

UFZ Discussion Papers

Department Bioökonomie

1/2023

Kritische Flächenfragen – Flächenveränderungen und Flächendruck in Deutschland im Untersuchungszeitraum 2016 – 2020

Lena Seeger, Nora Mittelstädt, David Manske, Daniela Thrän

Januar 2023

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abkürzungsverzeichnis	5
1. Einleitung	6
2. Methodik.....	7
3. Flächenbeobachtungen	9
3.1 Flächenbeobachtungen anhand von Landnutzungsklassen	9
3.2 Flächenbeobachtungen anhand von Landbedeckungsklassen	17
4. Konsequenzen der Flächenveränderungen	19
5. Politische Flächenziele und Flächendruck	20
5.1 Politische Flächenziele.....	20
5.1.1 Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV-Flächen)	21
5.1.2 Vegetationsflächen	22
5.1.3 Flächen für Wind- und Solarenergie	23
5.2 Umsetzung der politischen Flächenziele	23
5.3 Zwischenfazit	24
6. Lösungsansätze	25
6.1 Flächenbedarf reduzieren	25
6.1.1 Weniger Siedlungs- und Verkehrsflächen.....	25
6.1.2 Weniger landwirtschaftliche Flächen und Vegetationsflächen verlieren (Ernährungswende).....	26
6.1.3 Die naturverträgliche Energiewende stärken	27
6.2 Multisolving	28
7. Ausblick.....	29
Abbildungsverzeichnis	31
Literaturverzeichnis	32

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht befasst sich mit den Flächennutzungen und -umwandlungen der letzten 30 Jahre in der Bundesrepublik Deutschland, mit besonderem Fokus auf den Betrachtungszeitraum 2016-2020. Zudem werden die politischen Ziele der Bundesregierung mit Bezug zu Flächenumwandlung beschrieben.

Hierfür wurden Literaturrecherchen und Datenanalysen durchgeführt (siehe Kap. 2).

6 Beobachtungen fassen die Flächenveränderungen von Nutzungskategorien (Kap. 3) zusammen. Es sei angemerkt, dass die Flächennutzungskategorien nur begrenzt aussagekräftig in Hinblick auf den Zustand sind (z.B. Kategorie Wald):

1. Die Siedlungsfläche steigt jährlich.
2. Die Nutzfläche für Verkehrsbelange wächst stetig.
3. Die Vegetationsfläche, insbesondere landwirtschaftliche Flächen und Moorflächen nehmen kontinuierlich ab; Waldflächen nehmen zu.
4. Gewässerflächen nehmen ab.
5. Die als vollständig versiegelt geltende Fläche steigt jährlich.
6. Wind- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen belegen nur einen sehr geringen Anteil des Bundesgebiets.

Die Konsequenzen der Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen sind (Kap. 4):

1. Der Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsflächen wirkt sich negativ auf Umwelt und Mensch aus.
2. Die zunehmende Versiegelung beeinträchtigt Kleinklima, Wasserhaushalt und Bodenfunktionen.
3. Landwirtschaftsflächen bedingen Deutschlands interne Nahrungsmittelproduktion - abnehmende Flächen bedeuten einen ansteigenden Lebensmittelimport.
4. Eine Abnahme der Vegetationsflächen verringert das Vermögen der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre.

Die politischen Flächenziele der Bundesregierung wurden in einer Übersicht zusammengeführt. Im Ausblick diskutieren wir die Herausforderung, diese Flächenziele miteinander vergleichen zu können (Kap. 5).

Es lassen sich drei Beobachtungen im Rahmen der Flächenziele festhalten:

1. In Deutschland existiert ein Flächendruck, welcher durch politische Flächenziele verstärkt wird, siehe Abbildung 1.
2. Die Flächenziele der Bundesregierung bewirken den Schwund landwirtschaftlicher Flächen.
3. Es besteht eine Diskrepanz zwischen den Flächenzielen der Bundesregierung und deren föderalistischer Umsetzung.

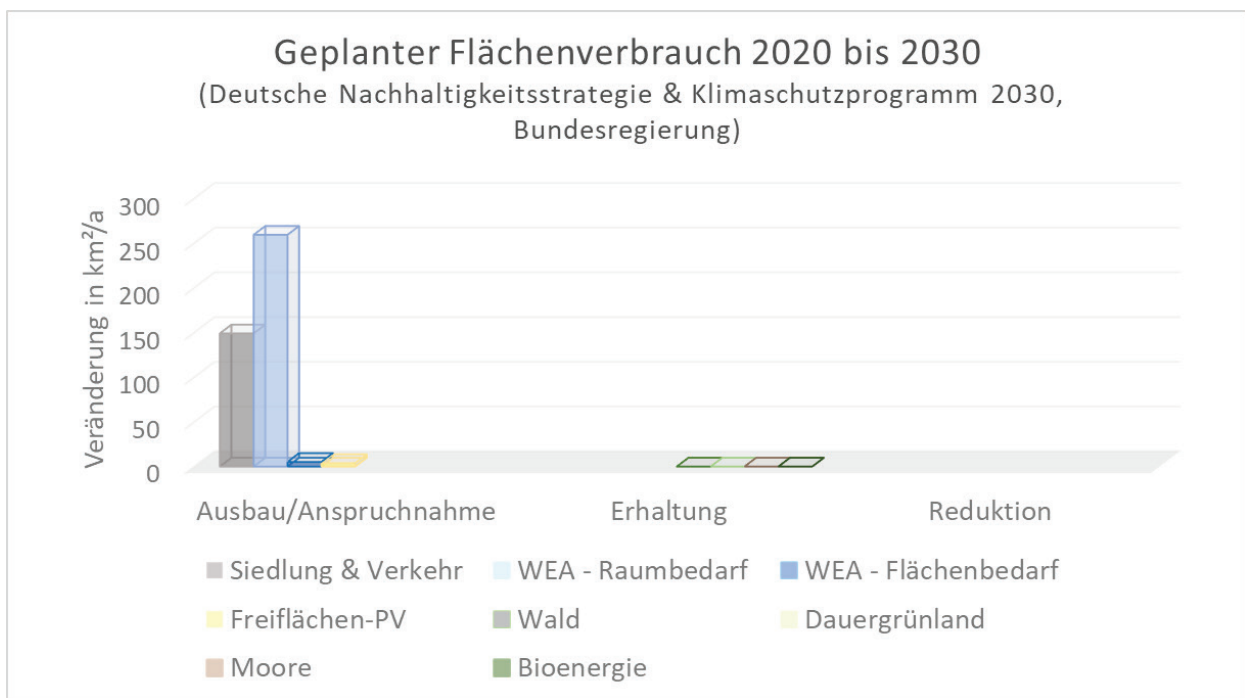
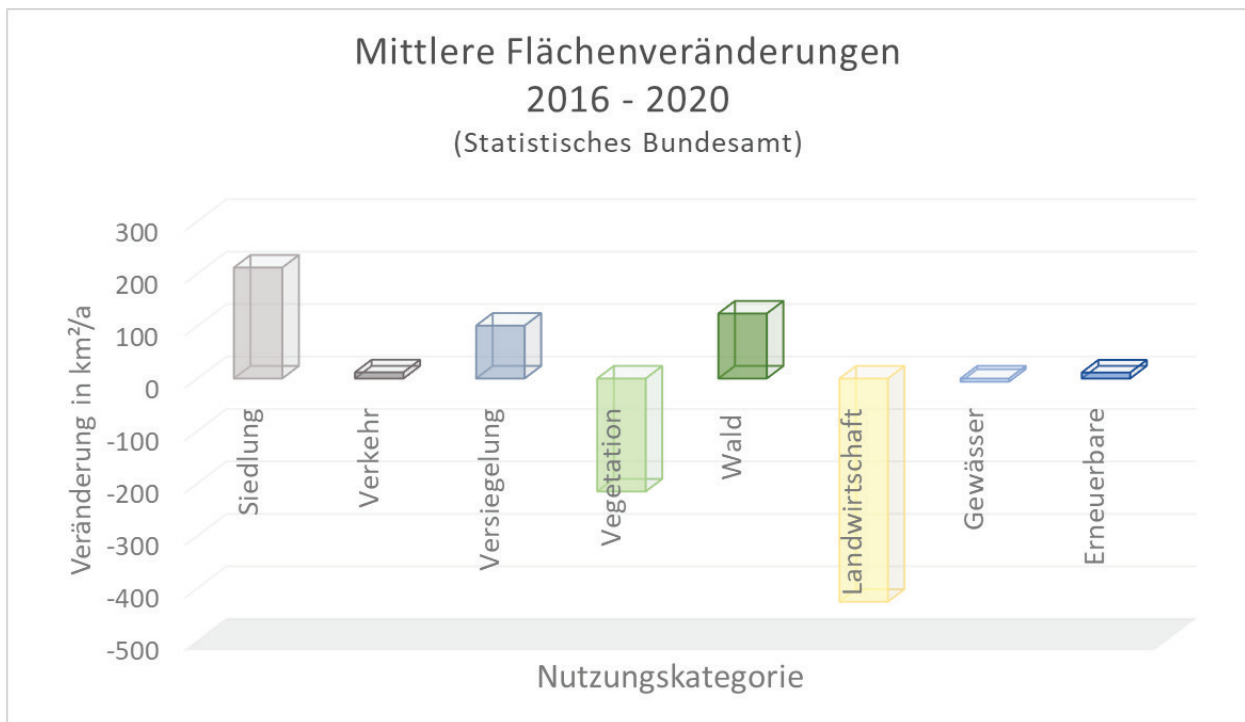


Abbildung 1 Darstellung der bisherigen Flächennutzungsentwicklung in Gegenüberstellung zu künftigem Flächenverbrauch orientiert an den politischen Flächenzielen aus der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und dem Klimaschutzmaßprogramm 2030 der Bundesregierung (bezogen auf die Fläche von Deutschland 357 587,77km²).

Im letzten Teil des Berichts werden Lösungsansätze und Maßnahmen aufgeführt, die Flächenveränderungen und ihren negativen ökologischen und sozialen Folgen punktuell entgegenwirken können (Kap.6). Es werden an dieser Stelle Ansätze der Flächeneinsparung (z.B. durch Geschossaufstockung), des Flächenrückbaus (z.B. Entsiegelung) und des *Multisolvings* (z.B. AgriPV) diskutiert.

Abkürzungsverzeichnis

Agri-PV	Agri-Photovoltaik
ALB	Liegenschaftsbuch
ALKIS	Liegenschaftskatastersystem
BfN	Bundesamt für Naturschutz
CHA	CORINE Land-Cover-Change
C02	Kohlenstoffdioxid
IÖR	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
PV	Photovoltaik
SuV	Siedlungs- und Verkehrsflächen
UBA	Umweltbundesamt

1. Einleitung

Der Klimawandel wird bedingt vom menschlichen Umgang mit Ressourcen und Flächen. Deutschland misst eine Gesamtfläche von 357.587,77 km²; Abbildung 1 verdeutlicht den Anteil der Flächennutzungskategorien.

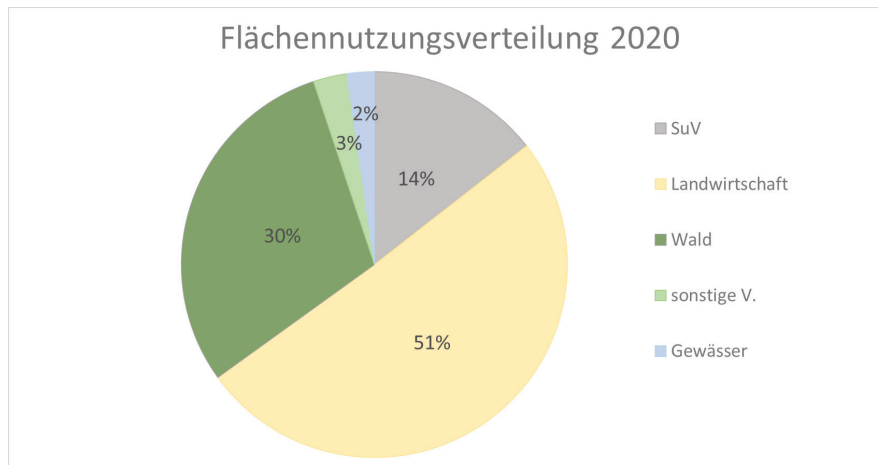


Abbildung 2 Darstellung prozentualer Anteile der Landnutzungskategorien Deutschlands im Jahr 2020

Die anthropogenen Treibhausgase werden von den Bereichen Energieerzeugung, Landwirtschaft, Industrie, Transport und Gebäude hervorgerufen (UBA 2021d). Für alle diese Bereiche ist die Flächennutzung relevant: Die Extraktion fossiler Energieträger verändert Landschaften. Die Herstellung von Futtermittel für die Fleisch- und Milchprodukten nimmt viel Fläche in Anspruch. Die Bodenversiegelung durch Siedlungs- und Verkehrsflächen nehmen kontinuierlich zu und bedingen zudem einen hohen Ressourcenverbrauch. Auch die Energiewende wirkt sich sichtbar auf Landschaften aus und deren Standorte müssen einer gewissenhaften Abwägung mit dem Naturschutz unterzogen werden.

Nicht nur der Klimawandel, auch der Biodiversitätsverlust sind Folgen anthropogener Eingriffe. „Landnutzungsänderungen, Verschmutzung und Klimawandel bedrohen die Biodiversität auf unserer Erde.“ Landnutzungsänderungen werden global u.a. hervorgerufen durch Abholzung, intensive Monokulturen und Urbanisierung (Europäisches Parlament 2021). In Deutschland führen Versiegelung, Zersiedelung von Flächen und Zerschneidung von Lebensräumen zu Belastungen von Menschen und Umwelt (UBA 2017a, UBA 2021b, UBA 2022b).

Welcher Menschengruppe eine bestimmte Fläche zur (freien) Verfügung steht, ist auch Ausdruck von Macht- und Eigentumsverhältnissen und eine Frage der sozialen Gerechtigkeit. Dass etwa für den Fleischkonsum der Bundesrepublik in Brasilien auf ehemaligen Waldflächen Monokulturen wie Soja für Futtermittel angebaut werden, hat zahlreiche negative soziale und ökologische Auswirkungen außerhalb Deutschlands. Trotz der für diesen Bericht gewählten Betrachtungsweise innerhalb der nationalen Grenzen sind sich die Autor:innen bewusst, dass Flächenfragen in unmittelbarem Zusammenhang mit Fragen der Klimagerechtigkeit stehen und sich - vor allem vor dem Hintergrund des verhältnismäßig hohen Ressourcen- und Flächenverbrauchs des globalen Nordens - nicht ausreichend innerhalb der nationalen Grenzen diskutieren lassen.

Dieser Bericht zielt darauf ab, durch eine kompakte Zusammenfassung der aktuellen Flächennutzungen und bestehenden Entwicklungstrends den ansteigenden Flächendruck in Deutschland aufzuzeigen und zu konkretisieren.

2. Methodik

Für den vorliegenden Bericht wurde der Zeitraum 1992-2020 betrachtet; dieser wird im Folgenden auch als „Untersuchungszeitraum“ bezeichnet. Die Autor:innen des Berichts weisen an entsprechenden Stellen darauf hin, sobald der Beobachtungszeitraum aufgrund von verschiedenen Datenverfügbarkeiten variiert.

Im Rahmen der Untersuchung wurden Literaturrecherchen durchgeführt. Hierfür wurden vor allem Publikationen der letzten drei Jahre und Veröffentlichungen des Umweltbundesamts verwendet.

Innerhalb der Literaturrecherche wurde zudem der IÖR-Monitor des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung betrachtet. Dieser liefert über ein Indikatorsystem auf der Grundlage von Geobasisdaten, Geofachdaten und Statistikdaten eine Möglichkeit der Beschreibung und Bewertung der Flächennutzungsentwicklung in Deutschland.

In den bereits zahlreich und regelmäßig publizierten IÖR-Schriften (Leibniz Institut 2022) werden die vom IÖR-Monitor generierten Daten analysiert, ausgewertet und die Ergebnisse interpretiert. Die Schriften informieren damit über Entwicklungstrends, Ursachen und Wirkungen der Flächennutzung in Deutschland (Meinel et al. 2015). Die IÖR-Schriften erscheinen jährlich, der letzte Band „Flächennutzungsmonitoring XIII“ wurde 2021 veröffentlicht.

Eine Abgrenzung dieser Schriften zu dieser Arbeit liegt vor allem in der Unterscheidung der konkreten Zielstellung beider Publikationen. Der vorliegende Bericht soll durch eine knappe Zusammenfassung der aktuellen Flächennutzung und bestehenden Entwicklungstrends den zunehmenden Flächendruck in Deutschland aufzeigen und konkretisieren.

Die Datengrundlage für die Flächenbeobachtungen liefern die Statistiken zur Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung vom Statistischen Bundesamt (Bundesamt 2022). Diese werden aus den Daten des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) der Länder erstellt und veröffentlicht (Umweltbundesamt 2021).

Die erste Flächennutzungserhebung fand im Jahr 1979 statt, gesamtdeutsche Daten existieren jedoch erst seit dem Jahr 1992. Seitdem wurden sowohl Erhebungsmethodik als auch Nutzungsartensystematik einigen Veränderungen unterzogen. Dabei ist vor allem die Änderung des Erhebungsverfahrens zwischen den Jahren 2015 und 2016 zu beachten. Diese Verfahrensänderung hin zu digital ermittelten geometrischen Flächen durch Luftbildaufnahmen brachte einen Wechsel der Datengrundlage vom amtlichen Liegenschaftsbuch (ALB) zum amtlichen Liegenschaftskatastersystem (ALKIS) mit sich. Im gleichen Zug wurde die Nutzungsartensystematik überarbeitet, welche sich nun auf den ALKIS Objektartenkatalog von 2016 stützt.

Diese Änderungsmaßnahmen erschweren den Vergleich der Jahre vor 2016 mit denen nach 2016. In diesem Bericht wird der Fokus – um die Validität der Aussagen zu gewährleisten –

auf die Datenlage des „neuen“ bis zum jetzigen Zeitpunkt zur Verfügung stehenden 4-Jahreszeitraums (2016-2020) gelegt.

Angaben bezüglich der Gesamtfläche der Photovoltaik-Freiflächenanlagen und Windenergieanlagen wurden aus dem vom BfN-geförderten Forschungsprojekt EEMonReport entnommen. Die Anlagendaten sind offen zugänglich (Manske et al. 2022a). Die Methodik zu den Anlagendaten wurde 2022 veröffentlicht (Manske et al. 2022b). Für die Standortdaten wurden die Angaben aus dem Marktstammdatenregister verwendet und umfangreich korrigiert. Die Flächen der PV-Freiflächenanlagen wurden digital kartiert.

Das Kompetenzzentrum für Naturschutz und Energie (KNE) hat in einer Kurzmitteilung seine Schätzungen zum Flächenbedarf von Windenergieanlagen bereitgestellt. Diese beziehen sich auf den Flächenbedarf pro Onshore-Windenergieanlage (KNE 2022). Dementsprechend konnten diese Flächenschätzungen auf die vom EE-Monitor (UFZ 2022) bereitgestellten quantitativen Daten zu Windenergieanlagen im Untersuchungszeitraum von 2016 bis 2020 hochgerechnet werden.

Die nationalen CORINE Land Cover Datenbanken werden vom *Eionet-Network National Reference Centres Land Cover* (NRC/LC) erstellt und von der Europäischen Umweltagentur (EUA) koordiniert und integriert (Copernicus 2022). Sie liefern anhand von Satellitenbildern erstellte Bodenbedeckungskarten. Aufgeteilt werden diese in 44 Klassen, welche sich wiederum 4 Oberkategorien zuordnen lassen. Für die Darstellung von Flächenveränderungen werden zusätzlich CORINE Land Cover Change (CLCC) Datensätze zur Verfügung gestellt. Das aktuellste Produkt stellt dabei der CHA-Datensatz (CORINE Land-Cover-Change) dar, welcher Veränderungen im Zeitraum von 2012-2018 betrachtet. Die räumliche Auflösung des Datensatzes liegt bei 5 ha.

Der Unterschied zwischen Landbedeckung und Landnutzung ist bekannt: Während die Landbedeckung die physische und biologische Bedeckung der Erdoberfläche bezeichnet, beschreibt die Landnutzung den Charakter von Gebieten anhand ihrer Funktion. Die Datenlage ließ nur ortsspezifische Berechnungen der Landbedeckungsinformationen zu.

Um trotzdem eine zu unseren bisherigen Berechnungen passende GIS-Analyse durchführen zu können, mussten zunächst die *CORINE Land cover classes* in die für den Bericht erarbeiteten Nutzungskategorien zugeordnet werden. Dafür wurde eine Klassenzugehörigkeit zu den Oberkategorien Siedlung, Verkehr, Vegetation und Wasser und den Unterkategorien Landwirtschaft, Wald und Abbauflächen durchgeführt.

Innerhalb einer GIS-Analyse wurde für jede der Kategorien ein Single-Layer erstellt. Einfache Abfragen der Spalten Code_12 und Code_18 nach speziellen Kategorien, lieferten die benötigten Flächenänderungsdaten. Die Summenbildung der Flächenangaben ergab im Anschluss die veränderte Gesamtfläche. Diese Informationen konnten verwendet werden, um allgemeine Aussagen, wie: „153,56 km² Siedlungsflächen konnten zwischen 2012 und 2018 auf Kosten der landwirtschaftlichen Flächen erschlossen werden“ formulieren zu können. Diese Analyse wurde anschließend auf die für uns relevantesten Kategorien-Paare angewandt.

3. Flächenbeobachtungen

3.1 Flächenbeobachtungen anhand von Landnutzungsklassen

Zusammenfassung der Flächenbeobachtungen für den Zeitraum 2016-2020	
1.	Die Siedlungsfläche steigt jährlich.
2.	Die Nutzfläche für Verkehrsbelange wächst stetig.
3.	Die Vegetationsfläche, insbesondere landwirtschaftliche Flächen und Moorflächen nehmen kontinuierlich ab; Waldflächen nehmen zu.
4.	Gewässerflächen nehmen ab.
5.	Die als vollständig versiegelt geltende Fläche steigt jährlich.
6.	Wind- und PV-Freiflächenanlagen belegen nur einen sehr geringen Anteil des Bundesgebiets.
7.	Die für Tagebaue, Gruben und Steinbrüche beanspruchte Fläche verringert sich zu geringen Anteilen.

1. Die Siedlungsfläche steigt jährlich.

Die Siedlungsfläche stellt eine Nutzungskategorie der deutschen Landesfläche dar, welche seit 1992 vom Statistischen Bundesamt regelmäßig erhoben, aufgezeichnet und publiziert wird. Die Daten werden derzeit bis zum Jahr 2020 zur Verfügung gestellt. In die Kategorie fallen Wohnbauflächen, Industrie- und Gewerbeflächen, Industrie und Gewerbe, Halden, Bergbaubetriebe, Tagebau, Gruben, Steinbrüche, Flächen gemischter Nutzung, Flächen besonderer funktionaler Prägung, Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen und Grünanlagen.

Für das Jahr 2020 maß das Statistische Bundesamt eine Siedlungsfläche von 33.616,33 km². 2016 beliefen sich die Messungen noch auf 32.770,07 km². Innerhalb des Untersuchungszeitraums ist die Siedlungsfläche damit um 846,26 km² angewachsen. Der mittlere jährliche Anstieg betrug dabei 211,57 km².

Wie in Abbildung 3 ersichtlich ist diese steigende Tendenz jedoch nicht erst seit den letzten 4 Jahren auffällig. Seit den ersten veröffentlichten Berechnungen der Siedlungsflächen im Jahr 1992 ist die Fläche von damaligen 25.741,96 km² auf 2020 berechnete 33.616,33 km² im Jahr 2020 angestiegen. Damit beläuft sich die in den letzten 28 Jahren erschlossene Siedlungsfläche auf 7874,34 km².

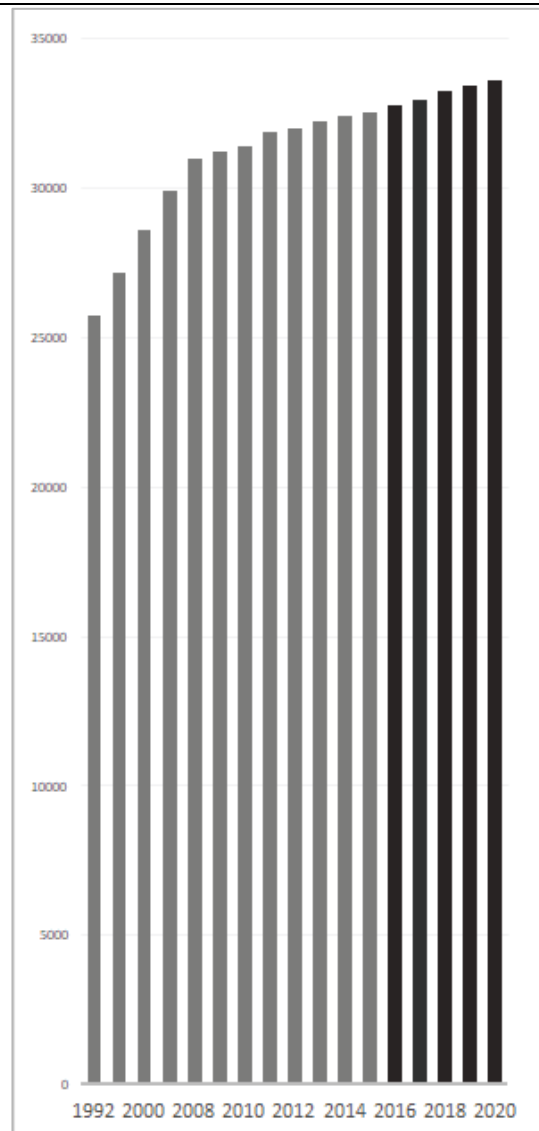


Abbildung 3 Gesamte Siedlungsfläche (1992-2020)

Der relative Anteil am Gebiet der Bundesrepublik stieg von 7,21 % auf 9,40%.

Mit Blick auf die letzten 2 Jahrzehnte schwankt der flächenmäßige Anstieg zwischen 73,65 km² und 481,12 km². Die gesamte Siedlungsfläche steigt damit kontinuierlich.

Dieser Entwicklung liegen besonders die wachsende Wohnungsnachfrage (Waltersbacher 2012) und der Anstieg des Indikators „Wohnfläche pro Person“ zu Grunde. Laut den Ausführungen des aktuellen Baukulturberichts 2020/2021 (BSBK 2020) liegt die Wohnfläche pro Person im Jahr 2018 bei 46,7 m². 2007 lag dieser Wert noch bei 41,9 m² und im Jahr 1991 sogar noch bei 34,9 m² pro Person (Anstieg um 33,81 %). Eine derartige Entwicklung verknüpft mit abnehmenden Haushaltsgrößen sorgen ebenfalls für deutlich mehr benötigte Wohnraumfläche (Jörissen 2007). Ursachen sind unter anderem Veränderungen im Lebensstil, wie z.B. die Präferenz von Paaren, in Städten getrennte Wohnung zu beziehen (Deschermeier 2015), aber auch Suburbanisierungsprozesse (Goetzke et. al 2014). Die Bautätigkeit speziell in prosperierenden Städten weitet sich zudem durch vermehrte Anlagen von Kapital in Immobilienwerte aus (Schürt 2012).

Auch die in der Siedlungskategorie mit inbegriffenen Industrie- und Gewerbeflächen unterliegen einem jährlichen Wachstum. Mit zwischen 30 km² und 65 km² Flächenzuwachs pro Jahr tragen auch sie einen großen Teil zum Gesamtanstieg bei. Die Flächeninanspruchnahme für Industrie und Gewerbebelange stützt sich stark auf die wirtschaftliche Situation und konjunkturelle Entwicklung in Deutschland (Jörissen 2007).

Die Bevölkerungsentwicklung hat einen anteiligen Einfluss auf die steigenden Siedlungsflächen. So verstärkt eine Bevölkerungszunahme zum Teil den Wohnflächen- als auch Gewerbeflächenbedarf (Siedentop 2009). Andererseits werden auch in Räumen schrumpfender Bevölkerungszahlen immer weiter Flächen trotz Innenentwicklungspotenzialen ausgewiesen (Beckmann 2018). Die Fortschreibung des Bevölkerungsstandes 2022 (Statistisches Bundesamt 2022c) ergibt einen zahlenmäßigen Anstieg um 715.471 Bürger:innen innerhalb des Untersuchungszeitraums.

2. Die Nutzfläche für Verkehrsbelange wächst stetig.

Die Flächen, die der Kategorie Verkehr zugehörig sind, sind zwischen den Jahren 2016 und 2020 um 47,9 km² gestiegen. Der Flächenanstieg ist damit beträchtlich geringer als der der Siedlungsfläche. Ende 2020 werden 18.076,19 km² ausschließlich für Verkehrsbelange genutzt. Gleichzeitig deutet die Entwicklung der letzten Jahre - wie bei den Siedlungsflächen - auf ein ununterbrochenes Wachstum der Verkehrsflächen hin.

Der mittlere Anstieg beläuft sich pro Jahr auf 11,82 km². Dem Jahr 2020 gegenübergestellt fällt der Anstieg mit 20,53 km² deutlich höher aus. Dieser Anstieg entspricht 6 ha pro Tag (Statistisches Bundesamt 2021b).

Grundlage für die Ausweitung der Verkehrsflächen bildet das stetig ansteigende Verkehrsaufkommen in Deutschland. Diese Entwicklung lässt sich auch mit dem Indikator der jährlichen Zunahme zugelassener Fahrzeuge in Deutschland beobachten (Statistisches Bundesamt 2022b). Der Abbau von Regionalbahnen (z.B. in Sachsen) wirkt sich gemeinsam mit der daraus resultierenden Abnahme des Personenverkehrs mit Bussen und Bahnen (Statistisches Bundesamt 2022d) ebenfalls verstärkend auf den PKW-Verkehr aus. Beide

Entwicklungen ergeben sich aus den Zahlen des Statistischen Bundesamts und haben großen Einfluss auf das Verkehrsaufkommen und somit die Verkehrsfläche in Deutschland.

Einen weiteren Grund für das erhöhte Verkehrsaufkommen stellt die Zersiedelung der Landschaft dar (UBA 2022b).

Um das steigende Verkehrsaufkommen zu kompensieren, werden Maßnahmen zum Ausbau der Verkehrsinfrastruktur eingeleitet. Die Verkehrsfläche wird somit jährlich ausgeweitet und andere Flächennutzungen müssen weichen.

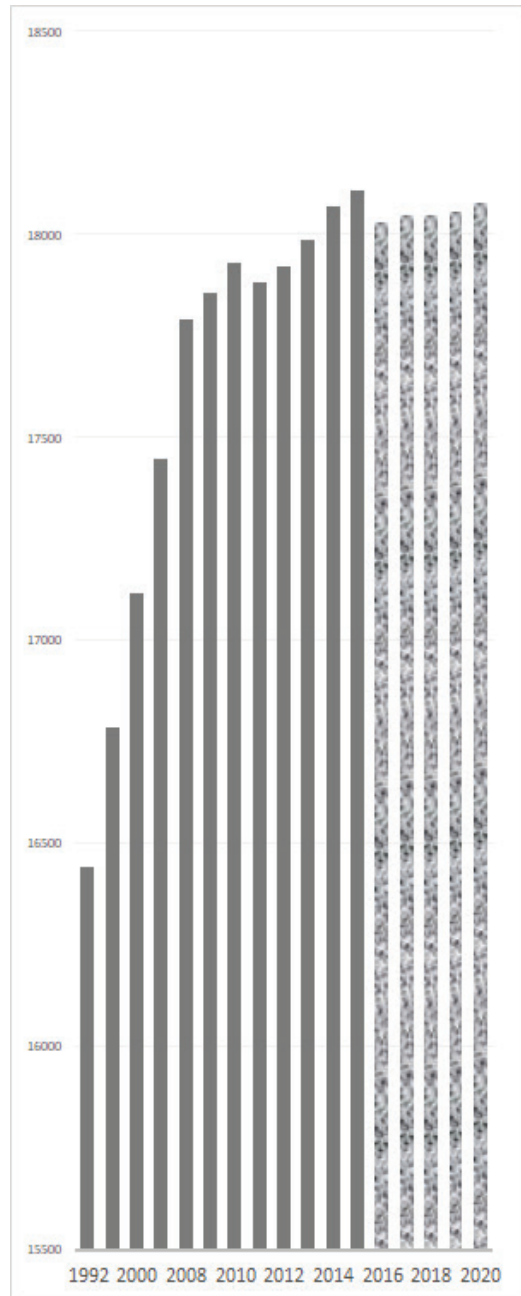


Abbildung 4 Gesamte Verkehrsfläche (1992-2020)

3. Die Vegetationsfläche, insbesondere landwirtschaftliche Flächen und Moorflächen nehmen kontinuierlich ab; Waldflächen nehmen zu.

Die mit Vegetation bedeckte Fläche ist in den Jahren 2016 bis 2020 von 298.561,67 km² auf 297.700,2 km² geschrumpft. Damit hat Deutschland in nur 4 Jahren 861,47 km² an Vegetationsfläche verloren.

Abbildung 5 zeigt die kontinuierliche Abnahme innerhalb des Untersuchungszeitraumes. Im Mittel ging die Vegetation dabei jedes Jahr um 215,37 km² zurück.

Diese negative Entwicklung erstreckt sich bereits über einen längeren Zeitraum. Seit Beginn der einheitlichen Flächenerhebungen in Deutschland im Jahr 1992 ist die Nutzfläche für Vegetation um knapp 4.400 km² zurückgegangen. Man kann daher aufgrund des Zeitraumes von fast 30 Jahren sogar von einem Trend sprechen: Ein negativer Trend, welcher dazu geführt hat, dass mind. 1,4% der Gesamtfläche der Bundesrepublik heute keine Vegetationsfläche mehr sind, es aber vor 30 Jahren noch waren.

Die von diesem Verlust am stärksten betroffene Nutzungskategorie ist die **Landwirtschaft**. Ihr Verlust ist mit 1.702,94 km² über den Untersuchungszeitraum immens. Der flächenmäßige Verlust der Landwirtschaft übersteigt sogar den

Gesamtverlust der Kategorie Vegetation um 841,47 km². Verschleiert wird dieser beträchtliche Verlust durch den Flächenzuwachs in den Kategorien Wald, Heide und Sumpf.

Denn im Kontrast zur Landwirtschaft weist die Kategorie **Wald** eine positive Flächenentwicklung im Betrachtungszeitraum auf. Die Fläche ist seit dem Jahr 2016 um 496 km² und somit auf eine im Jahr 2020 berechnete 106.666 km² angewachsen. Diese Angabe liefert jedoch keine Auskunft über den ökologischen Zustand der Waldbestände.

Moorflächen, welche für die Bindung von CO₂ somit für den Klimaschutz relevant sind (NABU 2014), weisen neben den landwirtschaftlichen Flächen ebenfalls eine Abnahme auf. Heide und Sümpfe weisen dagegen als Unterkategorien der Vegetation einen flächenmäßigen Zuwachs auf.

Um die vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellten Werte der Vegetationsflächen besser einordnen zu können, muss man einen tieferen Blick in die Unterkategorien werfen. Seit dem Jahr 2011 fallen Flächen des **Unlands** in die Kategorie der Vegetation. Per Definition gelten diese jedoch als „vegetationslose Fläche“ (Statistisches Bundesamt 2021a). Diese

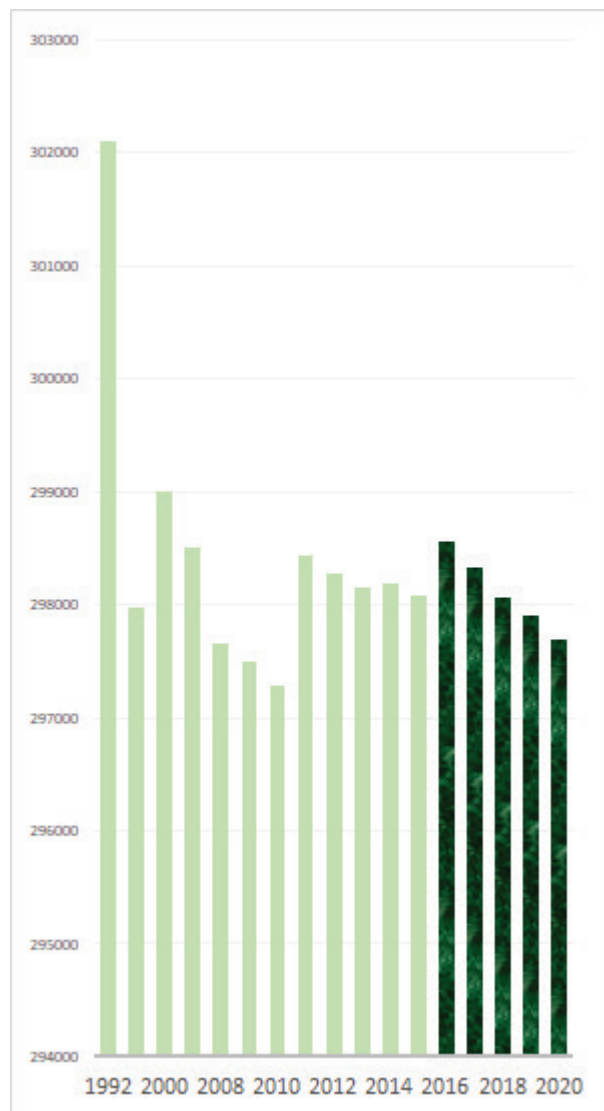


Abbildung 5 Gesamte Vegetationsfläche (1992-2020)

Zugehörigkeit ist daher mit Zurückhaltung zu betrachten. Daraus folgt, dass der flächenmäßige Anstieg zwischen 2010 und 2011 nicht in dem Sinne positiv zu interpretieren ist. Zudem ist die als tatsächliche Vegetationsfläche anzusehende Fläche kleiner, als es die Berechnungen der Kategorie widerspiegeln. Daraus folgt, dass auch der reale Verlust seit 1992 größer ausfallen müsste.

4. Gewässerflächen nehmen ab.

Die aktuellste Flächenerhebung - im Jahr 2020 - maß eine Gewässerfläche von 8.194,44 km². 2016 betrug diese noch 8.218,98 km². Folglich ist die Gewässerkategorie als eine ebenfalls flächenmäßig abnehmende Kategorie festzustellen. Auch wenn der absolute Flächenverlust mit 24,54 km² vergleichsweise gering ausfällt, ist die relative Abnahme vergleichbar mit dem Rückgang der Vegetationsflächen in diesem Zeitraum.

Die Abnahme der Gewässerflächen ist neben dem Verlust durch die **Umnutzung zu Abbauflächen**, vorwiegend auf **Klimaveränderungen** in den letzten Jahren zurückzuführen. Die mittleren Temperaturanstiege, öfter auftretenden und länger andauernde Hitzeperioden und seltenere Niederschlagsereignisse führen zu Trockenheit und Absenkungen der Wasserstände (UBA 2022a).

Sehr deutlich kann dies anhand der Pegelstände deutscher Flüsse gezeigt werden. Exakte hydrologische Messwerte zu verschiedenen Standorten können dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch entnommen werden (DGJ 2018). Betrachtungen und Messungen zum Standort Dresden werden dabei im Teilband „Elbegebiet, Teil 1“ veröffentlicht. Im Jahr 2000 wurde in Dresden ein mittlerer Pegelstand der Elbe von 180 cm gemessen. Über die nächsten 15 Jahre hinweg – bis 2015 – sank dieser auf 137 cm ab, was einer Absenkung des Wasserstandes von 43 cm entspricht. Da die Website der DGJ (Deutsche Gewässerkundliche Jahrbücher) keine aktuelleren Daten öffentlich bereitstellt, kann der gewählte Untersuchungszeitraum nicht exakt betrachtet werden. Allerdings lassen die Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2022) mit steigenden Jahresmitteltemperaturen, vergleichsweise geringeren Niederschlagsmengen über die Jahre 2018/2019 und 2020 sowie die wachsende Anzahl an „Sommertagen“ und „Heißen Tagen“ ähnliche Entwicklungen vermuten (UBA 2022a).

Eine Pegelstandabsenkung führt dazu, dass ursprüngliche Gewässerflächen in Vegetationsgebiete übergehen. Auch die CORINE Land Cover Change Daten (CHA 2012-2018) bestätigen dies, indem Flächen deren Zugehörigkeit 2012 noch in die Gewässerflächen

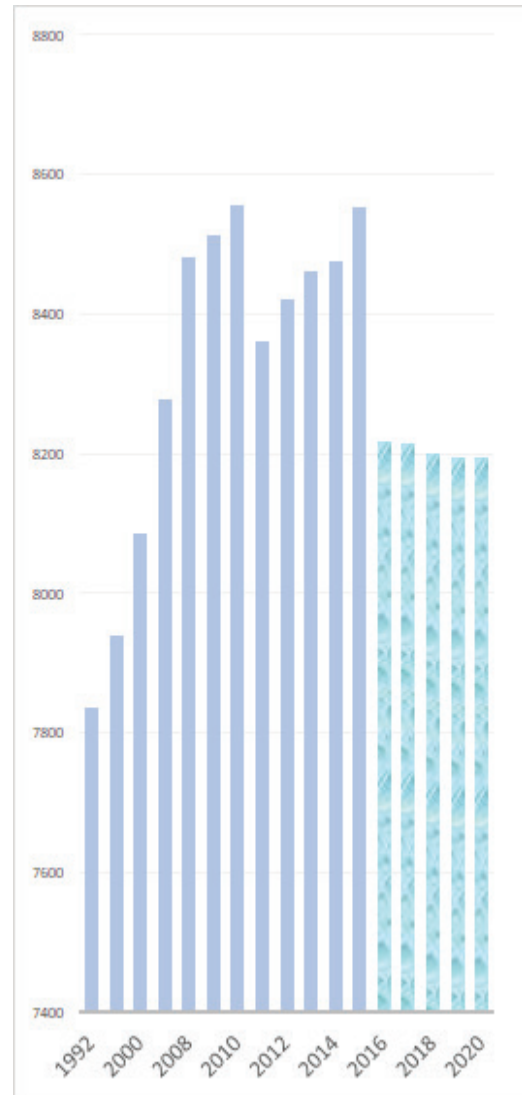


Abbildung 6 Gesamte Gewässerfläche (1992-2020)

fielen, 2018 schon Flächen mit spärlicher Vegetation, Dünen oder der Kategorie Wiesen und Weiden angehören (Copernicus 2022).

5. Die als vollständig versiegelt geltende Fläche steigt jährlich.

Das Umweltbundesamt definiert vollständig versiegelte Flächen als diejenigen, bei denen der Boden luft- und wasserdicht abgedeckt wird. Dementsprechend wird sowohl das Versickern von Regenwasser, als auch der Gasaustausch mit der Atmosphäre verhindert (UBA 2022c).

Die Siedlungs- und Verkehrsflächen weisen als einzige Nutzungskategorien in Deutschland versiegelte Flächen auf. Im Jahr 2020 ordnete das Umweltbundesamt 43,7 % aller Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland den versiegelten Flächen zu. Aufgrund dieser Zugehörigkeit überträgt sich der bereits festgestellte Anstieg innerhalb der Siedlungs- und Verkehrskategorien auf die versiegelten Flächen.

Das Umweltbundesamt hat auf Grundlage der umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL 2021) Angaben mit 22.589,84 km² versiegelten Flächen im Jahr 2020 machen können. Der prozentuale Anteil am Gesamtgebiet Deutschlands beläuft sich damit auf ganze 6,32 %. Im Vergleich zur versiegelten Fläche 2016, wurden seitdem 403,20 km² Fläche neu versiegelt. Im jährlichen Mittel betrug der Anstieg 100,80 km².

6. Wind- und PV-Freiflächenanlagen belegen nur einen sehr geringen Anteil des Bundesgebiets.

Der EE-Monitor liefert genaue Angaben zu Anzahl und Verteilung der Erneuerbaren Energieanlagen in Deutschland im Zeitraum 1900 - 2020. Diese Darstellung der chronologischen Entwicklung bietet die Möglichkeit, die Zunahme an Windenergieanlagen zwischen 2016 und 2020 zu berechnen. Laut der offiziellen Website des EE-Monitors (UFZ 2022) wurden dabei innerhalb des Untersuchungszeitraums 3.533 Windenergieanlagen in Deutschland installiert. Dem zur Folge verzeichnet Deutschland im Jahr 2020 insgesamt 29.130 Windkraftträder.

Um den Flächenbedarf für die Windenergie betrachten zu können, muss man zwischen dem Raum- und dem Flächenbedarf pro Anlage differenzieren. Der Raumbedarf ist für die Errichtung weiterer Anlagen im unmittelbaren Umfeld und für das Landschaftsbild von Bedeutung. Das Kompetenzzentrum für Naturschutz und Energiewende hat Berechnungen zu beiden Größen angestellt (KNE 2022). Die berechneten 0,165 km² für den Raumbedarf beziehen sich auf den Abstand, den eine Windenergieanlage zur Errichtung der nächsten Anlage einhalten muss.

Der tatsächliche Flächenbedarf für eine Windenergieanlage unterteilt sich zwischen Bau- und Betriebsphase. Während in der Bauphase 0,0085 km² Fläche pro Anlage genutzt werden, liegt der Bedarf im Anschluss - in der Betriebsphase - nur noch bei 0,0045 km². Hochgerechnet auf die im Jahre 2020 „Onshore“ laufenden 27.633 Windenergieanlagen entspricht dies einem Gesamtflächenbedarf für die Windenergie von 124,35 km². Diese Fläche muss für die Windenergienutzung voll versiegelt werden, ist jedoch im Vergleich zur 2019 berechneten Gesamtversiegelung der Bundesfläche von 22.531,27 km² gering.

Das KNE formuliert: Von den 2 % für Windenergie zur Verfügung stehenden Flächen als politisches Ziel, werden wiederum nur 2 % real mit Anlagen überstellt.

Das entspricht einem Bedarf von gerade mal 0,04 % des Bundesgebiets für die Windenergie (KNE 2022).

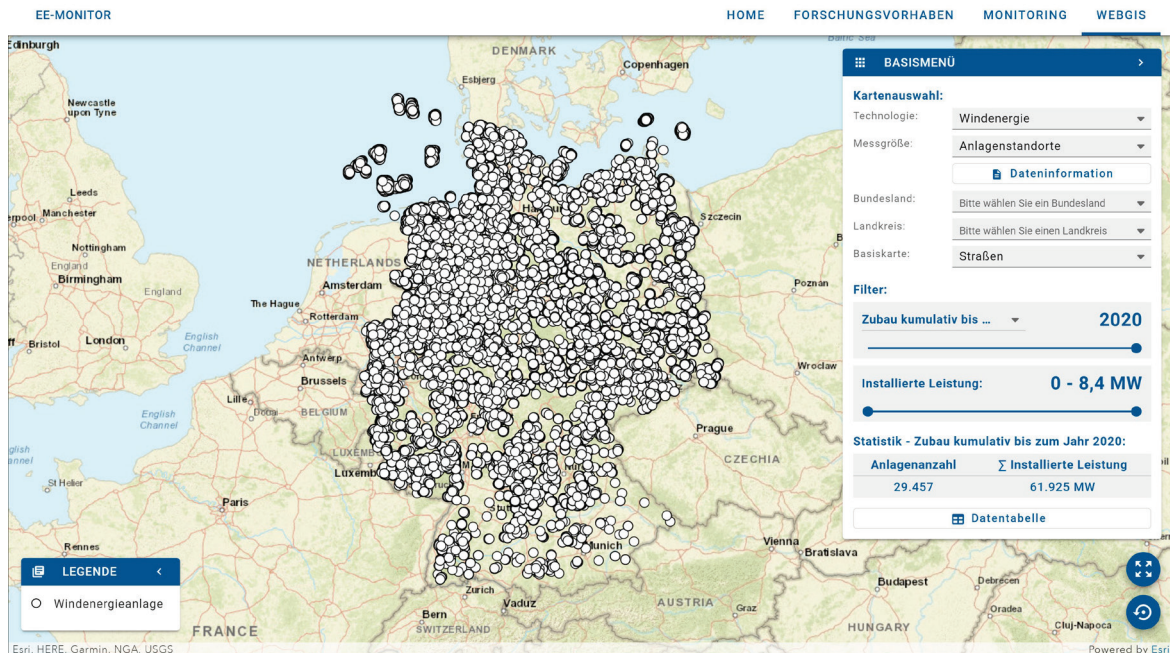


Abbildung 7 Windenergieanlagen-Standorte in Deutschland (2020) (EE-Monitor)

Das EE-Monitor Forschungsteam stellt ebenfalls ausführliche und aktuelle Berechnungen zu den PV-Freiflächenanlagen an. Anhand deren Aussagen beläuft sich die deutschlandweit für PV-Freiflächenanlagen in Anspruch genommene Fläche im Jahr 2020 auf 224,76 km², also 0,063% der Bundesfläche.

Auch die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen unterliegt einem Anstieg in den letzten Jahren. Im 4-Jahreszeitraum 2016 - 2020 betrug der Anstieg der Fläche 35,02 km² und allein in den letzten 10 Jahren wurden 159 km² Fläche in PV-Freiflächen umgewandelt (Manske 2022b).

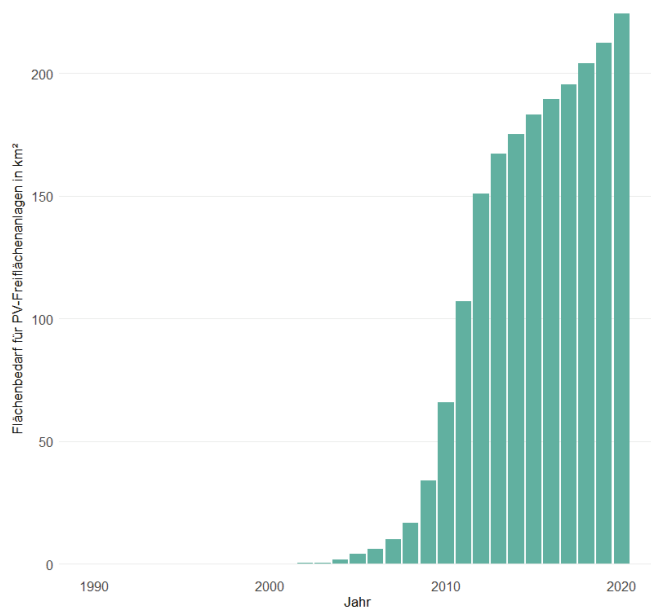


Abbildung 8 Flächenbedarf von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (EEMonReport 2022)

Abbildung 8 verdeutlicht den Flächenbedarf von Photovoltaik-Freiflächenanlagen in den letzten 30 Jahren.

Im Zeitraum 1990-2020 hat sich die Anzahl an Biogasverstromungseinheiten vervielfacht: 1990 gab es in Deutschland 24 registrierte Einheiten, 2020 verzeichnet das Bundesgebiet 19.825 Einheiten (EE-Monitor 2022).

Die Biogasproduktion bringt durch den Anbau von Energiepflanzen und durch die Verwendung von Gärresten ein Risiko für Ökosystemleistungen mit sich (Dotzauer et al. 2019).

Um sich dem Flächenverbrauch von Bioenergie anzunähern, lohnt ein Blick auf den Anteil von Silomais an der gesamten Ackerfläche: Dieser ist von 10% im Jahre 1999 auf fast 20% im Jahre 2020 gestiegen. Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, dass der Produktionsprozess von Silomais für die Biogasproduktion oder für Viehfutter in der Regel identisch ist (EEMonReport 2022). Im Jahr 2015 waren 11,8% der Ackerfläche für den Anbau von Biogassubstraten belegt (Dotzauer et al. 2019).

7. Die für Abbauflächen beanspruchte Fläche verringert sich zu geringen Anteilen.

Das Statistische Bundesamt veröffentlicht seit 2016 jährlich Flächenangaben zur Nutzungskategorie Tagebau, Grube und Steinbruch.

Die erste Flächenerhebung dieser Kategorie ergab eine Flächennutzung von 1516,29 km² im Jahr 2016. Vier Jahre später ist diese Fläche um 30, 41 km² zurückgegangen und nimmt damit immer noch 1485,88 km² in Anspruch.

Das Umweltbundesamt hat Berechnungen zur Neuinanspruchnahme von Flächen durch Rohstoffabbau im Tagebau angestellt (UBA 2022e). Dafür wurden Daten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und des Statistischen Bundesamtes herangezogen. Der tägliche Flächenverbrauch durch inländische Entnahmen von Rohstoffen im Tagebau beträgt in etwa 8 ha pro Tag. Es zeigt sich eine abnehmende Tendenz des täglichen Flächenverbrauchs über die letzten Jahrzehnte, allerdings fällt diese mit einer Abnahme von 9,3 ha im Jahr 1994 auf 7,7 ha im Jahr 2020 eher gering aus. Im Vergleich dazu zeigt die Inländische Entnahme von Rohstoffen im Tagebau einen deutlicheren Rückgang, welcher sich von 1.011,59 Millionen Tonnen im Jahr 1994 auf 689, 88 Millionen Tonnen im Jahr 2020 beläuft.

Vergleicht man jeweils die prozentualen Abnahmen der inländischen Rohstoffentnahme mit dem Flächenverbrauch zeigt sich eine deutlichere Abnahme der Rohstoffentnahme mit 31,8 % bei geringerer Flächenabnahme mit 17,5 %.

Die folgende Graphik vergleicht die Inanspruchnahme von Flächen durch Tagebaue, Windenergie- und PV-Freiflächenanlagen. Der zusätzliche Raumbedarf der Technologien (z.B. durch Kranaufstellungsplätze, Zufahrtsstraßen) wurde hierbei ausgelassen.

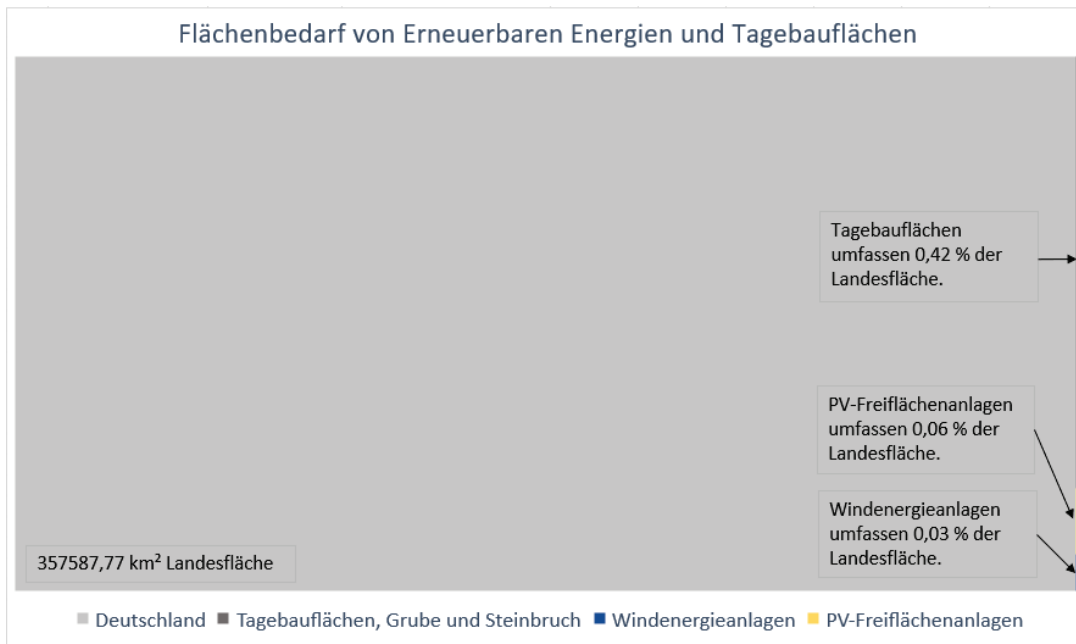


Abbildung 9 Treemap zum Flächenbedarf von Tagebauflächen, Gruben, Steinbrüchen, Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen. Die graue Fläche verdeutlicht die Fläche der Bundesrepublik.

3.2 Flächenbeobachtungen anhand von Landbedeckungsklassen

Die Landbedeckung kann heutzutage nicht mehr strukturell von der Landnutzung getrennt werden. Es gibt viele Schnittpunkte dieser beiden Herangehensweisen zum Flächenverbrauch. Die im Folgenden berechneten Ergebnisse beruhen auf einer GIS-Analyse von **Landbedeckungsinformationen**.

Es ist den Autor:innen bewusst, dass diese Berechnungen damit einen geringfügig abweichenden Aussagewert zu den statistischen Berechnung der Landnutzungsinformationen des statistischen Bundesamts haben. Nichtsdestotrotz unterstützen unsere hier aufgelisteten Ergebnisse die bereits aufgestellten Thesen aus Kapitel 3.

Bei der Betrachtung der Landbedeckungsänderungen in Deutschland innerhalb der Jahre 2012 bis 2018 ergab eine GIS-Analyse der CORINE Land Cover Datensätze (Copernicus 2022) Flächenänderungen von insgesamt 786,16 km². Dieser Flächenanteil war demnach 2012 noch anders bedeckt als im Jahr 2018.

Bei solchen großflächigen Veränderungen stellt sich die Frage, welche einzelnen Bedeckungsveränderungen dem Ganzen zu Grunde liegen und welche Kategorien dem größten Wandel unterliegen. Um dieser Frage nachzugehen, wurde zunächst die Kategorie der **Landwirtschaft** genauer betrachtet, da diese - wie im ersten Kapitel erwähnt - den größten Verlust aufweist.

Innerhalb des Betrachtungszeitraums (2012-2018) gingen insgesamt 295,45 km² landwirtschaftliche Fläche in Deutschland verloren. Der größte Flächenanteil (194,28 km²) wurde in Siedlungsfläche umgewandelt. Weitere 63,56 km² wurden als Abbauflächen

umgenutzt und insgesamt 21,26 km² mussten Gewässern und Infrastrukturflächen weichen. Diese Entwicklungen innerhalb der Landbedeckung bestätigt das Umweltbundesamt in einer Veröffentlichung zur „Struktur der Flächennutzung“. Das UBA trifft darin Aussagen zur Abnahme landwirtschaftlicher Flächen zugunsten der Siedlungs- und Verkehrsflächen und auch der Tagebauflächen in Deutschland (UBA 2021b).

Da die Bedeckungsveränderungen wechselseitig vorliegen, wird nicht nur Landwirtschaftsfläche in Siedlungsfläche umgewandelt, sondern auch umgekehrt. Um diesen Prozess zu berücksichtigen wurde zudem der „Nettowert“ der Veränderung berechnet. Netto betrachtet sind somit 153,56 km² von der landwirtschaftlichen Bedeckung in die Bedeckung für Siedlungsbelange übergegangen.

Des Weiteren wurden die Kategorien untersucht, welche ansteigende Flächen verzeichnen: Siedlungs-, Wald-, und Abbaufächen.

Das Wachstum der **Siedlungsfläche** über den Betrachtungszeitraum beläuft sich auf 228,69 km². Ein großer Anteil des Wachstums deckt sich wie bereits aufgeführt mit der Umwandlung auf Kosten der landwirtschaftlichen Flächen. Weitere 19,68 km² konnten durch die Verwandlung von Waldgebieten erschlossen werden und 0,23 km² Torfmoor und 0,30 km² Wasserfläche mussten SuV-Flächen weichen. Der Flächenverlust für Torfmoore und Wasserflächen entspricht 53 Fußballfeldern im Zeitraum 2012-2018.

Das knappe **Waldwachstum** mit 27 km² ist fast ausschließlich auf die Entwicklungen aus der Kategorie Wald-Strauch-Übergangsstadium zu Wald zurückzuführen.



In der Kategorie der **Abbaufächen** sind im Betrachtungszeitraum 115 km² Fläche hinzugekommen. Davon fällt ein großer Teil erneut auf ehemalige landwirtschaftlichen Flächen und zum Teil wurden auch einige Wald- und generell Vegetationsflächen umgewandelt.

Abbildung 10 Tagebau Garzweiler (2019) - aus Siedlungs- und Vegetationsfläche wird Abbaufäche (Foto von Mika Baumeister).

4. Konsequenzen der Flächenveränderungen

Aus den in Kapitel 3 angeführten Beobachtungen der Flächennutzungsänderung in Deutschland lassen sich zahlreiche Konsequenzen ableiten. Folgende 4 Beobachtungen sollen exemplarisch einen Überblick über Auswirkungen der Flächenveränderungen der letzten Jahre geben.

Die einzelnen Konsequenzen werden in der Literatur ausreichend beleuchtet und diskutiert und werden daher nur durch die Angabe von Literatur gestützt.

Zusammenfassung der Beobachtungen - Konsequenzen der Flächenveränderungen	
1.	<p>Der Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsflächen wirkt sich negativ auf Umwelt und Mensch aus.</p> <p>Exemplarisch bestehen diese in Verlust fruchtbarer Böden, zunehmender Versiegelung und Zerschneidung der Landschaften. (UBA 2017a; UBA 2021b; UBA 2022b)</p>
2.	<p>Die zunehmende Versiegelung beeinträchtigt Kleinklima, Wasserhaushalt und Bodenfunktionen.</p> <p>Speziell werden Versickerungsprozesse beeinträchtigt, Oberflächenreflektanzen verändert und die Bodenstruktur meist irreversibel gestört. (UBA 2022c)</p>
3.	<p>Landwirtschaftsflächen bedingen Deutschlands interne Nahrungsmittelproduktion – abnehmende Flächen bedeuten einen ansteigenden Lebensmittelimport.</p> <p>Der Konsum der deutschen Bevölkerung erfordert 22 Millionen ha Ackerland, wovon nur 12 Millionen durch die inländische Produktion gedeckt werden können. Abnehmende zur Verfügung stehende Flächen bedeuten bei gleichem Konsumverhalten ansteigende Flächeninanspruchnahme außerhalb Deutschlands. (UBA 2014; UBA 2017b; UBA 2021a; Statista 2022a; UGB o.A.; Fischer et al. 2017)</p>
4.	<p>Eine Abnahme der Vegetationsflächen verringert das Vermögen der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre.</p> <p>Speziell Moore und Grünland tragen einen großen Teil zur CO₂ Entnahme aus der Luft bei und leisten damit einen entscheidenden Beitrag zu den sogenannten Maßnahmen zur „Mitigation“ gegenüber dem Klimawandel. (UBA 2022f)</p>

5. Politische Flächenziele und Flächendruck

5.1 Politische Flächenziele

Zusammenfassung der Beobachtungen - Politische Flächenziele	
1.	In Deutschland existiert ein Flächendruck, welcher durch politische Flächenziele verstärkt wird, siehe Abbildung 11.
2.	Die Flächenziele der Bundesregierung bewirken den Schwund landwirtschaftlicher Flächen.
3.	Es besteht eine Diskrepanz zwischen den Flächenzielen der Bundesregierung und deren föderalistischer Umsetzung.

Im Folgenden werden die politischen Ziele der Bundesregierung mit Flächenbezug tabellarisch und in Kategorien aufgeführt:

Geplante Reduktion:

Ziel Bezeichnung	Quantitatives Ziel	Quelle	Bedeutung
Flächenbedarf für Bioenergiepflanzen	0 km ²	(UBA 2019)	mehr landwirtschaftliche Fläche verfügbar
Ernährungswende	kein Wert		Weniger Futtermittelimporte, weniger lw. Flächen

Geplante Erhaltung:

Ziel Bezeichnung	Quantitatives Ziel	Quelle	Bedeutung
Wiederbewaldung von Schadflächen	1800 km ² (ohne Jahresangabe)	(Bundesregierung 2019)	Flächenanspruch für Wald konstant
Wiedervernässungsmaßnahmen, Moorbodenerhalt und -schutz	kein Wert	(Bundesregierung 2019)	Bedarf an Vegetationsfläche
Erhaltung von Dauergrünland		(Bundesregierung 2019)	Flächenanspruch für Dauergrünland konstant

Geplanter Ausbau:

Ziel Bezeichnung	Quantitatives Ziel	Quelle	Bedeutung
Ökolandbau Ausweitung	Anteil an der Landwirtschaft: 20% (bis 2030)	(Bundesregierung 2022a)	mehr landwirtschaftliche Fläche für gleichbleibenden Ertrag benötigt
2% Flächenziel für Windenergie	2% entspricht 7.152 km ² bis 2032	(Bundesregierung 2022b)	Ausbau auf un bebauter Fläche
Solarenergieausbau	215.000 MW bis 2030	(Bundesrat 315/22)	Ausbau auf bebauter und un bebauter Fläche
Klimaanpassung - BECCS (Kohlenstoffspeicher)	kein Wert		Biomasseanbau verbunden mit Flächenverbrauch
Neuinanspruchnahme von SuV Flächen reduzieren	Unter 30 ha (0,3 km ²) pro Tag bis 2030	(UBA 2022d)	Ausweitung SuV Flächen

5.1.1 Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV-Flächen)

„Neuinanspruchnahme der SuV Flächen auf 30 ha pro Tag reduzieren“

„Die Bundesregierung hat sich deshalb im Rahmen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zum Ziel gesetzt, **bis zum Jahr 2030** die Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlungen und Verkehr auf unter **30 Hektar pro Tag** zu verringern.“ (Bundesregierung 2021).

Mit diesem Wortlaut stellt die Bundesregierung ein klares Flächenziel für die Kategorien Siedlungs- und Verkehrsflächen auf. Die Neuinanspruchnahme soll damit deutlich reduziert werden. Im Jahr 2020 lag der Flächenverbrauch der beiden Kategorien noch bei 54 ha pro Tag. Zwei Entwicklungen erschweren die Einhaltung dieses Ziels: Sowohl die wirtschaftliche Entwicklung, die regionale Zunahme der Bevölkerung (Ragnitz, J. 2022) als auch kontinuierlich steigende Einkommen und relativ hohes Wirtschaftswachstum (Distelkamp et al. 2008) führen zum weiter ansteigenden Bedarf an Siedlungs- und Verkehrsflächen. Als Lösung wird eine Erhöhung der Flächeneffizienz (Ragnitz, J. 2022) oder der Vorrang von Innen- vor Außenentwicklung gesehen (Frerichs et al. 2014), siehe hierfür auch Kap. 6.1.1. Fest steht, dass die Halbierung der Neuinanspruchnahme von SuV Flächen eine große Herausforderung darstellt.

Zudem bedeutet eine Reduzierung der Neuinanspruchnahme entgegen der Erwartung dennoch einen weiteren Anstieg dieser Flächennutzungskategorien. Eine Einhaltung des von der Bundesregierung aufgestellten Flächenziels würde zu einem weiteren Anstieg der SuV-Flächen von mindestens 109,50 km² pro Jahr führen (30ha * 365 Tage). Im Zeitraum 2020 bis 2030 würden dabei weitere 1.095 km² Fläche für Siedlung und Verkehr verloren gehen.

5.1.2 Vegetationsflächen

„Ökolandbau verdoppeln“

„Der Anteil des ökologischen Landbaus soll sich in den nächsten zehn Jahren verdoppeln, von derzeit 9,7 Prozent bis auf 20 Prozent im Jahr 2030. Durch die Ausweitung der ökologisch bewirtschafteten Flächen können zwischen 0,4 bis 1,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente jährlich eingespart werden. Dies liegt in erster Linie an der Einsparung von Mineraldüngern, bei deren Herstellung Treibhausgase entstehen.“ (Bundesregierung 2022a).

Das Ziel der Ausweitung des Ökolandbaus bezieht sich auf eine qualitative Veränderung innerhalb der Kategorie der landwirtschaftlichen Flächen. Damit einher geht eine Veränderung der Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Eine Zu- oder Abnahme der gesamten landwirtschaftlichen Fläche wird in diesem Ziel nicht angesprochen.

„Wiederbewaldung von 180.000 ha (1.800km²) Schadflächen“

Das Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung beinhaltet das Ziel der Wiederbewaldung von Schadflächen der letzten Jahre. Insgesamt betrifft dies 1.800 km² Fläche (September 2022). Diese Fläche hat in den letzten Jahren infolge des Klimawandels erheblichen Schaden genommen. Das Ziel der Bundesregierung umfasst ebenso wie beim Ökolandbau keine Ausweitung der Waldfläche; es zielt hingegen darauf ab, Waldverluste zu vermeiden. Auch die Ziele des Umbaus von Wäldern zum Schutz vor Trockenheit sollen in erster Linie den Erhalt der Waldfläche gewährleisten (BMEL 2021; Bundesregierung 2019).

Erhalt von Dauergrünland

Im Klimaschutzprogramm 2030 wurde zudem im Rahmen der Greening-Auflagen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) festgelegt, dass Dauergrünland erhalten werden soll. Die bisher bereits bestehenden Regelungen sollen dabei fortgeführt werden. Für die Sicherung und Stärkung des Grünlandes ist auf Bundesebene eine dauerhafte Lösung zu finden. Eine Umwandlung von Grünland ist dabei nur im Ausnahmefall durch Ausweisung einer Kompensationsfläche möglich. Damit wird als Flächenziel ein Konstanthalten der Nutzungsfläche Grünland festgelegt (Bundesregierung 2019).

Moorbodenschutz und Erhaltung

Der Moorbodenschutz wird von der Bundesregierung als klimarelevante Maßnahme eingeschätzt und daher verstärkt gefördert. Das Maßnahmenpaket im Klimaschutzprogramm beinhaltet den effektiven Schutz, die Finanzierung von Wiedervernässungsmaßnahmen und die Intensivierung der Forschung. Die Umsetzung bezieht sich auf den Zeitraum 2020-2030, soll jedoch auch darüber hinaus dauerhaft umgesetzt werden. In Bezug auf die hier behandelte Flächenproblematik kann man zunächst von dem Ziel einer gleichbleibenden Nutzungsfläche für Moore in Deutschland in den nächsten Jahren ausgehen (Bundesregierung 2019).

Kein weiterer Flächenbedarf für Bioenergiepflanzen

Die Energieerzeugung aus Biomasse soll sich künftig verstärkt auf Abfall- und Reststoffe stützen. Flächenrestriktionen bedingen die Einschränkung der Flächen für den Anbau von Energiepflanzen, so dass eine Ausweitung dieser nicht geplant ist. Die energetische Nutzung von Biomasse soll nach dem Prinzip der Abfallhierarchie, also erst nach vorheriger mehrfacher Nutzung, in Betracht gezogen werden. Maßnahmen der Bundesregierung beziehen sich

speziell auf Forschungsangelegenheiten und die Förderung weiterer Erzeugungsanlagen. Als Flächenziel ist zunächst mit einer gleichbleibenden Fläche für Energiepflanzen zu rechnen (Bundesregierung 2019).

5.1.3 Flächen für Wind- und Solarenergie

2 % Flächenziel für Windenergie

Das von der Bundesregierung verabschiedete Wind-an-Land-Gesetz soll den Ausbau von Windenergieanlagen vorantreiben, um gleichzeitig die Ausbauziele des Erneuerbare-Energien-Gesetzes erreichen zu können (Reutter et al. 2022). Das 2 %-Flächenziel entspricht auf die gesamtdeutsche Fläche gerechnet 7.152 km². Bis Ende 2032 müssen die Länder 2 % der Bundesfläche für die Errichtung von Windenergieanlagen ausweisen. Windenergie bietet die Möglichkeit einer Doppelnutzung der Flächen. Da nur ein Bruchteil der Fläche - 2 % - konkret für die Windanlage benötigt wird, kann die restliche Fläche durch beispielsweise landwirtschaftliche Belange parallel genutzt werden (Bundesregierung 2022b).

Ausbau der Solarenergie

Bisher berufen sich die verabschiedeten Gesetze zum Ausbau der Solarenergie ausschließlich auf Leistungsziele. Das Erneuerbare-Energie-Gesetz 2023 steigert das Ausbauziel für Solarenergie auf 215 GW. Um dieses Ausbauziel zu erreichen, müssen zusätzliche Flächen für Solarmodule bereitgestellt werden. Dabei soll sowohl auf Freiflächen als auch auf Dachflächen für eine integrative PV-Nutzung zurückgegriffen werden. Unabhängig von der Verteilung zwischen Dach-PV und Freiflächen-PV wird das politisch festgeschriebene Ausbauziel zu einem Bedarf an Freiflächen auch für die Kategorie der Solarenergie führen (Bundesministerium der Justiz 2021).

5.2 Umsetzung der politischen Flächenziele

Wiehe et al. stellen fest: „Der Konflikt zwischen Zielen auf hoher politischer Ebene und unbefriedigender Umsetzung auf lokaler Ebene wird auch als Mechanismus des räumlichen, funktionalen oder institutionellen Mismatch beschrieben“ (Wiehe et al. 2021).

Die Betrachtung des Flächenziels für Windenergie auf nationaler Ebene und deren Umsetzung auf lokaler Ebene konkretisiert einen solchen „Mismatch“. Die Problematik betrifft das von der Bundesregierung beschlossene konkrete Flächenziel von 2 % für den Windenergieausbau (Bundesregierung 2022b). Die Umsetzung mit Bezug auf quantitative Ziele und raumbezogene Steuerung fallen jedoch in den Aufgabenbereich der Bundesländer (Wiehe et al. 2021). Eine aktuelle Betrachtung der ausgewiesenen Ziele zeigt deutliche Unterschiede der Bundesländer. In einigen Bundesländern, wie Berlin oder Sachsen-Anhalt wurden weder Gesetze zum Thema Windflächenziel verabschiedet noch entworfen. In den weiteren Bundesländern liegen Flächenziele zwischen 1 % (Thüringer Klimagesetz 2018) und 2,1 % (Niedersächsisches Gesetz (2020), Zielvorgabe ab 2030) vor (Fachagentur Windenergie an Land 2022).

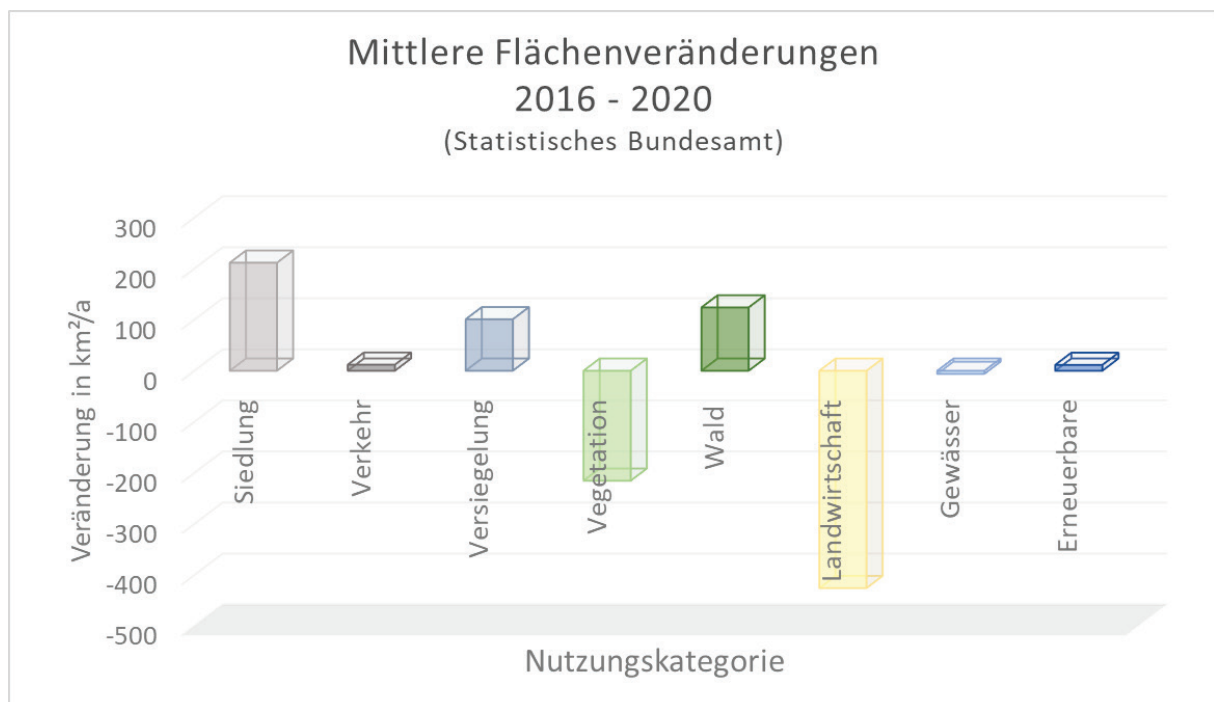
5.3 Zwischenfazit

Aus den Flächenzielen der Bundesregierung lassen sich drei Aussagen ableiten:

1. Siedlungs- und Verkehrsflächen werden sich weiter ausweiten.
2. Vegetationsflächen, wie Wald- Moor- und Dauergrünlandflächen sollen erhalten bleiben.
3. Der Ausbau der Erneuerbaren Energie, speziell Wind- und Solarenergie, benötigt weitere Flächen, die jedoch mehrfach genutzt werden können.

Die von der Bundesregierung festgelegten Ziele führen insgesamt zwangsläufig zu einem steigenden Druck auf die Flächen des Bundesgebiets. Abbildung 11 zeigt eine Gegenüberstellung der bisherigen jährlichen Flächenveränderungen im Mittel mit den von der Bundesregierung geplanten Flächenzielen bis 2030. Dabei zeigt speziell die untere Abbildung deutlich die weiteren Ausbauziele der Bundesregierung für die Kategorien SuV, Windenergie und Solarenergie, welche dem zur Folge weiterem Flächenbedarf unterliegen. Dabei errechnet sich der Flächenbedarf für Solarenergie aus dem Ausbauziel des EEGs und der Flächeneffizienz für Freiflächen-PV. Dem gegenüber stehen keinerlei Reduktionsziele, welche diesen Flächenbedarf möglich machen würden. Die Kategorien Wald, Moore, Grünland und Bioenergie sollen laut den Flächenzielen erhalten bleiben und kommen daher nicht für Flächenakquise in Frage.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine andere Nutzungskategorie ihre Flächen reduzieren muss: Aus den großen Nutzungskategorien bleiben dabei nur die Landwirtschaft und die Gewässer. Da bei den Gewässern von keiner gezielten Flächenabnahme auszugehen ist, ist eine weitere Flächenreduktion der landwirtschaftlichen Fläche anzunehmen.



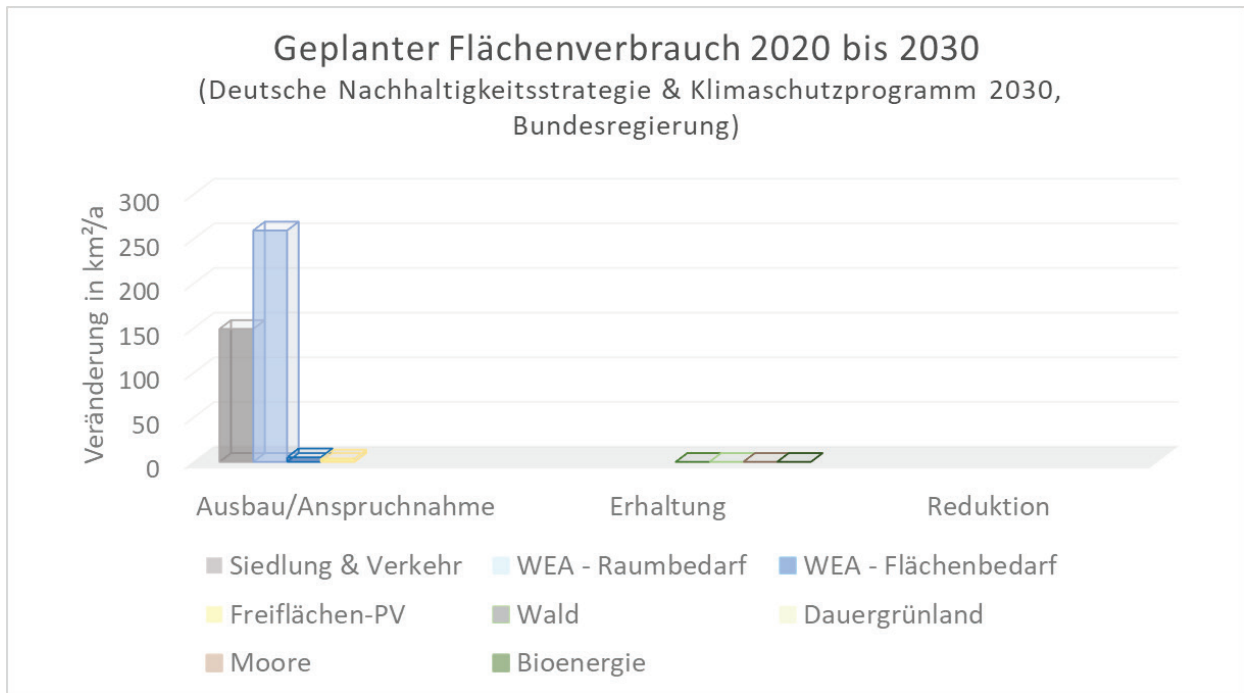


Abbildung 11 Darstellung der bisherigen Flächennutzungsentwicklung in Gegenüberstellung zu künftigem Flächenverbrauch orientiert an den politischen Flächenzielen aus der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und dem Klimaschutzmaßprogramm 2030 der Bundesregierung (bez

6. Lösungsansätze

6.1 Flächenbedarf reduzieren

6.1.1 Weniger Siedlungs- und Verkehrsflächen

Dem Interessenskonflikt zwischen **steigendem Wohnraumbedarf** und dem Ziel einer **geringeren Versiegelung** kann mit Konzepten wie z.B. der „Doppelten Innenentwicklung“ in Städten begegnet werden. Hierfür wird in Städten nur noch auf Flächen gebaut, die bereits versiegelt sind oder waren bzw. wird gleichzeitig der Fokus auf die Erhaltung, Weiterentwicklung und Qualifizierung des urbanen Grüns gelegt. Des Weiteren können weitere Stockwerke z.B. im Leichtbau auf bestehenden Gebäuden aufgesattelt werden (Geschossaufstockung, siehe



Abbildung 12 Kontorhaus in Leipzig - Geschossaufstockung Holz-Leichtbau (Foto von Nora Mittelstädt 2022)

Abbildung 12). Es werden dementsprechend Gebäude(-teile) im Inneren von bestehenden Siedlungen (unter Beachtung von relevantem Stadtgrün, Frischluftschneisen, etc.) anstatt auf wertvollen Flächen am Siedlungsrand gebaut (NABU 2019, Jaksch 2016). Deschermeier et al.

plädieren in Kommunen „mit ausufernder Bautätigkeit“ dafür, keine neuen Bauflächen auszuweisen und stattdessen den Bestand aufzuwerten (Deschermeier 2017).

Generell stellt sich im Kontext von „Knappheit“ von Flächen stets die kritische Frage, ob es sich um eine reale Knappheit oder eine **künstliche Knappheit aufgrund der Verteilung** handelt. Denn der Baubedarf und die Bautätigkeit gehen in Deutschland räumlich auseinander, indem in ländlichen Gebieten zu viel gebaut wird und die Zersiedelung, auch durch die Zunahme von Verkehrsflächen, voranschreitet (Deschermeier 2017). Es hat vor allem in Städten eine fortgeschrittene „Finanzialisierung“ der Immobilienwirtschaft und in Zuge dessen Verdrängung aus Wohnräumen stattgefunden. Die langen Phasen der Suburbanisierung deuten weniger auf eine gewachsene Attraktivität ländlicher Gemeinden hin, sondern verdeutlichen hingegen die Folgen von Verdrängung und das Bedürfnis nach Sicherheit in Form von „den eigenen 4 Wänden“ und Privateigentum (Henger 2019, Heeg 2013, Holm 2011). Sichtbarer spekulativer Leerstand kann in mittleren und großen Städten als Symptom der genannten Finanzialisierung genannt werden (Freitag 2021).

Bedürfnisorientierte Wohnraumvergabe ermöglicht, dass beispielsweise innerhalb einer Genossenschaft oder Hausverwaltung die Mieter:innen ihre Wohnung innerhalb des Stadtteils tauschen, z.B. wenn Kinder ausziehen oder geboren werden. Die Förderung ländlicher Räume im Hinblick auf beteiligende Demokratie, nachhaltige Mobilität und klimagerechte Kultur kann die Verteilungsfrage von Wohnraum erleichtern, indem nicht-größtstädtischer Leerstand wiederbelebt wird.

Der Präsident des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) Ralph Tiesler, hat sich im Juli 2022 dafür ausgesprochen, dass bestimmte Flächen in Deutschland „aufgrund des Klimawandels und der akuten Bedrohung durch **Unwetterkatastrophen** und Flutkatastrophen“ nicht mehr bewohnt werden sollten. Er nimmt dabei Bezug auf die Überschwemmungen in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 (dts Deutsche Textservice Nachrichtenagentur GmbH 2022).

Vor dem Hintergrund von Klimaanpassung und Klimaschutz werden Maßnahmen der **Entsiegelung** vor allem in urbanen Räumen zunehmend relevant: Die Entsiegelung oder Umwandlung von Flächen hinzu versickerungsfähigen Oberflächenbefestigungen (begrünte Gleisanlagen, Rasengitterstein, etc.) oder wasserspeichernden Grünflächen (z.B. Sickermulde) beugt Überschwemmungen vor und mindert Hitzebelastungen. Bauwerksbegrünungen sind ebenfalls Maßnahmen der Klimaanpassung (Temperatursenker, Wasserspeicher) und zugleich des Klimaschutzes (CO₂-Speicher) (Tervooren 2015, Dierkes 2015).

Eine konsequente **Verkehrswende** eröffnet das Potential, Flächen zu entsiegeln und weniger Flächen zu versiegeln. Der Koalitionsvertrag sieht vor, den Anteil des Güterverkehrs auf der Schiene bis 2030 von 18 auf 25 Prozent zu steigern (Koalitionsvertrag 2021).

6.1.2 Weniger landwirtschaftliche Flächen und Vegetationsflächen verlieren (Ernährungswende)

These 3 (Kap. 3) konstatiert, dass Vegetation, insbesondere **landwirtschaftliche Flächen** im Bundesgebiet über einen Flächenverlust verzeichnen. Die Ausbreitung von Siedlungs- und Verkehrsflächen ist hierfür eine treibende Ursache.

Mögliche Lösungen für den Flächenschwund der Landwirtschaft und Vegetationsflächen können sein: Zum einen die vorgezogene und strenge **Einhaltung der Versiegelungsziele** (max. 30ha/Tag ab 2030 nach Deutscher Nachhaltigkeitsstrategie) (Bundesregierung 2021). Beispielhafte Maßnahmen wurden im vorangegangenen Unterkapitel erläutert.

Eine weitere Gegenmaßnahme des Flächenschwunds bietet die **Ernährungswende**: eine geringere Fleisch- und Milchproduktion ermöglicht, dass Weideland, welches derzeit für Futtermittelproduktion genutzt wird, stattdessen auf die Produktion von Lebensmitteln umgestellt werden kann. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass negative Umweltwirkungen, die durch den Import von Lebens- und Futtermitteln entstehen (Monokulturen, Waldrodung, Transport, etc.) auf diese Weise gemindert werden können (Fleischatlas 2021). Da die globale Lebensmittelproduktion teilweise von Konsumgewohnheiten entkoppelt ist (Beispiel Lebensmittelabfälle), sollte politisch nicht ausschließlich der Fokus auf kritischem Konsum liegen, sondern auch auf der Lebensmittelspekulation, Tierhaltung und Fleischexporten.

6.1.3 Die naturverträgliche Energiewende stärken

Die Berechnungen aus Kap. 3 verdeutlichen, dass der Flächenverbrauch von Wind- und Solarenergie (PV-Freiflächenanlagen) mit aktuell 224,76 km², also 0,063% der Bundesfläche, relativ gering ausfällt.

Im Vergleich: Derzeit sind 1.486 km², also 0,41% der Bundesfläche, von Tagebau, Gruben und Steinbrüchen belegt. Der Flächenverbrauch in Tagebauen wird durch den Abbau von Bau- und Industriematerialien, Torf und Braunkohle herbeigeführt. Allein im Jahr 2020 kamen 28 km² für den Abbau von Rohstoffen unter den Bagger (davon 5 km² für Braunkohle) (UBA 2022d).

Trotz der relativ geringen Flächenbelegung durch Erneuerbare Energien ist es für die Vereinbarkeit von Naturschutz und den Ausbauzielen des EEG 2023 unabdingbar, dass Schutzgüter beim Ausbau geschont werden, sowohl bei der Standortwahl als auch bei der Produktion. Das Monitoring des Forschungsprojektes [EEMonReport](#) zeigt, dass der Ausbau der EE in Schutzgebieten (Landschaftsschutzgebiete eingeschlossen) zunimmt.

Für eine naturverträgliche Energiewende sind folgende Zielsetzungen von Belang:

- Energieeffizienz- und -einsparung
- Vermeidung von Flächen besonderer Bedeutung für den Naturschutz und die Landschaftspflege
- Förderung eines verbrauchsnahe Ausbaus
- Naturverträgliche Ausgestaltung von EE-Anlagen
- Minimierung der Flächeninanspruchnahme
- Kein weiterer Ausbau von Technologien mit ausgeschöpftem naturverträglichem Nutzungspotenzial (z.B. Wasserkraft und Bioenergie aus Energiepflanzen)

In Bezug auf den Flächenverbrauch durch Photovoltaik gibt es ein großes Potenzial für Dach- und Fassaden-PV und Empfehlung seitens des BfNs (BfN 2022). Das Fraunhofer Institut zeigt durch aktuelle Berechnungen die Flächen- und Leistungspotenziale für innovative PV-Anlagen auf (Wirth 2022). Es ist zu beachten, dass das Institut den Ist-Zustand der Verkehrsflächen und Anzahl der Fahrzeuge angenommen hat (Wirth 2022b).

Technologie	Geschätzte Leistung	Fläche (technisches Potenzial)
Agriphotovoltaik	1.700 GWp	28.234 km ²
Grünland-PV	1.200 GWp	/
Schwimmende PV (<i>Floating PV</i>)	44 GWp	0,731 km ²
Dach-PV	560 GWp	2.800 km ²
Fassaden-PV	440 GWp	2.200 km ²
Urbane PV (UPV)	59 GWp	284 km ²
Photovoltaik in Verkehrswegen (<i>Road-Integrated Photovoltaics</i> , RIPV)	302,8 GWp	3.297 km ²
Photovoltaik auf Elektroautos (<i>Vehicle-Integrated Photovoltaics</i> ; VIPV)	55 GWp	272,3 km ²

Tabelle 1 Leistungspotenziale von PV (Wirth 2022, Wirth 2022b)

Ein im Oktober 2022 erschienenes Positionspapier des BfNs enthält 10 Empfehlungen für einen naturverträglichen Ausbau der Solarenergie, u.a. das Erwirken von Synergieeffekten zwischen PV und biodiversitätsfördernden Maßnahmen (an Gebäuden, Agri-PV) (BfN 2022).

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass für die **Produktion** von Erneuerbaren Technologien Ressourcen verbraucht werden, die Flächenveränderungen oder Umweltschäden am Ort der Extraktion herbeiführen können. Für die Energiewende werden eine Vielzahl an Rohstoffen benötigt, wie z.B. für Windenergieanlagen: Aluminium, Kupfer und Eisen und auch spezielle Metalle wie seltene Erden (z.B. Neodym, Dysprosium, Praseodym, Terbium). Für das Fundament und den Turm wird ebenfalls Zement benötigt (Miseror 2018). Der Abbau von Eisenerz, bspw. in der Mine Carajás (Brasilien), bringt starke Flächenwirkungen mit sich: Regenwaldflächen werden zum Zwecke der Minenerweiterung und der Verhüttung von Roheisen (Energiebedarf) zerstört. Die Arbeitsverhältnisse wurden bereits von NGOs kritisiert.

Aus den angedeuteten ökologischen und sozialen Auswirkungen des Lebenszyklus von Wind- und PV-Technologien resultiert die Notwendigkeit von mehr **Energieeffizienz- und -einsparung** und einer kritischen Auseinandersetzung mit dem Ressourcenverbrauch und Lieferketten und dessen zukünftige Wiederverwendung. Lebenszyklusanalysen können hierbei als wissenschaftliche Grundlage dienen.

6.2 Multisolving

Multisolving können Lösungsansätze sein, die Klimaschutz und -anpassung fördern und gleichzeitig soziale Herausforderungen der Gegenwart adressieren (Sawin 2019). Zudem können mit *Multisolving* Lösungsansätze gemeint sein, welche in einer Fläche mehrere Nutzungen oder gar synergetische Nutzungen vorsehen.

Elizabeth Sawin definiert *Multisolving* wie folgt: „where people pool expertise, funding, and political will to **solve multiple problems** with a single investment of time and money. It’s an approach with great relevance in this era of complex, interlinked, social and environmental challenges.“ (Sawin 2018).

Beispiele für punktuelle Lösungsansätze mit Flächenaspekten sind:

- Agri-PV, also die Energieproduktion bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung (BfN 2022) und evtl. zusätzliche Regenauffangkapazität
- kombinierte Nutzung von Gründach-PV oder Fassadenbegrünungs-PV (BfN 2022).
- Öffentlicher Raum und Sportanlage und gleichzeitig Wasserauffangbecken bei Wetterereignissen (Beispiel: Enghaveparken - Climate Park in Kopenhagen seit 2019)
- Geschossaufstockung: Wohnraumnachfrage in Städten und das Ziel geringerer Versiegelung (NABU 2019, Jaksch 2016)
- Vertikale begrünte „Vorhänge“ zur Gebäudekühlung, evtl. Lebensmittelherstellung, Biodiversität (Abe et al. 2020, Pérz 2011)
- Paludikultur als CO₂-Speicher und Biomasseproduktion für Bioenergie der landwirtschaftliche Nutzung (Ziegler et al. 2021)
- integrierte Aquakulturanlagen, die an Offshore-Windparks befestigt werden und als Habitat dienen können (Thünen 2022)
- Begrünte Gleisbetten oder PV zwischen Gleisen (Steckler et al. 2012)
- Zwischenfruchtanbau (Glaze-Corcoran et al. 2020) und Blühstreifen (Amy et al., 2018)

Einen weiteren Beitrag zum flächenabhängigen Klimaschutz im Sinne der Bodenqualität, Treibhausgasminderungen und Gesundheit kann die unmittelbar mit der Ernährungswende verbundene **Agrarwende** bewirken, also den „Wandel der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung hin zu stärker ökologisch orientierten Wirtschaftsweisen“ (Radtke 2021). Ökologische Landwirtschaft beugt u.a. Bodenerosion und dem Verlust an Bodenfruchtbarkeit vor und fördert die Kohlenstoffspeicherung im Humus (Küstermann et al. 2010; Auerswald 2003).

Die genannten Lösungsansätze mit Synergieeffekten sind punktuell. Sie kompensieren die fortschreitende Versiegelung, den Ressourcenverbrauch und den Anstieg der Treibhausgasemissionen nicht. Sie stellen Strategieansätze dar, die vor dem Hintergrund von tiefgreifenden strukturellen Veränderungen von Produktion und Konsum eine Anpassung an den Klimawandel ermöglichen können.

7. Ausblick

Die Flächenanalyse lässt die Autor:innen des Berichts mit folgenden Schlussfolgerungen zurück:

Es handelt sich bei dem Schwund an Vegetationsflächen und der Zunahme an versiegelten Flächen um kontinuierliche Veränderungen, die - möchte man diesen Veränderungen im Sinne des Klimaschutzes und der Klimaanpassung entgegen - einem tiefgreifenden strukturellen Eingriff bedürfen.

Allgemeine Tendenzen der Flächenveränderungen im Bundesgebiet, wie z.B. der Rückgang von Vegetationsflächen, insbesondere landwirtschaftlichen und Moorflächen, lassen sich leicht durch die Analyse der Flächenstatistiken nachweisen. Lösungsansätze bieten hingegen eher punktuelle und lokalspezifische Maßnahmen an, deren Wirkung und Effizienz in Hinblick auf die gewünschten Flächenziele im Einzelnen geprüft werden sollte. **Punktuelle**

Lösungsansätze wie z.B. Geschossaufstockung können die Wachstumslogik hinter den Flächenveränderungen nur unzureichend ausgleichen.

Die von der Bundesregierung festgesetzten Flächenziele unterstreichen den bestehenden Flächendruck in Deutschland. Dieser Druck wirkt sich speziell auf die landwirtschaftlichen Flächen negativ aus da alle weiteren Kategorien dem Ziel des Ausbaus oder der Erhaltung unterliegen.

Die bestehende Diskrepanz zwischen politischen Flächenzielen auf Bundesebene und der föderalistischen Umsetzung verlangsamt das Einhalten der Ziele und stellt deren Verbindlichkeit in Frage.

Neue Flächennutzungen sind stets Flächenumnutzungen: Zur Erreichung der Flächenziele sind eine konsequente Verkehrswende, Agrarwende, Ernährungswende und ein bedürfnisorientierter Umgang mit Wohnraum unabdingbar. Hinzu kommt, dass es einer **bedürfnisorientierten und klimagerechten Priorisierung von Flächennutzungen** bedarf.

Eine Schwierigkeit in der Flächenanalyse stellen Methoden- und Kategorienwechsel in den Statistiken des Statistisches Bundesamt dar. Das erschwert die Vergleichbarkeit und hat die Eingrenzung des Berichtszeitraum zwischen 2016 und 2020 motiviert. Für die Corine Land Cover Change Daten liegen nur Daten bis 2018 vor. Im Gewässerkundlichen Jahrbuch sind die Daten sogar nur bis 2015 verfügbar.

Auch ein Vergleich der politischen Flächenziele ist durch die Angabe verschiedener Einheiten, absoluter und relativer Ziele erschwert. Klare konkrete Flächenangaben und quantitative Ziele werden selten festgesetzt. Klimaschutzprogramme oder Maßnahmenkataloge liefern in den meisten Fällen Pläne zum Erhalt oder Ausbau und politische Maßnahmen der Förderung oder Finanzierung.

In der Flächenanalyse steckt vielfältiges Forschungspotential:

- Inwieweit werden Flächenziele auf politischer Ebene miteinander betrachtet? Stehen die Ziele im Konflikt, welche Synergien gibt es?
- Auf welche Weise wird über Prioritäten bei der Flächennutzung und -umwandlung entschieden?
- Wie können Flächenrückbau, Mehrfachnutzungen und *Multisolving*-Ansätze in großem Maßstab gefördert werden (Entsiegelungs-Monitoring)?

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Darstellung der bisherigen Flächennutzungsentwicklung in Gegenüberstellung zu künftigem Flächenverbrauch orientiert an den politischen Flächenzielen aus der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und dem Klimaschutzmaßprogramm 2030 der Bundesregierung (bezogen auf die Fläche von Deutschland 357 587,77km ²).....	4
Abbildung 2	Darstellung prozentualer Anteile der Landnutzungskategorien Deutschlands im Jahr 2020.....	6
Abbildung 3	Gesamte Siedlungsfläche (1992-2020).....	9
Abbildung 4	Gesamte Verkehrsfläche (1992-2020).....	11
Abbildung 5	Gesamte Vegetationsfläche (1992-2020).....	12
Abbildung 6	Gesamte Gewässerfläche (1992-2020)	13
Abbildung 7	Windenergieanlagen-Standorte in Deutschland (2020) (EE-Monitor).....	15
Abbildung 8	Flächenbedarf von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (EEMonReport 2022) ...	15
Abbildung 9	Treemap zum Flächenbedarf von Tagebauflächen, Gruben, Steinbrüchen, Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen.	17
Abbildung 10	Tagebau Garzweiler (2019) - aus Siedlungs- und Vegetationsfläche wird Abbaufäche (Foto CC0 Lizenz, Mika Baumeister)..... Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Abbildung 11	Darstellung der bisherigen Flächennutzungsentwicklung in Gegenüberstellung zu künftigem Flächenverbrauch orientiert an den politischen Flächenzielen aus der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und dem Klimaschutzmaßprogramm 2030 der Bundesregierung	25
Abbildung 12	Kontorhaus in Leipzig - Geschossaufstockung Holz-Leichtbau (Foto von Nora Mittelstädt 2022).....	25

Literaturverzeichnis

Abe, H., B. Rijal, H., Hiroki, R., Iijima, K., Ohta, A. (2020). Thermal Mitigation of the Indoor and Outdoor Climate by Green Curtains in Japanese Condominiums. *Climate*. 2020, 8(1), 8.

Amy, C., Noël, G., Hatt, S., Uyttenbroeck, R., Van de Meutter, F., Genoud, D., Francis, F. (2018). Flower Strips in Wheat Intercropping System: Effect on Pollinator Abundance and Diversity in Belgium. *Insects* 2018, 9(3), 114; <https://doi.org/10.3390/insects9030114>.

Auerswald, K., Kainz, M., and Fiener, P. (2003). Soil erosion potential of organic versus conventional farming evaluated by USLE modeling of cropping statistics for agricultural districts in Bavaria. *Soil Use and Management* 19:305–311.

Beckmann, G., & Dosch, F. (2018). Monitoring der Siedlungsflächenentwicklung. In *Flächeninanspruchnahme in Deutschland* (pp. 3-24). Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.

Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2022). Eckpunkte für einen naturverträglichen Ausbau der Solarenergie. Positionspapier. Bonn.

Bundesministerium der Justiz (2021). Gesetz für den Ausbau Erneuerbarer Energien (EEG). Link: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/EEG_2021.pdf. Letzter Zugriff: 22.10.2022

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, BMUV (2016). Klimaschutzplan 2050.

Die Bundesregierung (2019). Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050.

Die Bundesregierung (2021a). Bericht über die Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung.

Die Bundesregierung (2021b). Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Weiterentwicklung 2021.

Die Bundesregierung (2022a). Wir stärken den Ökolandbau. Link: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/oekolandbau-staerken-1790032>. Letzter Zugriff: 03.08.2022.

Die Bundesregierung (2022b). „Wind-an-Land-Gesetz“. Link: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/wind-an-land-gesetz-2052764>. Letzter Zugriff: 03.08.2022.

Bundesstiftung Baukultur, BSBK (2020). Baukulturbericht 2020/2021.

Bund für Umwelt und Naturschutz e.V. (2021). Stellungnahme des Bund für Umwelt und Naturschutz e.V. (BUND) zum Stand der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland zu Beginn der dritten Umsetzungsperiode 2021 bis 2027.

Copernicus (2022). CORINE Land Cover. Link: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>. Letzter Zugriff: 18.07.2022.

Deschermeier, P. (2015). The consequences of the demographic change on the demand for personal living space in Germany. *ERES eres2015_12*, European Real Estate Society (ERES).

Deschermeier, P; Henger, R; Seipelt, B; Voigtländer, M (2017). Wohnungsmangel in den Städten, Leerstand auf dem Land. IW-Kurzbericht, No.44.2017, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln.

Deutscher Wetterdienst, DWD (2022). Open Data Bereich des Climate Data Center. Link: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/regional_averages_DE/annual/. Letzter Zugriff: 15.07.2022.

DGJ (2018). Gewässerkundliche Jahrbücher. Link: <https://www.dgj.de/>. Letzter Zugriff: 13.07.2022.

Dierkes, C (2015). Entsiegelung Mit Wasserdurchlässigen Flächenbelägen—Zurück Zum Natürlichen Wasserkreislauf. IKT-Forum Niederschlagswasser, Vegetation & Infrastruktur 2015.

Distelkamp, M., Lutz, C., Ulrich, P., & Wolter, M. I. (2008). Entwicklung der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr bis 2020-Ergebnisse des regionalisierten Modells PANTA RHEI REGIO (No. 2008/7). GWS Discussion Paper.

Dotzauer, M; Daniel-Gromke, J; Thrän, Daniela (2019). Drivers of Risks for Biodiversity and Ecosystem Services: Biogas Plants Development in Germany. In: Atlas of Ecosystem Services - Drivers, Risks, and Societal Responses (Schröter, M; Bonn, A; Klotz, S; Seppelt, R; Baessler, C). Springer.

Dts Deutsche Textservice Nachrichtenagentur GmbH (2022). Ralph Tiesler, Präsident des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), ist dafür, dass bestimmte Flächen in Deutschland nicht mehr bewohnt werden. Link: <https://www.ad-hoc-news.de/wirtschaft/ralph-tiesler-praesident-des-bundesamts-fuer-bevoelkerungsschutz-und/62854008>. Letzter Zugriff: 20.07.2022.

Dürremonitor (2022). Dürremonitor Deutschland. Link: <https://www.ufz.de/index.php?de=37937>. Letzter Zugriff: 01.08.2022.

Europäisches Parlament (2021): Verlust der Biodiversität: Ursachen und folgenschwere Auswirkungen. Link: https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20200109_STO69929/verlust-der-biodiversitaet-ursachen-und-folgenschwere-auswirkungen. Letzter Zugriff: 29.07.2022.

Fachagentur Windenergie an Land (2022): Windenergiespezifische Ausbauziele in den Bundesländern. Link: https://fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Planung/FA_Wind_Windspezifische_Ausbauziele_der_Bundeslaender.pdf. Letzter Zugriff: 12.08.2022.

Fischer, G., Tramberend, S., Bruckner, M., & Lieber, M. (2017). Quantifying the land footprint of Germany and the EU using a hybrid accounting model.

Freitag, M (2021). „Vergessene“ Häuser in Leipzig: Impressionen des Verfalls – Die Suche geht weiter, Update 24. Februar 2021 & Übersichtskarte. In: Leipziger Zeitung, 24. Februar 2021.

Frerichs, S., Lieber, M., & Preuß, T. (2010). Flächen-und Standortbewertung für ein nachhaltiges Flächenmanagement. Methoden und Konzepte. Berlin (= Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band V).

Georg, H.-J. (2016). Die neue Nutzungssystematik in der Flächenerhebung ab 2016.

Glaze-Corcoran (2020). Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. In: *Advances in Agronomy*. Volume 162, 2020, Pages 199-256. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004>.

Goetzke, R. Schlump, C. , Hoymann, J. , Beckmann, G. , Dosch, F. (2014). Flächenverbrauch, Flächenpotenziale und Trends 2030. In: *BBSR-Analysen Kompakt 07/2014*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn.

Heeg, S. (2013). Wohnungen als Finanzanlage Auswirkungen von Responsibilisierung und Finanzialisierung im Bereich des Wohnens. *suburban Zeitschrift für kritische Stadtforschung*, Heft 1, 75–99.

Heinrich-Böll-Stiftung, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland und Le Monde Diplomatique (2021). *Fleischatlas 2021 - Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel*.

Heinrich, J (ohne Angabe). Moorschutzprogramme der Bundesländer. Thünen-Institut. Link: <https://www.moorschutz-deutschland.de/hintergrund/wiedervernaessung-und-moorschutzprogramme/programme-der-bundeslaender/#:~:text=Ein%20bundesweites%20Moorschutzprogramm%20gibt%20es%20nicht.%20Die%202007,konkrete%20Vision%20zum%20Erhalt%20der%20Biodiversit%C3%A4t%20der%20Moore>. Letzter Zugriff: 03.08.2022

Henger, R; Oberst, C (2019). Immer mehr Menschen verlassen die Großstädte wegen Wohnungsknappheit. *IW-Kurzbericht 20/2019*. Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln.

Holm, A. (2011). Wohnung als Ware Zur Ökonomie und Politik der Wohnungsversorgung. *Widersprüche : Zeitschrift für sozialistische Politik im Bildungs-, Gesundheits- und Sozialbereich*, 31(121), 9-20.

Jaksch, S; Franke, A; Österreicher, D; Treberspurg, M (2016). A Systematic Approach to Sustainable Urban Densification Using Prefabricated Timber-based Attic Extension modules. In: *Energy Procedia*. Ausgabe 96, September 2016, S. 638-649.

Jörissen, J; Coenen, R (2007). Sparsame und schonende Flächennutzung: Entwicklung und Steuerbarkeit des Flächenverbrauchs. Vol. 20. edition sigma.

KNE (2022). Wortmeldung zum Flächenbedarf der Windenergie. Link: https://www.naturschutz-energiewende.de/unkategorisiert/wortmeldung-zum-flaechenbedarf-der-windenergie/?utm_source=KNE-Newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=KNE-Newsletter+Februar+2022&utm_content=Mailing_13385867. Letzter Zugriff: 20.07.2022.

Koalitionsvertrag (2021). Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021— 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), Bündnis 90 / die grünen und den freien Demokraten (FDP).

Küstermann, B.; Kainz, M.; Hülsbergen, K.-J. (2008). *Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems*. Cambridge University Press.

Landkreis Leipzig (2022). Ab sofort Beschränkung von Wasserentnahmen. Link: https://www.landkreisleipzig.de/pressemitteilungen.html?pm_id=5252. Letzter Zugriff: 02.08.2022.

Leibniz Institut für ökologische Raumentwicklung (2022). Projekt: IÖR Monitor. Link: <https://www.ioer.de/forschung/publikationen/ioer-schriften>. Letzter Zugriff: 22.10.2022.

Lewandowski, I. (2018). Bioeconomy - Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy.

Manske, D; Grosch, L; Schmied, J (2022a) Geo-locations and System Data of Renewable Energy Installations in Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6920931>.

Manske, D; Grosch, L; Schmied, J; Mittelstädt, N; Thrän, Daniela (2022b) Geo-locations and System Data of Renewable Energy Installations in Germany. *Data* 2022, 7(9), 128; <https://doi.org/10.3390/data7090128>.

Meinel, G., Krüger, T., Hennersdorf, J., Schorcht, M., Förster, J., & Schumacher, U. (2015). Flächennutzungsentwicklung in Deutschland–Erkenntnisse aus dem IÖR-Monitor.

Messmer, S (2022). Landwirtschaft in Klimakrise: Dürres Land. Link: <https://taz.de/Landwirtschaft-in-Klimakrise/!5865074/->. Letzter Zugriff: 02.08.2022.

Bischöfliches Hilfswerk MISEREOR e. V. (2018). Rohstoffe für die Energiewende - Menschenrechtliche und ökologische Verantwortung in einem Zukunftsmarkt.

NABU (2014). Moore in Deutschland. Link: <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/moore/deutschland/index.html>. Letzter Zugriff: 07.07.2022.

NABU (2019). Städte gut entwickeln– so grün wie möglich, so dicht wie nötig. Link: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/bauen/hintergrund/innenentwicklungversus-gr%C3%BCn.html>. Letzter Zugriff: 19.07.2022.

Netzwerk Solidarische Landwirtschaft e.V. (2022). Was ist Solidarische Landwirtschaft?. Link: <https://www.solidarische-landwirtschaft.org/das-konzept/was-ist-solawi>. Letzter Zugriff: 19.07.2022.

Pérez, G., Rincón, L., Vila, A., González, J. M., Cabeza, L. F. (2011). Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Applied Energy*. 88 (2011) 4854–4859.

Radtke, J. (2021). Die Agrarwende: Viel Potenzial, wenig Fortschritt. In: „Die Nachhaltigkeitstransformation in Deutschland“. 9–13.

Ragnitz, J. (2022). Indikatoren zur Messung von Flächeneffizienz. ifo Dresden berichtet, 29(01), 03-09.

Reutter, F., Geiger, C., Lehmann, P., Meier, J. N., & Tafarte, P. (2022). Flächenziele für die Windenergie: Wie zielführend ist das neue Wind-an-Land-Gesetz?. *Wirtschaftsdienst*, 102(9), 703-708.

Sawin, E. (2018). The Magic of “Multisolving” - Six principles and practices to unlock cross-sectoral collaboration. Link: https://ssir.org/articles/entry/the_magic_of_multisolving#. Letzter Zugriff: 28.07.2022

Sawin, E. (2019). The Power of Multisolving for People and Climate. TEDxSunValley. Link: https://www.ted.com/talks/elizabeth_sawin_the_power_of_multisolving_for_people_and_climate Letzter Zugriff: 12.07.2022.

Schürt, A. (2012). Wohnungs- und Immobilienmärkte in Deutschland 2011. Kurzfassung. In: BBSR-Analysen Kompakt 1/2012. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn.

Siedentop, S., Dosch, F., & Vogel, F. (Eds.). (2009). Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen: ein Projekt des Forschungsprogramms "Allgemeine Ressortforschung" des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

Statista (2022a). Import und Export der Ernährungsindustrie in Deutschland bis 2021. Link: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/256397/umfrage/import-und-export-in-der-deutschen-ernaehrungsindustrie/>. Letzter Zugriff: 18.07.2022.

Statista (2022b). Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Deutschland gegenüber dem Vorjahr von 1992 bis 2021. Link: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2112/umfrage/veraenderung-des-bruttoinlandprodukts-im-vergleich-zum-vorjahr/#professional>. Letzter Zugriff: 09.08.2022.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2021). Fläche und Raum. Link: <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/flaeche-und-raum#alle-ergebnisse>. Letzter Zugriff: 18.07.2021.

Statistisches Bundesamt (2021a). Bodenfläche insgesamt nach Nutzungsarten in Deutschland. Link: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/bodenflaeche-insgesamt.html>. Letzter Zugriff: 07.07.2022.

Statistisches Bundesamt (2021b). Siedlung und Verkehr wächst jedes Jahr um 54 ha pro Tag. Link: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/flaechenindikator_aktuell.html. Letzter Zugriff: 15.07.2022.

Statistisches Bundesamt (2022a). Destatis. Pressemitteilung Nr. 020 vom 14. Januar 2022. Link: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/01/PD22_020_811.html. Letzter Zugriff: 09.08.2022.

Statistisches Bundesamt (2022b). GENESIS-Online: Fahrzeugbestand. Link: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1658319801274&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=46251-0001&auswahltext=&werteabruf=starten#abreadcrumb>. Letzter Zugriff: 15.07.2022.

Statistisches Bundesamt (2022c). GENESIS-Online: Fortschreibung der Bevölkerung. Link: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1658320003524&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=12411-0001&auswahltext=&werteabruf=starten#abreadcrumb>. Letzter Zugriff: 15.07.2022.

Statistisches Bundesamt (2022d). GENESIS-Online: Personenverkehr mit Bussen und Bahnen. Link: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1658319821793&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=461>

81-0001&auswahltext=&wertauswahl=411&wertauswahl=373&werteabruf=Werteabruf
#abreadcrumb. Letzter Zugriff: 15.07.2022.

Steckler, P., Klug, B, Gasser, F., Wehr, W. (2012). Green Track – Environmental Performance Evaluation for “Green” Tramway Superstructure. CETRA 2012 - 2nd International Conference on Road and Rail Infrastructure.

Strunz, S; Marselle, M; Schröter, M (2019). Leaving the “sustainability or collapse” narrative behind. Sustainability Science. Link: <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00673-0>.

Tervooren, S (2015). Potenziale von Grünvolumen und Entsiegelung zur Klimaanpassung am Beispiel der Landeshauptstadt Potsdam.

Thünen (2022). Projekt: Wie können Offshore-Windparks und marine Aquakultur in der Nordsee kombiniert werden?. Link: <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/fischereioekologie/wie-koennen-offshore-windparks-und-marine-aquakultur-in-der-nordsee-kombiniert-werden>. Letzter Zugriff: 05.12.2022.

UFZ (2022). Web-GIS Anwendung des EE-Monitor. Link: https://www.ufz.de/ee-monitor-app/webgis/?id=38&fl=windenergie_anlagenstandorte. Letzter Zugriff: 28.07.2022

UGB (ohne Angabe). Hohe Umweltbelastung durch Lebensmitteltransporte. Link: <https://www.ugb.de/forschung-studien/hohe-umweltbelastung-durch-lebensmitteltransporte/>. Letzter Zugriff: 18.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2014). Umweltprobleme durch Lebensmittel. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/umweltprobleme-durch-lebensmittel>. Letzter Zugriff: 28.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2016). Rechtlicher Handlungsbedarf für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels -Analyse, Weiter- und Neuentwicklung rechtlicher Instrumente.

Umweltbundesamt, UBA (2017a). Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr reduzieren. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/flaecheninanspruchnahme-fuer-siedlungen-verkehr>. Letzter Zugriff: 28.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2017b). Land-Fußabdruck: Wie viel Landfläche benötigt Deutschlands Konsum? Link: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/land-fussabdruck-wieviel-landflaeche-benoetigt>. Letzter Zugriff: 06.12.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf. Letzter Zugriff: 03.08.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2021a). Landwirtschaft. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/umweltprobleme-durch-lebensmittel>. Letzter Zugriff: 28.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2021b). Struktur der Flächennutzung. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung>. Letzter Zugriff: 28.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2021c). Wasserrahmenrichtlinie. Link:
<https://www.umweltbundesamt.de/wasserrahmenrichtlinie>. Letzter Zugriff: 22.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2021d). Emissionsquellen. Link:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#energie-stationar>. Letzter Zugriff: 29.11.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2022a). Trockenheit in Deutschland. Link:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten>.
Letzter Zugriff: 28.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2022b). Umweltbelastungen durch Verkehr. Link:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/umweltbelastungen-durch-verkehr>. Letzter
Zugriff: 28.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2022c). Bodenversiegelung. Link:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung>. Letzter Zugriff: 28.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2022d). Flächen sparen – Böden und Landschaften erhalten. Link:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten#flachenverbrauch-in-deutschland-und-strategien-zum-flachensparen>.
Letzter Zugriff: 28.07.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2022e). Flächenverbrauch für Rohstoffabbau. Link:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/flaechenverbrauch-fuer-rohstoffabbau#inlandische-rohstoffentnahme>.
Letzter Zugriff: 01.12.2022.

Umweltbundesamt, UBA (2022f). Emissionen der Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/emissionen-der-landnutzung-aenderung#bedeutung-von-landnutzung-und-forstwirtschaft>. Letzter Zugriff: 06.12.2022.

Waltersbacher, M (2012). Flächennutzungsmonitoring VI. Wie viel neue Wohnbaufläche wird wo nachgefragt? In IÖR Schriften Band 60 · 2012. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung.

Wiehe, J; Thiele, T; von Haaren, C (2021). Global denken, lokal handeln: Umsetzung einer mensch- und naturverträglichen Energiewende. Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Deutschland.

Wirth, H (2022). Area Potentials for (Integrated) PV in Germany. Conférence sur le photovoltaïque et l'aménagement du territoire.kilomet

Wirth, H; Eggers, J; Trommsdorff, M; Neuhaus,H; Heinrich, M; Wieland, S; Schill, C (2022b) Potenziale der Integrierten Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.

Ziegler, R; Wichtmann W; Abel, S; Kemp, R; Simard, M; Joosten, H (2021)Wet peatland utilisation for climate protection – An international survey of paludiculture innovation. Cleaner Engineering and Technology. Link: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100305>.