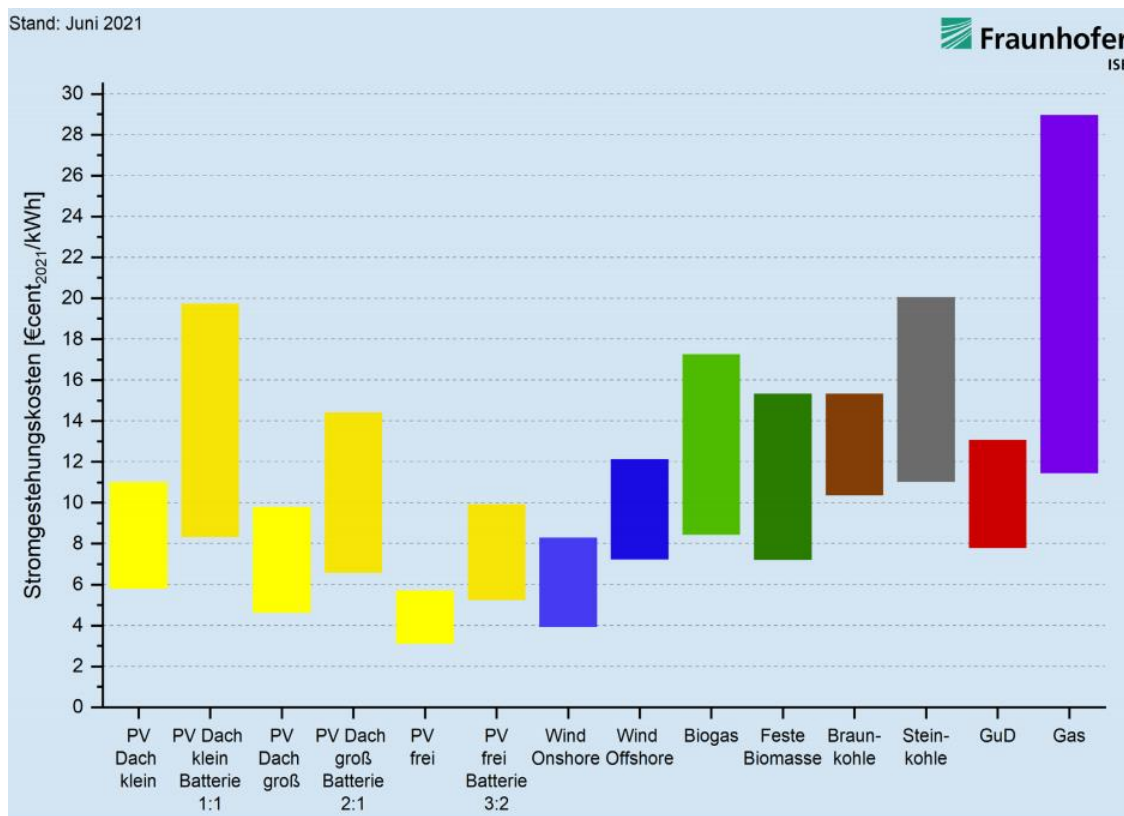
Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Quelle: AGEE-Stat, zitiert in: BMWK (2022b) Eröffnungsbilanz Klimaschutz, Abbildung auf S. 13.

Stromgestehungskosten im Vergleich

Die in Abbildung 20 dargestellten Ergebnisse einer Berechnung der aktuellen Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme zeigen, dass Freiflächen-PV und Windenergie an Land die geringsten Stromgestehungskosten aufweisen. Die Berechnungsvarianten mit Batteriespeicher illustrieren, dass Speichertechnologien zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und Netzstabilität weiter eine Herausforderung darstellen. Freiflächen-PV ist gegenüber anderen Technologien einschließlich PV-Dachanlagen deutlich im Vorteil, so dass in den nächsten Jahren damit zu rechnen ist, dass die Entwicklung nicht mehr durch die EEG-Vergütungen gesteuert wird, sondern durch das Marktgeschehen, die Genehmigung neuer Anlagen, die Netzanschlussmöglichkeiten und die Umsetzbarkeit und Geschwindigkeit neuer Projekte. Ähnliches gilt für die Windenergie an Land. Stromerzeugung aus Biogas oder fester Biomasse weisen dagegen höhere Stromgestehungskosten auf, auch gegenüber PV-Anlagen mit Speichertechnologie.

Abbildung 20: Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien^{*)} und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland im Jahr 2021



*) Die Studie unterscheidet zwischen kleineren PV-Dachanlagen (< 30 kWp), großen PV-Dachanlagen (> 30 kWp) und PV-Freiflächenanlagen (> 1 MWp).

Quelle: Kost et al. (2021), Abbildung 2, S. 2. ⁴; GuD: Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk.

Biogas (EEG)

Aufgrund der hohen Zubauraten in den Jahren 2005 bis 2011 (vgl. Abschnitt 2.3.2) läuft für einen Großteil des Biogasanlagenbestandes die 20-jährige EEG-Vergütung in den Jahren 2024 bis 2030 aus. Die Frage, wie stark der Flächenbedarf für die Biogaserzeugung künftig sinken wird, ist nicht eindeutig zu beantworten, da ein Weiterbetrieb der einzelnen Anlagen nicht nur von den rechtlichen Rahmenbedingungen abhängt, sondern ebenfalls sehr stark von der technischen und wirtschaftlichen Ausgangssituation der einzelnen Anlagen beeinflusst wird. Wichtige Parameter sind in dieser Hinsicht der technische Anlagenzustand sowie das vorhandene Wärmekonzept (Grösch et al. 2020; Daniel-Gromke et al. 2022). Absehbar ist allerdings, dass die Energiemaisproduktion aufgrund der Begrenzung von Mais als Gärsubstrat im EEG zugunsten anderer Substrate deutlich eingeschränkt werden wird.

Bestandsanlagen wird seit dem EEG 2017 eine Anschlussperspektive geboten. Anlagenbetreiber können frühestens 8 Jahre vor dem Ende ihres bisherigen Vergütungsanspruches an einer Ausschreibung teilnehmen und sich für weitere 10 Jahre einen Vergütungsanspruch sichern. Im EEG 2023 wurde der Höchstwert der Ausschreibungen auf 18,03 ct/kWh erhöht. Weiterhin ist die Teilnahme an der Ausschreibung jedoch an folgende Bedingungen geknüpft:

⁴ Wir bedanken uns bei Herrn Kost vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE für die Freigabe der Abbildung für diesen Bericht.

- a. Die Einhaltung der Begrenzung von Mais als Gärsubstrat, die im Jahr 2022 bei 40 % liegt und bis zum Jahr 2028 auf 30 % sinkt.
- b. Die Notwendigkeit, die Anlage bedarfsorientiert betreiben zu können. Um dies zu gewährleisten, erhalten Biogasanlagenbetreiber lediglich für 45 % der installierten Leistung den Vergütungsanspruch des EEG. Somit müssen die Anlagen um das 2,2-fache überbaut sein.

Darüber hinaus existiert im EEG 2023 eine gesonderte Ausschreibung für Biomethananlagen mit einem Gebotshöchstwert von 19 ct/kWh. Dabei beschränkt sich der Vergütungsanspruch auf 10 % der installierten Leistung, was eine noch höhere Flexibilisierung erfordert.

Vermarktungsmöglichkeiten des Biogases außerhalb des EEG werden zunehmend relevant. Zu nennen sind vor allem die Aufbereitung zu Biomethan und die Teilnahme am Wärme- oder Biokraftstoffmarkt. Vor allem für letztere werden aufgrund der THG-Minderungsziele im Kraftstoffsektor künftig steigende Erlöspotentiale gesehen (Schröder und Latacz-Lohmann 2022; Daniel-Gromke et al. 2022).

Bisherige Arbeiten zur Entwicklung des künftigen Anlagenbestandes gehen bei einer vorhandenen Anschlussperspektive der Anlagenbetreiber von einem Rückgang der Bemessungsleistung im Anlagenbestand von 600 bis 1.600 MW aus (Daniel-Gromke et al. 2022). Bei einem mittleren Stromertrag von 425 kWh/t Substrat und einem durchschnittlichen Ertrag von 45 t Frischmasse entspricht dies einem Rückgang des Flächenbedarfs von 270 bis 730 Tsd. ha, bzw. 20 bis 50 % des derzeitigen Flächenbedarfs bis 2030. In der neuen Thünen-Baseline (Haß et al., 2022) wird davon ausgegangen, dass die Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen zur Biogaserzeugung bis 2032 sogar um rund 70 % zurückgeht.

Freiflächen-Photovoltaik

Eine genaue „Abschätzung des zukünftigen Flächenbedarfs durch PV-Freiflächenanlagen“ ist im Thünen-Working Paper 204 (Böhm und Tietz 2022) beschrieben. Dabei wurden sowohl die aktuell geltenden Gesetze (EEG 2023) als auch aktuelle Trends berücksichtigt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der zukünftige Flächenbedarf von den folgenden drei Faktoren abhängt:

- (1) Bedarf an installierter Photovoltaik-Leistung bei einem Ausbauziel von 215 GW PV-Leistung im Jahr 2030.
- (2) Anteil an Freiflächenanlagen an der PV-Leistung von 50 %.
- (3) Spezifische Flächeninanspruchnahme

Die Ergebnisse mit möglichen Ausprägungen, der Anteil der benötigten Agrarfläche gemessen an den aktuellen 16,6 Mio. ha sowie wahrscheinliche Szenarien sind in Tabelle 7 dargestellt.

Für 2030 wurde für das wahrscheinlichste Szenario (in der Tabelle fett hinterlegt) ein Bedarf an installierter PV-Leistung beim Ausbauziel von 215 GW PV-Leistung im Jahr 2030 zugrunde gelegt, bei einem Anteil der Freiflächenanlagen an der PV-Zubauleistung von 50 % und einem Flächenbedarf von 1,4 ha / MWp (Megawatt Peak). Flächenansprüche für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sind dabei nicht berücksichtigt. Die ausgewiesenen 150.000 ha Flächenbedarf für Freiflächen-PV im Jahr 2030 schließen die aktuellen Bestandsanlagen mit ein. Auf den bis 2030 geplanten Ausbau entfallen 104.300 ha. Dies entspricht, wenn 8 Jahre für den geplanten Ausbau zugrunde gelegt werden, gut 40 ha Flächenneuanspruchnahme pro Tag.

Tabelle 7: Flächenbedarf für neue Freiflächen-PV und Anteil von Freiflächen-Anlagen am gesamten PV-Zubau unter Berücksichtigung verschiedener Annahmen zum Flächenbedarf je MWp und Gesamtzubau

Spezifische Flächeninanspruch- nahme [ha/MWp]	25 %-Anteil			50 %-Anteil			75 %-Anteil		
	2,2	1,4	1	2,2	1,4	1	2,2	1,4	1
215 GWp (2030)									
Flächenbedarf [ha]	120.547	75.250	53.750	241.095	150.500	107.500	361.642	225.750	161.250
Anteil FFA an LF app.	0,7 %	0,5 %	0,3 %	1,4 %	0,9 %	0,6 %	2,2 %	1,4 %	1,0 %
400 GWp (2040)									
Flächenbedarf [ha]	224.274	140.000	100.000	448.549	280.000	200.000	672.823	420.000	300.000
Anteil FFA an LF app.	1,3 %	0,8 %	0,6 %	2,7 %	1,7 %	1,2 %	4,0 %	2,5 %	1,8 %

Anm.:Fett = wahrscheinlichste Szenarien

Quelle:Eigene Berechnungen auf Grundlage der im Text erläuterte Annahmen.

Neben niedrigeren Stromgestehungskosten weisen PV-Freiflächenanlagen gegenüber Kleinanlagen auf Dächern den Vorteil größerer Leistung je Investitionsprojekt auf. Das kann angesichts des Fachkräftemangels entscheidend sein, um den angestrebten hohen Ausbau der PV-Leistungen in Deutschland zu erreichen. PV-Freiflächenanlagen hatten im Jahr 2021 einen Anteil von nur 0,4 % am Netto-Zubau von PV-Anlagen, auf sie entfielen aber 34,5 % der neu installierten Gesamtleistung (1.935 MWp) mit knapp 2 MWp je Anlage. Auf Anlagen an Gebäuden (Hausdach, Gebäude und Fassade) entfielen 94 % der Neuanlagen und 61 % der neu installierten Leistung (3.416 MWp). Die durchschnittliche Leistung einer neuen Gebäude-Anlage lag bei 0,02 MWp. Auf sonstige bauliche Anlagen (meist Konversionsflächen, also bodeninstallierte Anlagen auf vormals baulich genutzten Flächen, z. B. Mülldeponien) entfielen 1 % der Neuanlagen mit 5 % der neu installierten Leistung (267 MWp).

Bei den EEG-Ausschreibungsverfahren im Jahr 2022 wurden die angestrebten Leistungsumfänge für PV-Neubau nicht ausgeschöpft (PV-Magazine 2022; IWR 2022). Dies wurde insbesondere mit den nur begrenzt verfügbaren Flächen für Freiflächen-PV aufgrund der EEG-Flächenkulisse zur Standortwahl für ebenerdig errichtete Solarparks in Verbindung gebracht. Die Bundesländer entscheiden über die Bereitstellung von Flächen in benachteiligten Gebieten für Freiflächen-PV. Bisher haben nicht alle Bundesländer diese Möglichkeit überhaupt eröffnet. Dies begrenzt den angestrebten Ausbau der PV-Kapazitäten (BSW 2022). Der Ausbau von Freiflächen-PV findet aktuell auch außerhalb der EEG-Ausschreibungen statt. Einige sehr große Projekte werden ohne EEG-Förderung umgesetzt. Die PV-Ausbauziele für 2022 könnten unter Berücksichtigung der Investitionen außerhalb des EEG erreicht werden (PV-Magazine 2022; IWR 2022). Dies bedeutet, dass eine Flächensteuerung über das EEG zunehmend an Wirksamkeit verliert.

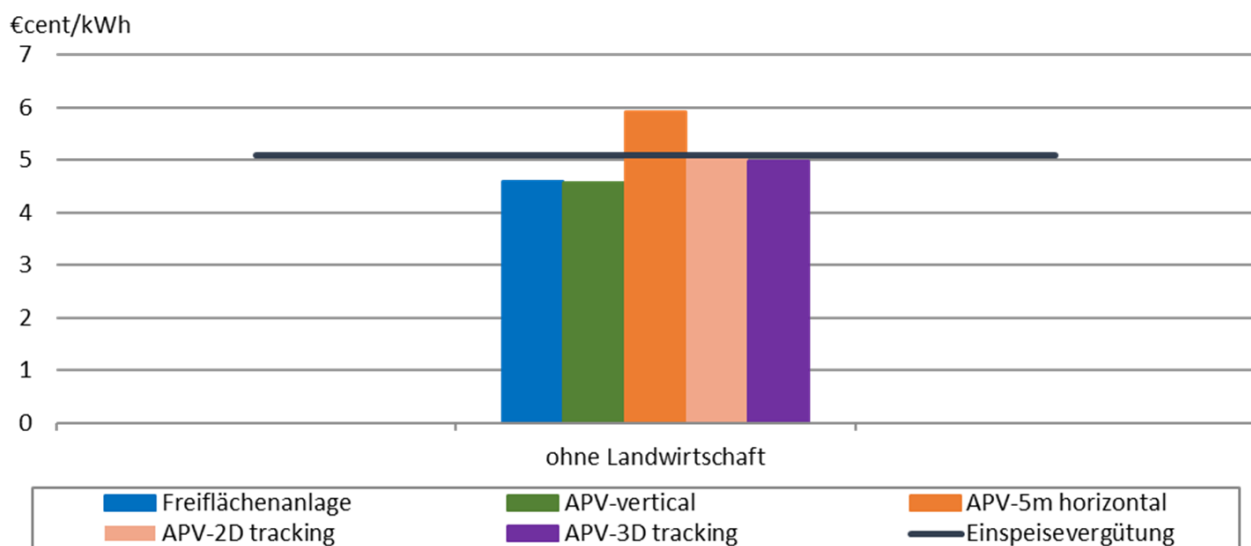
Mit dem Gesetz zur sofortigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für die erneuerbaren Energien im Städtebaurecht (BGBl 2023 I Nr. 6), welches am 11. Januar 2023 in Kraft getreten ist, wurde nach § 35 Abs. 1 BauGB die Installation von PV-Freiflächenanlagen in einem bis zu 200 Meter breiten Korridor entlang von zweigleisigen Schienenwegen und Autobahnen privilegiert. Damit wird ein beschleunigter Ausbau innerhalb dieser Korridore ermöglicht. Ersten Auswertungen nach Pahmeyer et.al (2023) zufolge verbleiben nach Abzug von Ausschlussflächen, wie z.B. Naturschutzgebieten, noch ca. 458.000 ha aktuell landwirtschaftlich genutzte Fläche, welche für den Bau von PV-Freiflächenanlagen privilegiert sind. Von dieser Fläche entfallen ca. 69,5 % der Fläche auf Ackerland (318.172 ha), 14,1 % auf Dauergrünland (64.496 ha) und 16,4 % auf andere Flächen (75.187 ha, nicht identifizierte Flächen und Dauerkulturen). Etwa 6,98% der LF (31.946 ha) liegen innerhalb von Naturschutzgebieten.

Eine Möglichkeit, um einen möglichst hohen Anteil der Flächen weiter landwirtschaftlich bewirtschaften zu können und zugleich Energie zu produzieren, ist die Agri-Photovoltaik. Die kombinierte Nutzung derselben Fläche mit landwirtschaftlicher Bewirtschaftung und Stromerzeugung ist in der Installation zwar teurer und wesentlich aufwendiger, erlaubt aber die weitere landwirtschaftliche Nutzung. So kann der Verlust an landwirtschaftlicher Nutzfläche für die Stromerzeugung im Vergleich zu Freiflächenanlagen deutlich reduziert werden. Für die gleiche Energiemenge wird nur eine Fläche von 15-30 % im Vergleich zur Freiflächenanlage der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen. „Bezogen auf einen ha Fläche bedeutet das einen Verlust von lediglich 8-15 % für die Stromproduktion.“ (Böhm 2022)

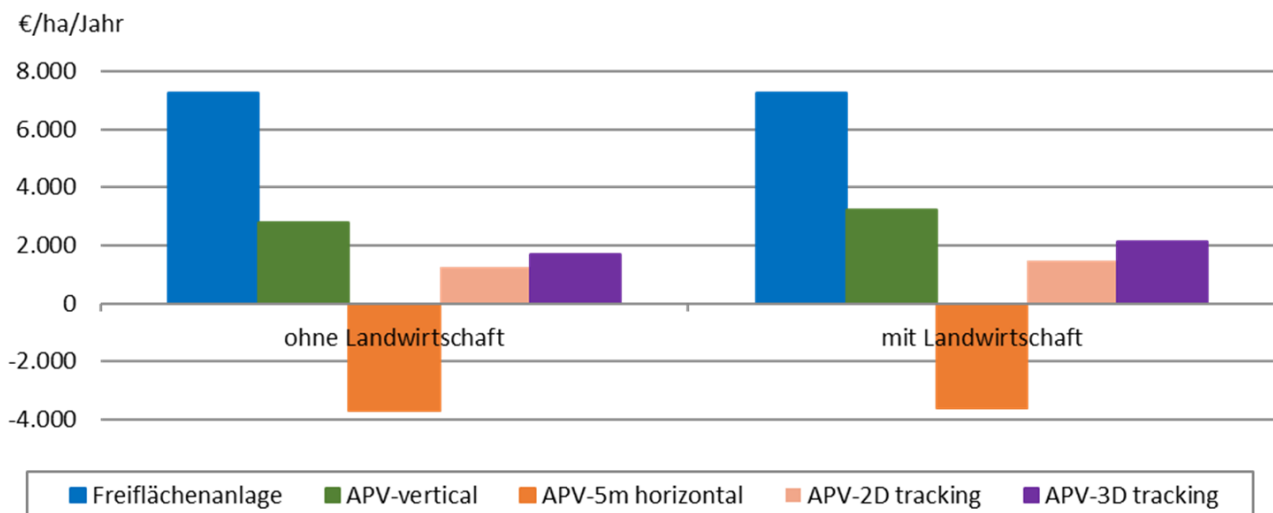
Man unterscheidet derzeit je nach technischer Bauausführung drei Arten von Agri-PV: vertikal, horizontal und verschiedene Tracking-Systeme. Während die horizontale (hoch aufgeständerte) Lösung die vergleichsweise geringste Fläche in Anspruch nehmen würde, sind die Stromgestehungskosten jedoch aufgrund der kostenintensiven Umsetzung am höchsten und bei einer angenommenen Einspeisevergütung von 5 Cent/kWh nicht kostendeckend (vgl. Abbildung 21). Die Stromgestehungskosten sind je nach Konzept bei PV-Freiflächenanlagen und Agri-PV sehr ähnlich.

Betrachtet man die gesamte Wirtschaftlichkeit der kombinierten Fläche (Abbildung 22), so wird deutlich, dass der Einfluss der landwirtschaftlichen Produktion bei allen Installationsformen nur sehr gering ist. Durch die hohen Kosten der Installation stellt sich das horizontale System bei der angenommenen Einspeisevergütung mit negativen Grundrenten dar. Die Grundrente von Freiflächen-PV ist deutlich höher (Böhm 2022), allerdings würde man dafür die landwirtschaftliche Produktion aufgeben. Zwar hat die ackerbauliche Erzeugung für die Wirtschaftlichkeit der Agri-PV-Anlagen kaum eine Bedeutung, doch die möglichst effiziente Nutzung landwirtschaftlicher Fläche ist ein Argument für die Doppelnutzung zur Energie- und Nahrungsmittelproduktion.

Abbildung 21: Stromgestehungskosten für Freiflächen- und Agri-PV ohne Landbewirtschaftung



Quelle: Böhm (2022)

Abbildung 22: Grundrenten von Freiflächen- und Agri-PV mit und ohne Landwirtschaft

Quelle: Böhm (2022).

Agri-PV verbraucht 70-80 % weniger landwirtschaftliche Fläche als herkömmliche Freiflächenanlagen und sollte daher im Kontext der zukünftigen Landnutzung als denkbare Option weiter analysiert werden, um die Energieerzeugung mit anderen Interessenschwerpunkten wie Nahrungsmittelproduktion und Naturschutz zu kombinieren. Dem Potenzial, mit Agri-PV den Verlust an Landwirtschaftsfläche zu minimieren, stehen die höheren Kosten bzw. eine geringere Grundrente auf der Fläche gegenüber. Es entsteht somit ein Trade-off. Ein besonderes Potential ergibt sich voraussichtlich in Sonderkulturen, wo mit Agri-PV-Anlagen ökonomische Synergieeffekte erzielt werden können, da diese dort andere Schutzeinrichtungen wie Hagelnetze ersetzen können. Die Eignung der Kulturen für diese Art der Verschattung gilt es aber noch zu untersuchen.

Moor-PV

In einem Eckpunktepapier vom 10. Februar 2022 zum Ausbau der Photovoltaik auf Freiflächen im Einklang mit landwirtschaftlicher Nutzung und Naturschutz schlagen BMWK, BMUV und BMEL (2022) unter anderem vor, landwirtschaftlich genutzte Moorböden als neue Flächenkategorie im EEG aufzunehmen. Voraussetzung für die Förderung soll die Wiedervernässung der entwässerten Moorböden sein. Dadurch sollen gleichzeitig Emissionen aus entwässerten Moorböden verringert und Solarstrom gewonnen werden. Die Flächen sollen dabei förderfähig im Rahmen von Moorschutzprogrammen bleiben.

Nach deutscher Emissionsberichterstattung befinden sich etwa 1,3 Mio. ha Acker- und Grünland (LN) auf Moorböden (UBA, 2022b). Unter der Annahme, dass eine durchschnittliche Moor-PV-Anlage ähnliche Stromerträge wie eine 5 ha-Anlage in Ostdeutschland (Nähe Leipzig) erbringt, liegt deren Stromerzeugung bei 855.576 kWh/ha/Jahr (Böhm et al 2022a). Somit könnten bei der Installation von Photovoltaik auf 130.000 ha wiedervernässten Moorflächen (dies entspräche 10 % der Moorböden in Deutschland) ungefähr 111 TWh pro Jahr erzeugt werden.

Demnach besteht hier ein großes Potential für den Klimaschutz und die PV-Stromproduktion, das gleichzeitig große Spielräume für die Berücksichtigung der Interessen des Naturschutzes bietet. Dieser Ansatz bietet zudem eine wirtschaftlich sehr wettbewerbsfähige Nutzungsalternative nach Wiedervernässung von Moorböden. Für die Umsetzung und die Optimierung dieser WinWin-Strategie fehlen aber noch konkrete Konzepte. Angesichts der großen Flächenpotentiale und des Bedarfs für großflächige Wiedervernässungen für den Klimaschutz müssen weit mehr als nur die mit Moor-PV genutzten Flächen wiedervernässt werden. Die hohe Wirtschaftlichkeit von

Freiflächen-PV kann in Verbindung mit regionalen Betreibermodellen für den PV-Moorbodenschutz große, für den Klimaschutz notwendige Landnutzungsänderungen ermöglichen.

Windenergie

Nach Roscher (2021) hat sich die mittlere Gesamthöhe von Windenergieanlagen (WEA) von durchschnittlich 100 m im Jahr 2000 auf rund 220 m im Jahr 2019 mehr als verdoppelt. Bis zum Jahr 2030 werden für weite Teile Deutschlands mittlere Gesamthöhen von 230 und 250 m erwartet. Laut Quentin (2022) lag die mittlere Generatorleistung einer neu genehmigten Windturbine noch bei 3 MW je Anlage. Im ersten Quartal 2022 wurde ein Wert der neu genehmigten Anlagen von über 5 MW pro Anlage erreicht. Anlagenleistung und Höhe sind relevant für die benötigte Zahl der Anlagen, da die Effizienz der Anlagen mit diesen Parametern ansteigt. Eine Begrenzung der Anlagenhöhe hätte deshalb eine Erhöhung der Zahl notwendiger Neuanlagen zur Folge.

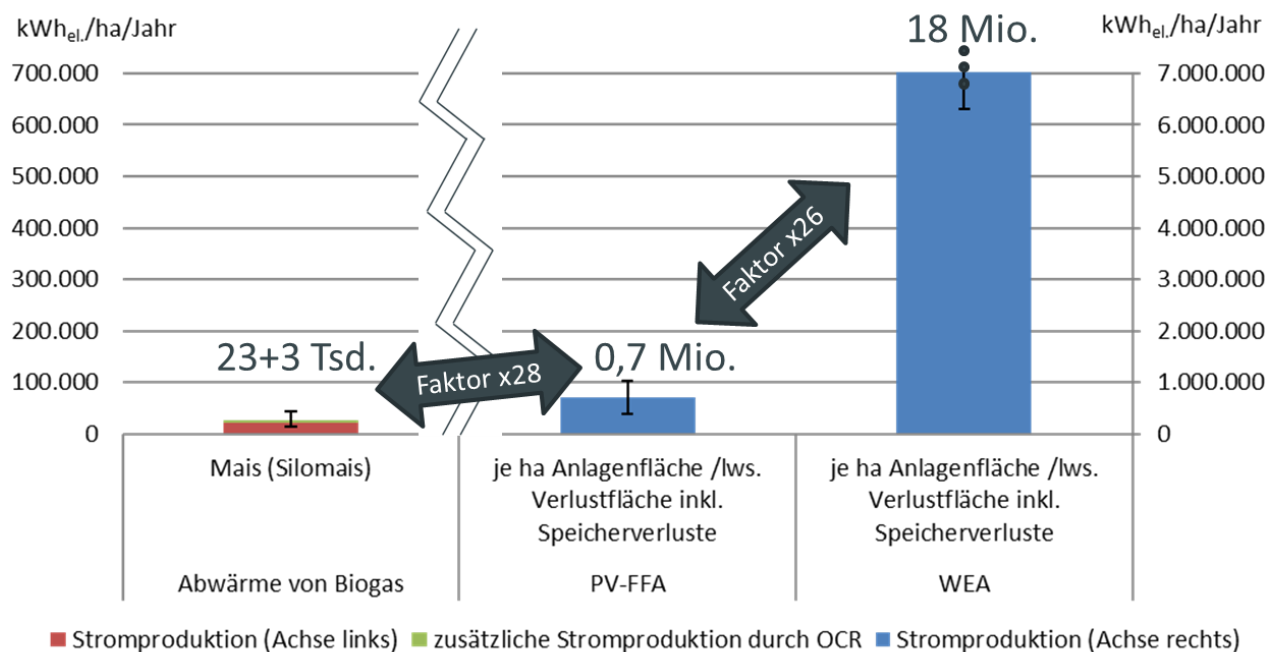
Der Flächenbedarf einer Windenergieanlage unterteilt sich in die Fläche des Fundaments, die Stellfläche für den Kran sowie Zufahrtswege. Bei Aufstellung im Wald muss etwa ein Hektar Freifläche bestehen oder durch Rodung geschaffen werden. Etwa die Hälfte davon kann nach der Aufstellung wieder aufgeforstet werden. Durch entsprechende Wahl der Standplätze kann eine Rodung im Wald ggf. vermieden werden.

Quentin und Tucci (2021) geben an, dass Ende 2020 2.086 Windenergieanlagen auf Waldflächen standen. Dies entspricht 7,5 % aller WEA mit ca. 10 % der insgesamt installierten Windenergieleistung (an Land) in Deutschland. Anhand von über 900 Anlagen stellten Quentin und Tucci (2021) eine durchschnittliche Relation von 0,46 ha dauerhafter Flächeninanspruchnahme zu 0,4 ha temporär benötigter Freifläche fest. Dabei entfielen 0,05 ha auf die Fundamentfläche und 0,15 ha auf die Kranstellfläche. Weitere Flächenansprüche entstehen für die befestigten, schwerlasttauglichen Zufahrtswege, deren Länge (und damit Fläche) je nach Standort variiert. Unter der Annahme, dass je Windenergieanlage maximal ein Hektar Fläche dauerhaft beansprucht wird, ergibt sich von 2023 bis 2030 unter den genannten Annahmen eine Flächenneuanspruchnahme von bis zu 11.800 ha. Verteilt über 8 Jahre entspricht dies maximal 4 ha pro Tag.

Abbildung 23 ist der häufig diskutierte Vergleich von Biogasverstromung und PV-Freiflächenanlagen (FFA) sowie WEA dargestellt. Aufgrund der großen Unterschiede wurden unterschiedliche Skalierungen der jeweiligen Y-Achsen gewählt. Es wurde dabei versucht, alle Vorteile der Biogasanlagen zu berücksichtigen. So wurde angenommen, dass die Wärme mittels OCR-Verfahren bei Biogas verstromt wird und bei PV-FFA und WEA wurden Batterie-Speicherverluste zur Lastenglättung berücksichtigt. Trotz dieser Betrachtung bleibt der Unterschied sehr groß. Werden diese Aspekte berücksichtigt, liegt, bezogen auf die Stromproduktion, ein durchschnittlicher Faktor von 28 zwischen Biogas aus Mais und PV-FFA. WEA mit Speicher produzieren je landwirtschaftlicher Fläche hingegen nochmal 26-mal mehr Strom als PV-Speicher-Kombinationen bzw. 720-mal mehr Strom als Biogas.

Die Abbildung fokussiert auf die Stromerträge je ha. Andere Bioenergielinien, wie die thermische Nutzung in Kraftwerken liefern etwas andere Energieerträge. Allerdings sind die Unterschiede im Vergleich zur Flächeneffizienz gegenüber PV und Windkraft marginal. Ein Vergleich der Wärmerträge und der möglichen Fahrleistung je ha kommt zu noch deutlicheren Unterschieden. Die mit PV-Strom zu erzielenden Wärmeerträge sind um den Faktor 24 höher als die Wärmebereitstellung aus Biogas. Die Wärmeerträge aus Windstrom sind im Vergleich zu Biogas um den Faktor 612 höher. Für Mobilität ergeben sich für Elektroautos, die mit PV-Strom betrieben werden, eine Reichweite von 3,8 Mio. Kilometer je ha und Jahr, mit Windstrom sind es 100 Mio. Kilometer je ha und Jahr. Mit Biodiesel aus Rapsöl sind es inkl. der Berücksichtigung der Koppelprodukte lediglich 57 Tsd. Kilometer je ha und Jahr.

Abbildung 23: Direkte Gegenüberstellung der Flächenenerträge – Strom



Anmerkung: Die schwarzen Balken geben den möglichen Schwankungsbereich an. PV-FFA = PV-Freiflächenanlagen, WEA = Windenergieanlagen; Faktor 28 besagt, dass mit PV-FFA (inkl. Speicherverlusten) auf der Fläche 28-mal mehr Strom erzeugt werden kann, als mit Biogas (inkl. Stromproduktion der Wärme mit OCR).

Quelle: Böhm (2023).

Potentieller, zusätzlicher Flächenbedarf beim Ausbau erneuerbarer Energien aufgrund Umsetzung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung

Zu berücksichtigen ist, dass für Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen Ausgleichsflächen benötigt werden. Je nach Gemeinde ist die genaue Umsetzung aber sehr unterschiedlich. Eine Einschätzung dieses zusätzlichen Flächenbedarfs ist aufgrund fehlender Datenerhebungen mit großen Unsicherheiten verbunden. Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auf eine Stellungnahme des Thünen-Instituts vom November 2021 zu diesem Thema (Böhm 2021).

Nach einer Publikation von C.A.R.M.E.N. (2022) bewegt sich der Flächenbedarf für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Freiflächen-PV-Anlagen in Bayern im Bereich von 20 bis 50 % der Fläche der PV-Freiflächenanlage ohne Ausgleich. Der Wert hängt von der Wertigkeit der Fläche ab, auf dem die PV-Anlage errichtet wird. Durch besondere ökologische Maßnahmen innerhalb der PV-Anlagenfläche wie Ansaat standortgemäßer einheimischer Pflanzen oder Schaffung von Biotopelementen kann der Faktor dieser Publikation zufolge auf bis zu 0,1 gesenkt werden, und zukünftig soll ein Ausgleich vollständig innerhalb der Anlagenfläche möglich sein. Bei einem zusätzlichen Flächenbedarf für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen von 20 % der Netto-PV-Anlagenfläche ergibt sich über den geschätzten Flächenbedarf für Freiflächen-PV bis 2030 von 104.300 ha ein zusätzlicher Bedarf von 20.860 ha. Das entspricht einer Erhöhung der Flächenneuanspruchnahme für Freiflächen-PV bis 2030 von 36 auf 42 ha pro Tag. Es fehlt bislang ein deutschlandweites Monitoring der Ausgleichsflächen.

Für Windkraft erfolgen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zumeist über Ökokonten. Dabei wird weniger die direkten Wirkungen auf die Flächennutzung bewertet als vielmehr die Wirkungen auf das Landschaftsbild und die Tierwelt, insbes. Vögel und Fledermäuse. Fülbiel (2017) hat die Ersatzgeldzahlungen für Windkraftanlagen in verschiedenen Bundesländern untersucht. Diese werden nach naturschutzfachlichen Wertstufen anhand der Höhe der Anlage ermittelt. Je Meter Anlagenhöhe werden in der niedrigsten Wertstufe Ersatzgeldzahlungen in

Höhe von 100 bis 250 Euro und in der höchsten Wertstufe 500 bis 1.200 Euro verlangt (Fülbier 2017). In einigen Bundesländern wird die Ersatzgeldzahlung auf einen maximalen Anteil der Investitionssumme gedeckelt. Bei einer Anlagenhöhe von 230 Metern ergeben sich Ersatzgeldzahlungen je Anlage von 23.000 bis 276.000 Euro. Diese Berechnungsbeispiele zeigen, dass je Windenergieanlage Geldbeträge für Ersatzmaßnahmen generiert werden können, die für den Kauf mehrerer ha Land zur Renaturierung ausreichen würden. Im Internet dokumentierte Beispiele für Ersatzmaßnahmen für Windenergieanlagen zeigen eine große Vielfalt an Projekten mit Flächennutzungsänderungen (Aufforstung, Anlage von Gehölzen und Gewässern) oder ohne (Aufwertung bestehender Naturschutzflächen, Arten- und Biotopschutzmaßnahmen)⁵.

Weitere Flächenansprüche im Zusammenhang mit dem Ausbau erneuerbarer Energien

Zum Ausbau der erneuerbaren Energien gehört auch der Ausbau der Stromübertragungsnetze, an Land also der Neubau und Ausbau von Freileitungen und Erdkabeln. Für den Netzentwicklungsplan 2030 liegen Einschätzungen zur Flächeninanspruchnahme vor. Für die erwarteten 412 km neuer Freileitung werden 10 ha für Mastfundamente angesetzt. Hinzu kommen 51.465 ha mit Nutzungseinschränkungen, davon 29.962 ha temporär für Baustellen, Lagerflächen für Material, Zufahrten, Wegebau und Bauaushub, und 21.503 ha dauerhafter Nutzungseinschränkungen. Diese Zahl ergibt sich durch den Ansatz eines 75 Meter breiten Schutzstreifens für Schneisen bei Freileitungen und Flächen, auf denen im Falle von Erdkabeln keine tiefwurzelnden Pflanzen wachsen dürfen. Landwirtschaftliche Nutzungen wie Acker- und Grünland werden nicht wesentlich eingeschränkt, Wald ist hingegen stark von solchen frei zu haltenden Schneisen betroffen. Inwieweit Trassen deshalb soweit möglich außerhalb von Wäldern geplant werden geht aus dem Netzentwicklungsplan 2030, der lediglich Umsetzungsszenarien enthält, nicht hervor. Weiterhin fehlen Angaben über den Bedarf an Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen aufgrund des Baus von Freileitungen und Erdkabeln. Es ist zu vermuten, dass hierdurch relevante zusätzliche Flächenansprüche für die Schaffung extensiver oder stilgelegter Flächen entstehen.

Eine weitere Entwicklung zeichnet sich im Bereich der Freiflächen-Solarthermie ab. Diese technischen Ansätze werden im Projekt SolNet – Solare Wärmenetze als eine Lösung für den kommunalen Klimaschutz bis 2024 untersucht. Es gibt in Deutschland bereits 45 solarthermische Großanlagen, die Wärme in Nah- oder Fernwärmenetze einspeisen. Dafür werden innerörtliche bzw. ortsnahe Freiflächen oder große, zusammenhängende Dachflächen benötigt. Gegenüber Anbau-Biomasse z. B. aus Kurzumtriebsplantagen zur Wärmegewinnung weist Solarthermie eine 20 Mal höhere Flächeneffizienz auf, gegenüber Biogas ist sie bis zu 37 Mal höher. Im September 2022 wurde Deutschlands bisher größte Freiflächen-Solarthermieanlage in Greifswald mit über 18 ha Flächengröße in Betrieb genommen. Sie soll etwa 4 % des Wärmebedarfs des örtlichen Wärmenetzes decken (Energiekommune 2022). Ähnlich wie bei Freiflächen-PV werden auch für Solarthermie-Anlagen Ausgleichs- und Aufwertungsmaßnahmen auf der genutzten Freifläche entwickelt, z. B. Blühflächen. Nicht eindeutig geklärt ist, ob Freiflächen-Solarthermie dieselben rechtlichen Privilegien erhalten soll wie Windenergie und PV, beispielsweise bzgl. der Privilegierung der Versorgungsinfrastruktur nach § 35 Baugesetzbuch, wonach Vorhaben im Außenbereich auch ohne Bebauungsplan zulässig sind, solange keine anderen Belange entgegenstehen (Sandrock et al. 2020). Der geplante Vorrang für den Ausbau erneuerbarer Energien nach § 2 EEG soll voraussichtlich nur Windenergie und PV gelten, und nicht für erneuerbare Wärme. Auch bei der Freiflächen-Solarthermie ist eine dynamische Entwicklung zu erwarten, Ausbaupfade und Abschätzungen des potentiellen Flächenbedarfs liegen bisher jedoch nicht vor.

⁵ Siehe z. B. <https://www.wpd.de/downloads/wpd-a-e.pdf> oder <https://ae-beispiele.fachagentur-windenergie.de/>

3.5 Schutz der Biodiversität

Im Folgenden liegt der Fokus der Betrachtungen auf den die Agrarlandschaft bzw. landwirtschaftliche Ökosysteme betreffenden Flächennutzungsansprüchen, die sich aus der EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 und dem Entwurf der Verordnung zur Wiederherstellung der Natur (Nature Restoration Law, NRL) (Europäische Kommission 2022) ergeben. Für die Erreichung des Ziels, Biodiversität in Agrarlandschaften zu schützen und zu fördern, existieren darüber hinaus weitere politischen Strategien und Programme mit einem Flächenbezug, die in anderen Kapiteln aufgegriffen werden (u. a. Gemeinsame Agrarpolitik, Förderung des Ökologischen Landbaus, Farm to Fork-Strategie, Ackerbaustrategie in Kapitel 3.2, Klimaschutzsofortprogramm, Moorschutzstrategie in Kapitel 3.6.).

Wesentliches Ziel der EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 (Europäische Kommission 2020b, S. 6) ist es, die Natur in Europa zu schützen bzw. wiederherzustellen. Zentrale Ziele der EU-Biodiversitätsstrategie für 2023, die sich vergleichbar auch im Beschluss der CBD COP 15 von Montreal widerspiegeln, sind:

- „Schutz von mindestens 30 % der Landfläche und 30 % der Meeresgebiete der EU und Integration ökologischer Korridore als Teil eines echten transeuropäischen Naturschutznetzes;“- zusätzlich geschützte Gebiete. Dies entspricht den auf der 15. Vertragsstaatenkonferenz des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD COP 15) beschlossenen Ziele⁶.
- „strenger Schutz von mindestens einem Drittel der Schutzgebiete der EU, einschließlich aller verbleibenden Primär- und Urwälder der EU;“- streng geschützte Gebiete
- „wirksame Bewirtschaftung aller Schutzgebiete, Festlegung klarer Erhaltungsziele und -maßnahmen und angemessene Überwachung dieser Gebiete.“

Zur Erreichung der Ziele soll „ein besonderer Schwerpunkt auf Gebiete mit sehr hohem Biodiversitätswert oder -potenzial gelegt werden. Diese sind am anfälligsten für den Klimawandel und sollten besondere Aufmerksamkeit in Form eines strengen Schutzes erhalten“ (Europäische Kommission 2020b). „Die Mitgliedstaaten werden für die Ausweisung der zusätzlichen geschützten und streng geschützten Gebiete verantwortlich sein. Die Ausweisung sollte entweder zur Vervollständigung des Natura-2000-Netzes beitragen oder im Rahmen nationaler Schutzprogramme erfolgen.“ (Europäische Kommission 2020b, S. 5).

Die Schutzanforderungen betreffen auch derzeit landwirtschaftlich genutzte Flächen sowohl inner-, als auch außerhalb von Schutzgebieten: Berücksichtigt man alle Schutzgebietskategorien des Naturschutzrechts (Tabelle 8), haben aktuell 51 % der Landfläche Deutschlands einen Schutzstatus. Ohne Flächen, die ausschließlich in Naturparks, Landschaftsschutzgebieten oder Entwicklungszonen von Nationalparks und Biosphärenreservaten liegen, sind es 19 % mit geringem bis hohem Schutzstatus. In Hinblick auf die landwirtschaftliche Nutzfläche gibt es einen deutlichen Unterschied zwischen dem Schutzstatus von Ackerland und intensiv geführten Dauerkulturen (z. B. Rebland, Obstplantagen) und Grünland. So liegen lediglich 1,5 % der Ackerfläche bzw. der Fläche mit intensiv geführten Dauerkulturen in den drei Kategorien mit den tendenziell stärksten Nutzungseinschränkungen (bzw. 7,2 % in den vier höchsten Kategorien). Demgegenüber liegen die entsprechenden Werte für Grünland im engeren Sinne bei 12,7 % bzw. 19,2 %.

Die Fläche der Naturschutzgebiete beträgt in Deutschland 1,59 Mio. ha (Stand: 12.2017), was 4,2 % Prozent der Landesfläche entspricht. Die durchschnittliche Größe eines Naturschutzgebietes in Deutschland liegt derzeit bei rund 180 ha. Etwa 60 % aller Naturschutzgebiete sind kleiner als 50 ha - diese kleineren Gebiete sind besonders häufig von anderen wertvollen Lebensräumen isoliert und in ihrer Lebensraumqualität stark von ihrer Umgebung und deren Landnutzung beeinflusst, was z. B. Nährstoffeinträge, Entwässerung oder Pflanzenschutzmittelbelastungen anbelangt. Um das jeweilige Schutzziel zu gewährleisten, werden von Naturschutzseite die Vergrößerung kleiner Schutzgebiete sowie die Etablierung von Pufferarealen um die Flächen

⁶ s. <https://www.bmu.de/pressemitteilung/montreal-moment-fuer-die-natur>

sowie Vernetzungsstrukturen mit anderen wertvollen Lebensräumen gefordert. Ein solcher Biotopverbund stellt Flächenansprüche, insbesondere an die landwirtschaftlich genutzte Fläche.

Tabelle 8: Verteilung der landwirtschaftliche Nutzfläche entsprechend des höchsten naturschutzrechtlichen Schutzniveaus einer Fläche (in 1.000 km²)

	Nach Naturschutzrecht geschützte Flächen (nach höchstem Schutzniveau)					Sehr gering	außerhalb von entsprechen den Kulissen	Insgesamt
	Sehr hoch	Hoch	Mittel	Gering				
Gewässer	844	156	509	319	138	995	2'961	
Landwirtschaft	35	436	492	1'123	5'731	11'047	18'864	
Ackerland & intensive Kulturen								
Ackerland	9	68	114	732	3'640	8'246	12'810	
Baumschule	1	63	111	719	3'535	8'073	12'503	
Gartenland	0	0	0	0	6	18	25	
Hopfen	0	0	0	0	2	19	21	
Obstplantage	0	1	1	2	23	49	75	
Sonstiges	9	2	0	1	1	2	15	
Streuobstacker	0	0	0	0	0	0	1	
Weingarten	0	1	1	8	49	58	118	
Grünland i. e. S.	25	368	377	391	2091	2801	6'054	
Grünland	25	362	364	382	2'022	2'741	5'897	
Streuobstwiese	0	7	14	9	69	60	158	
Grünland i. w. S.	8	133	64	17	24	48	294	
Heide	1	38	35	7	6	14	101	
Moor	1	72	15	3	12	25	129	
Sumpf	5	23	14	7	7	9	64	
Sonstiges Offenland	30	108	79	31	208	313	768	
Gehölz	5	47	37	17	151	195	453	
Gewässerbegleitfläche	0	2	1	1	4	9	18	
Naturnahe Fläche	10	40	35	11	46	96	238	
Sonstiges	0	0	0	0	0	0	0	
Vegetationslose Fläche	14	19	6	2	6	12	59	
Siedlung und Verkehr	1	20	21	21	1'052	2'965	4'080	
Wald	168	797	1'148	780	4'976	3'323	11'191	
Summe	1'085	1'650	2'313	2'291	12'129	18'690	38'158	

Sehr Hoch	Kernzone von Nationalparks und Biosphärenreservaten
Hoch	Pflegezone von Nationalparks bzw. Biosphärenreservaten sowie Naturschutzgebiete
Mittel	FFH-Gebiete
Gering	Vogelschutzgebiete
Sehr gering	Entwicklungszone von Nationalparks und Biosphärenreservaten, Naturparke sowie Landschaftsschutzgebiete

Quelle: Eigene Auswertung auf Basis des digitalen Landschaftsmodells (DLM, 2020) und der Stand der Gebiete zum Stand 1.1.2020.

Die EU-Biodiversitätsstrategie formuliert des Weiteren die Anforderung mindestens 10 % der landwirtschaftlichen Fläche wieder mit Landschaftselementen mit großer Vielfalt zu gestalten (Europäische Kommission 2020b). Bzgl. der Bewertung dieser Anforderung wird auf die Thünen-Stellungnahme vom 04.05.2022 verwiesen, in der festgehalten wird, dass „Zum jetzigen Zeitpunkt (...) nicht abschließend geklärt ist, welche Elemente auf welcher Datenbasis einbezogen werden. Auch ist unklar ob und welche Anforderungen an das Pflegeregime gestellt werden. So werden zwar viele Wegraine nicht produktiv genutzt, aber mehrmals im Jahr gemulcht. Die Frage ist, sind solche Flächen anrechenbar? Daraus ergeben sich erhebliche Unsicherheiten in der Abschätzung der Fläche, die für den Indikator anrechenbar sind.“ (Röder et al. 2022b).

Bezogen auf die Wiederherstellung der Natur hat die KOM am 22. Juni 2022 einen Verordnungsentwurf (Nature Restoration Law, NRL) veröffentlicht (Europäische Kommission 2022). Diese Verordnung ist ein wesentlicher Baustein zur Umsetzung der EU-Biodiversitätsstrategie 2030. Der Entwurf enthält Vorschläge für neue, rechtsverbindliche Ziele zur Wiederherstellung geschädigter Ökosysteme und zur Umkehrung des Verlusts der biologischen Vielfalt in der EU. Für die Bewertung der konkreten Ziele des Verordnungsentwurfes zur Wiederherstellung der Natur wird, hier bezogen auf die Landnutzung, die Land- und die Fischereiwirtschaft, auf die Thünen-Stellungnahme vom 30.09.2022 verwiesen. Hinsichtlich möglicher Auswirkungen bzw. Flächenbedarfe des Verordnungsentwurfes bezogen auf landwirtschaftliche Ökosysteme und Landwirtschaft wurde in der Stellungnahme festgestellt: „Um die Auswirkungen der zusätzlichen Anforderungen auf die deutsche Landwirtschaft und die Ernährungssicherheit hinsichtlich der Nutzung und Verfügbarkeit landwirtschaftlicher Flächen abschätzen zu können, müssen die betroffenen Flächen und etwaige vorhandene bzw. geplante Nutzungseinschränkungen bekannt sein. Die EU kalkuliert in der Folgenabschätzung für Deutschland mit mindestens 66.500 ha, auf denen der Erhaltungszustand der Annex-I Lebensräume der Gruppe „Grünland und sonstige Weidelebensräume“ derzeit nicht gut ist („not-good“) und daher verbessert werden müsste, sowie 16.100 ha, auf denen der Erhaltungszustand nicht bekannt („unknown“) ist (siehe: Impact Assessment accompanying the proposal Part 5, Table 7 - Condition of Annex I agricultural habitats and grasslands per Member State; S. 562). In diese Kalkulation sind jedoch die Flächen zur Verbesserung und Wiederherstellung von Lebensräumen der Arten, die sowohl in der FFH- als auch in der Vogelschutzrichtlinie (Richtlinie 2009/147/EG) aufgeführt sind, nicht berücksichtigt. Auch sind die Flächen zur Verbesserung und Wiederherstellung landwirtschaftlicher Ökosysteme nicht einbezogen, die in Folge von Art. 9 (Abs. 1 bis 4) neu hinzukommen. Da der Flächenumfang der „notwendigen“ Wiederherstellungsmaßnahmen nicht bekannt ist, können keine verlässlichen Abschätzungen gemacht werden, in welchem Maße landwirtschaftliche Flächen, die der Produktion von Lebensmitteln dienen, durch den Verordnungsentwurf betroffen sind.“ (Klimek et al., 2022). In Hinblick auf die im Verordnungsentwurf vorgeschlagenen Regelungen zum Moorschutz sei auf das nachfolgende Kapitel 3.6 verwiesen.

Es ist zusammenfassend festzuhalten, dass die Quantifizierung von zusätzlichen Ansprüchen an landwirtschaftliche Flächen für den Schutz der Biodiversität aktuell nicht möglich ist. Dies ist bedingt durch nicht abschließend geklärte Definitionen wie Referenzwerte bzw. Mindesthöhe der Auflagen sowie unzureichende Datengrundlagen (z. B. Verfügbarkeit von Geodaten zu Lebensraum- und Biotoptypen und InVeKoS-Daten zu Maßnahmen der zweiten Säule). Auch müssen schon vorhandene Daten durch die datenhaltenden Institutionen zur Verfügung gestellt werden.

Darauf hinzuweisen ist jedoch, dass:

- Ansprüche an die landwirtschaftliche Fläche nicht 1:1 additiv zu den schon vorhandenen Ansprüchen des Biodiversitätsschutzes an die landwirtschaftliche Fläche hinzukommen, sondern zumindest teils schon in der Agrarlandschaft vorhanden sind (z. B. Hecken, Feldgehölze, Wegraine, Sozialbrachen),
- definierte Anforderungen von Strategien und Programmen des Biodiversitätsschutzes nicht zwingendermaßen einen kompletten Nutzungsverzicht der Landwirtschaft bedeuten, sondern häufig eine extensive Flächennutzung zulassen bzw. diese sogar erforderlich ist,

- von den für den Naturschutz umgewidmeten Flächen eine positive Wirkung auf die umliegenden, weiterhin landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgehen kann. Ursächlich ist die Verbesserung von Ökosystemfunktionen wie z. B. die Förderung von Bestäubern und Nützlingen, Erosionsschutz und Wasserrückhalt in der Landschaft.

Flächenansprüche und Ziele des Biodiversitätsschutzes sollten daher nicht getrennt voneinander oder als ein Konflikt betrachtet werden, vielmehr sollten mögliche Synergien berücksichtigt werden.

3.6 Klimaschutz

Auf der Landfläche wird in der Vegetation und im Boden Kohlenstoff gebunden. Durch den weiteren Aufbau natürlicher Kohlenstoffvorräte wird der Atmosphäre CO₂ entzogen. Solchen „negativen Emissionen“ kommt im Klimaschutz eine wichtige Bedeutung zu, da mit ihnen auch bei verbleibenden, nicht oder nur sehr schwer reduzierbaren Restemissionen die angestrebte Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden kann. „Negative Emissionen“ verweist darauf, dass in den Emissionsbilanzen CO₂-Bindungen mit einem negativen Vorzeichen dargestellt werden. Unter dem Begriff „Kohlenstoffeinbindung“ ist der Aufbau von langfristigen Kohlenstoffvorräten im Bereich LULUCF in Biomasse und Böden durch CO₂-Einbindung aus der Atmosphäre zu verstehen. Das UBA (2022c, S. 1, Fußnote) schlägt vor, Kohlenstoffbindung zu verwenden, wenn die Bindung über technische oder natürliche Verfahren erzielt wird, und „Kohlenstoffeinbindung“ für die Bindung über natürliche Verfahren.

Um das Weltklima zu stabilisieren, wird sogar eine Netto-Treibhausgas-Negativität gefordert. Das bedeutet, dass Kohlenstoffeinbindungen gegenüber verbleibenden Treibhausgasemissionen überwiegen sollen. Aus dem natürlichen Kohlenstoff-Pool wird aber auch CO₂ freigesetzt, z. B. durch Rodung von Wäldern oder durch die Torfzersetzung in entwässerten Moorböden. Klimapolitische Maßnahmen im Landnutzungssektor sind zwangsläufig mit Fragen der Flächennutzung verbunden. Da große Wirkungen angestrebt werden, ist die Klimapolitik entsprechend relevant für die künftige Entwicklung der Flächennutzung.

Klimapolitische Ziele der EU für den Landnutzungsbereich

Für den Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (englische Abkürzung LULUCF, für land use, land use change and forestry) gab es bis zum Jahr 2020 keine expliziten klimapolitischen Ziele der EU. Über die Ziele des Kyoto-Protokolls wurden Verschlechterungen verhindert, aber die Anrechnung von Klimaleistungen in diesem Bereich war stark begrenzt. Mit der Verordnung (EU) 2018/841 vom 30. Mai 2018 über die Einbeziehung der Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft in den Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 und des Beschlusses Nr. 529/2013/EU (kurz: LULUCF-Verordnung) wurde für den Anrechnungszeitraum 2021 bis 2030 als Ziel die Nicht-Verschlechterung festgelegt. Diese wird gegenüber einer Referenzsituation der Jahre 2005 bis 2009 gemessen, und für die Waldbewirtschaftung gegenüber einem berechneten Referenzwert für Wälder.

Die LULUCF-Verordnung (EU) 2018/841 soll im Rahmen des European Green Deals und des Fit for 55-Pakets zur Steigerung des Ambitionsniveaus in der Klimapolitik novelliert werden. Das Ziel wird für den Zeitraum von 2026 bis 2030 auf absolute CO₂-Einbindungen umgestellt. Diese CO₂-Einbindungsziele müssen im nationalen LULUCF-Bereich erreicht werden. In der EU soll im Jahr 2030 insgesamt eine Netto-CO₂-Einbindung in Höhe von 310 Mio. t CO₂-Äqu. erreicht werden. Im „Fifth Biennial Report“ der EU⁷, der am 20. Dezember 2022 dem UNFCCC übermittelt wurde, ist eine Projektion für den EU-LULUCF-Sektor enthalten, die auf die Berichte der EU-

⁷ Siehe <https://unfccc.int/documents/624695>, in der Excel-Tabelle EUA_2022_v1.0.xlsx siehe Table 6(a) sowie Table 6(c), jeweils Zelle K12.

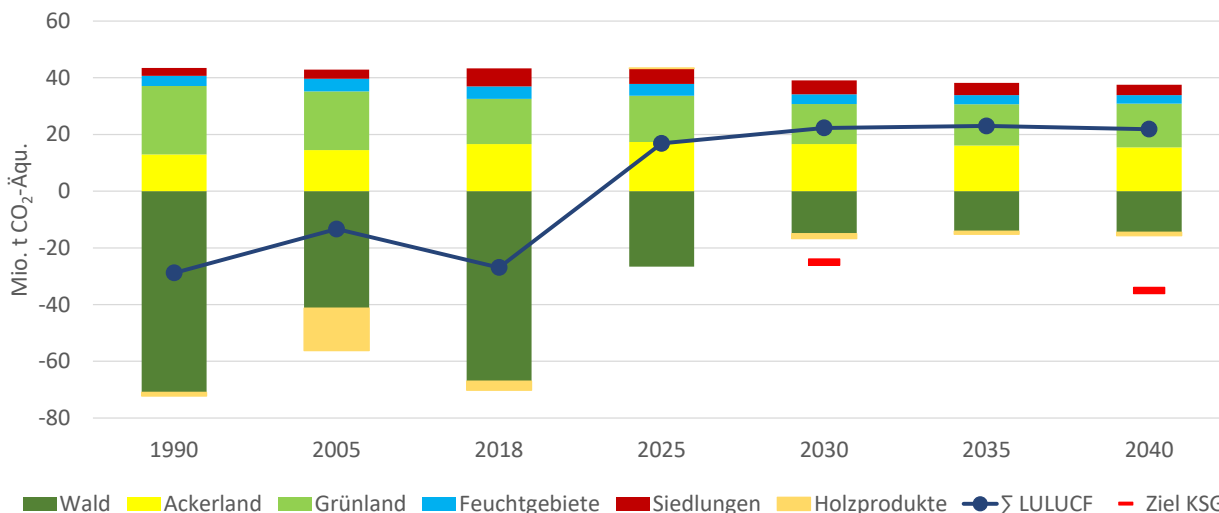
Mitgliedstaaten aufbaut. Die für das Jahr 2030 angegebene Netto-CO₂-Einbindung liegt im „Mit-Maßnahmen-Szenario“ bei 190 Mio. t CO₂-Äqu. Im „Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenario“ sind es 208 Mio. t CO₂-Äqu. In den vergangenen zehn Jahren lag die jährliche Einbindung noch deutlich höher. In der Debatte zur Novelle wurde mit einem Referenzwert der Jahre 2016 – 18 und einer zu schließenden Lücke von 42 Mio. t CO₂-Äqu. gerechnet. Mit den Projektionswerten der EU für 2030 ergibt sich dagegen eine Minderungslücke von 102 bis 120 Mio. t CO₂-Äqu. In den Trilogverhandlungen wurde im November 2022 ein Kompromiss erzielt, der am Ziel 310 Mio. t Netto-CO₂-Einbindung festhält. Die LULUCF-Verordnung (EU) 2018/841 wurde im April 2023 durch die Verordnung (EU) 2023/839 geändert. Als Ziel für den LULUCF-Sektor der EU-27 wurde eine Netto-CO₂-Einbindung von 310 Mio. t im Jahr 2030 festgelegt. Die sehr große Diskrepanz zwischen den Projektionen der EU-Mitgliedstaaten für 2030 und dem neuen Ziel ist bisher nicht abschließend geklärt. Es ist noch offen, wie die zu erwartende Lücke zum LULUCF-Ziel geschlossen werden soll. .

Klimapolitische Ziele der Bundesregierung für den Landnutzungsbereich

Im Bundes-Klimaschutzgesetz von 2019 wurde für den Bereich Landnutzung festgelegt, dass dieser eine Senke bleiben soll, d. h. dass die CO₂-Einbindung die Emissionen im LULUCF-Bereich überwiegen soll. Mit der Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021 wurden absolute CO₂-Einbindungsziele für den Sektor LULUCF festgelegt. Im Mittel des Zieljahres und der der drei vorhergehenden Kalenderjahre soll die LULUCF-Emissionsbilanz bis zum Jahr 2030 bei -25 Mio. t CO₂ liegen, bis zum Jahr 2040 bei -35 Mio. t und bis zum Jahr 2045 bei -40 Mio. t.

Im Projektionsbericht 2021 (Repenning et al. 2021) über die Entwicklung der Treibhausgasemissionen wird davon ausgegangen, dass die CO₂-Festlegung im Bereich Wald und Holz stark zurückgeht und der LULUCF-Sektor zur Emissionsquelle wird. Dadurch überwiegen künftig die hohen Treibhausgasemissionen aus entwässerten Moorböden, die vor allem unter den Teil-Kategorien Ackerland und Grünland berichtet werden. Die Minderungslücke beträgt den Projektionsdaten zufolge im Jahr 2030 47 Mio. t CO₂-Äqu. und im Jahr 2040 57 Mio. t CO₂-Äqu. (siehe Abbildung 24). Nach den Daten des neuen Projektionsberichts 2023 (Harthan et al., 2023) werden unter vergleichsweise optimistischen Annahmen zur Entwicklung der Waldsenke und zum Moorbodenschutz die Ziele für den deutschen LULUCF-Sektor für 2040 und 2045 um 10 bis 20 Mio. t CO₂-Äq. p.a. verfehlt. Demnach ist eine erhebliche Minderungslücke zu erwarten, über deren genauen Umfang aber noch Unsicherheit besteht.

Abbildung 24: Entwicklung der LULUCF-Emissionen und Einbindungen gemäß Projektionsbericht 2021 und Ziele des Bunds-Klimaschutzgesetzes von 2021 (KSG)



Quelle: Repenning et al. (2021) sowie Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist.

Während das Bundes-Klimaschutzgesetz im Prinzip anhand neuer Erkenntnisse und Ziele angepasst werden kann, wird ein Beschluss zur LULUCF-Verordnung zu verbindlichen Zielen und bei Nichterfüllung zu Sanktionen führen. Der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik (2021) hat in seiner Stellungnahme vom 22. Juni 2021 die Zielfestlegung als potenziell kontraproduktiv für die Klimaleistungen des Waldes kritisiert. Ein wichtiger Kritikpunkt ist, dass die isolierte Betrachtung des nationalen LULUCF-Sektors nahelegt, möglichst viel CO₂ im Wald zu binden und Holz vermehrt zu importieren. Damit werden die Klimawirkungen lediglich verlagert, und es können sich sogar kontraproduktive Gesamteffekte ergeben. Hinzu kommt, dass ein kurzfristiges Umsteuern im Bereich der Landnutzung aufgrund der zu beteiligenden Flächeneigentümer und -nutzer und aufgrund langer Planungs- und Anpassungsprozesse nicht möglich ist. Veränderungen sind eher in Dekaden zu erreichen.

Geplante Maßnahmen und Vorgaben mit Flächenrelevanz auf EU-Ebene

Im Entwurf der EU-Kommission der Verordnung zur Wiederherstellung der Natur wird unter dem Stichwort „nature-based solutions“ die verstärkte Nutzung von Synergien zwischen Natur- und Klimaschutzmaßnahmen in den Mittelpunkt gestellt. Die Maßnahme zum Moorbodenschutz „restoration measures to rewet organic soils“ (Art. 9 Abs. 4) ist besonders relevant für landwirtschaftliche Flächen und den Klimaschutz in Deutschland. Die Wiederherstellungsverordnung unterstützt die Dringlichkeit dieser Maßnahme und gibt quantitative Ziele vor, was den Gestaltungsspielraum der Mitgliedstaaten einschränkt. In Bezug auf den Moorschutz entspricht das im Verordnungsentwurf vorgeschlagene Ziel bis 2030 in etwa den definierten Zielen in der Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz (BMEL und BMU 2021) und in der Nationalen Moorschutzstrategie (BMUV 2022a). Demnach sollen 7,5 % der Moorböden bis 2030 vernässt werden (~100.000 ha), und auf weiteren 300.000 ha „Maßnahmen ergriffen werden“.

Eine weitere vorgeschlagene Maßnahme betrifft die Bestände an organischem Kohlenstoff in mineralischen Ackerböden („stock of organic carbon in cropland mineral soils“), die je nach Ausgestaltung keine Flächennutzungsänderungen erfordert. Die Maßnahme Wiederherstellung von Waldökosystemen („Restoration of forest ecosystems“) zielt u. a. auf die Erhaltung und den Aufbau natürlicher Kohlenstoffvorräte im Wald, z. B. durch Totholz.

Geplante Maßnahmen und Vorgaben mit Flächenrelevanz auf nationaler Ebene

Im Klimaschutzprogramm 2030 werden aufbauend auf den Klimaschutzplan 2050 und zur Unterstützung der Ziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes verschiedene Maßnahmen für den Landnutzungsbereich vorgestellt:

- Humuserhalt und -aufbau im Ackerland
- Erhalt von Dauergrünland
- Schutz von Moorböden einschließlich Reduzierung der Torfverwendung in Kultursubstraten
- Erhaltung und nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder und Holzverwendung

Für die Flächennutzung und Flächennutzungsänderungen ist vor allem der Moorbodenschutz durch Wiedervernässung relevant. Die Erhaltung des Torfbodens erfordert die Wiederherstellung naturnaher Wasserverhältnisse. Unter diesen Bedingungen ist eine konventionelle, „trockene“ landwirtschaftliche Nutzung nicht mehr möglich. Zu berücksichtigen ist, dass soweit möglich ganze Moorkörper wiedervernässt werden müssen und dadurch verschiedene Flächennutzungen betroffen sind. Als Maßnahmen zum Humuserhalt und -aufbau im Ackerland werden z. B. Zwischenfruchtanbau und erweiterte Fruchtfolgen empfohlen, also Maßnahmen innerhalb der Ackernutzung. Es werden aber auch Flächennutzungsänderungen zu Agrargehölzen und Extensivierungsmaßnahmen wie die Ausweitung des ökologischen Landbaus vorgeschlagen. Der Erhalt von Dauergrünland wird flächendeckend durch die Regelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik gewährleistet, daneben durch rechtliche Anforderungen verschiedener Bundesländer.

Die Begrenzung der Nutzung neuer Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke bis 2030 auf unter 30 ha pro Tag ist keine explizite Maßnahme des Programms, aber es wird auf das diesbezügliche Ziel der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie verwiesen.

Das BMUV hat im August 2022 einen Entwurf für das Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz (ANK) vorgelegt. Mit dem Programm sollen Maßnahmen des „natürlichen Klimaschutzes“ mit Synergien zwischen Naturschutz, Klimaschutz und Klimaanpassung umgesetzt werden. Das ANK wird in erster Linie aus dem Klima- und Transformationsfonds finanziert, der wiederum vor allem durch Einnahmen aus der Versteigerung von Emissionszertifikaten am Europäischen Emissionshandel gespeist wird. Bis 2026 stehen vier Milliarden Euro für das ANK zur Verfügung. Damit sollen eine Vielzahl von Maßnahmen finanziert werden, u. a. die Wiedervernässung von Mooren.

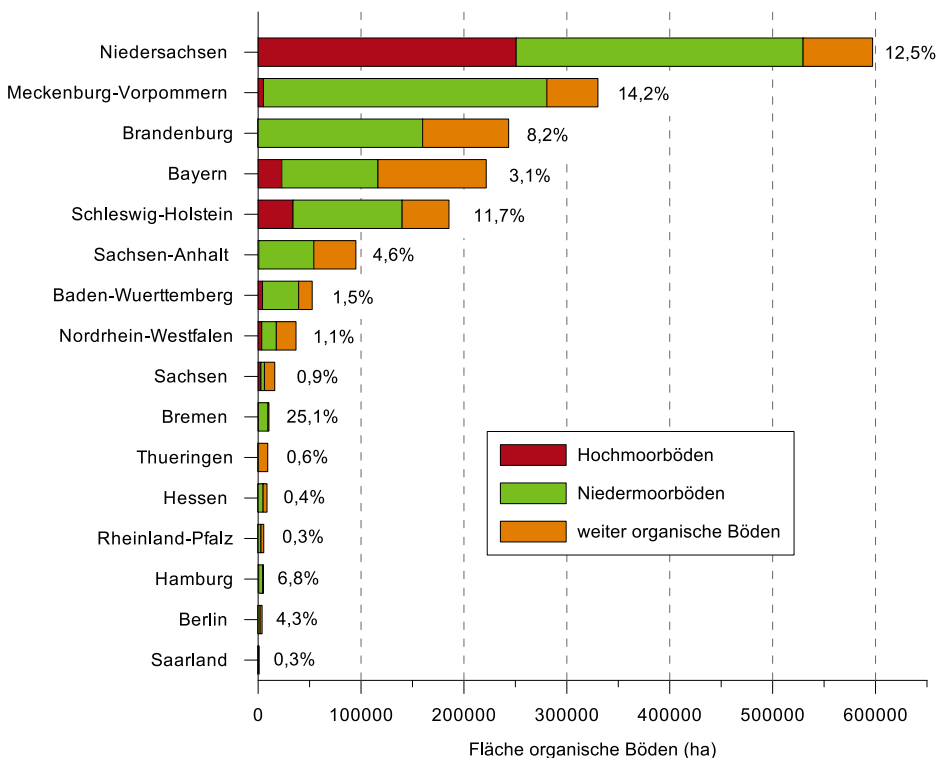
Der Entwurf des ANK enthält eine Reihe konkreter Flächenziele. Von 2023 bis 2030 sollen auf jährlich 10.000 ha neue Waldflächen etabliert werden. Bis 2030 sollen 200.000 ha Agrargehölze (im Entwurf des ANK werden genannt: Hecken, Knicks, Agroforstsysteme, Baumreihen oder Feldgehölze) und Streuobstflächen sowie 655.000 ha Extensivgrünland, Heiden etc. neu geschaffen werden, also insgesamt 855.000 ha. Aus Ackerland in extensives Grünland umgewandelt werden sollen 569.000 ha, und auch bei den Agrargehölzen ist davon auszugehen, dass die Neuanlage vor allem auf Ackerflächen erfolgen wird. Zu berücksichtigen ist, dass die Erhaltung und Schaffung von Dauergrünland als Futterfläche i. d. R. mit der Aufrechterhaltung oder dem Ausbau der Wiederkäuerhaltung einhergeht. Im Saldo der Flächennutzung und Tierhaltung überwiegen dann oft die Emissionen aus der Tierhaltung (Gocht et al., 2016). Die ebenfalls angestrebte Ausweitung des ökologischen Landbaus auf 30 % der LF würde auf Grundlage des LF-Umfangs im Jahr 2020 einen Flächenzuwachs von ca. 3.176.000 ha LF bedeuten, ausgehend von den derzeit knapp 11 % der LF mit ökologischem Landbau. In der endgültigen, im März 2023 beschlossenen Fassung des ANK stehen nur die genannten Flächenziele zur Etablierung neuer Waldflächen. Die anderen Flächenziele zu Agrargehölzen und zu Extensivgrünland etc. stehen nicht mehr in der Endfassung des Programms.

Moorbodenschutz

Eine ambitionierte Umsetzung der Wiedervernässung entwässerter Moorböden ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass Deutschland seine langfristigen Klimaschutzziele erreichen kann. Insoweit besteht bzgl. der Umsetzung von Moorbodenschutz angesichts der festgelegten Ziele für den LULUCF-Bereich wenig Gestaltungsspielraum. Trotz der sehr großen Flächenkulissen entwässerter Moorböden in Deutschland und der hohen Bedeutung für den Klimaschutz gibt es bisher noch keine ausreichend konkretisierten flächenbezogenen Ziele für den Moorbodenschutz und keine Strategie für eine umfassende Transformation der Moorbodennutzung. Im Folgenden werden die räumliche Verteilung organischer Böden, ihre Nutzung und Emissionen aus entwässerten organischen Böden erläutert.

Nach Emissionsberichterstattung umfassen Moor- und weitere organische Böden insgesamt 1,82 Mio. ha, was 5,1% der Fläche Deutschlands entspricht (Daten für 2020 aus der Emissionsinventar-Submission 2022, UBA, 2022b). Dabei machen Hochmoorböden 18%, Niedermoorböden 57% und weitere organische Böden („Anmoore“, d.h. alle organischen Böden, die nicht den Kriterien von Niedermoor- oder Hochmoorböden nach Bodenkundlicher Kartieranleitung KA5 entsprechen) 25% aus. Abbildung 25 zeigt die Verteilung der organischen Böden auf die Bundesländer. Niedersachsen ist das moorreichste Bundesland, wobei der prozentuale Anteil sowohl in Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Bremen als auch in Niedersachsen über 10% liegt. Daneben befindet sich ein Großteil (> 75%) aller Hochmoorböden in Niedersachsen.

Abbildung 25: Flächen der Hoch-, Nieder- und Anmoorböden in den Bundesländern nach Emissionsberichterstattung



Die Prozentzahl gibt den Anteil der Fläche organischer Böden an der Landesfläche an.

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der LULUCF-Emissionsberichterstattung des Thünen-Instituts, UBA (2022c).

Ein Großteil der organischen Böden in Deutschland wird für Land- und Forstwirtschaft genutzt (Tabelle 9). Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass diese Flächen ebenso wie Flächen in Siedlungsgebieten und im Torfabbau entwässert sind. Auf Grundlage der Wasserstandskarte von Bechtold et al. (2014) und wegen der Unschärfen des Basis-DLM wird derzeit angenommen, dass ein sehr geringer Anteil des Grünlands und des Waldes nicht entwässert ist (UBA, 2022a).

Tabelle 9: Landnutzung organischer Böden in Deutschland 2020

Landnutzungskategorie	Fläche (kha)	Fläche (%)
Wald	278	15,3
Acker	331	18,2
Grünland incl. Gehölze	974	53,4
Feuchtgebiete und Gewässer	130	7,2
Torfabbau	18	1,0
Siedlung	90	5,0
Summe	1.821	100,0

Fläche in %: Anteil der jeweiligen Landnutzungskategorie an der Gesamtkulisse organischer Böden.

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der LULUCF-Emissionsberichterstattung des Thünen-Instituts, UBA (2022b).

Flächenangaben für Acker und Grünland in der Emissionsberichterstattung beruhen auf dem ATKIS-BasisDLM©, dass eine Landbedeckung und somit die landwirtschaftliche Nutzfläche ausweist (LN). Aus diesem Grund ergeben sich Unterschiede zur in der Agrarstatistik erfassten, landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF).

„Feuchtgebiete“ umfassen auch ungenutzte Flächen, die aufgrund von Vornutzung, Entwässerung umliegender Gebiete oder unzureichender Wiedervernässung einen nicht naturnahen, d.h. zu trockenen Zustand aufweisen.

Derzeit kann nicht zwischen wiedervernässten und naturnahen Flächen unterschieden werden. Auf Basis der Wasserstandskarte wird hier davon ausgegangen, dass 12% der Flächen einen naturnahen hydrologischen Zustand aufweisen (UBA, 2022a). Da Emissionen naturnaher Flächen nicht anthropogen bedingt sind, werden diese nicht angerechnet.

Die jährlichen Emissionen aus Moorböden und anderen organischen Böden summieren sich im Jahr 2020 auf rund 53 Mio. t CO₂-eq (Tabelle 10). Davon entfallen 89% auf CO₂, 3% auf CH₄ und 8% auf N₂O. Dies entspricht 7,5% der gesamten deutschen THG-Emissionen auf 5,1% der Fläche Deutschlands bzw. 44% der Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft plus landwirtschaftlich genutzten Böden. Ohne eine substantielle Minderung der Emissionen aus entwässerten Moorböden und anderen organischen Böden können die Ziele der Bundes-Klimaschutzgesetzes für den LULUCF-Sektor und das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität ab 2045 nicht erreicht werden.

Tabelle 10: Treibhausgasemissionen aus organischen Böden in Deutschland 2020 (nach UBA, 2022b)

Landnutzungskategorie	THG	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
		– (Mio. t CO ₂ -eq yr ⁻¹) –		
Wald	3,1	2,7	0,03	0,36
Acker	13,2	11,3	0,13	1,71
Grünland	29,5	26,6	0,96	2,00
Feuchtgebiete	2,7	2,0	0,70	< 0,01
Torfabbau <i>on-site</i>	0,1	0,1	< 0,01	0,01
Torfabbau <i>off-site</i>	2,2	2,2	0	0
Siedlung	2,7	2,4	0,07	0,16
Summe	53,5	47,3	1,87	4,27

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der LULUCF-Emissionsberichterstattung des Thünen-Instituts, UBA (2022c).

3.7 Wasserschutz

Für die Flächenansprüche im Rahmen des Gewässerschutzes sind im Wesentlichen der europäische Rechtsrahmen und dessen Übersetzung in nationales Recht maßgeblich. Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) hat das Ziel, den „guten Zustand“ von Grund-, Oberflächen-, und Übergangsgewässern bis 2015, spätestens aber bis 2027 herzustellen, der anhand chemischer, ökologischer und mengenmäßiger Parameter bewertet wird. Sie bündelt dazu Einzelrichtlinien des europäischen Wasserrechts (vgl. Abbildung 26). Die WRRL wird durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) im deutschen Recht verankert, welches die Grundlage für die Gewässerbewirtschaftung bildet.

Ziel der Nitratrichtlinie ist die Reduzierung und Vorbeugung der Verunreinigung der Gewässer durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. Deutschland hat das gesamte Bundesgebiet als „gefährdetes Gebiet“ im Sinne der Nitratrichtlinie eingestuft und die Düngeverordnung (DüV) als Aktionsprogramm erlassen, um landwirtschaftlichen Betrieben eine rechtssichere Düngung zu ermöglichen und die Umwelt vor Nährstoffeinträgen zu schützen. Die DüV trägt zusammen mit der Düngemittelverordnung (und indirekt auch zusammen mit der Luftreinhaltepolitik), zur Erreichung der nährstoffbezogenen Wasserqualitätsziele in Grund- und Oberflächengewässern sowie in den Meeren bei.

Abbildung 26: Überblick zu bestehenden Regelungen im Politikfeld Wasser

Wesentliche Regelungen im Bereich der Wasserwirtschaft						
Ebene	Regelungen					
EU	Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)	Kommunale Abwasser-Richtlinie	Trinkwasser-Richtlinie	Nitrat-Richtlinie	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL)	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)
	Grundwasserrichtlinie (GWRL)	Industrieemissions-Richtlinie (IE-RL)				
	Umweltqualitätsnormenrichtlinie (UQN-RL)					
National	Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	WHG	Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	Düngegesetz (DüngG)	WHG	WHG
	Grundwasserverordnung (GrwV)	Abwasserabgabengesetz (AbwAG)		Düngeverordnung (DüV)		
	Oberflächengewässerverordnung (OGewV)	Abwasserverordnung (AbwV)				
	Anlagenverordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)					
Länder	Landesrecht (Gesetze/Verordnungen, Genehmigungen, Bescheide, Überwachung)					

Quelle: BMU und UBA (2017)

Aufgrund der mangelnden Umsetzung der Nitratrichtlinie (Europäischer Gerichtshof, 2018) hat die EU-Kommission von Deutschland in einem Vertragsverletzungsverfahren zusätzliche Maßnahmen in mit Nitrat belasteten bzw. eutrophierten Gebieten gefordert. Diese Gebiete werden seit 2021 nach Maßgabe der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV GeA) ausgewiesen. In der geltenden Kulisse wurden im Oktober 2022 rund 2 Mio. ha landwirtschaftlich genutzte Fläche als mit Nitrat belastet („rote Gebiete“) und etwa 2,2 Mio. ha als eutrophiert („gelbe Gebiete“) eingestuft. Zur Abgrenzung eutrophierter Gebiete wird die P-Belastung der Oberflächengewässer bewertet. Durch eine Neufassung der AVV GeA soll voraussichtlich noch dieses Jahr eine neue, noch unveröffentlichte, Gebietskulisse in Kraft treten. Es wird abgeschätzt, dass die Fläche in „roten Gebieten“ ab Ende 2022 um etwa 45 % auf etwa 2,9 Mio. ha zunimmt (BMEL, 2022). In dieser Kulisse umzusetzende zusätzliche Maßnahmen sind die Reduzierung der Stickstoffdüngung um 20 %, die Einhaltung der 170 kg N-Grenze auf jeder Einzelfläche sowie weitere Einschränkungen der Herbsdüngung. Letztere kann zu einem erhöhten Bedarf an Lagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger führen und damit wahrscheinlich zu geringfügigem zusätzlichem Flächenbedarf für die Lagerungseinrichtungen.

Darüber hinaus schreibt die DüV auch hangneigungsabhängige Mindestabstände zu Gewässern vor (vgl. § 5 DüV). Nach GIS-Auswertungen am Thünen-Institut für Ländliche Räume zur Ermittlung der Erfüllungskosten der DüV wurde das deutsche Landschaftsmodell (DLM) und ein hoch aufgelöstes Höhenmodell ausgewertet. Demnach liegen in Deutschland ca. 193.000 ha Grünland und 17.200 ha Sonderkulturen (Steillagen-Weinbau) auf Hanglagen von 15 % und darüber. Bei den Grünlandflächen dürfte es sich um extensive Weideflächen handeln, die i. d. R. wenig oder nicht gedüngt werden. Betroffen ist demnach vor allem der Steillagen-Weinbau. Flächen von Randstreifen an Gewässern beschränken sich dabei auf unter 10.000 ha.

Für Gewässerrandstreifen, die im Rahmen von Agrarumweltprogrammen angelegt werden, liegen derzeit keine Daten vor, sodass keine Aussagen zum Flächenanspruch getroffen werden können.

Eine Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes im Jahr 2020 sieht gemäß § 38a die dauerhafte Begrünung von fünf Metern Randstreifen an Gewässern auf Flächen ab 5 % Hangneigung vor. Für die Abschätzung der

Erfüllungskosten dieser Änderung wurde die von der Umwandlung von Acker- und Sonderkulturflächen betroffene Fläche auf Basis einer GIS-basierten Sonderauswertung des Julius Kühn-Instituts, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, abgeschätzt. Insgesamt müssen rund 19.500 ha neue, zu begrünende Randstreifen auf bisher als Ackerland oder Sonderkultur bewirtschafteten Flächen geschaffen werden. Für knapp 10.000 ha dieser Flächen gelten bereits oder ab 2022 zugleich auch Länderregelungen zur Schaffung von Gewässerrandstreifen.

Die Anforderungen an die Qualität (Genusstauglichkeit und Reinheit) und die Aufbereitung des Trinkwassers (bzw. Wassers für den menschlichen Gebrauch) sowie deren Überwachung sind in der Trinkwasserrichtlinie (98/83/EG) bzw. der deutschen Trinkwasserverordnung (TrinkwV) festgelegt. Grundlegende Anforderungen für die Ausweisung von Wasserschutzgebieten (inkl. Trinkwasser- und Heilquellen, WSG) sind in §51ff WHG bestimmt. Die Verantwortlichkeit für die Überwachung der Trinkwasserqualität und damit für die Ausweisung von WSG liegt bei den Ländern. WSG sind in der Regel zoniert, womit ein graduell stärkerer Schutz des Grundwassers an den Brunnen durch höhere Bewirtschaftungsauflagen sichergestellt werden soll. In Deutschland fallen rund 2 Mio. ha landwirtschaftlich genutzter Fläche in WSG, davon rund 2/3 Ackerland (inkl. Dauerkulturen) und 1/3 Grünland (Stand WSG-Kulisse: 2022).

Als Überschwemmungsgebiete werden Regionen bezeichnet, die „bei Hochwasser überschwemmt oder durchflossen oder die für Hochwasserentlastung oder Rückhaltung beansprucht werden“ (§ 1 Abs 1 Satz 1 WHG). Die vorliegenden Daten differenzieren dabei zwischen festzusetzenden Gebieten, die mittlerer Wahrscheinlichkeit nach alle 100 Jahre (HQ100) bzw. alle 20 Jahre (HQ20) überschwemmt werden. Darin liegen rund 420.000 ha HQ100-Flächen bzw. 390.000 ha HQ20-Flächen, die landwirtschaftlich genutzt werden. Nimmt die Häufigkeit und Dauer von Hochwassern mit dem Klimawandel zu, wird dies Einfluss auf das Schutzniveau bestehender Schutzvorrichtungen (z. B. Deiche, Polder) haben (LAWA und StMUV Bayern, 2020), wodurch zukünftig die Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen notwendig werden kann.

Der Klimawandel kann zukünftig zu regionalen und zeitlichen Veränderungen der Verfügbarkeit von Wasserressourcen, des landwirtschaftlichen Wasserbedarfs und zu Anpassungen im landwirtschaftlichen Wassermanagement führen. Das kann zur Folge haben, dass die flächengebundene landwirtschaftliche Pflanzenproduktion angepasst werden muss (z. B. durch Fruchtfolgen, Bodenbearbeitung, Humusaufbau ...), andererseits aber auch der Bewässerungsbedarf der Kulturen steigt. Im Extremfall ist denkbar, dass die landwirtschaftliche Produktion im Falle vermehrt auftretender Dürren bei gleichzeitigem Mangel an Bewässerungsmöglichkeiten in einigen Regionen nicht mehr rentabel fortgeführt werden kann. Dagegen könnte die Nutzung dieser Flächen zur Energieproduktion (Photovoltaik) in Zukunft eine Rolle spielen. Das Thünen-Institut beschäftigt sich derzeit in einigen Projekten mit Fragen der Bewässerung, beispielsweise im Projekt LAWAMAD sowie in einem Drittmittel-Projekt für das Land Hessen.

Fragen der Konkurrenz um Wasserressourcen, die indirekt mit Aspekten der Flächennutzung verbunden sind, werden durch den Klimawandel in Zukunft von zunehmender Bedeutung sein: Beispielsweise können landwirtschaftliche Flächen vermehrt für die Speicherung von Wasser (z. B. in Form von Wasserspeicherbecken für die Bewässerung), aber auch zum Schutz vor Hochwasserereignissen als Überschwemmungsflächen bzw. für Wasserrückhaltebecken, beansprucht werden. Seitens der Wasserwirtschaft könnte die Erschließung neuer Wassergewinnungsgebiete in Frage kommen, was zu konkurrierenden Flächenansprüchen führen kann. Wie hoch der zusätzliche Flächenbedarf für das Wassermanagement in der Landschaft in Zukunft sein wird, ist derzeit nicht absehbar. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Die vom BMUV veröffentlichte nationale Wasserstrategie (BMU, 2021) hat eine Anpassung der Wasserwirtschaft an die Klimakrise bis 2050 zum Ziel. Der Entwurf soll Anfang 2023 ins Kabinett gehen. Im Entwurf werden auch Maßnahmen genannt, die eine Änderung der Flächennutzung zur Folge haben können: u. a. der Schutz von Mooren, der Rückbau von Dränagen, die Renaturierung von Flussauen, die Errichtung von Wasserspeichern- und -Rückhaltebecken sowie die Vernetzung von Wasserversorgungsgebieten. Abschätzungen zum Flächenbedarf sind unseres Wissens nach bislang nicht vorgenommen worden.

3.8 Bodenschutz

Das Ordnungsrecht regelt den landwirtschaftlichen Bodenschutz in Deutschland primär über das BBodSchG, die BBodSchV und das BNatSchG. Die öffentlich-rechtlichen Anforderungen der guten fachlichen Praxis (gfP) der landwirtschaftlichen Bodennutzung werden in § 17 Abs. 2 BBodSchG sowie § 5 Abs. 2 BNatSchG definiert. Das Förderrecht gewährt Direktzahlungen der EU-Agrarförderung nur, wenn die EU-Grundanforderungen an die Betriebsführung und die Vorschriften zum guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (GLÖZ) beachtet werden (Cross-Compliance-Anforderungen). Die GLÖZ-Standards und die Anforderungen der gfP stehen rechtlich nebeneinander (LABO, 2014).

Der Koalitionsvertrag sieht eine Evaluierung des Bundesbodenschutzrechtes vor sowie eine Anpassung, um die Herausforderungen des Klimaschutzes, der Klimaanpassung und des Erhalts der Biodiversität besser zu berücksichtigen.

Im Rahmen der Bodenstrategie 2030 soll auch auf EU-Ebene ein Bodengesundheitsgesetz („Soil Health Law“) erarbeitet werden, mit dem Ziel, bis 2035 die Degradation von Böden in der EU zu stoppen. Derzeit werden Vorschläge von der Europäischen Kommission zur Ausarbeitung des Bodengesundheitsgesetzes im Rahmen einer „Soil Expert Group“ mit den Mitgliedsstaaten und weiteren Stakeholdern diskutiert. In der Diskussion ist eine Gestaltung angelehnt an die Wasserrahmenrichtlinie mit dem Ziel, eine nachhaltige Bodennutzung in den Mitgliedstaaten zu etablieren und degradierte und kontaminierte Böden zu restaurieren. Weitere wichtige Ziele sind die Vermeidung von weiteren Flächenversiegelungen und der Schutz von Moorböden. Darüber hinaus soll ein erweitertes Bodenmonitoring in allen Mitgliedsstaaten etabliert werden.

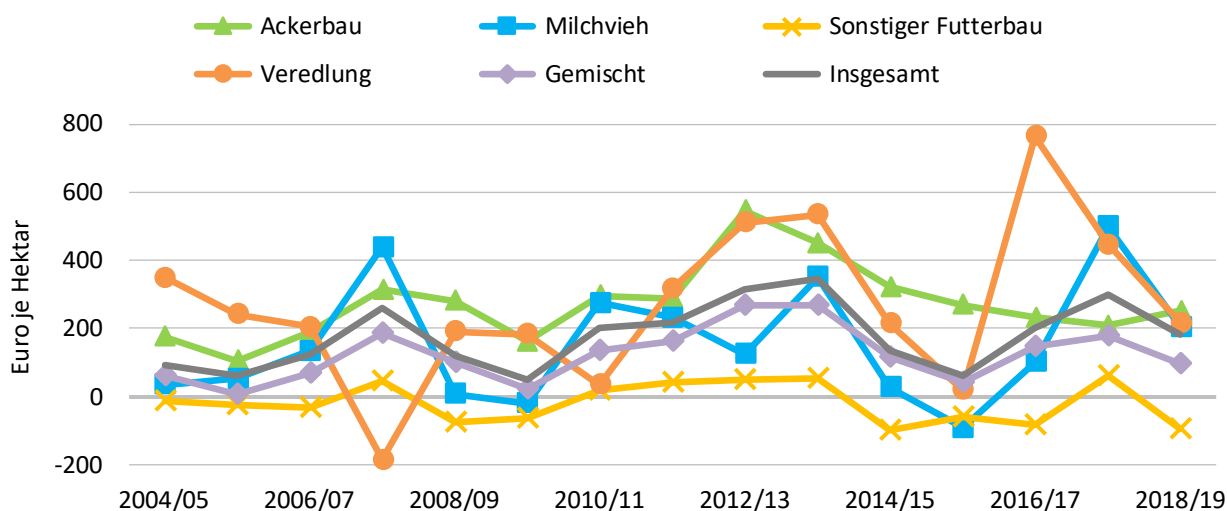
Inwieweit ein reformiertes BBodSchG und das Bodengesundheitsgesetz die Flächennutzung in Deutschland beeinflussen werden, ist derzeit noch nicht quantifizierbar.

4 Einzelbetriebliche Bewertung von Flächennutzungsoptionen

Die Grundrenten verschiedener Flächennutzungsoptionen haben Einfluss auf Flächennutzungsentscheidungen. In diesem Kapitel werden Grundrenten der landwirtschaftlichen Flächennutzung mit den Grundrenten verglichen, die durch große gewerbliche Biogasanlagen oder Freiflächen-PV erzielt werden können. Nach der ökonomischen Theorie spiegelt die Grundrente die maximale Zahlungsfähigkeit eines Betriebs für den Faktor Boden wider. Sie berechnet sich als Residualgröße aus dem landwirtschaftlichen Einkommen abzüglich der Nutzungs- bzw. Opportunitätskosten für die noch nicht entlohnten betriebs- oder familieneigenen Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital. Wird die Grundrente auf die Fläche bezogen, so ergibt sich aus theoretischer Sicht der maximale wirtschaftlich tragfähige Pachtpreis bzw. durch Kapitalisierung der maximal zahlbare Kaufpreis. Es ist anzumerken, dass es verschiedene methodische Ansätze zur Berechnung der Grundrente gibt, je nachdem, welcher Einkommensmaßstab und Flächenbezug angewendet wird und in welcher Form die nicht entlohnten familieneigenen Faktoren berücksichtigt werden (Sievers und Rust, 2015, S. 261; Balmann, 2015, S. 1; Tietz und Forstner, 2015, S. 10; Klare und Doll, 1996, S. 98).

Abbildung 27 zeigt zum einen, wie stark die durchschnittlichen Grundrenten in den einzelnen Betriebsformen im Zeitablauf schwanken. Zum anderen wird deutlich, dass es zwischen den Betriebsformen erhebliche Unterschiede in der Höhe der Grundrenten gibt. Während Ackerbau- und Veredlungsbetriebe im betrachteten Zeitraum durchschnittlich die höchsten Grundrenten erzielten (271 bzw. 267 € je ha im Durchschnitt der betrachteten 15 Jahre), sind sie bei den sonstigen Futterbaubetrieben am geringsten (-18 € je ha). Unter der Annahme, dass auf regionalen Boden- oder Pachtteilmärkten häufig Betriebe unterschiedlicher Produktionsausrichtung konkurrieren, ergeben sich allein hieraus betriebsindividuell unterschiedliche Zahlungsbereitschaften und Zahlungsfähigkeiten für Boden.

Abbildung 27: Durchschnittliche Grundrenten im Zeitablauf nach Betriebsform



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis des Testbetriebsnetzes Landwirtschaft.

Zudem lassen sich deutliche Skaleneffekte beobachten: mit zunehmender Betriebsgröße – in Bezug auf die Fläche oder Tierzahl – nimmt tendenziell auch die erwirtschaftete Grundrente der Betriebe zu (Klare und Doll, 1996).

Biogas

Vor allem große gewerbliche Biogasanlagen, die nachwachsende Rohstoffe als Substrat einsetzen, werden nicht im landwirtschaftlichen Testbetriebsnetz erfasst. Somit existieren keine Statistiken, aus denen die Grundrenten

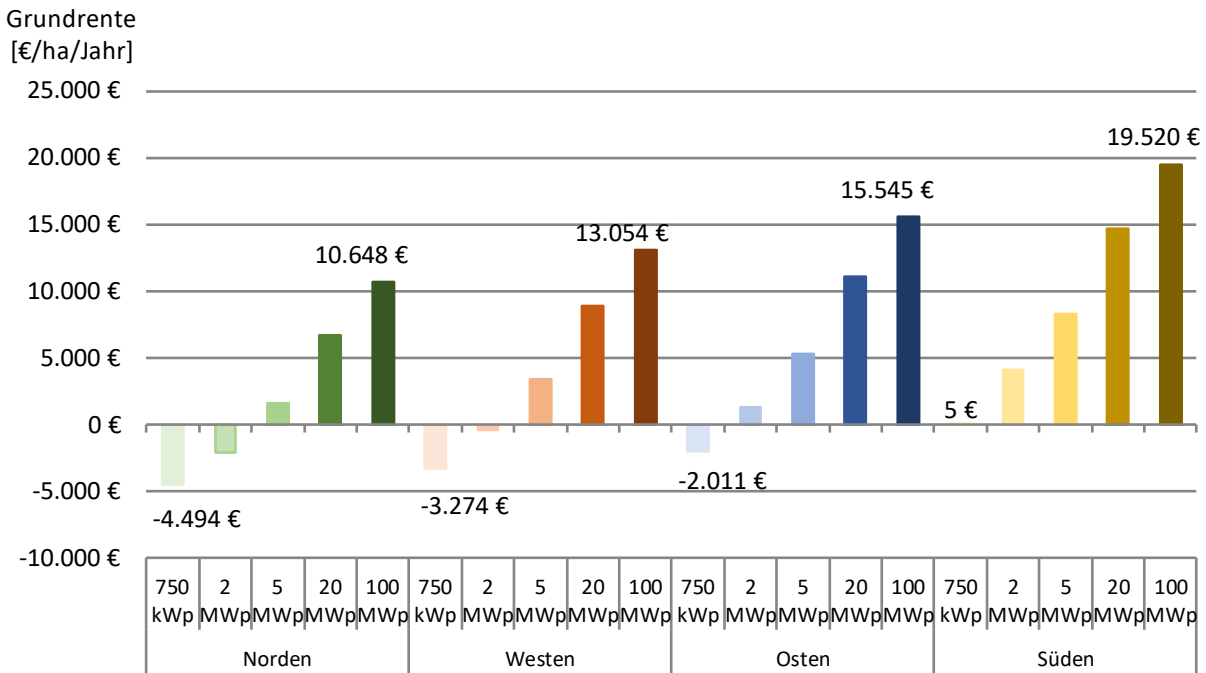
ermittelt werden können. Diese werden daher meist aus der maximalen Zahlungsbereitschaft bzw. dem Break-Even-Preis für Rohstoffe auf Basis typischer Modellanlagen abgeleitet. Die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen und die daraus resultierende Zahlungsbereitschaft für Gärsubstrate kann stark variieren und wird vor allem durch die jährliche Auslastung, die Wärmenutzung, den elektrischen Wirkungsgrad sowie den Managementfähigkeiten des Betriebsleiters bestimmt. Die daraus abgeleitete Grundrente hängt wiederum stark vom regionalen Biomasse-Ertragsniveau ab. In bisherigen Analysen werden Grundrenten typischer Biogasanlagen bei gutem Management in der Größenordnung von 500 bis 800 €/ha ausgewiesen (Gömann et al. 2013; de Witte 2012). Die Grundrenten von Substratanbau für Biogasanlagen liegen teilweise deutlich oberhalb der Grundrenten in der klassischen landwirtschaftlichen Produktion, so dass von einer vergleichsweise hohen Wettbewerbsfähigkeit der Biogaserzeugung am Flächenmarkt auszugehen ist (Berenz et al. 2008; Braun et al. 2010; Appel et al. 2016; Theuvsen et al. 2011).

Im Biogasmessprogramm III (FNR 2021) wurden 50 Biogasanlagen ökonomisch ausgewertet. Im Mittelwert der Stichprobe ergibt sich eine maximale Zahlungsbereitschaft für Rohstoffe von 0,11 €/kWh_{el}. Daraus ergibt sich bei einem Stromertrag von 425 kWh je t Maissilage eine maximale Zahlungsbereitschaft in Höhe von 48 €/t FM Maissilage. Dies impliziert bei einem Ertragsniveau von 40 t FM/ha und Vollkosten für den Silomaisanbau von 1.500 €/ha eine Grundrente in Höhe von 420 €/ha. Bei einem Ertragsniveau von 50 t FM/ha steigen die Vollkosten aufgrund des erhöhten Nährstoffbedarfs auf 1.580 €/ha, so dass sich die Grundrente auf 820 €/ha erhöht. Damit bestätigen sich auch auf Grundlage des Biogasmessprogramms die Größenordnungen der zuvor ermittelten Grundrenten.

Photovoltaik

Die Grundrenten von PV-Freiflächenanlagen sind sehr projektspezifisch. Je nach Standort unterscheidet sich die Globalstrahlung in Deutschland und auch die Anlagengröße führt zu einer hohen Varianz der Bodenrenten, da die Vergütungsmodelle nach dem EEG variieren können (feste Vergütung nach EEG oder EEG-Vergütung, die durch ein Ausschreibungsverfahren festgelegt wird). Aufgrund der hohen Stromgestehungskosten weisen die kleineren PV-Freiflächenanlagen zum Teil negative Grundrenten auf. Im gleichen Zusammenhang haben große und sehr große Anlagen hingegen sehr hohe Grundrenten von 10 bis 19 Tsd. €/ha/Jahr. Eine Ursache für die extremen Unterschiede sind die unterschiedlichen Stromgestehungskosten. Des Weiteren haben größere Anlagen einen geringeren relativen Flächenbedarf und können somit in Bezug auf die Anlagenfläche mehr Strom erzeugen. Dieser Effekt wird an sonnenreichen Standorten weiter verstärkt, weil hier die stärkere Globalstrahlung zu geringeren Stromgestehungskosten und höheren Stromerträgen führt. (Böhm et al. 2022a).

Abbildung 28: Grundrente von PV-Freiflächenanlagen



Quelle: (Böhm et al. 2022a)

Die hohen Grundrenten deuten bereits an, dass die zu zahlenden Pachtpreise die Rentabilität der Anlagen nur wenig beeinflussen. Eine Sensitivitätsanalyse anhand der unterstellten Pachtpreise zeigt, dass eine Preiserhöhung von 500 €/ha/Jahr nur zu einer Steigerung der Stromgestehungskosten von 1,2 % führt. Somit haben auch die Opportunitätskosten der Flächennutzung und somit die Bodengüte und Ertragsfähigkeit kaum eine Auswirkung auf die Rentabilität einer PV-Freiflächenanlage. Grundlegend bleibt festzuhalten, dass die zu erwirtschaftenden Grundrenten um ein Vielfaches höher sind als die in der Landwirtschaft zu erzielenden Grundrenten, wie sie in Abbildung 7 dargestellt worden sind. Somit ist zu erwarten, dass aufgrund der hohen Rentabilität Anlagen künftig auch auf wertvollen Ackerbaustandorten gebaut werden, obwohl der gleiche Stromertrag auch auf schwächeren Ackerbaustandorten zu erzielen wäre.

5 Synergien und Konflikte zwischen flächenbezogenen Zielen

5.1 Übersicht über die Kombinierbarkeit flächenbezogener Ziele

In Abbildung 29 werden Einschätzungen über Konflikte und Synergien in der Flächennutzung dargestellt. In den Zeilen sind verschiedene Flächennutzungen dargestellt, die bei Ausdehnung bzw. Ausbau zu Konflikten oder Synergien führen können. In den Spalten sind die von der Ausdehnung potentiell betroffenen Flächennutzungen und Vorranggebiete für Wasser- und Naturschutzzwecke dargestellt. Die Darstellung ist stark pauschaliert und berücksichtigt nicht die Bandbreite möglicher Einzelfälle und Situationen.

Abbildung 29: Einschätzung von Konflikten und Synergien bei Flächennutzungsänderungen

	Ackerland	Dauergrünland	Dauerkulturen	Wald	Siedlung	Gewässer	Konversionsflächen	Wasserschutz-/Über-schwemmungsgebiete	Naturschutzgebiete, Natura2000-Gebiete	Pufferflächen für Naturschutzgebiete	Moorböden
Ausdehnung/Ausbau von											
Siedlungs- und Verkehrsfläche	starker Konflikt	starker Konflikt	starker Konflikt	nicht zutreffend	nicht zutreffend	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	starker Konflikt	starker Konflikt	starker Konflikt	starker Konflikt
PV Freifläche / Gebäude	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	nicht zutreffend	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien
Agri-PV	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	nicht zutreffend	nicht zutreffend	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien
Windenergie	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich	nicht zutreffend	nicht zutreffend	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich
Stromtrassen	schwacher Konflikt	schwacher Konflikt	schwacher Konflikt	nicht zutreffend	nicht zutreffend	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	schwacher Konflikt	starker Konflikt	starker Konflikt	?
Ausgleichs- und Ersatzmaßn.	starker Konflikt	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien
Aufforstung	starker Konflikt	starker Konflikt	starker Konflikt	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend	kein Konflikt / Synergien	?	?	kein Konflikt / Synergien	starker Konflikt
Agrargehölze	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich	wenig Konflikte / Synergien möglich	nicht zutreffend	nicht zutreffend	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	?	?	kein Konflikt / Synergien	starker Konflikt
Wiedervernässung von Mooren	starker Konflikt	starker Konflikt	starker Konflikt	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien
Umwandlung Acker in Grünland	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien	kein Konflikt / Synergien

starker Konflikt

schwacher Konflikt

wenig Konflikte / Synergien möglich

kein Konflikt / Synergien

nicht zutreffend

?

Bewertung unsicher oder situationsabhängig

Nicht zutreffend sind z. B. Ausdehnung der Siedlungsfläche auf Siedlungsfläche aufgrund logischem Ausschluss, oder Ausdehnung von PV-Freifläche im Wald wegen ungeeigneter Kombination.

Quelle: Eigene Darstellung.

Ein Beispiel für Konflikte ist die Umwandlung von Landwirtschaftsflächen und Wald in Siedlungsflächen. Synergien ergeben sich z. B. beim Ausbau von Freiflächen-PV in Wasserschutzgebieten und auf Pufferstreifen an Schutzgebieten als Schutz vor dem Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Voraussetzung dafür ist, dass Freiflächen-PV-Anlagen entsprechend umweltschonend gepflegt werden. Eine wichtige Synergie bietet der PV-Ausbau auf Siedlungs- und Verkehrsflächen und auf Konversionsflächen (z. B. Dach-PV, PV als Überdachung von Parkplätzen und an Lärmschutzwänden etc., PV auf nicht genutzten Verkehrs-, Gewerbe-, Abbau- und Kippenflächen). Synergien können sich auch durch Moor-PV-Anlagen ergeben, wenn durch die Einnahmen aus dem Stromverkauf Nutzungsänderungen und Wiedervernässungen sowie finanzielle Einnahmen für Flächeneigentümer und Kommunen ermöglicht werden. Windenergie benötigt wenig Fläche und steht mit der

land- und forstwirtschaftlichen Flächennutzung nur wenig im Konflikt. Konflikte gibt es in der Nähe von Siedlungsflächen und mit Naturschutzziele. Stromtrassen sind für die landwirtschaftliche Nutzung kein relevantes Thema, für die Forstwirtschaft fallen die für Freileitungen notwendigen Schneisen und die für Erdkabel notwendige Freihaltung von tiefwurzelnder Vegetation ins Gewicht.

Bei Umwandlung landwirtschaftlicher Fläche und Extensivierung ist vor allem das Ackerland betroffen. Während Agrargehölze mit geringen Konflikten und vielen potentiellen Synergien in die Agrarlandschaft integriert werden können, ergeben sich durch Aufforstung und Wiedervernässung von Mooren deutlich größere Konflikte mit der landwirtschaftlichen Nutzung. Im Fall des Moorbodenschutzes sollen „nasse Flächennutzungen“ mit Paludikulturen als Alternative entwickelt werden. Der Ausbau von Moor-PV ist eine andere, wirtschaftlich noch vielversprechendere Alternative.

Die Umwandlung von Ackerland in Grünland erscheint in der Darstellung sehr vorteilhaft, allerdings ist zu fragen, ob das zusätzliche Grünland wirtschaftlich verwertet werden kann, und ob dies nicht zu einer Stabilisierung oder Erhöhung des Wiederkäuerbestandes führt, was aus Sicht des Klimaschutzes kritisch zu bewerten ist. Zur Nutzung von Pufferstreifen um Schutzgebiete, in Wasserschutzgebieten und an Gewässern könnten ohne wesentliche Konflikte auch Freiflächen-PV entstehen, die einen wichtigen Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland leisten würden.

Die Darstellung von Konversionsflächen als Flächennutzung, die ohne größere Konflikte für neue Flächenansprüche zur Verfügung steht, ist vermutlich zu optimistisch. Hinter dem Sammelbegriff Konversionsflächen stehen sehr unterschiedliche Vornutzungen (z. B. Truppenübungsplätze, Deponien, ehemaliges Abbauand, Brachflächen) und die Flächen dürften sehr unterschiedliche Eignungen für Nachnutzungen aufweisen. Außerdem gibt es bereits Flächenansprüche, die im politischen Raum angemeldet werden, beispielsweise im Entwurf des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz.

5.2 Flächennutzungen und Flächennutzungsänderungen mit klimawirksamem CO₂-Bindungspotenzial und ihre Synergien mit weiteren flächenbezogenen Zielen

Bei der Bewertung klimawirksamer CO₂-Bindungspotenziale von Flächennutzungen und Flächennutzungsänderungen sind die flächenbezogenen Gesamtpotenziale, die zeitliche Begrenzung und Reversibilität der Einbindung zu berücksichtigen. Ferner müssen die Gesamtwirkungen des Flächennutzungssystems auf die Treibhausgasemissionen und CO₂-Einbindungen betrachtet werden, also neben CO₂ auch die Methan- und Lachgasemissionen. Wenn es zur Aufgabe oder Extensivierung der land- oder forstwirtschaftlichen Produktion kommt, sind Verlagerungen der Produktion und die globalen Klimawirkungen zu berücksichtigen, dass es zu einer Erhöhung von Treibhausgasemissionen an anderen Orten kommen kann.

Die flächenbezogene Kohlenstofffestlegung erfolgt meist über längere Zeitspannen, ist bei den meisten Maßnahmen aber zeitlich begrenzt. Zur Erhaltung der erreichten Kohlenstoffspeicherung muss die jeweilige Maßnahme jedoch weiterhin umgesetzt werden. Wird die Kohlenstoffspeicherung gefördert, geht der Nutzen aus der jährlichen, zusätzliche Kohlenstofffestlegung bei diesen Maßnahmen langfristig gegen Null, während die mit der Maßnahme verbundenen Kosten weiterhin anfallen.

Die wichtigste Maßnahme für den LULUCF-Sektor in Deutschland ist die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder.. Die Erhaltung der Waldfläche ist eine zentrale Maßnahme für den Klimaschutz und für weitere, mit Wäldern verbundene Umweltziele.

Besonders geeignet ist auch die Maßnahme Agrargehölze; hier ist jedoch bei Neupflanzung mit dem Nachteil des Flächenverlustes für die landwirtschaftliche Produktion zu rechnen. Werden neue Agrargehölze als Wind- und Erosionsschutz in der Agrarlandschaft etabliert, können sich Synergien für die landwirtschaftliche Produktion ergeben. Die Mehrung von Grünlandflächen trägt zwar zu einer gewissen Erhöhung der Kohlenstoffpools bei, es stellt sich aber die Frage nach der Nutzung. Wird der Wiederkäuerbestand aufgestockt, können sich insgesamt

erhöhte Emissionen ergeben. Der Moorbodenschutz stellt keine Maßnahme zur CO₂-Einbindung, sondern zur Emissionsverminderung dar. Maßnahmen zum Moorbodenschutz und ihre Wirkungen werden im nachfolgenden Text unter der Tabelle näher erläutert.

Maßnahmen für den Erhalt oder die Erhöhung von Bodenkohlenstoff auf mineralischen Ackerböden sind aufgrund der oben genannten Herausforderungen deutlich schwieriger langfristig auf den Flächen umzusetzen. Eine Zusammenstellung und Bewertung dieser Maßnahmen sind unter anderem bei Don et al. (2016) oder Wüstemann et al (2023) zu finden.

Moorbodenschutz

Der Moorbodenschutz weist sehr hohe Klimaschutzpotentiale auf, in erster Linie durch die Vermeidung von Treibhausgasemissionen aus entwässerten Moorböden. Die Herstellung eines natürlichen Wasserstands bildet die Grundlage für den Moorbodenschutz, weil durch die vollständige Vernässung Torf erhalten wird, der unter Bedingungen der Entwässerung fortlaufend mineralisiert und zu hohen Treibhausgasemissionen führt. Durch Vollvernässung werden vor allem die hohen Treibhausgasemissionen durch Entwässerung vermieden. Die Einbindung von CO₂ spielt demgegenüber bzgl. der Emissionswirkung eine untergeordnete Rolle. Allerdings ermöglichen wachsende Moore als einzige natürliche Klimaschutzmaßnahme eine über Jahrhunderte fortlaufende Kohlenstoffeinbindung.

Entwässerte Moorböden und andere organische Böden sind ein Hotspot besonders hoher, flächenbezogener Emissionen, mit bis über 40 t CO₂-Äqu. pro ha und Jahr, die in Abhängigkeit von der Mächtigkeit des Torfkörpers über sehr lange Zeiträume Emissionen verursachen. Aufgrund des „Hotspot-Charakters“ der Moorböden spielen Verlagerungseffekte eine untergeordnete Rolle, wenn es darum geht, die Wasserverhältnisse und die Flächennutzung auf Moorböden mit dem Ziel des Klimaschutzes zu verändern.

Unter „Wiedervernässung“ wird die Wiederherstellung eines vorherigen Zustands und daher die Herstellung naturnaher hydrologischer Verhältnisse verstanden. Dies ist Voraussetzung für eine mögliche Entwicklung hin zu einem naturnahen Ökosystem oder auch einer Paludikultur. Eine „Vollvernässung“ umfasst sowohl eine „klassische“ naturschutzorientierte Wiedervernässung als auch eine „nasse Nutzung“ von Paludikulturen, z. B. zur Produktion von Schilf, Rohrkolben oder Torfmoosen. Eine Vollvernässung bietet viele Synergien mit Natur- und Wasserschutzzielen. Die Fortsetzung einer landwirtschaftlichen, „trockenen“ Nutzung von Acker- oder Grünlandflächen ist bei Vollvernässung nicht möglich.

Eine Synthese internationaler Daten hat gezeigt, dass sich wiedervernässte Moore bei vergleichbaren Moorwasserständen im Mittel wie naturnahe Moore verhalten (Wilson et al., 2016). Auch eine Zusammenstellung deutscher Daten zeigt, dass bei mittleren Wasserständen zwischen 10 cm unter und 10 cm über Flur CO₂-Aufnahmen von rund -0,4 t C ha⁻¹ yr⁻¹ und Gesamt-THG-Emissionen von rund 5,5 t CO₂-eq. ha⁻¹ yr⁻¹ auftreten (siehe Tiemeyer et al., 2020, beruhend auf 29 Messvarianten). Dabei ist zu berücksichtigen, dass zum einem häufig aufgrund von Topographie, Bodeneigenschaften etc. nicht von optimalen Bedingungen in einem gesamten Gebiet auszugehen ist und dass bisher wenige Versuche unternommen wurden, vormals sehr intensiv genutzte Standorte in einen naturnahen Zustand zurückzuführen. Auf Projektgebietsebene ist daher mittelfristig nicht von dermaßen niedrigen Emissionen auszugehen.

Methanemissionen als Folge einer Wiedervernässung sind häufig in der Diskussion. Zur Minderung des Risikos von hohen Methanemissionen ist insbesondere die Vermeidung eines Überstaus im Sommer mit frischer Sedimentbildung durch absterbende Vegetation zu nennen. Daher sollte Vegetation vor der Vernässung entfernt und ggf. sogar ein flacher Oberbodenabtrag durchgeführt werden, wenn dieser z.B. zum Dammbau genutzt werden kann. Allerdings sollte der Überstau kleinerer Flächen in Kauf genommen werden, damit andere Teilflächen nass genug sind. Lachgas tritt bei Vollvernässung nicht auf.

5.3 Weitere Beispiele für Synergien zwischen flächenbezogenen Zielen

Agroforstsysteme

Agroforstsysteme sind aufgrund der Vielfalt der Ausprägungen und der Kombinationsmöglichkeiten mit Ackerbau, Grünlandwirtschaft und Tierhaltung besonders für Synergien zwischen flächenbezogenen Zielen geeignet. Agroforstsysteme können mit einer Vielzahl an Ökosystemleistungen verbunden sein (Panterea et al. 2021, van Noordwijk 2021), während eine landwirtschaftliche Nutzung der Fläche weiterhin möglich ist.

Agrarholz mit schnellwachsenden Bäumen für die Energiegewinnung (z. B. Kurzumtriebsplantagen (KUP) oder Alley Cropping) kann bei entsprechender Anlage, insbesondere in ausgeräumten Agrarlandschaften, zur Bereicherung der strukturellen Vielfalt und anderer Lebensraumressourcen (u. a. Rückzugs- und Nahrungshabitats) und damit zur Biodiversität beitragen. Allerdings können Agrarholzsysteme negative Auswirkungen haben, wenn sie z. B. auf organischen Böden zu einer verstärkten Verdunstung und damit Entwässerung führen. Auch wirken sich Gehölze prinzipiell auf etliche Vogelarten der Offenlandschaft negativ aus (z. B. Feldlerche, Kiebitz, Brachvogel; aber auch Feldhamster). Es existieren viele Studien (Mupepele et al. 2021, Dauber et al. 2018, Torralba et al. 2016) zur Biodiversität in Agrarholzbeständen, die deshalb zu unterschiedlichen Bewertungen von Agrarholz im Hinblick auf dessen naturschutzfachliche, allgemein biodiversitätsfördernde, oder funktionelle Bedeutung kommen. Dies ist der Komplexität des Themas und der Vielgestaltigkeit von Agrarholz geschuldet. Eine Etablierung von Agrarholz kann nur unter Beachtung wichtiger Grundsätze zu einer Förderung der Biodiversität beitragen. Eine rein auf Ertragsmaximierung ausgerichtete Produktion von Agrarholz hingegen kann zu einem weiteren Verlust an Biodiversität führen bzw. eine Anlage am aus landschaftsplanerischer Sicht „falschen“ Standort. Um auf der Landschaftsskala Synergiepotenziale von Agrarholz, im Hinblick auf die Förderung von struktureller Heterogenität, von Pufferfunktionen und Biotopverbundfunktionen für die Biodiversität, effizient mit Zielen des Klimaschutzes und der Pestizidminderung zu nutzen, sowie Erosionsschutz, Wasserrückhalt in der Landschaft fördern, ist die eine betriebsübergreifende Planung auf Landschaftsskala und die Umsetzung regional ausgestalteter kooperativer Maßnahmen zu fördern. Gemäß GAPDZV § 17 Abs. 4 können Flächen von der Förderung von Agroforstsystemen ausgenommen werden um besonderen regionalen Gegebenheiten des Naturschutzes Rechnung zu tragen.

Mehrjährige Produktionssysteme mit nachwachsenden Rohstoffen

Die strategische Einrichtung mehrjähriger Produktionssysteme mit nachwachsenden Rohstoffen, z. B. Biomasseanbau mit perennierenden Kulturen in Agrarlandschaften kann helfen, die Biodiversitäts- und Umweltauswirkungen der Pflanzenproduktion abzumildern (Dauber et al. 2010), Biomasse für die Erreichung von Energie- und Klimazielen zu liefern sowie zur Erreichung von Zielen bezüglich der Pestizidminimierung, der Reduzierung des Düngemiteleinsatzes, der Sequestrierung von Kohlenstoff und der Bodengesundheit beizutragen. Konzeptionelle Ansätze für eine solche integrative Landnutzung (Dauber et al. 2016) sowie Untersuchungen und Bewertungsmethoden zur Abschätzung des Potenzials für einen solchen Landnutzungswandel in Europa liegen vor (Schröder et al. 2018; Von Cossel et al. 2019; Englund et al. 2020; Clifton-Brown et al. 2023).

Freiflächen-PV

Solarenergie Freiflächenanlagen (FPV) haben den Vorteil, dass während der Betriebsdauer von 30 bis 40 Jahren der Boden geschont wird und Bodenfunktionen erhalten bleiben, da die Versiegelung niedrig ist, die Fläche bewachsen ist, keine Düngung oder Bodenbearbeitung erfolgen, aber eine Zweitnutzung als Mahd- oder Weidefläche möglich ist – der Boden kann sich regenerieren (AEE 2010a). Auf intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen kann daher unter Umständen eine ökologische Aufwertung erreicht werden (Herden et al. 2009, AEE 2010b). Aufgrund der hohen Flächeninanspruchnahme (Koldrack et al. 2014) und der Einzäunung von

Freiflächenanlagen ist diese Umweltwirkung unter Berücksichtigung von Flächenkonkurrenz und Flächenzerschneidung zu bewerten.

FreiflächenPV-Anlagen können sich in vielfältiger Weise, sowohl positiv als auch negativ, auf Biodiversität auswirken. Zu den Einflussfaktoren zählen direkte Mortalität von Organismen durch Kollisionen, Habitatverlust und -fragmentierung, mikroklimatische Veränderungen und Störungen durch Bau, Wartung sowie stoffliche Verschmutzungen (Gasparatos et al. 2017) – jeweils abhängig von Typ, Größe und Management der FPV-Anlage (Taylor et al. 2019). Insbesondere die Veränderungen des Mikroklimas unter und zwischen den PV-Modulen ist relevant für die Entwicklung der Vegetation sowie der Habitatqualität für Arthropoden im Boden und in der Vegetation. Armstrong et al. (2016) fanden deutliche jahres- und tageszeitliche Unterschiede des Mikroklimas in der Luft und im Boden unter und zwischen PV-Modulen. Im Sommer waren die Temperatur unter den PV-Modulen um bis zu 5,2°C kühler und es war trockener, im Winter waren es in den Zwischenräumen bis zu 1,7°C kühler. Bedingt durch Unterschiede im Mikroklima sowie im Management, sind Artenreichtum und Biomasse der Vegetation unter den PV-Modulen geringer als in den Zwischenräumen (Armstrong et al. 2016). Aufgrund der geringeren Störungen und dem fehlenden Umbruch des Bodens werden die PV-Streifen eine ähnlich positive Wirkung auf die Arthropoden haben wie Insektenwälle oder „beetle banks“, in welchen räuberische Arthropoden überwintern, um im Frühjahr wieder in den angrenzenden Acker einzuwandern (<https://gameconservancy.de/projekt/beetlebanks/>, MacLeod et al. 2004).

In Abhängigkeit von der Ausprägung der Vegetation und des Blühangebots in den PV-Streifen kann von einer positiven Wirkung auf die natürliche Schädlingskontrolle in den angrenzenden Ackerstreifen ausgegangen werden (Collins et al. 2002, Jeanneret et al. 2016, Albrecht et al. 2020). Diese positiven ökologischen Effekte und Synergien mit den Zielen zum Ausbau erneuerbarer Energien können durch biodiversitätsfördernde Maßnahmen, z. B. Ansaat von Blühmischungen, extensive Beweidung oder Anlage von Saumbiotopen ökologisch aufgewertet werden (Montag et al. 2016, Taylor et al. 2019; Günnewig et al. 2022; Ammermann et al., 2022).

Kulissen des Umwelt- und Naturschutzes

Betrachtet man die Überlagerung der Flächenbedarfe des Umwelt- und Naturschutzes, die bereits jetzt an die Landwirtschaft gestellt werden, so bestehen auf 6,75 Mio. ha, oder 36 % der Fläche, besondere Ansprüche aus Sicht des Naturschutzes (Schutzstufen 1-3 oder mehr in Tabelle 11), des Grundwasserschutzes („rote Gebiete“ und Wasserschutzgebiete), des Schutzes von Oberflächengewässern bzw. des Klimaschutzes (Moorgebiete). Von diesen 6,75 Mio. ha entfallen 4,18 Mio. ha auf Ackerland und intensive Kulturen und 2,57 Mio. ha auf Grünland im engeren Sinne (s. Tabelle 11). Nur auf 20 % dieser Fläche (1,33 Mio. ha) überlagern sich mindestens zwei dieser Nutzungsansprüche (z. B. Wasserschutzgebiete und Naturschutzgebiete auf der gleichen Fläche), d. h. entsprechende Änderungen in der Landnutzung können einen gezielten Beitrag in Hinblick auf mehrere Ziele leisten, bzw. bei einer Änderung der Landnutzung sollten die Auswirkungen auf mehrere Ziele berücksichtigt werden.

Tabelle 11: Betroffenheit der landwirtschaftlichen Flächennutzung von verschiedenen Kulissen des biotischen und abiotischen Ressourcenschutzes (in 1.000 ha)

Anzahl Flächen-kulissen	Ackerland und intensive Kulturen	Grünland i. e. S.	Landwirtschaft (gesamt)
Keine	8.625	3.489	12.114
1	3.602	1.818	5.420
2	545	644	1.190
3 oder mehr	38	103	140

1) zur Definition vgl. Tabelle 6.

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Großteil der Fläche ist nur mit einer Schutzkulisse belegt. Von diesen 5,42 Mio. ha entfallen 29 % auf die „roten Gebiete“ (1,57 Mio. ha), 28 % auf die Wasserschutzgebiete (1,50 Mio. ha), 23 % auf die verschiedenen Schutzkategorien des Naturschutzrechtes (1,23 Mio. ha), 14 % auf organische Böden (0,78 Mio. ha) sowie 6 % auf ausgewiesene Überschwemmungsgebiete (0,34 Mio. ha).

Auch zwischen den Bundesländern bestehen erhebliche Unterschiede in der Betroffenheit durch die oben genannten Kulissen (s. Tabelle 12).

Tabelle 12: Betroffenheit der landwirtschaftlichen Flächennutzung von verschiedenen Kulissen des biotischen und abiotischen Ressourcenschutzes nach Bundesländern

	Grünland i. e. S.		Ackerland & intensive Kulturen		Insgesamt
	in Kulissen	in % der	in Kulissen	in % der	
	(in 1'000 ha)	Referenzfläche	(in 1'000 ha)	Referenzfläche	
Schleswig Holstein & Hamburg	186	50%	132	17%	28%
Niedersachsen & Bremen	553	57%	930	48%	51%
Nordrhein-Westfalen	184	35%	387	33%	34%
Hessen	177	50%	267	47%	48%
Rheinland-Pfalz	67	20%	171	33%	28%
Baden-Württemberg	285	43%	379	39%	40%
Bayern	314	23%	539	24%	24%
Saarland	16	28%	10	26%	28%
Berlin & Brandenburg	241	70%	324	30%	40%
Mecklenburg-Vorpommern	266	70%	493	45%	51%
Sachsen	78	31%	200	28%	29%
Sachsen-Anhalt	115	52%	169	16%	22%
Thüringen	83	37%	185	28%	30%
Summe	2'565	42%	4'185	33%	36%

Quelle: Eigene Darstellung.

So liegt in Berlin und Brandenburg sowie in Mecklenburg-Vorpommern 70 % des Grünlandes in den genannten Kulissen, während dieser Anteil in Rheinland-Pfalz nur 20 % bzw. in Bayern 23 % beträgt. Tendenziell ist der Anteil des Ackerlandes in den Kulissen etwas geringer. Die räumliche Verteilung der Betroffenheit durch die Kulissen unterscheidet sich allerdings auch in Hinblick auf das Ackerland deutlich, so liegen in Schleswig-Holstein und Hamburg bzw. Sachsen-Anhalt lediglich 16 % bzw. 17 % in den Kulissen. Dem gegenüber liegen die entsprechenden Anteile in Niedersachsen und Bremen, Hessen und Mecklenburg-Vorpommern jeweils deutlich über 40 %.

Naturschutz

Hinsichtlich der Ansprüche des Naturschutzes ist festzuhalten, dass bzgl. der streng geschützten Gebiete und deren Erhaltungszustand eine segregative Betrachtung nach Schutz- und Produktionsfläche angezeigt ist. In anderen Kulissen ist eine landwirtschaftliche Nutzung möglich und eine extensive Nutzung häufig erwünscht, so dass eine integrative Betrachtung unter Berücksichtigung der Förderung von Ökosystemfunktionen für die landwirtschaftliche Produktion durch die Verfolgung naturschutzfachlicher Zielsetzungen sinnvoll ist. Dennoch

bedingt ein Verzicht bei der Produktionsfunktion und eine Präferenzierung anderer Funktionen häufig Kosten auf Ebene des Betriebes. Flächenansprüche und Ziele der landwirtschaftlichen Produktion und des Naturschutzes sollten aber grundlegend nicht getrennt voneinander betrachtet werden, sondern mögliche synergistische Zusammenhänge einkalkuliert werden. Als Beispiel sei hier die Anbaudiversifizierung und Einbindung des Leguminosenanbaus genannt, die zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit, Reduzierung von Pflanzenkrankheiten, Förderung von Nützlingen und in Folge u.a. zu einer Reduzierung des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel und Düngemittel beitragen kann.

Allerdings zeigen einige Studien auch, dass solche positiven Wirkungen der Anbaudiversifizierung, insbesondere auf Nützlinge, nur dann voll wirksam werden, wenn auch die Struktur der die jeweiligen Produktionsflächen umgebenden Landschaft so gestaltet ist, dass diese Nützlinge zur Entwicklung ausreichend großer Populationen Rückzugs- und Reproduktionshabitate sowie ausreichend Nahrung finden, auch in Zeiten, in denen die Pflanzenschädlinge noch nicht in den Kulturen auftauchen. Die Bereitstellung von 10 % der landwirtschaftlichen Flächen als „Landschaftselemente mit großer biologischer Vielfalt“, welche die 4 % „nichtproduktiver Ackerfläche“ (GLÖZ 8) beinhalten, kann eine kritische Infrastruktur für Nützlinge bereitstellen, damit diese ihre regulierenden Leistungen in den Produktionsflächen erbringen können.

Ähnliche Beispiele von Synergiepfaden lassen sich auch für Bodenfruchtbarkeit, Erosionsschutz und Bestäubung darstellen, auch im Nexus mit der Erreichung von Klimazielen. Auf diesen Flächen werden somit Ökosystemfunktionen gefördert, die produktionsunterstützend wirken und einen Beitrag zur langfristigen Leistungsfähigkeit der Produktionssysteme leisten können. Eine transformative Vision zur wirksamen Wiederherstellung der biologischen Vielfalt in der Landwirtschaft wird in der aktuellen Studie von Sietz et al. (2022) aufgezeigt. Es werden transformative Ansätze in der Landwirtschaft erläutert, mittels derer die Biodiversität in Agrarlandschaften erhöht und gleichzeitig eine ausreichende Nahrungsmittelproduktion zu gewährleisten wäre. Die Transformationspfade sind auf die Charakteristika von Agrarlandschaftssystemen zugeschnitten und zeigen konkrete Schritte für jeweils angepasste landwirtschaftliche Produktionssysteme auf, welche sich an agrarökologischen Prinzipien orientieren.

Ökolandbau

Der Ökolandbau soll bis 2026 von 1,3 Mio. ha auf 2,1 Mio. ha zunehmen bei einem Fördervolumen von max. 582 Mio. € pro Jahr (Bundesregierung 2022a). Der Ökolandbau ist mit einer Reihe von Funktionen für Umwelt und Gesellschaft verbunden (Sanders und Heß 2019), die genutzt werden können, um Flächenkonkurrenzen zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Umweltschutzziele zu reduzieren. Dies gilt bspw. für die ökologische Flächenbewirtschaftung in Wasserschutzgebieten aufgrund meist geringerer Nährstoffüberschüsse (ebd.) des ökologischen Landbaus und dem Verbot der Ausbringung chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel. Da die Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffüberschüssen auch Ziele der Farm-to-Fork- und Biodiversitätsstrategie sind, kann der Ökolandbau Lösungsansätze bieten. Dies gilt ebenfalls für die Anbaudiversifizierung inkl. Leguminosenanbau der Ackerbaustrategie. Weitere Maßnahmen im Bereich der konventionellen Landwirtschaft sind notwendig, um z. B. diffuse Einträge von Pflanzenschutzmitteln in die Umwelt zu vermindern, aber auch die landwirtschaftliche Produktionsfähigkeit z. B. durch Erhalt der Bodenfruchtbarkeit oder Klimaanpassung zu steigern (vgl. auch Sanders und Heß 2019).

Die in der Biodiversitäts- und Farm-to-Fork-Strategie der EU für 2030 definierte Zielsetzungen der Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln und der Reduzierung von Nährstoffüberschüssen können mit Flächennutzungsansprüchen des Gewässerschutzes, des Moorschutzes, des Biodiversitäts- und Klimaschutzes kombiniert werden.

Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen

Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen (PIK) ermöglichen eine Fortführung landwirtschaftlicher Nutzung, bei der die Bewirtschafter vertraglich verpflichtet werden, Maßnahmen zum Ausgleich bzw. Ersatz von Eingriffen in Natur und Landschaft aufgrund eines anlassgebenden Bauvorhabens durchzuführen. Damit kann verhindert werden, dass Landwirtschaftsfläche zu Kompensationszwecken umgenutzt wird. Neben den Kompensationsverpflichtungen nach der Eingriffsregelung können potenziell Erfordernisse aus Natura 2000 und dem besonderen Artenschutz multifunktional auf ein und derselben Fläche erfüllt werden. Ein hoher administrativer Aufwand, die geringe Bereitschaft von Bewirtschaftern zu langfristigen vertraglichen Bindungen sowie eine uneinheitliche Bewertung von PIK auf Seiten des Naturschutzes scheinen eine Verbreitung der PIK in größerem Maßstab zu erschweren (vgl. Tietz et al., 2012). Quantitative Daten zur Umsetzung von PIK in Deutschland liegen – wie für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen insgesamt – nicht vor.

Fazit zu Synergien und Konflikte in der Flächennutzung

Flächenkonkurrenzen können tendenziell vermindert werden, wenn eine synergetische Verknüpfung von Zielen und Flächenansprüchen auf Ebene der Politik, Administration und landwirtschaftlichen Flächennutzung berücksichtigt werden. Dies kann geschehen durch:

- Strategische, ressortübergreifende Politikplanung (Bsp. Strategieplanentwicklung – SWOT, Bedarf, Ziele, Maßnahmen) für das gesamte Themengebiet der landwirtschaftlichen Flächennutzung unter Darlegung positiver und negativer Wechselwirkung von Zielen und Maßnahmen.
- Entwicklung regional angepasster Zielbilder unter Berücksichtigung regionaler Problemlagen (z. B. Nitrat-belastete Gebiete nach Düngerecht) bzw. Potentiale (z. B. Vorkommen von Landschaftsstrukturelementen) und Berücksichtigung in planerischen Prozessen (vgl. Regionalplanung).
- Kooperative Umsetzung von Zielen und Maßnahmen auf Landschaftsebene innerhalb des Sektors (z. B. Kooperative Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen) als auch zwischen den Sektoren (z. B. Agri-PV) bzw. entlang von Wertschöpfungsketten (z. B. Wasserschutzbrot).
- Für Wasser- und Naturschutzgebiete, in denen die landwirtschaftliche Nutzung durch Auflagen zu Düngung und Pflanzenschutz eingeschränkt ist, weist der ökologische Landbau viele Synergien und weniger Konflikte mit den Schutzziele auf.

Auch wenn diese Ansätze dazu beitragen können, Flächennutzungskonkurrenzen abzumildern, darf dies nicht die Illusion beflügeln, als ließen sie sich dadurch tatsächlich auflösen. Fläche ist eine grundsätzlich nicht vermehrbare Ressource, deren Bewirtschaftung an allererster Stelle einen schonenden Umgang mit Flächenansprüchen voraussetzt.

6 Erwartete zukünftige Entwicklungen der Flächennutzungen

In diesem Abschnitt wird zunächst aus den Trendanalysen in Kapitel 2 eine Einschätzung abgegeben, wie sich die Entwicklungen der Flächennutzung bis zum Jahr 2030 fortsetzen werden. Anschließend werden zusätzliche, neue Flächenansprüche zusammenfassend dargestellt, die sich auf Grundlage der Analysen von politischen Programmen und Zielen in Kapitel 3 ergeben. Dabei werden auch Entwicklungen beschrieben, die über 2030 hinausgehen.

6.1 Trendfortschreibung der Flächennutzungsentwicklung

In Tabelle 13 werden zwei mögliche Entwicklungspfade von 2022 bis 2030 dargestellt, die aus den Änderungen in der Vergangenheit (vgl.

Tabelle 1) abgeleitet wurden und sich nur in der Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr unterscheiden, mit (a) 55 und (b) 45 ha pro Tag. Zusätzliche Flächenansprüche aufgrund der in Kapitel 3 beschriebenen politischen Ziele, Strategien und Programme sind in den dargestellten Entwicklungspfaden noch nicht berücksichtigt. Die Variante (a) entspricht der Fortschreibung des Durchschnitts der SuV-Zunahme 2017-2020 in Tabelle 4 ohne die Wirkungen des Bündnisses „Bezahlbarer Wohnraum“. Variante (b) entspricht einer linearen Absenkung der Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr bis zum Jahr 2030 auf 30 ha pro Tag.

Der Flächenrückgang der Landwirtschaftsfläche (LN) und der sonstigen Flächen (Abbauland, Unland, vegetationslose Flächen und Gewässer) wird aus der Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr und für Wald und Gehölze abgeleitet. Die Verteilung der Flächenrückgänge zwischen LN und sonstigen Flächen wird aus dem Verhältnis im Mittel der Jahre 2000 bis 2021 abgeleitet. Der Rückgang der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) wird anhand der Relation zwischen dem Rückgang der LF und der LN im Mittel der Jahre 2000 bis 2021 berechnet. Bis 2030 ist im Szenario (a) mit einem LF-Flächenverlust von gut 130.000 ha zu rechnen, im Szenario (b) sind es ca. 120.000 ha. Beim Wald einschließlich Gehölzen wird vereinfachend von einer konstanten Zunahme unabhängig von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und Ersatzaufforstungen ausgegangen.

Tabelle 13: Entwicklungspfade für die Flächennutzung bis 2030 in Abhängigkeit von der Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr (Angaben in Hektar)

(a)	Änderung pro Tag	Änderung pro Jahr	Änderung 2023 bis 2030
Siedlungs- und Verkehrsfläche	55	19.900	159.200
Wald und Gehölze	60	21.900	175.200
Landwirtschaftsfläche	-84	-30.675	-245.398
andere ¹⁾	-30	-11.125	-89.002
LF	-45	-16.414	-131.315
(b)			
Siedlungs- und Verkehrsfläche	45	16.315	130.522
Wald und Gehölze	60	21.900	175.200
Landwirtschaftsfläche	-77	-28.044	-224.353
andere ¹⁾	-28	-10.171	-81.369
LF	-41	-15.007	-120.054

1) andere Flächen umfassen Abbauland (Halden, Bergbaubetrieb, Tagebau, Grube, Steinbruch), Unland, vegetationslose Flächen und Gewässer.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Trendeinschätzungen nach Daten des Statistisches Bundesamts (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung sowie Bodennutzung der Betriebe - Landwirtschaftlich genutzte Flächen - Fachserie 3 Reihe 3.1.2., sowie den Analysen im Kapitel 2 und 3 dieser Studie.

6.2 Übersicht über die durch neue Politiken und Programme induzierten Flächenbedarfe

In Tabelle 14 werden entsprechend der vorherigen Tabelle die Veränderungen der Flächennutzung in Deutschland bis 2030 unter Berücksichtigung der Summe von Flächenansprüchen unterschiedlicher politischer Strategien und Programme abgeschätzt. Dafür werden die Ziele des Bündnisses „Bezahlbarer Wohnraum“ (siehe Tabelle 4, Trendfortschreibung plus Bündnis "Bezahlbarer Wohnraum"), der Ausbaupfade für PV und Windenergie und des Entwurfs für das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) zugrunde gelegt. Die Flächenansprüche für „neue Agrargehölze“ als Teil des ANK werden in vollem Umfang als zusätzlicher Flächenanspruch ausgewiesen. Neue Agrargehölzflächen sind allerdings bereits in der Kategorie „Wald und Gehölze“ enthalten, es kann daher auch Überschneidungen mit der angenommenen Trendentwicklung geben. Einige Flächenansprüche sind noch nicht ausreichend definiert. Maßnahmen, die zu einer Extensivierung der Flächennutzung führen, und Maßnahmen zur Mehrung des Dauergrünlands sind hier nicht abgebildet (vgl. Kap.

3.2, 3.5 und 3.6). Bei Eintreten der getroffenen Annahmen bis zum Jahr 2030 sind Rückgänge der LF von über 100 ha pro Tag zu erwarten.

Tabelle 14: Potentielle Auswirkungen zusätzlicher Flächenansprüche für bezahlbaren Wohnraum, für die Energiewende und für den natürlichen Klimaschutz auf die Entwicklung der Flächennutzung bis 2030 (Angaben in Hektar)

	Änderung pro Tag	Änderung pro Jahr	Änderung 2023 bis 2030
Siedlungs- und Verkehrsfläche	75	27.400	219.200
Wald und Gehölze	60	21.900	175.200
Ausbau Freiflächen-PV	36	13.038	104.300
Ausbau Windenergie	4	1.475	11.800
Neue Agrargehölze	68	25.000	200.000
Wiedervernässung von Mooren	34	12.500	100.000
Summe der Flächenneuanspruchen	278	101.313	810.500
Landwirtschaftsfläche	-204	-74.348	-594.783
andere Flächennutzungen	-74	-26.965	-215.717
LF	-109	-39.784	-318.274

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Trendeschätzungen nach Daten des Statistisches Bundesamts (Destatis), verschiedene Jahrgänge. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung sowie Bodennutzung der Betriebe - Landwirtschaftlich genutzte Flächen - Fachserie 3 Reihe 3.1.2., sowie den Analysen im Kapitel 2 und 3 dieser Studie.

Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sind die große Unbekannte in der Betrachtung der aktuellen Flächennutzungsansprüche in Deutschland. Bei Flächenneuanspruchnahme für Siedlung und Verkehr, Ausbau von Windenergie, Freiflächen-PV und Energieübertragungsnetzen werden Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen flächenwirksam. Mangels Daten zu diesen Maßnahmen lassen sich die Flächenansprüche nicht quantifizieren⁸. Sie können aber die Summe der zusätzlichen Flächenansprüche in relevantem Umfang erhöhen, insbesondere durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für neue Siedlungs- und Verkehrsfläche und für Windenergieanlagen. Im Falle der Betrachtung von Flächennutzungsänderungen in der Vergangenheit sind Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in den erfassten Flächendaten enthalten. Es ist davon auszugehen, dass ein (nicht genau bekannter) Anteil der Flächenneuanspruchnahme für Wald und Gehölze auf Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zurückzuführen ist. Produktionsintegrierte Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen (PIK) wie Blühstreifen oder Extensivgrünland finden dagegen auf Flächen statt, die weiterhin der Landwirtschaftsfläche zuzuordnen sind. Auch wenn mit ihnen eine Abnahme der landwirtschaftlichen Flächenproduktivität einhergeht, sind PIK nicht mit Flächennutzungsänderungen im Sinne dieses Berichts verbunden. Für den Ausbau der Freiflächenphotovoltaik auf Ackerflächen dürfte der zusätzliche Bedarf an Ausgleichsflächen sehr gering sein, da Ackerflächen meist mit keinem oder nur geringem Biotopwert bewertet sind und abgesehen vom Landschaftsbild die Eingriffe in den Naturhaushalt eher gering sind (vgl. u. a. StMB, 2021a i. V. m. StMB 2021 b, S. 25).

Im EEG 2023 werden aktuell die in Tabelle 15 dargestellten Ausbauziele bis 2040 festgelegt. Daraus lassen sich Flächenansprüche bis 2040 ableiten. Wie ersichtlich wird, ist ein starker Zubau von Windkraft und Solaranlagen politisch vorgesehen, wohingegen die energetische Nutzung von Biomasse konstant gehalten werden soll.

⁸ Fülhbier (2017) hat die Anwendung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung bei Windenergieanlagen untersucht und merkt in ihrem Fazit an: „Neben einer kaum möglichen, sauberen Abgrenzung von Ausgleich und Ersatz bei Eingriffen in das Landschaftsbild und offenen Fragen im Hinblick auf den räumlich-funktionalen Zusammenhang konkreter Maßnahmen kommt die Betrachtung der Landesregelungen zur Ersatzgeldzahlung oftmals einem Stochern im Ungewissen gleich.“ (Fülhbier 2017, S. 802).

Tabelle 15: Ausbauziele EEG 2023

Energieform	Ziel Ausbau bis 2040 [GW / GWp]	01.01.2022 installierte Leistung [GW / GWp]	Annahme Anteil Installation auf Freifläche [%]	Geschätzter Flächenbedarf gesamt [ha]
Windenergieanlagen	160	55,6+7,7*	81**	14.900
Solaranlagen	400	56,3	50	280.000
Biomasseanlagen	8,4*	8,5	-	?

Anmerkung: *Windenergieanlagen Offshore; ** nach dem Windenergie auf-See-Gesetzes sollen bis 2030 30 GWp auf der See installiert werden.

Quelle: Eigene Berechnungen, SMARD (2023), EEG 2023.

Weitere, künftig noch zunehmende Flächenansprüche werden durch den Moorbodenschutz entstehen. Moorböden umfassen etwa 1,8 Mio. ha Fläche in Deutschland, und über 90 % dieser Flächen sind entwässert und müssen soweit möglich wiedervernässt werden, um die Klimaschutzziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes zu erreichen.

7 Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen

Im Folgenden fassen wir die wesentlichen Schlussfolgerungen aus den Kapiteln 2 bis 5 zusammen und formulieren, unter Berücksichtigung des Kapitels 6, anschließend darauf aufbauend Empfehlungen zur nachhaltigen und zielorientierten Flächennutzung für Deutschland sowie Möglichkeiten, durch weitere Forschungsarbeiten die Analysen zur Flächennutzung zu vertiefen.

Schlussfolgerungen auf Basis der einzelnen Kapitel:

- In den letzten Jahrzehnten ging in Deutschland sowohl die **Landwirtschaftsfläche** (LN) als auch die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) kontinuierlich zurück (Kap. 2). Die Abnahme geht mit einer Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie von Waldfläche einher. Letzteres trägt insbesondere zur Umsetzung der ambitionierten Klimaschutzziele im LULUCF-Bereich bei. Eine Fortführung der bestehenden Trends bedingt die stetige Abnahme der landwirtschaftlichen Flächen bei zunehmenden Nutzungsansprüchen.
- Die Abnahme der LF ist in der Vergangenheit deutlich geringer ausgefallen als die Abnahme der LN. Die **Steigerung der Getreideerträge** konnte in der Vergangenheit die Rückgänge an Anbaufläche mehr als kompensieren. Diese Aussage gilt allerdings nur für eine langfristige Betrachtung von den 1990er Jahren bis 2020. Seit dem Jahr 2000 schwanken die Getreideerträge stärker und die Ertragszuwächse fallen deutlich geringer aus. Die Erzeugungsmenge ist in Deutschland im langjährigen Mittel zuletzt kaum noch gestiegen. Dies bedeutet aber nicht, dass von einer Gefährdung der Nahrungsversorgung in Deutschland gesprochen werden kann, da aktuell große Anteile der Ackerflächen für die Erzeugung von Futtermitteln und nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt werden. Über ein verändertes Konsumverhalten hin zu einem Rückgang des **Fleischkonsums** hat Deutschland – in Krisenzeiten ggf. auch kurzfristig – große Spielräume, um die **Versorgungssicherheit** zu gewährleisten.
- Beim Schutz der Ackerböden vor Umwidmung und Verschlechterung geht es um die Bewahrung einer langfristig für die Nahrungsmittelerzeugung benötigten, natürlichen Ressource. Es muss abgewogen werden, welche **globale Verantwortung** Deutschland hat, fruchtbare Ackerflächen für die Nahrungsproduktion einzusetzen und entsprechend zu schützen. Vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Nachhaltigkeitsziele, die auf den Schutz der Böden abzielen, und der Verringerung der weltweit pro Kopf zur Verfügung stehenden Anbauflächen hat Deutschland eine Verantwortung und sollte im Umgang mit der Ressource Boden eine Vorbildfunktion einnehmen. Dies gilt unabhängig davon, ob eine langsam voranschreitende Umwidmung bisher landwirtschaftlich genutzter Böden zu einer unmittelbaren Gefährdung der nationalen Nahrungsversorgung führt.
- Die für **Wohnungs- und Industriebau** bis 2030 benötigte Fläche von (je nach Szenario in Kap. 3.1) 87.200 bis 220.800 ha kann in Teilen durch das vorhandene Innenentwicklungspotenzial von mindestens 99.000 ha abgedeckt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Bebauungsdichte erhöht wird. Die Innenentwicklung ist mit verschiedenen Hemmnissen konfrontiert, die der Mobilisierung dieses Flächenpotenzials entgegenstehen. Länder und Gemeinden könnten von einer besseren Unterstützung vonseiten des Bundes profitieren, um beispielsweise eigentumsrechtlichen Hemmnissen oder spekulativer Bevorratung der Flächeneigentümer entgegenzuwirken, sowie um Abrisskosten, Altlastenrisiken oder andere Lasten problematischer Lagen besser tragen zu können. Berücksichtigt werden sollten zudem verstärkt die Klimaeffekte der Nutzung bzw. Instandsetzung bestehender Gebäude und Bauflächen gegenüber der Flächenneuausweisung und dem Neubau.
- Die **Flächenneuinanspruchnahme für Verkehrsflächen** nimmt im Zuge des verringerten Zuwachses an Siedlungsflächen ab, da auch der Bedarf für weitere Erschließungsstraßen zurückgeht. Die für Projekte des Bundesverkehrswegeplans 2030 erwartete Neuinanspruchnahme von 2,98 ha pro Tag könnte durch einen stärkeren Fokus auf den Ausbau von Bahntrassen und die Instandhaltung von Straßenbrücken sowie einen

geringeren Umfang des Straßenneu- und -ausbaus deutlich gesenkt werden. Zu dieser Inanspruchnahme kommen Flächen für naturschutzrechtliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen noch hinzu.

- Auf Grundlage der geplanten flächenbezogenen Förderungen der Umstellung auf **ökologische Bewirtschaftung** und deren Beibehaltung in der zweiten Säule der Gemeinsamen EU-Agrarpolitik in Deutschland ist eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus auf ca. 15 % der LF zu erwarten. Ein weiterer Flächenzuwachs ist ohne Umstellungsförderung nicht zu erwarten, dafür wären Aufstockungen des Förderbudgets notwendig. Eine weitere Umstellung von knapp 10 % der LF entspricht einer Fläche von 1,6 Mio. ha LF. Wenn der in der Vergangenheit beobachtete Anteil von Ackerflächen an der ökologisch bewirtschafteten Fläche von 50 % bestehen bleibt, würden ca. 0,8 Mio. ha Ackerland umgestellt (s. Kap. 3.2). Der Ökologische Landbau stellt eine gute Option dafür dar, Synergien zwischen landwirtschaftlicher Produktion, Biodiversitäts- und Bodenschutz sowie Wasserqualitätszielen zu adressieren und zu realisieren.
- Die Anreicherung der Landschaft mit Gehölzpflanzungen (**Agroforst**) kann bei entsprechender Ausgestaltung die Klimaresilienz landwirtschaftlicher Produktionssysteme erhöhen, Habitate bereitstellen und die Erosion auf potentiell gefährdeten Flächen vermindern. Im Vergleich zu einer flächigen Bestockung mit Gehölzen sind die Verwendungsmöglichkeiten jedoch meist eingeschränkt, bzw. die Produktionskosten höher, da es keine selbstständige Astreinigung im Bestand für die Wertholzproduktion gibt. Daraus folgt, dass bei der Etablierung solcher Systeme die zuerst genannten Aspekte prioritär sind und die Höhe der monetären Inwertsetzung der Biomasse nachgelagert behandelt werden sollte (vgl. Diskussion um die Sinnhaftigkeit der Nutzung von Biomasse als Energieträger) (s. Kap. 3.2 und 5.3).
- Die **Waldfläche** in Deutschland hat sich in der jüngeren Vergangenheit kontinuierlich positiv entwickelt. Substanzieller Flächenverlust ist auf die Neuinanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsfläche zurückzuführen, der jedoch regelmäßig durch Ersatzaufforstungen ausgeglichen wird, i.d.R. auf Agrarflächen. Darüber hinaus wird Erstaufforstung zwar auch staatlich gefördert, diese Förderung wird aber von den Flächeneignern kaum in Anspruch genommen. Deutlich größere Waldflächenzugewinne gehen nicht auf solche Förderung, sondern beispielsweise auf Sukzessionen zurück. Der Bau von Windkraftanlagen ist bisher keine relevante Einflussgröße für die Entwicklung der Waldfläche und dies wird voraussichtlich auch in Zukunft so bleiben (s. Kap. 2.3 und 3.3).
- Werden alte Waldbestände gerodet, gehen hohe **Kohlenstoffvorräte** verloren. Durch Aufforstung können diese Kohlenstoffverluste auch über Dekaden hinweg nicht kompensiert werden, da der C-Vorratsaufbau über sehr lange Zeiträume erfolgt. Andererseits führt eine solche Verjüngung des Waldes zu einem höheren laufenden Zuwachs, d.h. zu einer höheren jährlichen Kohlenstoffaufnahme aus der Atmosphäre und zu geringeren Risiken.
- Für die Waldwirtschaft sind daher nicht Flächenverluste, sondern politische Ziele zur **Extensivierung und Stilllegung** relevant, die mit dem Ziel des Schutzes der Biodiversität in Verbindung mit „**natürlichem Klimaschutz**“ verfolgt werden. Je nach Umsetzung der Ziele der EU-Biodiversitätsstrategie und des Aktionsprogramms natürlicher Klimaschutz könnte künftig die produktive Nutzung von Wäldern erheblich eingeschränkt werden. Für den Klimaschutz kann sich bei der Stilllegung ausgewählter Wälder und gleichbleibender Holznachfrage ein Nullsummenspiel ergeben, wenn andere Wälder in Deutschland intensiver genutzt werden oder mehr Holz importiert wird. Bei Holzimporten aus nicht nachhaltiger Waldbewirtschaftung können sich sogar insgesamt negative Klimawirkungen ergeben (sog. **Leakage**). Wenn der „natürliche Klimaschutz“ Teil einer schlüssigen Gesamtstrategie für den Klimaschutz werden soll, müsste die produktive Entwicklung und Nutzung der nicht für Extensivierung und Stilllegung vorgesehenen Wälder mit den Effekten der Extensivierung abgeglichen und zudem Holzimporte und Holznutzung stärkere Berücksichtigung finden.
- Gegenwärtig werden gut 2,3 Mio. ha LF (14 % der gesamten LF) für den Anbau von **Biomasse für die Energieproduktion** genutzt. Davon entfallen über 2,0 Mio. ha auf Ackerland (s. Kap. 2.3). Zudem wird im Schnitt der letzten Jahre ungefähr 10 Mio. m³ Holz eingeschlagen, das ausschließlich energetisch verwertet wird (BMEL, 2022). Dies entspricht ungefähr einem Achtel des Gesamteinschlages in Deutschland. Die

Nutzung von **Biomasse** zur **Energiegewinnung** schneidet jedoch in Hinblick auf die Flächeneffizienz (in GWh nutzbare Energie je ha) um 10er Potenzen schlechter ab als **Windkraft oder die Photovoltaik**. Der Stromertrag je ha Produktionsfläche ist bspw. für Photovoltaik 28-fach höher als für Biogas aus Silomais. Der Stromertrag aus Windenergieanlagen ist noch einmal um das 26-fache höher. Weiterhin sind vor allem für die Stromerzeugung die Energiegestehungskosten aus Biomasse in der Regel deutlich höher als bei Wind- oder Photovoltaik-Strom. Somit ist die bisherige Förderung und Nutzung von Anbaubiomasse zur Energieerzeugung häufig sehr ineffizient hinsichtlich der Landnutzung.

- Vor dem Hintergrund der vergleichsweise ineffizienten Flächennutzung durch die energetische Verwertung von **Anbau-Biomasse** ist davon auszugehen, dass der künftige Flächenbedarf für die Erzeugung von **Photovoltaik- und Windstrom** selbst bei der erwarteten Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrsfläche, sowie zunehmender Flächenansprüche für den Arten- und Biotopschutz gewährleistet werden kann, ohne den bisherigen Versorgungsstand mit Nahrungsmitteln zu gefährden (Isermeyer, 2022). Voraussetzung dafür ist jedoch ein entsprechender sukzessiver Rückgang der bisher ineffizienten Bioenergieerzeugung auf Ackerflächen (s. Kap. 2.3 und 3.4).
- Mit **Windkraftanlagen und Freiflächen-Photovoltaik** lassen sich auch ohne Förderung aus dem EEG Bodenrenten erzielen, die i.d.R. weit oberhalb der Werte liegen die in der Land- und Forstwirtschaft zu erzielen sind. Die Steuerung des Ausbaus wird daher künftig immer weniger über das EEG möglich sein. Gerade in Hinblick auf **Freiflächen-Photovoltaik** ist zu bedenken, dass es hier im Gegensatz zu Windkraftanlagen kaum Möglichkeiten zur Steuerung des Zubaus auf überörtlicher Ebene gibt (kommunale Planungshoheit). Die Ausgestaltung kann dann nur über das Genehmigungsrecht und ggf. durch Regeln für den Netzanschluss und die Förderung von Anschlüssen gesteuert werden. Hier besteht aus unserer Sicht politischer Handlungsbedarf.
- Eine besonders flächensparende Synergie bietet der PV-Ausbau auf Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie auf Konversionsflächen. Der Ausbau von **Dach- und Gebäude-PV**, PV als Überdachung von Parkplätzen und an Schallschutzwänden etc., oder auf nicht genutzten Verkehrs-, Gewerbe-, Abbau- und Kippenflächen sollte über das Bau- und Energierecht besonders gefördert werden. Dach-PV hat aufgrund der höheren Kosten und der kleinteiligen Investitionen gegenüber Freiflächen-PV Nachteile. Daher ist zu erwarten, dass Freiflächen-PV eine wichtige Rolle für den angestrebten, schnellen PV-Ausbau spielen wird.
- **Agri-Photovoltaik** ermöglicht eine Doppelnutzung der Fläche. Dies kann den Bedarf an landwirtschaftlicher Fläche für die Stromproduktion reduzieren. Da die visuell beeinflusste Fläche aber deutlich größer ist und die Stromgestehungskosten zum Teil deutlich höher sind als bei Photovoltaik-Freiflächenanlagen, kann keine klare Empfehlung für diese Technologie ausgesprochen werden (s. Kap. 3.4).
- In Hinblick auf den Umfang und die Qualität von **Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen** kann die Datengrundlage nur als schlecht beurteilt werden (s. Kap.3.1). Hier ist dringend der Aufbau von zentralen Katastern notwendig. Dies gilt umso mehr als diese Maßnahmen nennenswert zur Erfüllung von Verpflichtungen auf europäischer Ebene beitragen können (vgl. das Ziel der Biodiversitätsstrategie der EU: 10 % nicht-produktive Elemente in der Agrarlandschaft). Um gleiche Voraussetzungen zu schaffen, sollten die bundeseinheitlichen Regelungen zu Ausgleichsflächen und Ersatzmaßnahmen für alle Bundesländer verpflichtend vereinheitlicht werden.
- Für die Versorgung mit nicht-fossilem Kohlenstoff benötigt allein die **chemische Industrie** in Deutschland ca. 18 Mio. t p.a. Dies entspricht einem theoretischen Flächenanspruch von 4-5 Mio. ha (s. Kap. 2.3).
- **Wasser-, Boden-, Natur- und Klimaschutz** stellen auf gut einem Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche besondere Ansprüche an die Landwirtschaft. Flächenmäßig relevant sind insbesondere Anforderungen an das Nährstoffmanagement in den Roten Gebieten und Trinkwasserschutzgebieten (hier zusätzlich auch PSM-Management) (s. Kap. 3.7), Anforderungen des Naturschutzes für den Erhalt von Arten und Lebensräumen (s. Kap. 3.5) sowie die Wiedervernässung von organischen Böden (Kap. 5). Hierbei können Flächenkonkurrenzen

tendenziell vermindert werden, wenn eine synergetische Verknüpfung von Zielen und Flächenansprüchen auf Ebene der Politik, Administration und landwirtschaftlichen Flächennutzung berücksichtigt wird (s. Kap. 5.3).

- Die **Biodiversitäts- und Farm to Fork-Strategie** können je nach Umsetzung zu einer erheblichen Reduktion des Produktionspotentials führen (s. Kap. 3.5). Allerdings bestehen zwischen verschiedenen möglichen Ausgestaltungsoptionen erhebliche Unterschiede in den Konsequenzen. Bei der Ausgestaltung sollten Synergien zwischen den Zielen des Gewässer-, Klima- und Biodiversitätsschutz sowie den Ausbauzielen des ökologischen Landbaus genutzt werden (s. Kap. 5.3).

Übergreifende Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Politik

- Die Abwägung und Steuerung der verschiedenen Flächenansprüche, ohne dabei das Tempo der Energiewende und der Transformation in Richtung einer nachhaltigeren und klimafreundlicheren Landnutzung zu bremsen, ist eine große Herausforderung für die Politik. Hierfür ist eine Ziel-übergreifende Landnutzungspolitik zu entwickeln.
- Die zunehmenden Nutzungsansprüche bei der fortschreitenden Reduktion der Gesamtfläche für landwirtschaftliche Produktion erfordern in Zukunft eine zunehmende Abwägung und Steuerung der verschiedenen Flächenansprüche sowie mehr Effizienz und Priorisierung in der Landnutzungspolitik. Die diversen politischen **Steuerungsinstrumente** des Förder-, Ordnungs-, Planungs- und Genehmigungsrechtes sollten dabei genutzt werden, um Synergien zu erschließen. Voraussetzung für eine solche Effizienz in der Landnutzungspolitik ist eine vorgeschaltete Abwägung, und z.T. Priorisierung, der unterschiedlichen Ansprüche über die Sektorgrenzen hinaus. Der Markt allein wird nicht in der Lage sein, eine effiziente Abwägung der verschiedenen Ziele zu gewährleisten und Synergiepotentiale bei der Umsetzung zu heben. Dabei darf das Tempo der Energiewende und der Transformation in Richtung einer nachhaltigeren und klimafreundlicheren Landnutzung jedoch nicht gebremst werden. Um die Umsetzung zu beschleunigen, kann z. B. mit spezifischen Vorrang- und Ausschlussgebieten sowie regionsspezifischen Planungshilfen („Musterlösungen“) gearbeitet werden.
- Ohne eine abgestimmte **Priorisierung der Ziele** und politische Steuerung werden zukünftig verschiedene Fördermaßnahmen verstärkt um die verfügbare Fläche konkurrieren und zu unnötig hohen Kosten für die öffentliche Hand führen. Für die Agrarpolitik mit ihrer nahezu flächendeckenden Förderung der LF bedeutet dies, dass Praktiken, die den priorisierten Zielen entgegenwirken, keine Förderung mehr erhalten sollten.
- Der hohe Flächenbedarf für **Wohnungs- und Industriebau** könnte teilweise durch das vorhandene Innenentwicklungspotenzial gedeckt werden, wenn bisherige Hemmnisse, wie z. B. hohe Planungs- und Grundstückskosten sowie eigentumsrechtliche Hürden im Siedlungsinnenbereich, reduziert werden können. Dies kann unterstützt werden durch Förderprogramme für Innenentwicklung und Nachverdichtung.
- In Hinblick auf die Ziele zum Ausbau des **ökologischen Landbaus** ist kritisch zu prüfen, was mit diesem Ziel primär erreicht werden soll. Stehen Aspekte des abiotischen und biotischen Ressourcenschutzes im Zentrum der Überlegungen, wäre die gesteuerte Konzentration in besonders sensible Gebiete (Trinkwasserschutzgebiete, Natura-2000-Gebiete etc.) eine Option, Synergien zu realisieren. Ähnliches gilt für die Ziele der Reduktion des Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes. Hier stellt sich die Frage, ob der weitere Ausbau in Regionen und in Schutzgebieten mit entsprechender Problemlage konzentriert werden sollte.
- Auch bzgl. weiterer Forderungen an die Ausgestaltung der landwirtschaftlichen Flächennutzung – wie z.B. **Erhöhung der Kulturartenvielfalt** oder **Ausdehnung des Leguminosenanbaus, Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutz- und Düngemitteln** – ist die Nutzung von Synergien möglich und durch die gezielte Adressierung regionaler Problemlagen (z.B. Erosionsgefährdung) bzw. Potentialflächen (z.B. Schutzgebiete) können Flächennutzungskonkurrenzen aufgelöst werden.
- Da die Nutzung von **Anbau-Biomasse zur Energieerzeugung** in Hinblick auf die Flächennutzung vergleichsweise ineffizient ist, empfehlen wir die energetische Nutzung von Anbau-Biomasse und ihre Förderung zugunsten flächeneffizienterer Alternativen wie z.B. Photovoltaik und Windkraft zu reduzieren.

- **Synergien** zwischen den unterschiedlichen Flächennutzungsansprüchen können vor allem im Zusammenhang mit der **Photovoltaik**-Stromerzeugung auf Ackerflächen und für die Biodiversität unbedeutenden Grünlandflächen realisiert werden. Beispielsweise könnten die erforderlichen Flächen bei entsprechender Ausgestaltung der Anlagen gleichzeitig als Flächen zur Aufwertung des Wertes für die Biodiversität oder zur Wiedervernässung von Moorflächen eingesetzt werden. Konflikte mit Produktions- und Versorgungszielen können vermindert werden, indem landwirtschaftlich weniger wertvolle Flächen für den PV-Ausbau genutzt werden, sowie Flächen, auf denen eine Nutzungsänderung aus anderen Gründen angestrebt wird (Moorbodenvernässung für den Klimaschutz). Hier bieten sich Ansatzstellen für die Politik. Durch die aktuelle Ausweitung von Korridoren an Autobahnen und Bahntrassen mit baurechtlicher Privilegierung des PV-Freiflächenausbaus wird ein beschleunigter Ausbau auch auf Landwirtschaftsflächen befördert, ohne dass solche Synergien genutzt werden.
- Der Zubau von Freiflächen-**Photovoltaik** kann bisher nicht zentral vom Bund gesteuert werden, da die erforderlichen Genehmigungen auf Ebene der Landkreise erfolgen. Hierbei besteht die Gefahr, dass es zu Fehlallokationen kommt, indem es verstärkt in Regionen mit hohem Solarertrag und genehmigungswilligen lokalen Behörden zu einem starken Zubau kommt, Regionen mit hohem Strombedarf jedoch unterversorgt bleiben. Daher ist zu prüfen, inwiefern beispielsweise über die Bundesnetzagentur der künftige regionale Photovoltaik-Strombedarf ermittelt werden kann, um daraus für die lokalen Behörden einen Korridor von **Zielgrößen und Obergrenzen** für Photovoltaik-Freiflächenanlagen abzuleiten.
- Ländliche Kreise, Städte und Gemeinden können vom Ausbau der erneuerbaren Energien sehr profitieren, daher sollten flächenbezogene Restriktionen und Hemmnisse abgebaut werden. Die Planungs- und Umsetzungskapazitäten der ländlichen Kreise, Städte und Gemeinden sollten gestärkt werden und es sollten Grundprinzipien der Genehmigung gerade für Freiflächen-PV etabliert werden (z. B. Kriterien für Planung und Genehmigung, Mindest-Umlage aus dem Erlös für den kommunalen Haushalt oder andere finanzielle Teilhabemodelle, Rückbauverpflichtung).
- Beim **beschleunigten Ausbau der Erneuerbaren Energien** werden in den ländlichen Räumen gerade in Bezug auf die Flächeninanspruchnahme innovative, tragfähige und gut integrierte Lösungen benötigt. Dabei müssen bei der Energieerzeugung die Belastungen für Landschaft und Anwohnende geringgehalten werden. Die Akzeptanz des Ausbaus und die Realisierung tragfähiger Lösungen können durch partizipative Planungsverfahren unterstützt werden (vgl. z. B. Walter et al. 2018; Badelt et al. 2020; Thiel et al. 2021). Entscheidend ist auch, dass die ländlichen Regionen und insbesondere die dort lebenden Menschen an den Vorteilen des Ausbaus partizipieren können, z. B. durch eine Beteiligung der kommunalen Haushalte an den Erlösen aus der Erzeugung erneuerbarer Energien⁹ oder als Anteilseigner von Bürgerenergiegesellschaften. Umsetzungskapazitäten könnten durch bedarfsgerechte Schulungsmaßnahmen für ländliche Kommunalverwaltungen in partizipativen Planungsverfahren und der Durchführung von Genehmigungen im Bereich erneuerbare Energien aufgebaut werden, ergänzt durch eine Internet-basierte Informations- und Austauschplattform bzw. die Stärkung vorhandener Strukturen. Dabei sollten Vernetzungsmöglichkeiten weiter gestärkt werden, um den direkten Austausch zwischen Mitarbeitenden der ländlichen Kommunalverwaltungen zu ermöglichen.
- Für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien und in Anbetracht der jeweiligen Flächenansprüche sollte ein verpflichtendes nationales Monitoring für alle Produktions- und die jeweils zugehörigen **Ausgleichsflächen** eingeführt werden. Da dies bislang in der Hoheit der einzelnen Bundesländer liegt, sollte der Bund versuchen, hier zu koordinieren und eine zentrale Flächenerfassung und -kontrolle einzuführen. Die bisherige Umsetzung der naturschutzrechtlichen Kompensationsregelungen sollte evaluiert und künftige Flächenansprüche für Ausgleichsflächen sollten überprüft werden. Künftig sollte eine Lenkung der

⁹ Vgl. die diesbzgl. Forderungen der Ministerpräsidentenkonferenz vom 19. – 21. Oktober 2022 in Hannover zur Einführung einer verpflichtenden finanziellen Beteiligung von Kommunen an den Erträgen des Ausbaus von Windenergie und Photovoltaik (unter Bezugnahme auf § 6 EEG), s. <https://www.niedersachsen.de/download/189193>

Maßnahmen in Richtung Erschließung von Siedlungs- und Gewerbebrachen und zur Aufwertung bestehender Naturschutzflächen im Rahmen von Ökopunkte-Konten stattfinden. Der Schutz der Ackerflächen vor Umwidmung kann durch die Novelle des Bodenschutzgesetzes und dem darin vorgesehenen, besseren Schutz des Ackerlandes gestärkt werden.

- Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist zu erwarten, dass in Zukunft mehr landwirtschaftliche Flächen für das **Wassermanagement** (z. B. Wasserspeicherung für die Bewässerung oder Hochwasserschutz) in Anspruch genommen werden (Kap. 3.7). Weder Umfang noch regionale Auswirkungen sind derzeit hinreichend erforscht. Es sind weitere Forschungsarbeiten in diesem Bereich notwendig, um sowohl die zusätzlichen Flächenbedarfe für das Wassermanagement als auch die durch Wasserknappheit bedingten Landnutzungsänderungen und deren Konsequenzen für die anderen Ziele quantitativ beurteilen zu können.
- Es bestehen verschiedene Optionen mit entsprechend ausgestalteten produktiven Landnutzungssystemen verschiedene Anforderungen des Umwelt- und Naturschutzes gleichzeitig zu erfüllen und somit **Synergien** zu nutzen (Kap. 5.3). Dazu sind vor allem regional angepasste Lösungen erforderlich. Wenn beispielsweise 10 % der Moorflächen wiedervernässt und durch die Installation von Photovoltaik genutzt würden, ermöglichte dies eine Stromproduktion von ungefähr 111 TWh pro Jahr (19 % der deutschen Bruttostromerzeugung in 2021). Bei geschickter Ausgestaltung und Einbettung in die Landschaft können hier sowohl Interessen von Klimaschutz und Stromeinspeisung befriedigt werden. Auch der Naturschutz kann von der Wiedervernässung profitieren, insbesondere wenn auf weitere Flächen wiedervernässt werden. Wenn Moor-PV in relevantem Umfang zu mehr Klimaschutz und zur Energiewende beitragen soll, müssen entsprechende Umsetzungskonzepte entwickelt werden.
- Vor dem Hintergrund der oft langen Abschreibungs- und Umsetzungszeiträume, z. B. in der **Tierhaltung** und **Moorwiedervernässung**, ist eine möglichst konkrete Zielvorstellung über die gesellschaftlich erwünschte Landnutzung notwendig. Dies betrifft insbesondere Fälle, in denen ein koordiniertes Handeln mehrerer Akteure notwendig ist und/oder die notwendigen Änderungen in der Landnutzung eine fundamentale Umstellung der jetzigen Bewirtschaftung erfordern (Stichworte: Wiedervernässung organischer Böden, Schaffung von Retentionsräumen bzw. Räumen für den regionalen Wasserrückhalt).

8 Literatur

- ABO Wind (2021) Infos für Flächenbesitzer. Ein Windpark auf Ihrem Land. Online verfügbar unter <https://www.abo-wind.com/de/leistungen/windkraft/infos-fuer-flaechenbesitzer.html>, [zitiert am 25.09.2023]
- AEE (Agentur für Erneuerbare Energien e. V.; 2010a) Erneuerbare Energien in der Fläche. Potenziale 2020 – Wie viel Flächen brauchen die Erneuerbaren Energien? *Renews Spezial* 23, 11 S.
- AEE (Agentur für Erneuerbare Energien e. V.; 2010b) Solarparks – Chancen für die Biodiversität. Erfahrungsbericht zur biologischen Vielfalt in und um Photovoltaik-Freiflächenanlagen. *Renews Spezial* 45, 35 S.
- Albrecht M, Kleijn D, Williams NM, et al. (2020) The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters* 23: 1488-1498.
- Ammermann K, Bunzel K, Igel F (Bundesamt für Naturschutz) (2022) Eckpunkte für einen naturverträglichen Ausbau der Solarenergie. Positionspapier, Oktober 2022. [zitiert am 25.09.2023]
- Armstrong A, Ostle NJ, Whitaker J (2016) Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters* 11: DOI: 10.1088/1748-9326/11/7/074016.
- Badelt O, Niepelt R, Wiehe J, Matthies S, Gewohn T, Stratmann M, Brendel R, von Haaren C (2020) Integration von Solarenergie in die niedersächsische Energielandschaft (INSIDE). Forschungsbericht im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz. https://www.researchgate.net/profile/Julia-Wiehe/publication/346940983_Integration_von_Solarenergie_in_die_niedersachsische_Energielandschaft_INSIDE/links/5fd32a7045851568d154e65a/Integration-von-Solarenergie-in-die-niedersaechsische-Energielandschaft-INSIDE.pdf?origin=publication_detail [zitiert am 25.09.2023]
- Balmann A (2015) Braucht der ostdeutsche Bodenmarkt eine stärkere Regulierung? In: AGRA-EUROPE 13/15, 23. März 2015, Sonderbeilage.
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) 2021. Energiedaten: https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/windenergie_wissen/daten [zitiert am 25.09.2023]
- BBSR [Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung] (2022) Bauland- und Innenentwicklungspotenziale in deutschen Städten und Gemeinden: BBSR-Online-Publikation 11/2022. Bonn
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2020) Buchführung der Testbetriebe. Ausführungsanweisung zum BMEL-Jahresabschluss - April 2019.
- BMEL (2021/2021a) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/gartenbau/veroeffentlichungen-zum-gartenbau/statistisches-jahrbuch-und-monatsberichte-des-bmel> [zitiert am 25.09.2023]
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2021a) Ackerbaustrategie 2035. Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau. Berlin.
- BMEL (2021b) Berichterstattung zum Vollzug der GAK 2021. <https://www.bmel-statistik.de/laendlicher-raum-foerderungen/gemeinschaftsaufgabe-zur-verbesserung-der-agrarstruktur-und-des-kuestenschatzes/gak-berichterstattung-2019-bis-2021> [zitiert am 25.09.2023]
- BMEL (2022) Forst, Holz: Holzmarkt. <https://www.bmel-statistik.de/forst-holz/holzmarkt> [zitiert am 25.09.2023]
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2022a) Beantragte Ökologische Vorrangflächen im Jahr 2021. http://bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/EU-Agrarpolitik-Foerderung/OekologischeVorrangflaechen2021.pdf, [zitiert am 25.09.2023]
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2022b) Schriftliche Mitteilung der Daten zum ökologischen Landbau auf Länderebene von Referat 712.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2022c) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2022. <https://www.bmel-statistik.de/archiv/statistisches-jahrbuch/> [zitiert am 25.09.2023]
- BMEL und BMU (2021) Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz. 20.10.2021. <https://www.bmu.de/download/bund-laender-zielvereinbarung-zum-moorbodenschutz> [zitiert am 25.09.2023]

- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2021) Prioritärer Aktionsrahmen (PAF) für NATURA 2000 in der Bundesrepublik Deutschland gemäß Artikel 8 der Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Habitat-Richtlinie) für den Zeitraum 2021-2027.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/natura_2000_prioritaerer_aktionsrahmen_bf.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- BMU (Hrsg) (2019) Klimaschutzprogramm 2030. Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Deutscher Bundestag, 19. Wahlperiode. Drucksache 19/13900 vom 11.10.2019.
<https://dserver.bundestag.de/btd/19/139/1913900.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit] (ed) (2021) Nationale Wasserstrategie: Entwurf des Bundesumweltministeriums, zu finden in <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/langfassung_wasserstrategie_bf.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit], UBA [Umweltbundesamt] (eds) (2017) Wasserwirtschaft in Deutschland. Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen., zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_2017_web_aktualisiert.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- BMUV (2022) Entwurf: Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. 31.08.2022.
<https://www.bmu.de/download/aktionsprogramm-natuerlicher-klimaschutz> [zitiert am 25.09.2023]
- BMUV (Hrsg) (2022a) Nationale Moorschutzstrategie. 09.11.2022.
<https://www.bmu.de/download/nationale-moorschutzstrategie> [zitiert am 25.09.2023]
- BMUV (2023) Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. Kabinettsbeschluss vom 29. März 2023.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/ank_2023_kabinett_lang_bf.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- BMVI [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur] (2016) Bundesverkehrswegeplan 2030. Berlin.
- BMWK (2022) Neuer Schwung für erneuerbare Energien. In: Schlaglichter der Wirtschaftspolitik, 10/2022, S. 13-16.
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Infografiken/Schlaglichter/2022/10/05-neuer-schwung-fuer-erneuerbare-energien-download.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- BMWK (2022a) Artikel - Erneuerbare Energien. November 2022.
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html> [zitiert am 25.09.2023]
- BMWK (2022b) Eröffnungsbilanz Klimaschutz. 13.01.2022.
https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220111_eroeffnungsbilanz_klimaschutz.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- BMWK, BMUV und BMEL (2022) Eckpunktepapier BMWK, BMUV und BMEL: Ausbau der Photovoltaik auf Freiflächen im Einklang mit landwirtschaftlicher Nutzung und Naturschutz. Berlin, 10. Februar 2022.
https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktepapier-ausbau-photovoltaik-freiflaechenanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=12 [zitiert am 25.09.2023]
- BMWSB (Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2022) 400.000 neue Wohnungen pro Jahr: Bezahlbar, klimagerecht, barrierefrei.
<https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/topthemen/Webs/BMWSB/DE/buendnis-bezahlbarer-wohnraum/buendnis-Artikel.html> [zitiert am 25.09.2023]
- Böhm J (2021) Flächenbedarf von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen und Windkraftanlagen. Stellungnahme für das BMEL, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft vom 03.11.2021 aufgrund einer Anfrage des BMEL Ref. 423 vom 02.08.2021. Unveröffentlicht.
- Böhm J, Tietz A (2022) Abschätzung des zukünftigen Flächenbedarfs von Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Thünen Working Paper 204. Braunschweig/Germany, November 2022.
- Böhm J, de Witte T, Plaas E (2022a) PV-Freiflächenanlagen: Rahmenbedingungen und Wirtschaftlichkeit. Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Aktuelle Beiträge. doi: 10.12767/BUEL.V100I2.421.
- Böhm J, de Witte T, Michaud C (2022b) Land use Prior to Installation of Ground-mounted Photovoltaic in Germany—GIS-analysis Based on MaStR and Basis-DLM. In: Zeitschrift für Energiewirtschaft 46, 2, 147–156. doi: 10.1007/s12398-022-00325-4

- Böhm J (2023) Vergleich der Flächenenergieerträge verschiedener erneuerbarer Energien auf landwirtschaftlichen Flächen – für Strom, Wärme und Verkehr. In: Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Aktuelle Beiträge. doi: 10.12767/BUEL.V10111.462.
- Bren d'Amour C, Reitsma F, Baiocchi G, Barthel S, Güneralp B, Erb K-H, Haberl H, Creutzig F, Seto K C (2017) Future urban land expansion and implications for global croplands. PNAS, August 22, 2017, vol. 114 (34) 8939–8944 DOI: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1606036114
- BSW (Bundesverband Solarwirtschaft e.V.) (2022) Stellungnahme des BSW-Bundesverband Solarwirtschaft e.V. zum Referentenentwurf des EEG 2023 in der Fassung vom 04.03.2022. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Stellungnahmen/Stellungnahmen-referentenentwurf-erneuerbaren-energien-und-weiteren-massnahmen-im-stromsektor/bsw.pdf?__blob=publicationFile&v=6 [zitiert am 25.09.2023]
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2022) EU-Nitratrichtlinie – BMEL nimmt nächsten Schritt zur Vermeidung von Strafzahlungen, zu finden in <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/68-nitrat-richtlinie.html#:~:text=EU%20%2DNitratrichtlinie%20%E2%80%93%20BMEL%20nimmt%20n%C3%A4chsten%20Schritt%20zur%20Vermeidung%20von%20Strafzahlungen,-EU%20%2DKommission%20best%C3%A4tigt&text=Das%20Bundesministerium%20f%C3%BCr%20Ern%C3%A4hrung%20und,die%20EU%20%2DNitratrichtlinie%20zu%20verhindern.> [zitiert am 25.09.2023]
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016a) Bundesverkehrswegeplan 2030. Stand August 2016. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016b) Umweltbericht zum Bundesverkehrswegeplan. Stand: März 2016. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/bvwp-2030-umweltbericht.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- Bundesnetzagentur (2021) Bedarfsermittlung 2021-2035. Entwurf des Umweltberichts Teil I – III. Strategische Umweltprüfung auf Grundlage des 2. Entwurfs des NEP Strom. Stand: April 2022. https://data.netzausbau.de/2035-2021/Umweltbericht_Teil_I-III.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Bundesregierung (2016) Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016.
- Bundesregierung (2021) Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021.
- Bundesregierung (2022a) GAP-Strategieplan, <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/gap/gap-strategieplan.html> [zitiert am 25.09.2023]
- Bundesregierung (2022b) Grundsatzbeschluss 2022 zur Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Kabinettsbeschluss 30. November 2022. https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/2146150/16d54e524cf79a6b8e690d2107226458/2_022-11-30-dns-grundsatzbeschluss-data.pdf?download=1 [zitiert am 25.09.2023]
- Bundesverband Boden (2021) Boden und Windenergie. Online verfügbar unter <https://www.bodenwelten.de/content/boden-und-windenergie>, [zitiert am 25.09.2023]
- Bundesverband WindEnergie (2015) A bis Z - Fakten zur Windenergie. Von A wie Arbeitsplätze bis Z wie Ziele der Energieversorgung. Online verfügbar unter https://www.windenergie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/01-mensch-und-umwelt/01-windkraft-vor-ort/bwe_abisz_3-2015_72dpi_final.pdf, [zitiert am 25.09.2023]
- Bund-Länder-Kooperationsausschuss (2022) Bericht des Bund-Länder-Kooperationsausschusses zum Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien sowie zu Flächen, Planungen und Genehmigungen für die Windenergienutzung an Land an die Bundesregierung gemäß § 98 EEG. Berichtsjahr 2022. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/EEG-Kooperationsausschuss/2022/bericht-bund-laender-kooperationsausschuss-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=10 [zitiert am 25.09.2023]
- BWaldG: Bundeswaldgesetz vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), das zuletzt durch Artikel 112 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist
- C.A.R.M.E.N. (2022) Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.: Leitfaden Freiflächen-Photovoltaikanlagen., C.A.R.M.E.N.-Publikation, März 2022.
- Clifton-Brown, J., Hastings, A., von Cossel, M., Murphy-Bokern, D., McCalmont, J., Whittaker, J., Alexopoulou, E., Amaducci, S., Andronic, L., Ashman, C., Awty-Carroll, D., Bhatia, R., Breuer, L., Cosentino, S., Cracroft-Eley, W.,

- Donnison, I., Elbersen, B., Ferrarini, A., Ford, J., Greef, J., Ingram, J., Lewandowski, I., Magenau, E., Mos, M., Petrick, M., Pogrzeba, M., Robson, P., Rowe, R.L., Sandu, A., Schwarz, K.-U., Scordia, D., Scurlock, J., Shepherd, A., Thornton, J., Trindade, L.M., Vetter, S., Wagner, M., Wu, P.-C., Yamada, T. and Kiesel, A. (2023), Perennial biomass cropping and use: shaping the policy ecosystem in European countries. *GCB Bioenergy*. Accepted Author Manuscript. <https://doi.org/10.1111/gcbb.13038>
- Collins KL, Boatman ND, Wilcox A, Holland JM, Chaney K (2002) Influence of beetle banks on cereal aphid predation in winter wheat. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 337–350.
- Daniel-Gromke J, Rensberg N, Denysenko V, Oehmichen K, Beil M, Beyrich W et al. (2022): Optionen für Biogas-Bestandsanlagen bis 2030 aus ökonomischer und energiewirtschaftlicher Sicht. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/optionen-fuer-biogas-bestandsanlagen-bis-2030-aus>, [zitiert am 25.09.2023]
- Dauber J, Jones MB, Stout JC (2010) The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity. *Global Change Biol Bioenergy* 16(2)289-309, DOI:10.1111/j.1757-1707.2010.01058.x
- Dauber J, Miyake S (2016) To integrate or to segregate food crop and energy crop cultivation at the landscape scale? Perspectives on biodiversity conservation in agriculture in Europe. *Energy Sustain Soc* 6:25, DOI:10.1186/s13705-016-0089-5
- Dauber J, Baum S, Masur D, Sevke-Masur K, Glemnitz M (2018) Agrarholzanbau und Biodiversität. In: Veste M, Böhm C (eds) *Agrarholz - Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft: Biologie - Ökologie - Management*. Wiesbaden: Springer Spektrum, pp 391-432
- de Witte, Thomas (2012) Entwicklung eines betriebswirtschaftlichen Ansatzes zur ex-ante-Analyse von Agrarstrukturwirkungen der Biogasförderung - angewendet am Beispiel des EEG 2009 in Niedersachsen. Braunschweig: Landbauforschung (Sonderheft 366).
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2018) Methodenbericht zur Flächenerhebung, Ausgabe 2018.
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2022a) Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. Qualitätsbericht 2021. Erschienen am 31.08.2022. https://www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Land-Forstwirtschaft-Fischerei/flaechenerhebung.pdf?__blob=publicationFile [zitiert am 25.09.2023]
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2022) Landwirtschaftszählung 2020 – Befragung, zu finden in <Befragung - Statistisches Bundesamt (destatis.de)> [zitiert am 25.09.2023]
- Dieter M, Weimar H, Iost S, Englert H, Fischer R, Günter S, Morland C, Roering H-W, Schier F, Seintsch B, Schweinle J, Zhunusova E (2020) Abschätzung möglicher Verlagerungseffekte durch Umsetzung der EU-KOM-Vorschläge zur EU-Biodiversitätsstrategie auf Forstwirtschaft und Wälder in Drittstaaten. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 85 p, Thünen Working Paper 159a, DOI:10.3220/WP1604417204000
- Don A, Flessa H, Marx K, Poeplau C, Tiemeyer B, Osterburg B (2018) Die 4-Promille-Initiative "Böden für Ernährungssicherung und Klima" - Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 37 p, Thünen Working Paper 112, DOI:10.3220/WP1543840339000
- Elsasser P (2008) Neuwaldbildung durch Sukzession: Flächenpotentiale, Hindernisse, Realisierungschancen. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg.
- Energiekommune (2022) Greifswald heizt solar. Energiekommune. Der Infodienst für den lokalen Klimaschutz, Ausgabe 10/22. <https://www.solare-waermenetze.de/mediathek/wissensdatenbank/> [zitiert am 25.09.2023]
- Englund O, Börjesson P, Berndes G, Scarlat N, Dallemand J-F, Grizzetti B, Dimitriou I, Mola-Yudego B, Fahl F (2020) Beneficial land use change: Strategic expansion of new biomass plantations can reduce environmental impacts from EU agriculture, *Global Environmental Change*, Volume 60, 2020, 101990, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101990>.
- Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie. Abschlussbericht. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW); Bosch & Partner GmbH. Online verfügbar unter https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/zsv-boschundpartner-vorbereitung-begleitung-eeg.pdf, zuletzt aktualisiert am 2019, zuletzt geprüft am 11.10.2021.
- EEG (2023) Bundesministeriums der Justiz 2023 Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023), [zitiert am 25.09.2023]

- Europäische Kommission (2020a) Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen „Vom Hof auf den Tisch“ – eine Strategie für ein faires, gesundes und umweltfreundliches Lebensmittelsystem, Brüssel, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381>, [zitiert am 25.09.2023]
- Europäische Kommission (2020b) EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Mehr Raum für die Natur in unserem Leben. Mitteilung der Kommission COM(2020) 380 final. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF [zitiert am 25.09.2023]
- Europäische Kommission (2022) Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration. COM(2022) 304 final. <https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-06/Proposal%20for%20a%20Regulation%20on%20nature%20restoration.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- Europäischer Gerichtshof (2018) Europäische Kommission gegen Bundesrepublik Deutschland. Vertragsverletzung eines Mitgliedstaats – Richtlinie 91/676/EWG, zu finden in <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX:62016CJ0543>> [zitiert am 25.09.2023]
- European Commission (2022) European Green Deal: EU agrees to increase carbon removals through land use, forestry and agriculture. Press release. Brussels, 11 November 2022.
- European Parliament (2022) Revision of the LULUCF Regulation. Strengthening the role of the land use, land-use change and forestry sector in climate action. BRIEFING EU Legislation in Progress. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698843/EPRS_BRI\(2021\)698843_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698843/EPRS_BRI(2021)698843_EN.pdf) [zitiert am 25.09.2023]
- FA Wind (Fachagentur Windenergie) (2021) Entwicklung der Windenergie im Wald - Ausbau, planerische Vorgaben und Empfehlungen für Windenergiestandorte auf Waldflächen in den Bundesländern, 6. Auflage. Online verfügbar unter https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Windenergie_im_Wald/FA-Wind_Analyse_Wind_im_Wald_6Auflage_2021.pdf, [zitiert am 25.09.2023]
- FAO (2020) Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- Fülbier V (2017) Die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung bei Windenergieanlagen. In: NuR (2017) 39: 804–812. <https://doi.org/10.1007/s10357-017-3267-0>
- Gardi C, Florczyk A J, Scalenghe R (2020) Outlook from the soil perspective of urban expansion and food security. *Heliyon* 6 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05860>
- Gasparatos A, Doll CNH, Esteban M, Ahmed A, Olang TA (2017) Renewable energy and biodiversity: implications for transitioning to a green economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70: 161 – 184.
- Gocht A, Espinosa M, Leip A, Lugato E, Schroeder LA, Doorslaer B van, Gomez y Paloma S (2016) A grassland strategy for farming systems in Europe to mitigate GHG emissions - an integrated spatially differentiated modelling approach. *Land Use Pol* 58:318-334, DOI:10.1016/j.landusepol.2016.07.024
- Göhler L., Walz U, Krüger T, (2019) Entwicklung der Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Deutschland – auf Grundlage des ATKIS Basis-DLM. In: Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher und Martin Behnisch (Hg.) *Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement - Bodenversiegelung - Stadtgrün*. 77 Bände (IÖR Schriften 77, ISBN: 978-3-944101-77-4). Online verfügbar unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-722629>, [zitiert am 25.09.2023]
- Gömann, Horst; de Witte, Thomas; Peter, Günter; Tietz, Andreas (2013) Auswirkungen der Biogaserzeugung auf die Landwirtschaft. Braunschweig (Thünen report, 10). Grösch N.; Trox C, Saidi A, Zörner W, Grüner V, Baumkötter D et al. (2020): Biogas nach dem EEG - (wie) kann's weitergehen? Handlungsmöglichkeiten für Anlagenbetreiber. Hg. v. Technische Hochschule Ingolstadt, FH Münster, C.A.R.M.E.N. und ifeu Heidelberg. Online verfügbar unter https://www.fh-muenster.de/egu/downloads/biogas/Leitfaden_-_Handlungsmoeglichkeiten_fuer_Biogasanlagenbetreiber.pdf, [zitiert am 25.09.2023]
- Günnewig D, Johannwerner E, Kelm T, Metzger J, Wegner N (2022) Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG vor dem Hintergrund erhöhter Zubauziele. Notwendigkeit und mögliche Umsetzungsoptionen. Umweltbundesamt, Texte 76/2022. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anpassung-der-flaechenkulisse-fuer-pv> [zitiert am 25.09.26.02.2023]
- Harthan RO, Förster H, Borkowski K et al. (2023)) Projektionsbericht für Deutschland. *CLIMATE CHANGE* 39/2023. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/39_2023_cc_projektion_sbericht_2023.pdf

- Haß M, Deblitz C, Freund F, Kreins P, Laquai V, Offermann F, Pelikan J, Sturm V, Wegmann J, Witte T de, Wüstemann F, Zinnbauer M (2022) Thünen-Baseline 2022 - 2032: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 126 p, Thünen Rep 100, DOI:10.3220/REP1667811151000 [zitiert am 25.09.2023]
- Herden C, Rasmus J, Gharadjedghi B (2009) Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen. BfN-Skripten 247, 168 S.
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2016) Faktenpapier Windenergie in Hessen: Natur- und Umweltschutz. Bürgerforum Energieland Hessen. Online verfügbar unter https://www.energieland.hessen.de/aktion/zukunftswerkstatt/fulda_darmstadt/Faktenpapier_Natur_und_Umweltschutz.pdf, [zitiert am 25.09.2023]
- Huang Q, Liu Z, He C, Gou S, Bai Y, Wang Y, Shen M (2020) The occupation of cropland by global urban expansion from 1992 to 2016 and its implications. Environ. Res. Lett. 15 084037. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab858c>
- Isermeyer F, Nieberg H, Banse M et al. (2020) Auswirkungen aktueller Politikstrategien (Green Deal, Farm-to-Fork, Biodiversitätsstrategie 2030; Aktionsprogramm Insektenschutz) auf Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei, Thünen Working Paper, No. 156, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, doi.org/10.3220/WP1600775202000
- Isermeyer F (2022) Photovoltaik auf Agrarflächen – für eine schnelle Energiewende. 28.11.2022. Online verfügbar unter <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/langfristige-politikkonzepte/pv-auf-agrarflaechen> [zitiert am 25.09.2023]
- IWR (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien) (2022) Flaute bei Ausschreibung für Solarparks setzt sich im November weiter fort - PV-Gesamtausbau 2022 auf Kurs. 07.12.2022, 10:59 Uhr. <https://www.iwr.de/news/flaute-bei-ausschreibung-fuer-solarparks-setzt-sich-im-november-weiter-fort-pv-gesamtausbau-2022-auf-kurs-news38167> [zitiert am 25.09.2023]
- Jeanneret P, Begg G, Gosme M, Alomar O, Reubens B, Baudry J, Guerin O, Flamm C, Wäckers F (2016) Landscape Features to Improve Pest Control in Agriculture. Solutions March-April 2016: 48-57.
- Kelm, T, Metzger, J, Jachmann, H, Günnewig, D, Püschel, M, Schicketanz, S et al. (2019) Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 97
- Klare K, Doll H (1996) Aktuelle Aspekte der Landpacht. Schriftenreihe des Hauptverbandes der landwirtschaftlichen Buchstellen und Sachverständigen e. V. Heft 149, S. 61 – 129.
- Koalitionsvertrag (2021) Mehr Fortschritt wagen – Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1>, [zitiert am 25.09.2023]
- Koldrack N, Bill R, Walz U (2014) GIS-basierte Ermittlung der Flächeninanspruchnahme für Energieinfrastrukturen in Deutschland. gis.SCIENCE 2, 55-63.
- Kost C, Shammugam S, Fluri V, Peper D, Davoodi Memar A, Schlegl T (2021) Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Studie, Juni 2021. Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- LABO (2014) Positionspapier der LABO zur „Guten fachlichen Praxis“ der landwirtschaftlichen Bodennutzung. https://www.labo-deutschland.de/documents/2014-11-25_LABO-Positionspapier-GfP_und_Anhang.pdf
- LAWA [Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser], StMUV Bayern [Bayerisches Staatsministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz] (eds) (2020) Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft: Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder, zu finden in https://www.lawa.de/documents/lawa-klimawandel-bericht_2020_1618816705.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- LULUCF Report (2021) Bericht gemäß Artikel 10 Absatz 4 des Beschlusses Nr. 529/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2013 über die Anrechnung und Verbuchung von Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen infolge von Tätigkeiten im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft. Thünen Institut und Bundesministerium Landwirtschaft 2021. https://www.thuenen.de/media/ti/Leitung_Zentralbereich_Stabsstellen/Stabsstellen_Klima_und_Boden/LULUCF-Beteiligung_2014/Bericht_an_die_Europaeische_Kommission/20210420_Fortschrittsbericht_LULUCF_endg.pdf [zitiert am 25.09.2023]

- LWaldG Baden-Württemberg (1995) Waldgesetz für Baden-Württemberg (Landeswaldgesetz - LWaldG) in der Fassung vom 31. August 1995 (letzte berücksichtigte Änderung: mehrfach geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Juni 2019 (GBl. S. 161, 162)).
- LWaldG Niedersachsen (2002) Niedersächsisches Gesetz über den Wald und die Landschaftsordnung (NWaldLG) vom 21. März 2002 (letzte berücksichtigte Änderung: zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 17.05.2022 (Nds. GVBl. S. 315)
- Montag H, Parker G, Clarkson T (2016) The effects of solar farms on local biodiversity: a comparative study. *Clarkson and Woods & Wychwood Biodiversity*.
- Mupepele AC, Keller M, Dormann CF (2021) European agroforestry has no unequivocal effect on biodiversity: a time-cumulative meta-analysis. *BMC Ecol Evol.* 2021 Oct 23;21(1)193. doi: 10.1186/s12862-021-01911-9. PMID: 34688268; PMCID: PMC8541809.
- NIR (Nationaler Inventarbericht) (2022) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2021: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2020, Umweltbundesamt, Dessau.
- Osterburg B, Zander K (2004) Regionale Strukturen des ökologischen Landbaus in Deutschland. *FAL, Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie 08/2004*.
- Pahmeyer C, Böhm J, Erasmi S., Tetteh G, Gocht A (2023) Freiflächen-PV an Autobahnen und Schienen in Deutschland (200 m BGBl 2023). Analyse des Thünen Instituts, bereitgestellt online: <https://observablehq.com/@thueneninstitute/freiflaechen-pv-an-autobahnen-schienen-in-deutschland-200m> [zitiert am 25.09.2023]
- Pantera A, Mosquera-Losada, MR, Herzog F et al. (2021) Agroforestry and the environment. *Agroforest Syst* 95, 767–774, <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00640-8>
- Poeplau C, Don A, Tiemeyer B, Gensior A, Stümer W, Paulsen H M , Osterburg B, Heidecke C, Amthauer Gallardo L (2021) Bewertung von Maßnahmen zum „Carbon Farming“ in der deutschen Landwirtschaft. Stellungnahme des Thünen-Instituts im Auftrag des BMEL, Stand 13.12.2021. Unveröffentlicht.
- Potapov P, Turubanova S, Hansen M C, Tyukavina A, Zalles V, Khan A, Song X-P, Pickens A, Shen Q, Cortez J (2022) Global maps of cropland extent and change show accelerated cropland expansion in the twenty-first century. *Nature Food*, VOL 3, January 2022, 19–28. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00429-z>
- PV-Magazine (2022) Förderfreie Photovoltaik-Anlagen mit etwa einem Gigawatt in Deutschland installiert. 1. April 2022. <https://www.pv-magazine.de/2022/04/01/foerderfreie-photovoltaik-anlagen-mit-etwa-einem-gigawatt-in-deutschland-installiert/> [zitiert am 25.09.2023]
- Quentin J (2022) Ausbausituation der Windenergie an Land im Frühjahr 2022. Auswertung windenergie-spezifischer Daten im Marktstammdatenregister für den Zeitraum Januar bis März 2022. Analyse. Herausgegeben von der Fachagentur Windenergie an Land e. V. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Analysen/FA_Wind_Zubauanalyse_Wind-an-Land_Fruehjahr_2022.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Quentin J, Tucci F (2021) Entwicklung der Windenergie im Wald. Ausbau, planerische Vorgaben und Empfehlungen für Windenergiestandorte auf Waldflächen in den Bundesländern. Analyse. Herausgegeben von der Fachagentur Windenergie an Land e. V. 6. Auflage, 2021. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Windenergie_im_Wald/FA-Wind_Analyse_Wind_im_Wald_6Auflage_2021.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Rat der Europäischen Union (2021) Schlussfolgerungen des Rates zu der neuen EU-Waldstrategie für 2030. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-13537-2021-INIT/de/pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- Repenning J, Harthan RO, Blanck R et al. (2021) Projektionsbericht 2021 für Deutschland. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht_2021_ub_a_website.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Röder N, Ackermann A, Baum S, Rudolph S (2018) Status quo und aktuelle Entwicklungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung in Deutschland. *Natur Landsch* 93(6) 250-257, DOI:10.17433/6.2018.50153581.250-257
- Röder N, Krämer, C (2020) Ausgestaltung der GAP nach 2020 – Teil 1. Stellungnahme für das BMEL. Unveröffentlicht.
- Röder N, Dehler M, Jungmann S, Laggner B, Nitsch H, Offermann F, Reiter K, Roggendorf W, Theilen G, de Witte T, Wüstemann F (2021a) Ausgestaltung der Ökoregelungen in Deutschland – Stellungnahmen für das BMEL : Band 1 – Abschätzung potenzieller ökologischer und ökonomischer Effekte auf Basis der Erstentwürfe. Braunschweig:

- Johann Heinrich von Thünen-Institut, 76 p, Thünen Working Paper 180, Band 1, DOI:10.3220/WP1633603709000
- Röder N, Dehler M, Jungmann S, Laggner B, Offermann F, Reiter K, Witte T, Wüstemann F (2021b) Ausgestaltung der Ökoregelungen in Deutschland – Stellungnahmen für das BMEL Band 2 – Schätzung der Inanspruchnahme der Regelungen auf Basis des Kabinettsentwurfes des GAPDZG. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 46p, Thünen Working Paper 180, Band 2, DOI:10.3220/WP1633603747000
- Röder N, Ackermann A, Baum S, Böhner H.G.S, Laggner B, Lakner S, Ledermüller S, Wegmann J, Zinnbauer M, Strassemeyer J, Pöllinger, F (2022a) Evaluierung der GAP-Reform von 2013 aus Sicht des Umweltschutzes anhand einer Datenbankanalyse von InVeKoS-Daten der Bundesländer, TEXTE 75/2022 Ressortforschungsplan des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Dessau
- Röder N, Erasmi S, Schwieder M (2022b) Landschaftselemente mit großer Vielfalt auf mindestens 10% der landwirtschaftlichen Fläche – Stellungnahme für das BMEL
- Röder N, Wüstemann F, Deblitz C (2022c) Auswirkungen der Freigabe bestimmter ökologischer Vorrangflächen auf Flächenumfänge, Produktionsmengen und Umwelt im Jahr 2022. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 23 p, Thünen Working Paper 192, DOI:10.3220/WP1654083925000
- Roscher M (2021) Höhenbegrenzung von Windenergieanlagen. Eine planungsrechtliche Bewertung vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit und der EEG-Ausschreibungen. Hintergrundpapier. Herausgegeben von der Fachagentur Windenergie an Land e. V. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Genehmigung/FA_Wind_Hintergrundpapier_Hoehenbeschaerankungen_01-2021.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Sanders J, Heß J (eds) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1576488624000.
- Sandrock M, Maaß C, Westholm H (2020) Teilbericht zum Verbundvorhaben „SolnetBW II – Solare Wärmenetze für Baden-Württemberg“, Fkz.: Trafo BWT 17005-08. Projektlaufzeit: 24.03.2017 – 23.09.2019. <https://www.solare-waermenetze.de/mediathek/wissensdatenbank/> [zitiert am 25.09.2023]
- Schäfer D, Krack-Roberg E, Hoffmann-Kroll R (2002) Bodennutzung durch wirtschaftliche Aktivitäten. Band 11 der Schriftenreihe Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- Schmidt T (2013) Außerlandwirtschaftliche Flächeninanspruchnahme - Monitoring, Trends und Prognosen. Entwurf eines Arbeitsberichtes für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Thünen-Institut für Ländliche Räume, unveröffentlichtes Manuskript.
- Schröder P, Beckers B, Daniels S, Gnädinger F, Maestri E, Marmiroli N, Mench M, Millan R, Obermeier M M, Oustriere N, Persson T, Poschenrieder C, Rineau F, Rutkowska B, Schmid T, Szulc W, Witters N, Sæbø A (2018) Intensify production, transform biomass to energy and novel goods and protect soils in Europe—A vision how to mobilize marginal lands, *Science of The Total Environment*, 616–617, 2018, 1101-1123, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.209>.
- Schröder D, Latacz-Lohmann U (2022): Betriebswirtschaftlicher Vergleich der Flexibilisierung und rohgasseitigen Bündelung von Biogasbestandsanlagen anhand eines Fallbeispiels. In: Berichte über Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/376>, [zitiert am 25.09.2023]
- Sietz, D, Klimek, S, Dauber J (2022) Tailored pathways toward revived farmland biodiversity can inspire agroecological action and policy to transform agriculture. *Commun Earth Environ* 3, 211. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00527-1>.
- Sievers M, Rust V (2015) Die Grundrente als Kennziffer für die Ermittlung der Zahlungsbereitschaft eines Pachtpreises. In: Briefe zum Agrarrecht 7, S. 258 - 265.
- SMARD (2023), Strommarktdaten der Bundesnetzagentur. <https://www.smard.de/home/marktdaten> [zitiert am 25.09.2023]
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2021) Ökolandbau in Deutschland: Auf dem Weg aus der Nische? Landwirtschaftszählung 2020. StoryMap vom 22. Dezember 2021. Ökolandbau in Deutschland: Auf dem Weg aus der Nische? (nrw.de), [zitiert am 25.09.2023]
- StMB (Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr) (2021a) Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. 25-4611.10-3-21 (bayern.de)

- https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/baurechtundtechnik/25_rundschreiben_freiflaechen-photovoltaik.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- StMB (Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr) (2021b) Bauen im Einklang mit Natur und Landschaft Eingriffsregelung in der Bauleitplanung Ein Leitfaden. https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/staedtebau/leitfaden_eingriffsregelung_bauleitplanung.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Taylor R, Conway J, Gabb O, Gillespie J (2019) Potential ecological impacts of groundmounted photovoltaic solar panels. BSG Ecology: http://www.bsg-ecology.com/wp-content/uploads/2015/01/Solar-panels-and-wildlife-review_RT_FINAL_140109.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Tiemeyer B, Freibauer A, Albiac Borraz E, Augustin J, Bechtold M, Beetz S, Beyer C, Ebli M, Eickenscheidt T, Fiedler S, Förster C, Gensior A, Giebels M, Glatzel S, Heinichen J, Hoffmann M, Höper H, Jurasinski G, Laggner A, Leiber-Sauheitl K, Peichl-Brak M, Drösler M. (2020) A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: data synthesis, derivation and application. Ecological Indicators 105838: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>
- Tietz A, Bathke M, Osterburg B (2012) Art und Ausmaß der Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen für außerlandwirtschaftliche Zwecke und Ausgleichsmaßnahmen. Braunschweig: Thünen Institut, IV, 47 p, Arbeitsbericht vTI Agrarökonomie 2012/05. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn050574.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Tietz A, Forstner B (2015) Haben sich die Bodenpreise von den Grundrenten entkoppelt? In: Bodenmarkt 7, S. 10 - 13.
- Torralba M, Fagerholm N, Burgess PJ, Moreno G, Plieninger T, (2016) Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 230, Pages 150-161, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>.
- UBA (Umweltbundesamt) (2017) Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr reduzieren. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/flaecheninanspruchnahme-fuer-siedlungen-verkehr#siedlungs-und-verkehrsflächen-in-deutschland> [zitiert am 25.09.2023]
- UBA (Umweltbundesamt) (2022a) Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020. Umweltbundesamt, gekürzte Version zur EU-Submission. 15.01.2022. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/eu-nir_germany_2022.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- UBA (Umweltbundesamt) (2022b) CRF-Tabellen 2022, MMR-Anhänge & weitere Materialien (EU-Resubmission, externer Link). https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envyis0nw/DEU_2022_2020_0903_2022_130721_started.xlsx/manage_document [zitiert am 25.09.2023]
- UBA (Umweltbundesamt) (2022c) Für Mensch und Umwelt: Der geplante EU-Zertifizierungsrahmen für Kohlenstoffbindungen: Eine Kurzeinschätzung des Umweltbundesamts. Stand: 11. Juli 2022 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2186/dokumente/factsheet_crf_20220711.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- UBA (Umweltbundesamt) (2023a) Siedlungs- und Verkehrsfläche, zu finden in <<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke>> [zitiert am 25.09.2023]
- UBA (Umweltbundesamt) (2023b) Wohnfläche, zu finden in <<https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche#zahl-der-wohnungen-gestiegen>> [zitiert am 25.09.2023]
- van Noordwijk, M. (2021) Agroforestry-Based Ecosystem Services: Reconciling Values of Humans and Nature in Sustainable Development. Land 2021, 10, 699. <https://doi.org/10.3390/land10070699>.
- VCI (Verband der chemischen Industrie) (2019) Daten und Fakten: Rohstoffbasis der Chemieindustrie. Stand 21. August 2019. <https://www.bayerische-chemieverbaende.de/wp-content/uploads/sites/4/2019/09/daten-fakten-rohstoffbasis-chemieindustrie-3.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- Verordnung (EU) 2021/2115 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 2. Dezember 2021 mit Vorschriften für die Unterstützung der von den Mitgliedstaaten im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik zu erstellenden und durch den Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL) und den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) zu finanzierenden Strategiepläne (GAP-

Strategiepläne) und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 sowie der Verordnung (EU) Nr. 1307/2013.

- Von Cossel M, Lewandowski I, Elbersen B, Staritsky I, Van Eupen M, Iqbal Y, Mantel S, Scordia D, Testa G, Cosentino S L, Maliarenko O, Eleftheriadis I, Zanetti F, Monti A, Lazdina D, Neimane S, Lamy I, Ciadamidaro L, Sanz M, Esteban Carrasco J, Ciria P, McCallum I, Trindade L M, Van Loo E N, Elbersen W, Fernando A L, Papazoglou E G, Alexopoulou E (2019) Marginal Agricultural Land Low-Input Systems for Biomass Production. *Energies* 2019, 12, 3123. <https://doi.org/10.3390/en12163123>
- Walter A, Wiehe J, Schlömer G, Hashemifarzad A, Wenzel T, Albert I, Hofmann L, zum Hingst J, von Haaren C (2018) Naturverträgliche Energieversorgung aus 100 % erneuerbaren Energien 2050. BfN-Skripten 501. <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript501.pdf> [zitiert am 25.09.2023]
- Wilson D, Blain D, Couwenberg J, Evans CD, Murdiyarso D, Page SE, Renou-Wilson F, Rieley JO, Sirin A, Strack M, Tuittila E-S (2016) Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils. *Mires and Peat* 17, 1–28, doi: 10.19189/MaP.2016.OMB.222
- Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik (2021) Geplante Änderung des Klimaschutzgesetzes riskiert Reduktion der potenziellen Klimaschutzbeiträge von Wald und Holz. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/waldpolitik/klimaschutzgesetz.pdf [zitiert am 25.09.2023]
- Wüstemann, F., Schroeder, L.-A.; de Witte, T., Don., A., Heidecke, C. (2023): Steckbriefe zu humuserhaltenden und-mehrenden Maßnahmen auf Ackerflächen. Projektbericht des Thünen-Instituts im HumusKlimaNetz. https://www.thuenen.de/media/ti/Leitung_Zentralbereich_Stabsstellen/Stabsstellen_Klima_und_Boden/Projekte/Steckbriefe_Projektbericht_2023_06_02.pdf

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek
verzeichnet diese Publikationen in
der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet unter
www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek
(German National Library) lists this
publication in the German National
Bibliographie; detailed bibliographic
data is available on the Internet at
www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene
Bände finden Sie im Internet unter
www.thuenen.de

Volumes already published in this
series are available on the Internet at
www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:

Osterburg B, Ackermann A, Böhm J, Bösch M, Dauber J, Witte T de, Elsasser P, Erasmí S, Gocht A, Hansen H, Heidecke C, Klimek S, Krämer C, Kuhnert H, Moldovan A, Nieberg H, Pahmeyer C, Plaas E, Rock J, Röder N, Söder M, Tetteh G, Tiemeyer B, Tietz A, Wegmann J, Zinnbauer M (2023) Flächennutzung und Flächennutzungsansprüche in Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 96 p, Thünen Working Paper 224, DOI:10.3220/WP1697436258000

Die Verantwortung für die Inhalte
liegt bei den jeweiligen Verfassern
bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are
responsible for the content of
their publications.



Thünen Working Paper 224

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-working-paper@thuenen.de
www.thuenen.de

DOI: 10.3220/WP1697436258000
urn: nbn:de:gbv:253-202310-dn067046-8