



Landschaften im Übergang - ländliche Räume unter Transformationsdruck



Dossier

zum Workshop

Flächennutzung und -konkurrenzen: Räume unter Transformationsdruck?

Im Rahmen des *forum1.5*
www.forum1punkt5.de



Am 6. Juni 2024
In Bayreuth, Iwalewahaus

vorgelegt von:

Anna Hülle, Jana Keltsch, Kathrin Dressel, Tom Eggert, Wenjun Zhang
Studiengang: M.Sc. Humangeographie – Stadt- und Regionalforschung
Fachsemester: 3

Erstellt im Rahmen des Seminars: Städte u. Regionen in der Transformation zur Nachhaltigkeit; Wintersemester 2023/24

Kontakt: stadtregion@uni-bayreuth.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Vorwort	7
1. Einleitung	10
2. Relevante Themenbereiche	12
<i>2.1 Erneuerbare Energieproduktion</i>	<i>12</i>
2.1.1 Einführung	12
2.1.2 Aktuelle Dynamik	14
2.1.3 Flächeninanspruchnahme und -konkurrenzen	18
2.1.4 Mögliche Entwicklungspfade	21
2.1.5 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick	26
<i>2.2 Nahrungsmittelversorgung</i>	<i>32</i>
2.2.1 Einführung	32
2.2.2 Aktuelle Dynamiken	34
2.2.3 Flächenkonkurrenzen	36
2.2.4 Mögliche Entwicklungspfade	38
2.2.5 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick	41
<i>2.3 Biodiversitätssicherung und Klimawandel</i>	<i>45</i>
2.3.1 Einführung	45
2.3.2 Aktuelle Dynamik und Politik	46
2.3.3 Problematik hinsichtlich Flächen	48
2.3.4 Zukünftiger Entwicklungspfad bei aktueller Dynamik	53
2.3.5 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick	55
<i>2.4 Siedlungs- und Verkehrsflächen</i>	<i>59</i>
2.4.1 Dynamik Wohnbaufläche	62
2.4.1.1 Der aktuelle Entwicklungspfad	64
2.4.1.2 Lösungsansätze Wohnbaufläche	65
2.4.2 Dynamik Industrie- und Gewerbefläche	67
2.4.3 Dynamik Verkehrsfläche	70
2.4.4 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick	71
<i>2.5 Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie</i>	<i>73</i>
2.5.1 Einführung	73
2.5.2 Aktuelle Dynamik	74
2.5.3 Flächeninanspruchnahme und -konkurrenzen	77

2.5.4 Mögliche Entwicklungspfade	80
2.5.5 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick.....	83
3. Synthese	88
3.1 Zusammenfassung: Druck auf Fläche.....	88
3.2 Übergreifende Trends und Einflüsse	89
3.3 Synergetische Lösungsansätze	91
3.3.1 Diversifizierung von Landwirtschaftssystemen	91
3.3.2 Innenentwicklung	95
3.3.3 Kreislaufwirtschaft	96
3.3.4 Ernährungsmuster	98
3.4 Hürden und Hemmnisse.....	100
3.5 Ausblick	101
Literaturverzeichnis	103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Flächennutzung in Deutschland und Bayern.....	10
Abbildung 2: Siedlungs- und Verkehrsfläche.....	11
Abbildung 3: Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien	13
Abbildung 4: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern 1990-2022	14
Abbildung 5: Anteil erneuerbare Energien in den Sektoren	14
Abbildung 6: Erneuerbare Energien im Wärme- und Kältesektor	15
Abbildung 7: Erneuerbare Energien im Verkehrssektor	16
Abbildung 8: Strommix der erneuerbaren Energien in Bayern und Oberfranken.....	17
Abbildung 9: Entwicklung der PV-Freiflächenanlagen in Oberfranken	20
Abbildung 10: Ziele der Energiewende	21
Abbildung 11: Ziele Solar- und Windenergie	21
Abbildung 12: Installierte Leistung Solar- und Windenergie mit Ausbauzielen nach EEG 2023	22
Abbildung 13: Ausbau installierte EE-Leistung Bayern	24
Abbildung 14: Anwendungen der integrierten Photovoltaik	26
Abbildung 15: Technisches Potenzial integrierter Photovoltaik	27
Abbildung 16: Zusammenfassende Darstellung der Lösungsansätze Energie	31
Abbildung 17: Nutzung der Landwirtschaftsfläche	32
Abbildung 18: Aufteilung der landwirtschaftlich genutzten Fläche nach Verwendungsart.....	33
Abbildung 19: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland	35
Abbildung 20: Pachtpreise landwirtschaftlicher Flächen in Deutschland	37
Abbildung 21: Unterschiede Effizienz verschiedener Energieerzeugungsmethoden	39
Abbildung 22: Flächensparpotentiale bei Ernährungsumstellung	41
Abbildung 23: Lösungsansätze Landwirtschaft	44
Abbildung 24: Living Planet Index, 1970-2014.....	45
Abbildung 25: Anteil der streng geschützten Gebiete in den 27 EU- Staaten	50
Abbildung 26: Flächennutzung heute und Umweltziele	51
Abbildung 27: Maximale Geschwindigkeiten, mit dem Arten wandern können	54
Abbildung 28: Bending the curve	55
Abbildung 29: Grafische Darstellung des Synergiepotentials	56
Abbildung 30: Flächennutzung in Bayern 2022.....	59
Abbildung 31: Flächenentwicklung in Bayern 2000-2019	60
Abbildung 32: Flächenverbrauch in Bayern 2015-2019	61
Abbildung 33: Veränderung von Fläche und Einwohnern	62

Abbildung 34: Gewerbesteuer pro Gewerbefläche	69
Abbildung 35: Einkommenssteueranteil pro Wohnbaufläche	69
Abbildung 36: Das Konzept der Kreislaufwirtschaft	74
Abbildung 37: Anteil nicht-nachwachsender Rohstoffe an genutzter Rohstoffentnahme Deutschland 2019	74
Abbildung 38: Vergleich der genutzten Entnahme nicht-nachwachsender Rohstoffe ausgewählter EU-Mitgliedsstaaten (pro Kopf) in 2019	75
Abbildung 39: Entwicklung genutzte Rohstoffentnahme Deutschland	76
Abbildung 40: Flächenverbrauch durch inländische Entnahme von Rohstoffen im Tagebau	77
Abbildung 41: Landwirtschaftliche Flächennutzung Bayern in 2020	79
Abbildung 42: Anteil der größten Herkunftsländer am Flächenfußabdruck Deutschlands in 2018	82
Abbildung 43: Mögliche Entwicklungspfade	82
Abbildung 44: Lösungsansätze und Synergien Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft	83
Abbildung 45: Flächenkonkurrenzen durch verschiedene Ansprüche	88
Abbildung 46: Lösungsansätze Diversifizierung von Landwirtschaftssystemen	93
Abbildung 47: Synergetische Lösungsansätze	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht prognostizierter Flächenbedarf Solar- und Windenergie	25
Tabelle 2: Kurzvorstellung der Anwendungsformen integrierter Photovoltaik	29
Tabelle 3: Schutzgebiete und erneuerbare Energien	52

Vorwort

Noch immer werden in Bayern täglich mehr als 12 ha Fläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke neu in Anspruch genommen (2022: 12,2 ha www.flaechensparoffensive.bayern). Der größte Anteil geht dabei auf das Konto der Wohnbaufläche, gefolgt von Industrie- und Gewerbeflächen sowie den Verkehrsflächen. Bayern ist damit weit weg von dem selbst gesteckten Ziel, die Neuinanspruchnahme von Flächen auf 5 ha pro Tag zu beschränken und mittelfristig zu einer Flächenkreislaufwirtschaft über zu gehen. Etwa 50% der Flächen werden dabei versiegelt, also zubetoniert oder asphaltiert. Der Flächenverbrauch geht vor allem auf Kosten der landwirtschaftlichen Nutzflächen und steht damit der Nahrungsmittelproduktion nicht mehr zur Verfügung.

Die Versiegelung von Flächen ist mit erheblichen Folgen verbunden: Der Boden wird zerstört, die Versickerung von Oberflächenwasser unterbunden und damit die Neubildung von Grundwasser, das als Trinkwasser und damit als wichtigstes Lebensmittel genutzt werden kann. Die Regenrückhaltefähigkeit einer unbebauten Landschaft geht verloren.

Eine Fortsetzung der Flächeninanspruchnahme auf hohem Niveau ist riskant. Denn frei verfügbare Fläche und nutzbare Böden sind in der heutigen Zeit das entscheidende Zukunftskapital unserer Gesellschaft! Die Klimakrise, Umweltzerstörung und das Artensterben sind zu den alles überwölbenden existenziellen Herausforderungen der Gegenwart geworden. Um die Eindämmung der Erderhitzung, die Sicherung der natürlichen Ressourcen und die Wiederherstellung einer stabilen Artenvielfalt zu erreichen und damit die für den Fortbestand der Zivilisation notwendigen Leistungen der Ökosysteme aufrecht zu erhalten, braucht es vor allem eines: Flächen mit gesunden Böden!

Die Dekarbonisierung der energetischen Basis unserer Industriegesellschaft durch den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energieträger benötigt in zunehmenden Maße Fläche: für den Ausbau der Windenergie müssen vor allem im ländlichen Raum ca. 2% der Landesfläche bereitgestellt werden, Freiflächenphotovoltaik-Anlagen sind heute schon mit 2-3 ha pro Tag an der Flächeninanspruchnahme beteiligt. In den nächsten wenigen Jahren muss die Ausbaugeschwindigkeit der Erneuerbaren enorm beschleunigt werden, um den wachsenden Energiebedarf unsere Gesellschaft in den Haushalten, für Mobilität und Verkehr sowie für die Produktion der Industrie bereit zu stellen. Wollen wir in der Industrie zudem die Nutzung endlicher Rohstoffe und damit die Umweltzerstörung reduzieren, brauchen wir eine breite Umstellung auf nachwachsende Rohstoffe im Rahmen einer neu aufzubauenden Bio-Ökonomie. Dazu bedarf es in großem Umfang Anbauflächen auf Äckern und Wäldern zur Bereitstellung von Holz, das bspw. in der Bauindustrie treibhausgasintensive Baustoffe ersetzen kann. Um auf Dauer eine gesunde Nahrungsmittelbereitstellung sichern zu können, müssen wir umweltgerechte und bodenaufbauende Anbauformen etablieren. Eine Ökologisierung der Landwirtschaft führt

jedoch tendenziell zu geringeren Flächenproduktivitäten und damit – bei gleichbleibenden Ertragsmengen – zu einem erhöhten Flächenbedarf. Damit nicht genug: um auf die nicht mehr zu vermeidenden Klimaänderungen wie Starkregenereignisse, Dürren und Stürme - reagieren zu können, muss einerseits die Rauigkeit der Landwirtschaftsflächen durch Heckenpflanzungen und die Anlage von Waldstreifen erhöht werden, um vor Starkwinden und Dürre besser zu schützen und auch, um die Wasserspeicherungsfähigkeit der Landschaft bei Starkregenereignissen zu steigern. Auch das kann auf Kosten der Anbaufläche gehen. Zudem muss der Wald klimaresilient umgebaut werden, was ebenfalls Fläche und Zeit benötigt. Soll nun auch noch ein Betrag zur Speicherung von Kohlenstoff geleistet werden, müssen trockengelegte Moore wieder vernässt, Waldflächen erweitert und humusaufbauende Formen der Landbewirtschaftung auf breiter Front etabliert werden – ebenfalls mit kurzfristig zu erwartenden Ertragseinbußen gegenüber der konventionellen Landwirtschaft und wachsenden Flächenbedarfen. Nicht zuletzt fordern internationale Abkommen zur Sicherung der Biodiversität als weitere entscheidende Menschheitsaufgabe zur umfassenden Regeneration der Biosphäre und die Ausweisung von 30% der Landflächen als Schutzgebiete und damit extensive naturverträgliche Nutzungsformen.

Diese unterschiedlichen Nutzungsansprüche an Fläche unter einen Hut zu bringen ist die entscheidende Aufgabe für die wenigen nächsten Jahre, denn die Zeit drängt und Fläche ist nicht vermehrbar. Eine weitere Versiegelung und ungebremste Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrsflächen können wir uns buchstäblich nicht mehr leisten. Dabei werden Nutzungskonflikte zunehmen. Wird die Steuerung allein dem Preis überlassen, können unerwünschte Nebenfolgen dominieren. Momentan verdrängen attraktive Erlöse aus der Verpachtung von Ackerflächen für Photovoltaikanlagen die Nutzung für die Nahrungsmittelproduktion.

Gefragt sind Lösungen, die den Druck von der Fläche nehmen. Im Rahmen eines Vertiefungsmoduls im Masterstudiengang hat sich eine Gruppe von Studierenden über ein Semester mit dieser Problemstellung befasst. Sie hatten die Aufgabe, die unterschiedlichen sektoralen Ansprüche auf Flächen und Böden herauszuarbeiten und die aktuellen Lösungspfade kritisch zu reflektieren. Dabei ist deutlich geworden, dass der Druck auf die Fläche steigt: viele sektorale Lösungsansätze für die drängenden Herausforderungen der Gegenwart beanspruchen zusätzliche Fläche für sich. Eine Zusammenschau findet nur selten statt, über Mehrfachnutzungen ein und derselben Flächen wird bisher noch zu wenig gesprochen. Vielmehr widersprechen diese den üblichen Mustern der Monocodierung. Gesellschaftliche Entwicklungspfade treffen immer mehr in dem Anspruch auf Fläche aufeinander. Ohne eine Veränderung der dahinterstehenden Nutzungslogiken und wachstumsbasierten Triebkräfte sind übergreifende Logiken kaum denkbar. Dabei wird deutlich, dass wir es mit einer komplexen gesellschaftlichen Herausforderung zu tun haben. Mit dem vorliegenden Dossier führen die Studierenden ihre sektoralen Perspektiven zusammen und versuchen eine erste Synthese. Die Ergebnisse sind

ein erster Impuls für weiterführende Diskussionen. Diese sollen im Rahmen eines Expert:innenworkshops mit einem regionalen Fokus auf Oberfranken angestoßen werden auf den hoffentlich weitere folgen.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen und zahlreiche Denkanstöße.

Prof. Dr. Manfred Miosga

1. Einleitung

Deutschland umfasst eine Fläche von rund 35,8 Millionen Hektar, von der ein Großteil dem ländlichen Raum zugeordnet wird (vgl. BMEL o.D.a). Diese Ländlichkeit, die sich insbesondere durch einen hohen Anteil an land- und forstwirtschaftlicher Fläche auszeichnet (vgl. BMEL o.D.b), unterliegt seit mehreren Jahren einem enormen Wandel. Denn wichtige Bereiche der notwendigen großen gesellschaftlichen Transformation, also der grundlegenden Veränderung des gesamtgesellschaftlichen Systems im Angesicht multipler Krisen (vgl. Jacob et al. 2015: 5), benötigen für ihre Umsetzung Fläche – Fläche für eine erneuerbare Energieproduktion, Fläche für eine regionale und biologische Nahrungsmittelproduktion, Fläche für den Schutz von Biodiversität oder Fläche, um der Klimakrise entgegenzuwirken. Die Ressource Fläche ist endlich und durch die verschiedenen Nutzungsansprüche mittlerweile stark umkämpft. Somit steigt der Druck auf die noch verfügbaren Flächenressourcen und ein bewusster Umgang damit ist wichtiger denn je. Denn setzt sich eine Nutzungsform durch, wird wiederum eine andere zurückgedrängt (vgl. StMWi 2022: 7).

Die aktuelle Aufteilung nach Flächennutzung für Deutschland und Bayern stellt Abbildung 1 dar. Dabei bedeutet Flächennutzung nach der Definition des Umweltbundesamts (2008) „die Art und das Maß der Beanspruchung von Grund und Boden für spezielle Zwecke. Zu unterscheiden ist zwischen baulicher Nutzung (u. a. Wohnbauflächen, gewerblichen Bauflächen, Verkehrsflächen) und freiraumbezogener Nutzung (Grünflächen, Wald, Flächen für die Landwirtschaft u. a.)“. Die Aufteilung der Flächennutzung des Regierungsbezirks Oberfranken weist Ähnlichkeit zu der Gesamtflächennutzung Deutschlands auf. Mit 42,5 % nehmen die Landwirtschaftsflächen den größten Anteil ein, gefolgt von 40,1 % für Waldflächen und Flächen für Siedlung und Verkehr mit 12,3 % (vgl. Bayerisches Landesamt für Statistik 2023: 14ff.).

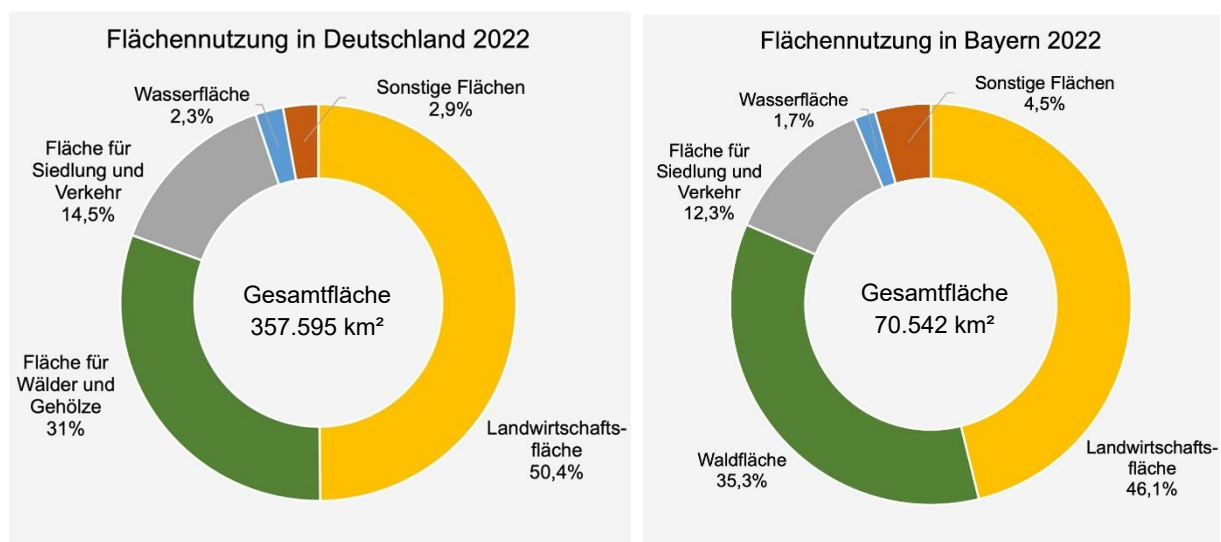


Abbildung 1: Flächennutzung in Deutschland und Bayern (eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2023g, Bayerisches Landesamt für Statistik 2023: 9)

Innerhalb dieser Flächennutzungsformen zeigt sich seit mehreren Jahren ein anhaltender Trend: Während die Landwirtschaftsfläche stetig schrumpft, erhöht sich insbesondere der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche (vgl. Umweltbundesamt 2023a). So werden für diesen Sektor in Deutschland durchschnittlich ca. 55 ha pro Tag neu ausgewiesen, wie Abbildung 2 verdeutlicht (vgl. Umweltbundesamt 2023a). Heruntergebrochen auf Bayern wurden im Jahr 2022 12,2 ha pro Tag Freifläche für Siedlungs- und Verkehrsfläche genutzt, was einen Anstieg zum Vorjahr von 1,9 ha pro Tag bedeutet (vgl. Regierung von Oberfranken 2023a: 2; Regierung von Oberfranken 2023b: 2). Ebenso erhöhte sich der Anteil in Oberfranken von 0,8 ha pro Tag 2021 auf 2 ha pro Tag 2022 (vgl. ebd.). Um die Flächeninanspruchnahme durch den Sektor Siedlung und Verkehr einzudämmen, wurde in der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie 2021 das Ziel von weniger als 30 ha Verbrauch pro Tag bis zum Jahr 2030 festgelegt. Zudem sollen ab dem Jahr 2050 im Rahmen einer Flächenkreislaufwirtschaft keine neuen Flächen mehr für Siedlung und Verkehr genutzt werden (vgl. Die Bundesregierung 2020: 270f.). Auch das Bundesland Bayern strebt eine Reduktion des Flächenverbrauchs an. Hierzu wurde im Bayerischen Landesplanungsgesetz das Erreichen von 5 ha Neuinanspruchnahme pro Tag bis zum Jahr 2030 definiert (vgl. StMWi 2022: 13).

Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche*

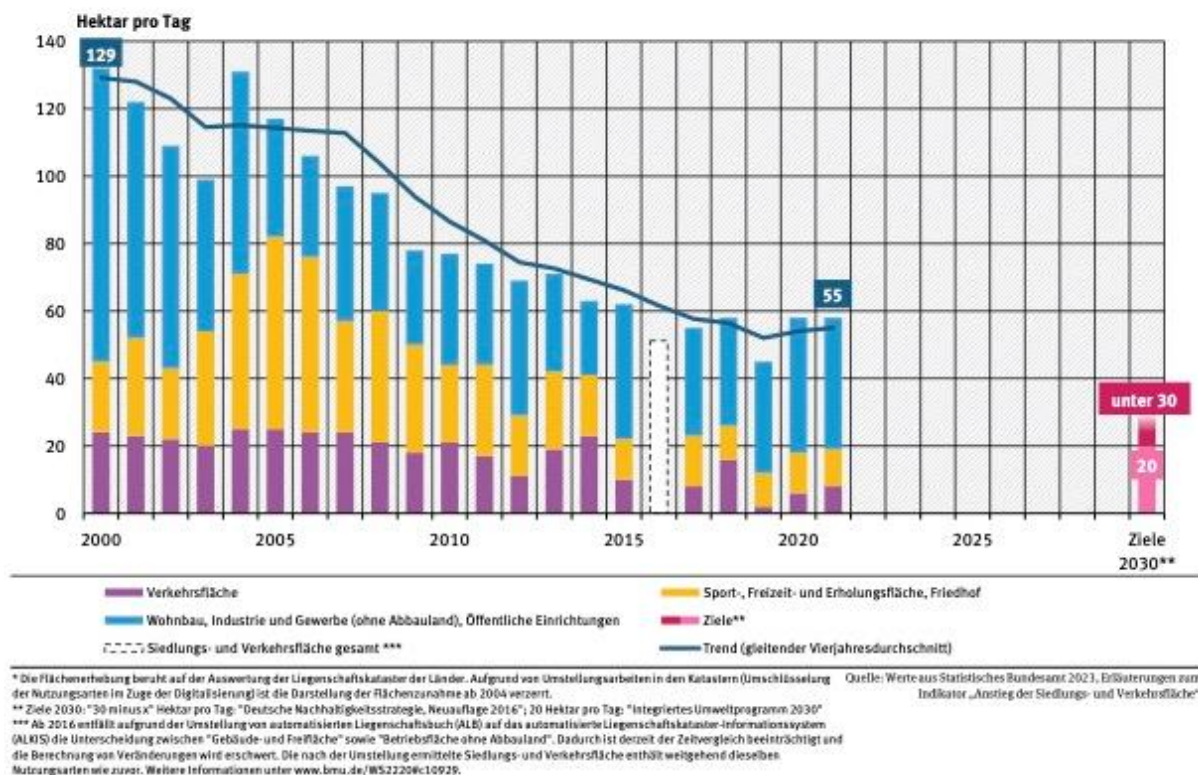


Abbildung 2: Siedlungs- und Verkehrsfläche (Umweltbundesamt 2023i)

Auch wenn sich Fläche nicht direkt verbrauchen lässt, stellt sie eine endliche Ressource und gleichzeitig eine Grundlage des menschlichen Lebens dar. Dabei kann der Flächenverbrauch

als ein „schleichendes Phänomen“ (BMUV 2021b) gesehen werden, das kaum von den Menschen wahrgenommen wird. Ein verschwenderischer Umgang der Ressource kann große Folgen haben – insbesondere versiegelte Flächen zerstören fruchtbare Böden, ländliche Räume werden zersiedelt und zerteilen ökologisch wertvolle Landschaftsräume. Die Entscheidung für eine Nutzungsform kann zudem Einfluss auf die Möglichkeit der Umsetzung zukünftig benötigter Entwicklungsmaßnahmen nehmen (vgl. BMUV 2023c).

Aufgrund der Wichtigkeit und Aktualität dieser Thematik, befasst sich die vorliegende Arbeit mit dem Flächendruck aus Sicht der fünf Bereiche Erneuerbare Energieproduktion, Nahrungsmittelversorgung, Biodiversität und Klimawandel, Siedlung und Verkehr sowie Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft. Zunächst stellen sich die Fragen: Wie sieht die aktuelle Flächeninanspruchnahme in den einzelnen Bereichen aus, welcher Entwicklungspfad ist zu erwarten und mit welchen Lösungsansätzen könnte der Flächenverbrauch reduziert werden? Abschließend erfolgt in der Synthese eine ganzheitliche Betrachtung unter der Fragestellung: Welche Konflikte und Synergien bestehen innerhalb der fünf Sektoren und welche gemeinsamen Lösungsansätze sowie Hemmnisse können identifiziert werden?

2. Relevante Themenbereiche

2.1 Erneuerbare Energieproduktion

2.1.1 Einführung

Die Energiewende stellt seit mehreren Jahren ein dominierendes Thema in der Politik dar. Durch die anhaltende Klimakrise steigt die Notwendigkeit der Umstellung von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Lösungen. Denn das durch die Verbrennung der fossilen Stoffe entstehende Treibhausgas Kohlendioxid, ist durch seine umweltschädigende Wirkung maßgeblich für die globale Klimaerwärmung mitverantwortlich (vgl. BMBF o.D.). Zu den fossilen Energieträgern gehören Braun- und Steinkohle, Erdgas, Erdöl und Torf. Diese vorhandenen Ressourcen sind einst durch das Absterben von Tieren und Pflanzen entstanden und deshalb heute nur noch in endlicher Menge verfügbar (vgl. BMUV 2020). Dennoch wurden im Rahmen des Tagebaus im Jahr 2022 insgesamt 2.802 ha Fläche verbraucht, was einer Flächenneuinanspruchnahme von ca. 7,7 ha pro Tag entspricht (vgl. Umweltbundesamt 2024a). Bei Betrachtung der CO₂-Emissionen wurden allein mit der Stromerzeugung im Jahr 2022 rund 223 Millionen Tonnen durch die Nutzung fossiler Rohstoffe freigesetzt. Den größten Anteil nimmt dabei die Braunkohle ein. Die Entwicklung dieses Wertes ist seit 2013 rückläufig, wobei nach dem insgesamt emissionsärmeren Jahr 2020, aufgrund der COVID-19-Pandemie, wieder eine Zunahme zu verzeichnen ist (vgl. Icha und Lauf 2023: 29).

Im Gegensatz zu den fossilen haben die erneuerbaren Energieträger die Eigenschaft, dass sie „entweder praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich schnell erneuern“

(BMUV 2020). Zudem können bei ihrer Nutzung zur Stromerzeugung im Durchschnitt 90 % CO₂-Emissionen im Vergleich zu fossilen Brennstoffen eingespart werden (vgl. AGEE-Stat 2023).

Netto-Bilanz der vermiedenen Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien (2022)

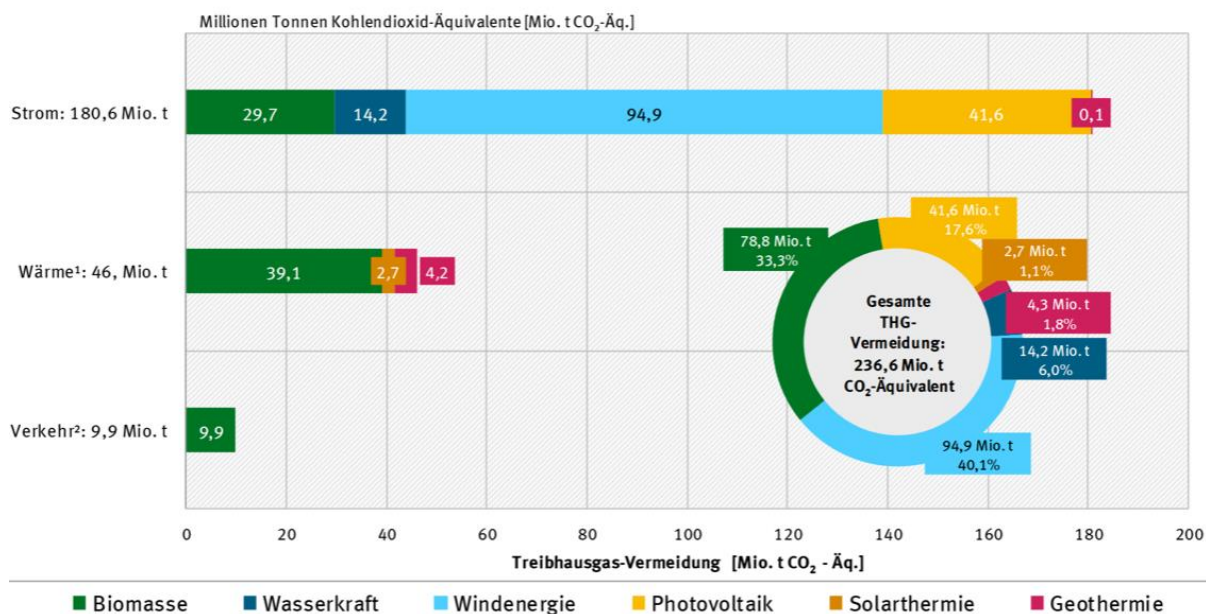


Abbildung 3: Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien (AGEE-Stat 2023)

Abbildung 3 zeigt, dass im Jahr 2022 236,6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent durch die Nutzung erneuerbarer Energieformen in Deutschland vermieden werden konnten. Dabei wurde im Bereich des Wärmesektors der Holzkohleverbrauch nicht berücksichtigt (Fußnote 1) sowie im Verkehrssektor ausschließlich biogene Kraftstoffe einbezogen (Fußnote 2) (vgl. AGEE-Stat 2023). Zu den erneuerbaren Energieträgern zählen Solar- und Windenergie, Erdwärme, Wasserkraft und Bioenergie (vgl. BMUV 2020). Ihr Anteil am Primärenergieverbrauch in Deutschland ist in den letzten 20 Jahren nahezu kontinuierlich gestiegen (Abbildung 4).

Eine stabile Energieversorgung ist für unsere Gesellschaft essenziell, denn Strom, Wärme und Mobilität sind aus dem alltäglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Durch das Zusammenspiel des Ausbaus der Erneuerbaren Energien sowie steigender Energieeffizienz soll das Ziel einer „sichere[n], wirtschaftliche[n] und umweltverträgliche[n] Energieversorgung“ (BMBF o.D.) erreicht werden (vgl. ebd.). Diese Transformation ist notwendig, bringt aber auch Herausforderungen insbesondere für die ländlichen Räume mit sich. Vor allem die Frage nach ausreichender Fläche ist für die zukünftige Entwicklung entscheidend. Im vorliegenden Dossier wird sich deshalb dem Thema der Erneuerbaren Energieproduktion im Zusammenhang mit der Flächeninanspruchnahme gewidmet und auf Entwicklungsprognosen sowie mögliche Lösungsansätze eingegangen.

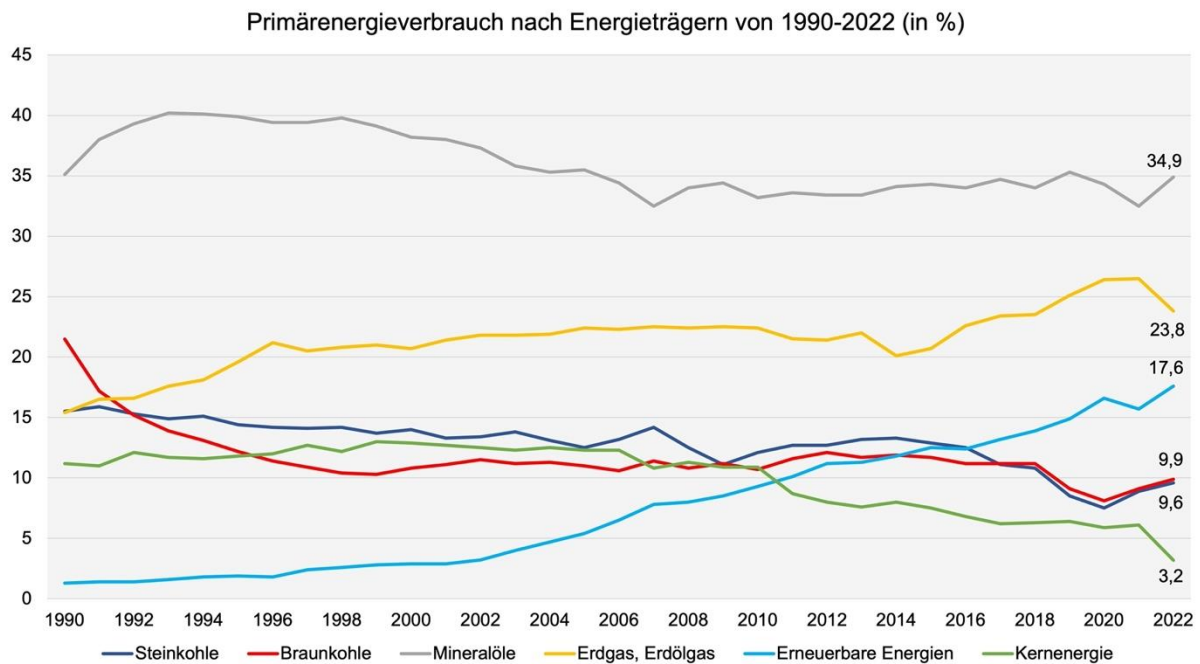


Abbildung 4: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern 1990-2022 (eigene Darstellung nach AGEE 2023)

2.1.2 Aktuelle Dynamik

Wie bereits in Abbildung 4 erkennbar, ist die Nutzung der erneuerbaren Energieträger seit mehreren Jahren ansteigend. Bei Betrachtung des Anteils der erneuerbaren Energien in den einzelnen Sektoren (Abbildung 5) wird deutlich, dass sich diese Dynamik insbesondere im Bereich der Stromerzeugung bestätigt, während sowohl der Wärme- als auch Verkehrssektor eine deutlich geringere Zunahme aufweisen (vgl. AGEE-Stat 2023).

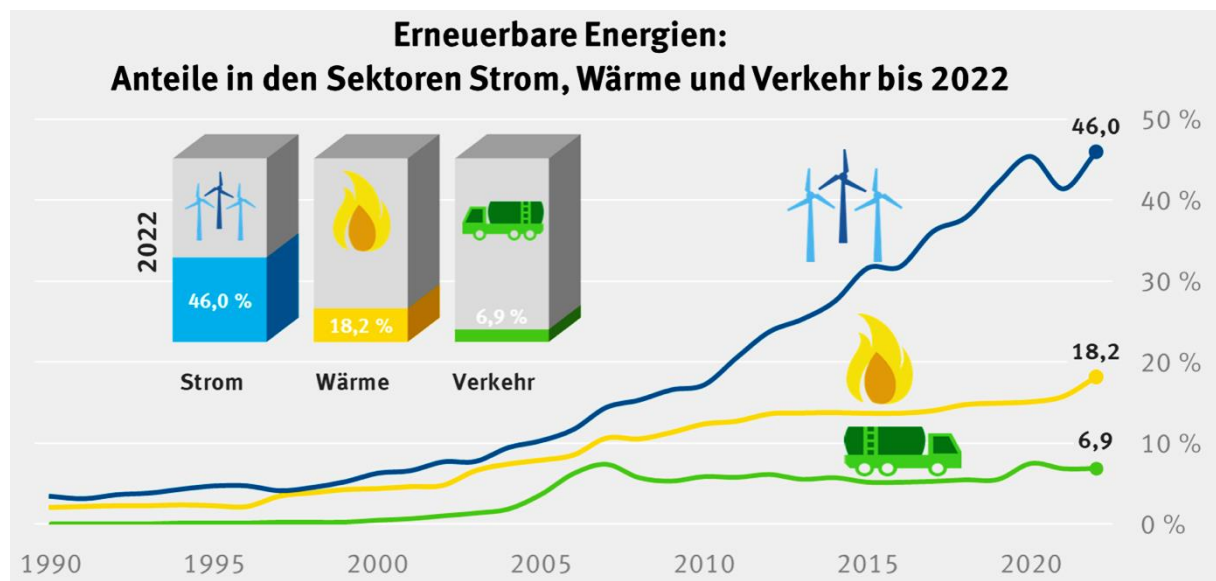


Abbildung 5: Anteil erneuerbare Energien in den Sektoren (AGEE-Stat 2023)

Hierbei ist zu ergänzen, dass sich der deutschlandweite Anteil erneuerbarer Energien am Stromsektor im Jahr 2023 weiter erhöht hat und aktuell bei 59,7 % liegt (vgl. Fraunhofer ISE

2024). Für die Bereiche Wärme und Verkehr sind für das Jahr 2023 noch keine weiteren Zahlen vorhanden (Stand: Januar 2024).

In Deutschland entstanden 2023 rund 260 TWh **Strom** aus erneuerbaren Energieträgern, was einen Anstieg von ca. 7,2 % im Vergleich zum Vorjahr bedeutet (vgl. Fraunhofer ISE 2024). Diese Strommenge wurde zu 53,6 % aus der Windkraft gewonnen, die die wichtigste Quelle der Stromerzeugung darstellt. Die gewonnene Windenergie hat sich gegenüber dem Jahr 2022 erhöht, trotzdem konnten die gesetzten Ausbauziele von 4 GW on-shore sowie 0,7 GW offshore bis November 2023 nicht erreicht werden (vgl. ebd.). Im Gegensatz dazu ging der Ausbau der Photovoltaik-Anlagen im Jahr 2023 stark voran. Statt dem gesetzten Ausbauziel der Bundesregierung von 9 GW wurden bis November bereits 13,2 GW errichtet. Somit konnte die Solarenergie 20,5 % zur öffentlichen Nettostromerzeugung 2023 beitragen (vgl. ebd.). Nahezu gleichbleibend ist die Entwicklung von 2022 zu 2023 im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse. Mit 9 GW installierter Leistung stellte der Energieträger rund 16,3 % des Stroms bereit (vgl. Fraunhofer ISE 2024). Der Ausbau der Wasserkraft hat sich in den letzten Jahren kaum verändert – 2023 konnten daraus ca. 7,9 % der Strommenge gewonnen werden (vgl. ebd.). Neben dem Anstieg der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern, sank 2023 der Anteil des durch Braun- und Steinkohle produzierten öffentlichen Stroms. Während Erstere um rund 27 % zurückging, reduzierte sich Letztere um 35 % (vgl. ebd.).

Im Bereich des **Wärmesektors** zeigt Abbildung 5, dass die deutschlandweite Verwendung erneuerbarer Wärme zwar bis 2013 anstieg, das Niveau dann aber bis 2020 nahezu gleich blieb. Erst in den letzten Jahren nahm die Bedeutung alternativer Formen der Wärmeerzeugung, insbesondere mit Holz sowie Wärmepumpen, zu (vgl. AGEE-Stat 2023).

Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte im Jahr 2022

Anteile in Prozent [%]

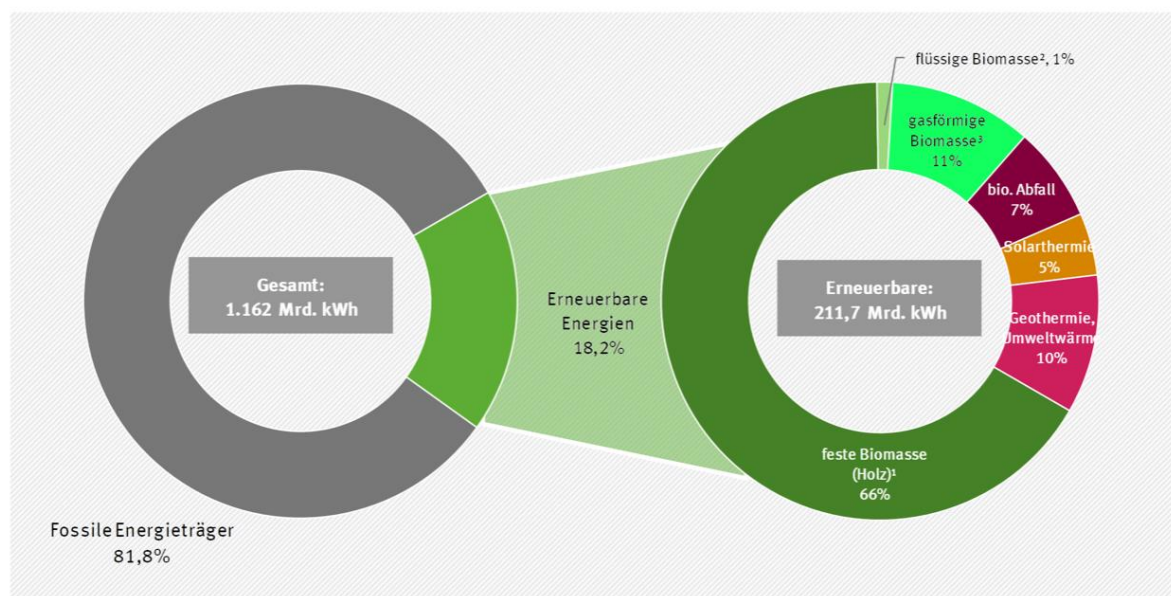


Abbildung 6: Erneuerbare Energien im Wärme- und Kältesektor (AGEE-Stat 2023)

Im Jahr 2022 wurden 211,7 Milliarden kWh erneuerbare Wärme verbraucht, also 18,2 % des Gesamtverbrauchs (vgl. AGEE-Stat 2023). Die genaue Aufteilung nach erneuerbaren Energieträgern stellt Abbildung 6 dar. Dabei wurde in die feste Biomasse auch Klärschlamm und Holzkohle einbezogen (Fußnote 1) und in die flüssige Biomasse auch Biodiesel für Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär (Fußnote 2). Die gasförmige Biomasse umfasst Biogas, Biomethan, Klärgas sowie Deponiegas (Fußnote 3) (vgl. ebd.).

Im **Verkehrs**sektor kommt der geringste Anteil an erneuerbaren Energieformen zum Tragen. Unter Einbezug des erneuerbaren Stromverbrauchs im Schienen- und Straßenverkehr konnte in Deutschland 2022 lediglich ein Anteil von 6,9 % der genutzten Gesamtenergie erreicht werden (Abbildung 4), was 40,7 Milliarden kWh umfasst (vgl. AGEE-Stat 2023). Die genaue Aufteilung nach erneuerbaren Energieträgern stellt Abbildung 7 dar. Dabei wurde auch erneuerbarer Diesel (HVO) zum Biodiesel hinzugezählt, aber ohne Einbezug von Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär (Fußnote 1) (vgl. ebd.).

Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien im Verkehrssektor im Jahr 2022

Anteile in Prozent [%]

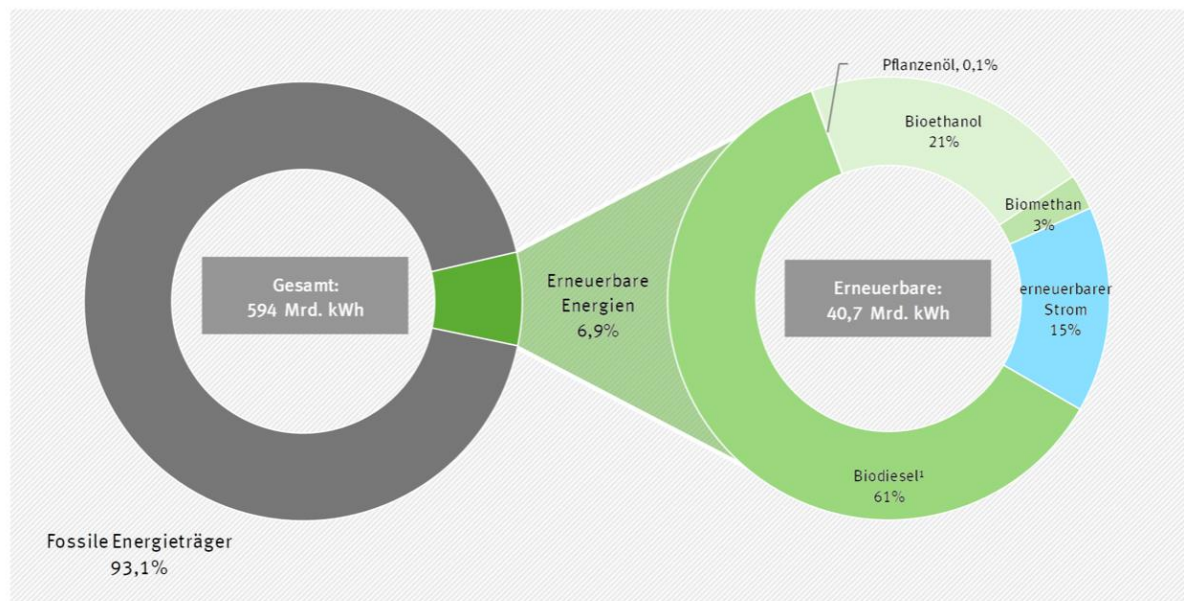


Abbildung 7: Erneuerbare Energien im Verkehrssektor (AGEE-Stat 2023)

Heruntergebrochen auf Bayern und den Regierungsbezirk Oberfranken, zeigt Abbildung 8 den Strommix aus erneuerbaren Energien nach Energieträger im Jahr 2021. Insgesamt wurden in Bayern rund 37,6 Milliarden kWh erneuerbarer Strom erzeugt, was ca. 49 % der gesamten Stromproduktion des Bundeslandes ausmacht (vgl. Energie-Atlas Bayern o.D.a). In Oberfranken ist der Anteil ähnlich. Mit ca. 2,88 Milliarden kWh Strom konnten ca. 51 % des Gesamtstromverbrauchs aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen werden (vgl. Energie-Atlas Bayern o.D.b).

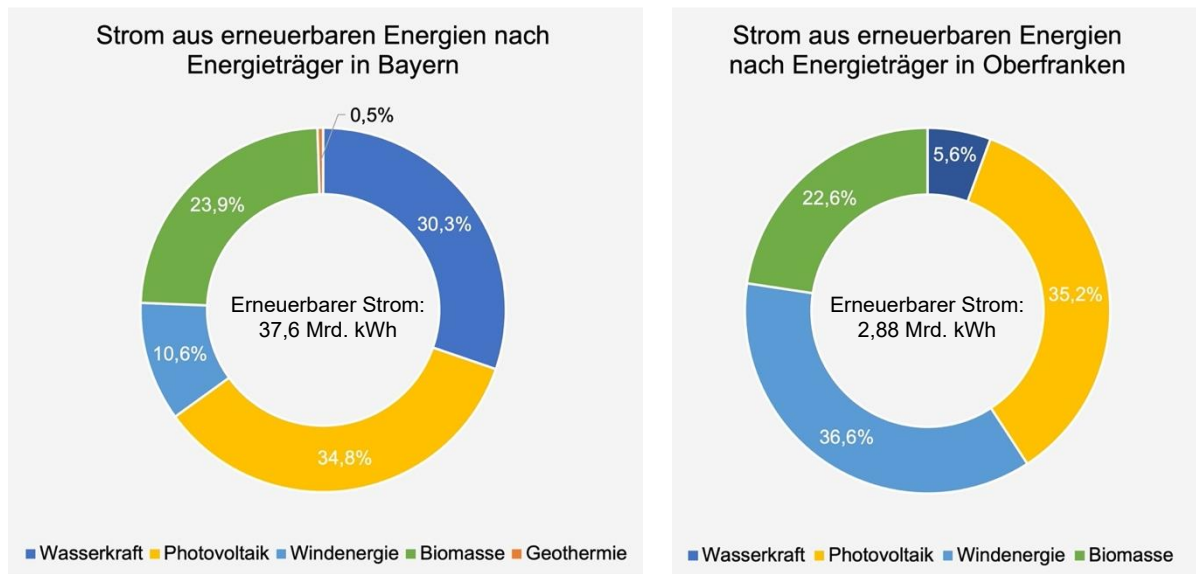


Abbildung 8: Strommix der erneuerbaren Energien in Bayern und Oberfranken (eigene Darstellung nach Energie-Atlas Bayern; Energie-Atlas Bayern o.D.b)

Um den Ausbau erneuerbarer Energieträger voranzutreiben und letztlich 2045 ein klimaneutrales Deutschland zu erreichen, hat die Bundesregierung einige Gesetzesgrundlagen novelliert. Hierzu zählen unter anderem das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2023, das Bundesnaturschutzgesetz, das Wind-an-Land-Gesetz sowie das Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG). Zusätzlich soll das Solarpaket I weitere Verbesserungen bringen. Die in diesen Bestimmungen festgelegten Ziele, Vorgaben und Änderungen haben entscheidenden Einfluss auf die aktuelle Dynamik und zukünftige Entwicklung der deutschen Energieversorgung.

1. Das EEG 2023 gilt als die „größte energiepolitische Gesetzesnovelle seit Jahrzehnten“ (Die Bundesregierung 2023b). Es ist am 01. Januar 2023 in Kraft getreten und an den 1,5-Grad-Pfad des Pariser Klimaschutzabkommen angepasst (vgl. Die Bundesregierung 2023b). Im EEG 2023 wurden sowohl übergeordnete als auch detailliertere Ziele im Rahmen der einzelnen Energieträger festgelegt (s. Kapitel 2.1.4). Um diese erreichen zu können wurden verschiedene Maßnahmen definiert. Unter anderem wurde den erneuerbaren Energien ein gesetzlicher Vorrang zugesprochen, womit die Ausschreibungsmengen deutlich erhöht und Planungs- und Genehmigungsverfahren beschleunigt werden können. Zudem sollen Kommunen finanziell besser an Wind- und Freiflächen-PV-Anlagen beteiligt sowie für Solaranlagen auf Dächern höhere Vergütungssätze gezahlt werden (vgl. ebd.; Die Bundesregierung 2023a).
2. Das zusätzliche Solarpaket I soll „den Bau und Betrieb von Photovoltaikanlagen entbürokratisieren und den Zubau von Photovoltaik weiter beschleunigen“ (Die Bundesregierung 2023c). Hierzu wurden Inhalte, wie die Möglichkeit einer gemeinschaftlichen

Gebäudeversorgung, unbürokratischere PV-Anlagen mit mehr als 100 kW und die Förderung bestimmter integrierter PV-Formen verankert. Im Dezember 2023 wurde ein Teil des Solarpaket I verabschiedet, der zweite Teil soll im Jahr 2024 folgen (vgl. Die Bundesregierung 2023c).

3. Im Wind-an-Land-Gesetz sowie Windenergie-auf-See-Gesetz wurden konkrete Ausbauziele für die Windkraft bis Ende 2040 beschlossen (vgl. Umweltbundesamt 2023h). Für die Windenergie an Land wurden zusätzlich verbindliche Flächenziele für alle Bundesländer beschrieben, für deren Umsetzung das WindBG im Februar 2023 in Kraft getreten ist. Es gibt vor, dass bis Ende 2027 im Durchschnitt 1,4 % und bis Ende 2032 2 % der Bundesfläche für Windenergie ausgewiesen werden müssen (vgl. ebd.). Um dies erreichen zu können, wurden zur Vereinfachung und Beschleunigung der Ausweisungsprozesse Veränderungen im bisherigen Planungssystem sowie im Bundesnaturschutzgesetz vorgenommen (vgl. ebd.; Die Bundesregierung 2023d).

2.1.3 Flächeninanspruchnahme und -konkurrenzen

Die Flächeninanspruchnahme variiert nach den einzelnen Energieträgern. Bei der **Solarenergie** haben gebäudeintegrierte Anlagen grundsätzlich einen geringeren Flächenbedarf, da sie auf bereits versiegelten und genutzten Flächen angebracht werden. Hingegen werden Freiflächenanlagen auf freiem Land errichtet, zu deren Bestandteilen neben den Solarkollektoren noch Zufahrtswege und Transformator-Anlagen gezählt werden. Dabei nimmt die versiegelte Fläche, wie beispielweise für Fundamente der Solarkollektoren, berechnet an der Gesamtenergiepotenzialfläche nur einen geringen Anteil des Flächenbedarfs ein (vgl. Dumke 2020: 79). Je nach Größe der Anlage wird insgesamt mit einer spezifischen Flächeninanspruchnahme, also die „Fläche je installierter Leistungseinheit“ (Böhm und Tietz 2022: 1), zwischen 0,9 ha pro MWp und 2 ha pro MWp gerechnet (vgl. Böhm 2023: 6). Ende des Jahres 2021 betrug die mit PV-Freiflächenanlagen belegte Fläche deutschlandweit 32.000 ha. Dabei handelte es sich bei 36 % um Konversionsflächen, bei 30 % um Ackerflächen, bei 11 % um Gewerbe- und Industriegebiete, bei 8 % um Randstreifen, bei 3 % um Grünland sowie bei 13 % um sonstige Flächen (vgl. Günnewig et al. 2022: 61).

Bei der **Windkraft** wird zwischen der horizontalen Flächeninanspruchnahme und dem Windflächenbedarf unterschieden. Zudem gibt es Flächen, die dauerhaft versiegelt werden sowie solche, die nur temporär, wie beispielsweise für die Aufstellung der Windkraftanlage, benötigt werden (vgl. Bredemann und Quentin 2023: 14). Zu den versiegelten horizontalen Flächen zählen Mastfundamente, Zufahrtswege, Transformator-Anlagen sowie Wartungsflächen, die für Arbeiten mit dem Kran zugänglich sein müssen (vgl. Dumke 2020: 105). Diese umfassen zwischen 0,24 ha und 0,6 ha pro Windkraftanlage (vgl. Böhm 2023: 9). Hinzu kommen die

temporären Flächen, bei denen von ca. 0,44 ha pro Anlage ausgegangen wird (vgl. Brede-
mann und Quentin 2023: 15). Der Windflächenbedarf bezieht sich auf die durch die Rotoren
benötigte vertikale Fläche und umfasst zwischen 15,7 ha und 23,8 ha pro Anlage (vgl. Böhm
2023: 10). Insgesamt können die Flächenbedarfe von Windparks in Abhängigkeit einer vor-
handenen Hauptwindrichtung variieren, da die einzelnen Windkraftanlagen in diesem Falle
dichter platziert werden können (vgl. Dumke 2020: 105).

Die Flächeninanspruchnahme durch die Energieproduktion aus **Biomasse** setzt sich aus den
Rohstoffpotenzialflächen und den Flächen des Kraftwerksgebäudes zusammen. Letzteres
zählt einschließlich der Zufahrtswege und den Rohstofflagerhallen zu den versiegelten Flä-
chenbedarfen. Da bei Biomassekraftwerken häufig große Lagerkapazitäten benötigt werden,
werden zumeist ortsrandnahe Standorte in ländlichen Räumen bevorzugt (vgl. Dumke 2020:
138). Im Jahr 2023 wurden rund 2,3 Millionen ha landwirtschaftlich genutzte Fläche, davon 2
Millionen ha Ackerland, für die Energieproduktion aus Biomasse verwendet, was 14 % der
deutschlandweiten Landwirtschaftsfläche ausmacht. (vgl. Osterburg et al. 2023: 71).

Bei der Nutzung von **Geothermie** zur Energieerzeugung ist die Flächeninanspruchnahme ab-
hängig von der Bauweise. Während sich die Tiefsondenbauweise vertikal in die Erde erstreckt,
benötigen Flachkollektoren die doppelte horizontale Fläche pro Energiemenge. Der Flächen-
bedarf setzt sich hierbei aus den Anlagenbestandteilen sowie dem Aspekt, dass die Fläche
oberhalb der Flachkollektoren nicht überbaut werden darf, zusammen (vgl. Dumke 2020:
53ff.).

Im Regierungsbezirk Oberfranken sind derzeit 224 Biogasanlagen¹ sowie 291 Windkraftanla-
gen in Betrieb (Stand: Januar 2024) (vgl. Regierung von Oberfranken 2024). Bei einer An-
nahme von ca. 0,5 ha pro Windkraftanlage ergibt dies eine aktuelle Flächeninanspruchnahme
von 145,5 ha. In Bezug auf PV-Freiflächenanlagen wurden im Januar 2024 241 Anlagen von
der Regierung von Oberfranken erfasst, die sich auf einer Fläche von 1.262 ha befinden (vgl.
ebd.). Abbildung 9 zeigt die Entwicklung des Ausbaus von PV-Freiflächenanlagen in Oberfran-
ken unter Angabe des Flächenverbrauchs.

¹ Regierung von Oberfranken, persönliche Kommunikation am 06.03.2024

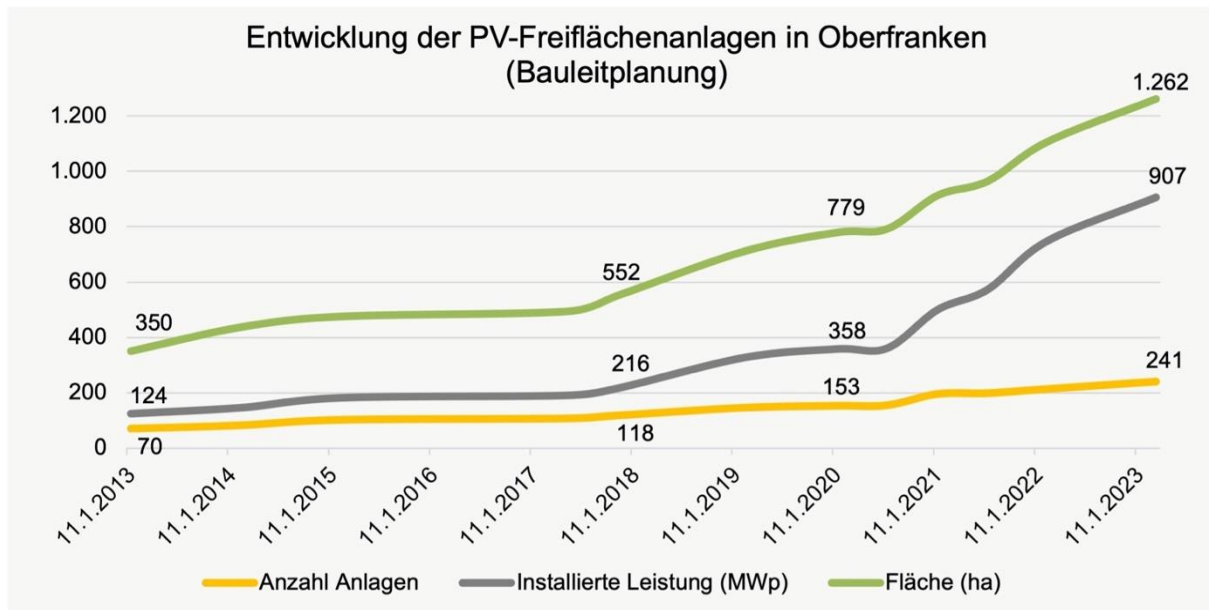


Abbildung 9: Entwicklung der PV-Freiflächenanlagen in Oberfranken (veränderte Darstellung nach Regierung von Oberfranken 2024)

Bei der Betrachtung und Auswahl erneuerbarer Energieträger stellt die Flächeninanspruchnahme ein bedeutendes Kriterium dar. Durch die Verknappung von Land als wichtige Ressource, steigt der Nutzungsdruck auf die noch verfügbaren Flächen (vgl. Umweltbundesamt 2023f). Der Vergleich von Solar- und Windenergie zur Energieproduktion aus Biomasse zeigt, dass Letztere eine deutlich geringere Flächeneffizienz aufweist (vgl. ebd.; Osterburg et al. 2023: 72). Pro Hektar landwirtschaftlicher Verlustfläche ist der Stromertrag aus Photovoltaikanlagen ca. 28-mal höher als mit Biomasse aus Maispflanzen. Somit könnten durch die Fokussierung auf Solar- und Windenergie Flächen der Bioenergieerzeugung eingespart und für andere Nutzungen freigestellt werden (vgl. Böhm 2023: 16).

Als größte Flächenkonkurrenz in Bezug auf die erneuerbare Energieproduktion kann die Landwirtschaft genannt werden. Die Eigenschaften von Ackerland - ebene, sonnige und gut entwässerte Flächen – eignen sich sowohl für die landwirtschaftliche Nutzung als auch für die Energieproduktion durch PV-Freiflächenanlagen oder Energiepflanzen (vgl. Richardson et al. 2022). Aus diesem Grund bestehen auf diesen Flächen große Nutzungskonflikte, die zu einem verstärkten Wettbewerb um Land führen (vgl. ebd.). Da bei PV-Freiflächenanlagen die Pacht sowie die Grundrente deutlich besser als bei Ackerbaubetrieben ist, haben Verpächter:innen vor allem finanzielle Anreize sich für Erstere zu entscheiden (vgl. Böhm und Tietz 2022: 6). Die Folge ist eine Veränderung der wirtschaftlichen Aktivität in ländlichen Räumen, die mit einer Verdrängung der Nahrungsmittelproduktion und landwirtschaftlicher Tätigkeit einhergeht (vgl. Richardson et al. 2022; Dumke 2020: 84). Bei der Windkraft bestehen diese Konflikte lediglich auf den versiegelten Flächen. Der Großteil des Gebietes kann weiterhin für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung verwendet werden. Die größeren Flächenkonkurrenzen finden hier auf vertikaler Ebene mit Tier- und Naturschutzziele statt (vgl. Dumke 2020: 112). Insgesamt zeigt

sich, dass die Ausrichtung an erneuerbaren Energiequellen das Klären von Flächenfragen in Bezug auf die Verteilung der Landwirtschaft, des Naturschutzes sowie der Bewahrung von Landschaften bedarf (vgl. Poggi et al. 2018: 631).

2.1.4 Mögliche Entwicklungspfade

Die möglichen Entwicklungspfade der erneuerbaren Energieproduktion in Deutschland werden stark von den gesetzten Zielen und Anforderungen der Bundesregierung im Rahmen der angestrebten Energiewende geleitet (Abbildung 10).

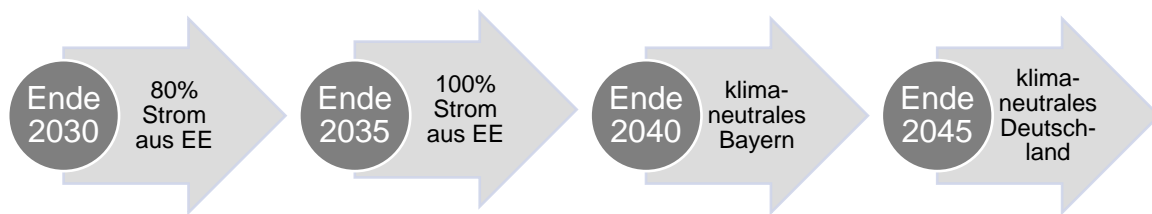


Abbildung 10: Ziele der Energiewende (eigene Darstellung nach BMWK o.D.; BayKlimaG)

Neben diesen übergeordneten Zielen wurden in den bereits beschriebenen Gesetzesgrundlagen (s. Kapitel 2.1.2) detailliertere Ziele zu den erneuerbaren Energieträgern festgelegt. Während der Einsatz von Biomasse sinken soll, wurden für die Solar- und Windenergie verbindliche Ausbauziele für Deutschland definiert (Abbildung 11) (vgl. EEG 2023 § 4).

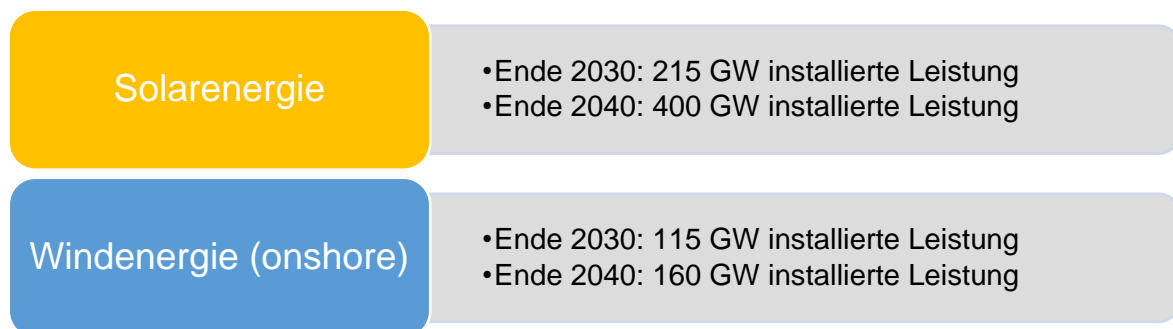


Abbildung 11: Ziele Solar- und Windenergie (eigene Darstellung nach EEG 2023 § 4)

Anhand dieser Ausbauziele und bei Betrachtung verschiedener Energieszenarien wird deutlich, dass der Fokus bei der Umsetzung der Energiewende auf der Photovoltaik und Windkraft an Land liegen soll (Fraunhofer ISE o.D.c). Da die Photovoltaik in der Freifläche Vorteile gegenüber PV-Dachanlagen aufweist, wird ihr eine bedeutendere Funktion in Bezug auf einen schnellen PV-Ausbau zugeschrieben (vgl. Osterburg et al. 2023: 72). Trotzdem soll die angestrebte installierte Leistung von Photovoltaik im etwa gleichen Verhältnis auf Freiflächen-PV und Dachanlagen aufgeteilt werden (vgl. Die Bundesregierung 2023c). Mit den gesteckten Zielen möchte die Bundesregierung das Erreichen der Energiewende beschleunigen, da in etwa eine Verdreifachung der Ausbaugeschwindigkeit in Zukunft nötig wird (vgl. Die Bundesregierung 2023a). Dies verdeutlicht Abbildung 12 durch die Darstellung der bisherigen Entwicklung der installierten Leistung an Solar- und Windenergie und die im EEG 2023 definierten Ziele bis zum Jahr 2040. Es zeigt sich die Notwendigkeit des Ausbaus großer Mengen an neuer erneuerbaren Energieanlagen binnen kurzer Zeit.

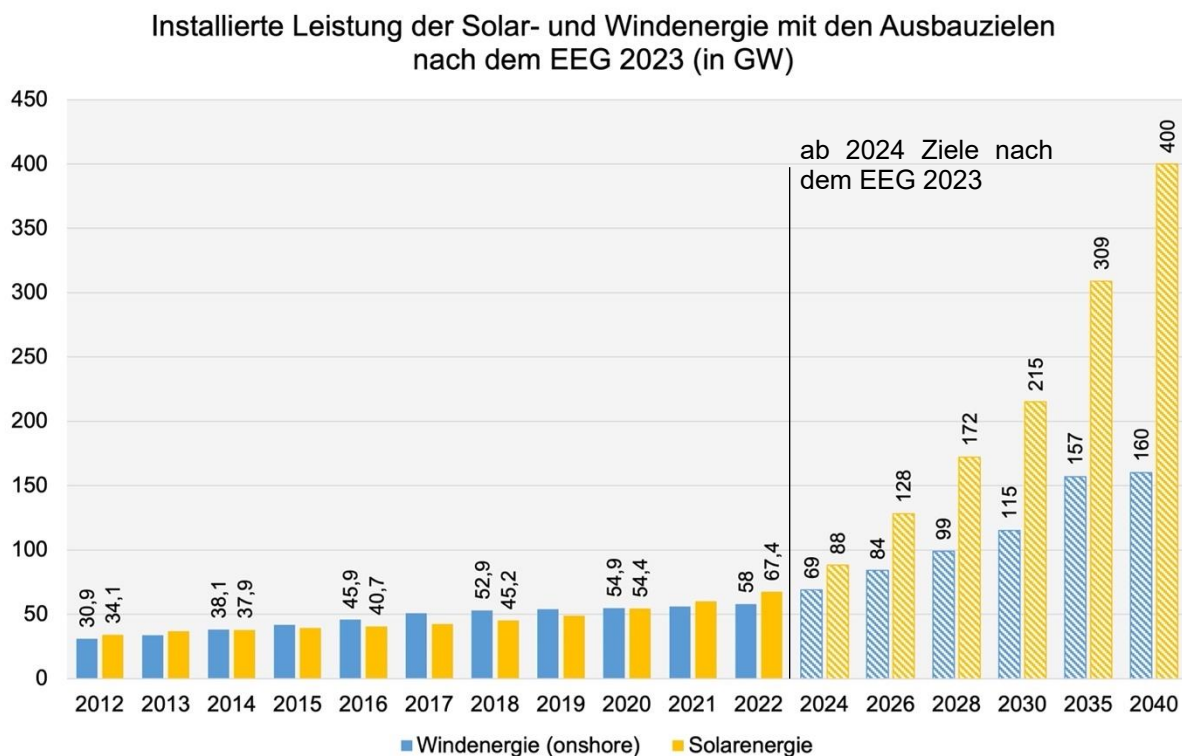


Abbildung 12: Installierte Leistung Solar- und Windenergie mit Ausbauzielen nach EEG 2023 (eigene Darstellung nach BMWK 2023: 6; Strom-Report o.D.; EEG 2023 § 4)

Um für den Ausbau von PV-Freiflächenanlagen den Bedarf an landwirtschaftlicher Fläche bis zum Jahr 2040 in **Deutschland** abschätzen zu können, haben sich Böhm und Tietz (2022) dieser Thematik in verschiedenen Szenarien gewidmet. Dabei stellten sie heraus, dass es drei Faktoren gibt, die die zukünftige Flächeninanspruchnahme beeinflussen: der Bedarf an Photovoltaik-Leistung, die Aufteilung des Bedarfs zwischen PV-Freiflächen- und Dachanlagen sowie die spezifische Flächeninanspruchnahme (vgl. Böhm und Tietz 2022: 1). Auf alle drei

Punkte wirken politische Rahmenbedingungen sowie der technische Fortschritt ein. Bei der Frage nach dem zukünftigen Bedarf an Photovoltaik orientieren sich die Autoren an den Zielen des EEG (vgl. Böhm und Tietz 2022: 2). Auch die Aufteilung auf jeweils 50% zwischen PV-Freiflächen- und Dachanlagen ist mittlerweile definiert und im Working Paper als wahrscheinlichstes Szenario beschrieben (vgl. ebd.: 5). Bezüglich der spezifischen Flächeninanspruchnahme haben in den letzten Jahren „die technische Weiterentwicklung der Module, steigende Anlagengrößen und effizientere Aufstelltechniken“ (ebd.: 3) zu einer Abnahme dieser Größe geführt. Im Rahmen von drei Szenarien sehen Böhm und Tietz (2022: 4) die mittlere spezifische Flächeninanspruchnahme mit 1,4 ha pro MWp als wahrscheinliche Entwicklung an. Das Ergebnis ist ein deutschlandweit benötigter Flächenbedarf von 150.500 ha, inklusive der bereits bestehenden Anlagen, bei einem Ziel von 215 GW installierter Leistung im Jahr 2030. Dies entspricht 0,9 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Für das Erreichen des Ziels von 400 GW installierter Leistung 2040 werden 280.000 ha, also 1,7 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche benötigt (vgl. ebd.: 5).

Aufbauend auf dem Ergebnis von Böhm und Tietz (2022) ergänzen Osterburg et al. (2023: 36), dass 104.300 ha der berechneten 150.500 ha Fläche den Ausbau bis 2030 umfassen und sich somit eine Flächenneuanspruchnahme von 40 ha pro Tag von 2023 bis 2030 ergibt. Zudem wird auf den Flächenbedarf durch Ausgleichsmaßnahmen eingegangen. Dies bedeutet, dass im Zuge der Beeinträchtigung und Veränderung von freien Flächen gleichzeitig andere Flächen einer landschafts- sowie naturpflegerischen Aufwertung unterliegen müssen (vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt o.D.). Diese Ausgleichsflächen haben eine Größe zwischen 20 % und 50 % der PV-Freiflächenanlagen-Fläche. Bei einer Annahme von 20 % Ausgleichsfläche entsteht damit bis 2030 ein zusätzlicher deutschlandweiter Flächenbedarf von 20.860 ha (vgl. Osterburg et al. 2023: 41).

Nicht nur die Solarenergie, sondern auch der Ausbau der Windenergie an Land benötigt deutschlandweit Fläche. Neben den in Abbildung 11 dargestellten Zielen der installierten Leistung bis 2040, wurde von der Bundesregierung festgelegt, dass bis Ende 2027 1,4 % und bis Ende 2032 2 % der Landesfläche für die Windkraft ausgewiesen sein müssen (vgl. Umweltbundesamt 2023h). Osterburg et al. (2023: 40) berechneten bei einer dauerhaft in Anspruch genommenen Fläche von maximal einem Hektar pro Windkraftanlage einen Flächenbedarf von 11.800 ha im Zeitraum von 2023 bis 2030, was etwa 4 ha pro Tag bedeuten. Zum Erreichen der Ziele bis 2040 werden weitere 3.100 ha, also insgesamt 14.900 ha Fläche benötigt (vgl. Osterburg et al. 2023: 69).

Da die Voraussetzungen und Bedingungen in Deutschland unterschiedlich sind, ist es von Bedeutung, die Ziele der Energiewende auf die einzelnen Bundesländer herunter zu brechen. Deshalb wurden auch die Vorgaben der Flächenausweisung für Windenergie angepasst und für **Bayern** festgelegt, dass bis Ende 2027 1,1 % und bis Ende 2032 1,8 % der bayerischen

Fläche zur Verfügung stehen müssen (vgl. Bundesverband WindEnergie e.V. 2023: 1). Im Rahmen des Bayernplans Energie 2040 wurde in vier Szenarien der Weg zum Erreichen der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2040 untersucht. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass auch in Bezug auf Bayern die Solar- und Windenergie wichtige Träger der Energiewende sind. Abbildung 13 stellt die Ausbauschnitte installierter erneuerbarer Energieleistung nach dem Szenario ‚E.plan‘ dar. Wie für Deutschland bereits beschrieben, werden auch auf Bundeslandebene innerhalb kurzer Zeit viele neue Anlagen für die Energiewende benötigt (vgl. Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. 2023: 89).

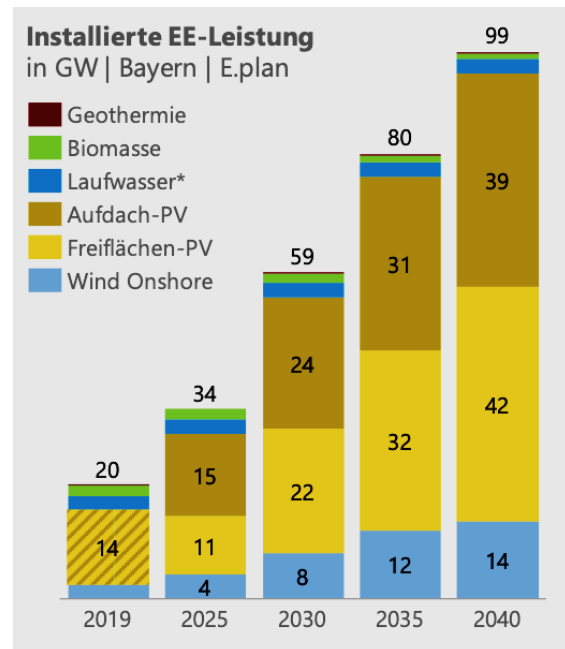


Abbildung 13: Ausbau installierte EE-Leistung Bayern (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. 2023: 89)

Laut den Szenarien müssen 2.000 bis 2.800 PV-Anlagen auf Dächern, PV-Freiflächenanlagen auf 28 ha bis 39 ha Fläche und rund zwei neue Windkraftanlagen pro Woche installiert werden, um das Ziel erreichen zu können (vgl. ebd.: 8). Hochgerechnet bedeutet dies, dass die Flächeninanspruchnahme für PV-Freiflächenanlagen bis 2040 zwischen 26.064 ha und 36.090 ha, also zwischen 0,37 % und 0,5 % der bayerischen Landesfläche, liegt. In Bezug auf die Windkraft wird in allen Szenarien mit 65.100 ha, also 0,9 % der Landesfläche gerechnet (vgl. ebd.: 91).

Auch auf regionaler Ebene wird sich darüber Gedanken gemacht, wie der Strombedarf 2030 zu 100 % aus erneuerbaren Energien gedeckt werden kann. Hierzu hat das Landratsamt **Bayreuth** auf Grundlage aktueller Daten des Energieatlas Bayern Prognosen angestellt und mögliche Szenarien ausgearbeitet. Es wurden Grundannahmen über den Anstieg des Stromverbrauchs sowie den maximal möglichen und realistischen Ausbau von PV-Dachanlagen und Windkraftanlagen bis 2030 getroffen und anschließend der restliche Strombedarf dem Zubau von PV-Freiflächenanlagen zugeschrieben. Für die Energiegewinnung aus Biomasse wurde dabei der aktuelle Wert hinzugezogen². Das flächenbezogene Ergebnis ist neben dem Ausbau der PV-Dachanlagen, der Ausbau von Windkraftanlagen auf einer Fläche von 28 ha und von

² Landratsamt Bayreuth, persönliche Kommunikation am 02.02.2024

PV-Freiflächenanlagen auf 370 ha. Dabei könnten 11 % der Silomais-Fläche, also rund 500 ha, für den Zubau genutzt werden (vgl. Landratsamt Bayreuth 2023).

Eine Übersicht der beschriebenen, prognostizierten Flächenbedarfe für Deutschland, Bayern und die Region Bayreuth zeigt Tabelle 1.

	Deutschland	Bayern	Reg. Bayreuth
Solarenergie	2030: 150.500 ha 2040: 280.000 ha	2040: 36.090 ha	2030: 370 ha
Windenergie	2030: 11.800 ha 2040: 14.900 ha	2040: 65.100 ha	2030: 28 ha

Tabelle 1: Übersicht prognostizierter Flächenbedarf Solar- und Windenergie

Bei Betrachtung des Anstiegs des Flächenbedarfs für PV-Freiflächenanlagen ist zu erwähnen, dass diese statistisch gesehen als Industriefläche verzeichnet und damit zur Siedlungs- und Verkehrsfläche gezählt werden. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche soll nach den Zielen der Bundesregierung bis zum Jahr 2030 auf unter 30 ha pro Tag reduziert werden (vgl. Böhm und Tietz 2022: 6). Dies kollidiert deutlich mit den Ausbauzielen der Solarenergie, deren bereits beschriebene Flächenneuanspruchnahme bis 2030 bei 40 ha pro Tag liegt (vgl. Osterburg et al. 2023: 36). Somit kann das Ziel der Flächenverringerung allein durch den Ausbau der Solarenergie nicht erreicht werden. Im Jahr 2022 waren rund 25 % der Zunahme an Siedlungs- und Verkehrsfläche in Bayern auf die sogenannten ‚Versorgungsanlagen‘ zurückzuführen, zu denen auch die erneuerbaren Energien zugeordnet werden (vgl. Bayerisches Landesamt für Statistik 2023).

Ein mit Unsicherheit behafteter Entwicklungspfad betrifft die Biogaserzeugung. Der Betrieb der Anlagen wird sowohl von rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen wie dem EEG, als auch von der „technischen und wirtschaftlichen Ausgangssituation der einzelnen Anlagen beeinflusst“ (Osterburg et al. 2023: 35). Schätzungen zufolge wird der Anlagenbestand sinken und damit eine Fläche von 270.000 ha bis 730.000 ha bis zum Jahr 2030 freigesetzt, was 20 % bis 50 % des aktuellen Flächenbedarfs von Biogasanlagen entspricht (vgl. ebd.).

Neben dem Ausbau der erneuerbaren Energieträger an sich, ist in Zukunft ein deutschlandweit flächendeckender Infrastrukturausbau zum Erreichen der Energiewende notwendig. Osterburg et al. (2023: 42) beschreiben Prognosen des Flächenbedarfs in Bezug auf den Netzentwicklungsplan 2030: „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“ (Osterburg et al. 2023: 42). Nicht im Netzentwicklungsplan enthalten, aber von Osterburg et al. (2023: 42) vermutet, kommen zu

den genannten Flächenbedarfen noch zusätzliche Flächenansprüche in Form von Ausgleichsmaßnahmen hinzu.

2.1.5 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick

Wie die möglichen Entwicklungspfade zeigen, wird zum Erreichen der Energiewende bis zum Jahr 2040 viel Fläche für den Ausbau von Solar- und Windenergie, der Infrastruktur sowie hinzukommende Ausgleichsmaßnahmen benötigt. Insbesondere bei „großen Freiflächenanlagen ist abzusehen, dass ein massiver weiterer Ausbau zu Konflikten und Akzeptanzproblemen führen wird“ (Fraunhofer ISE o.D.c). Deshalb wird eine große Chance in integrierten PV-Technologien gesehen, bei denen Solarmodule in bereits genutzte Flächen, wie Agrar- und Wasserflächen, Fahrzeuge und Wege (Abbildung 14), eingebunden werden. So können Flächen doppelt genutzt werden, was sich positiv auf den vorhandenen Flächendruck auswirkt und zu Synergieeffekten führen kann (vgl. ebd.).



Abbildung 14: Anwendungen der integrierten Photovoltaik (Wirth 2023: 30)

Neben der Reduktion des Verbrauchs neuer Flächen und damit der Verbesserung des Flächendrucks, werden den integrierten PV-Technologien noch weitere Chancen zugeschrieben. Durch die Notwendigkeit, die integrierten Lösungen individuell an die Gegebenheiten anzupassen, können standardisierte Produkte oft nicht verwendet werden. Dies steigert die Möglichkeiten einer „lokale[n] PV-Produktion mit nachhaltiger Wertschöpfung deutscher und europäischer Unternehmen“ (Fraunhofer ISE o.D.c). Zudem kann durch das Wegfallen der Unterkonstruktion und die durch die Module entstehende Schutzfunktion für Fassaden oder Fahrzeuge der Materialverbrauch gesenkt und Kostenvorteile genutzt werden (vgl. Fraunhofer ISE o.D.c). Einen dritten Aspekt stellt die orts- und verbrauchernahe Stromversorgung dar, durch die das Stromnetz entlastet werden kann (vgl. ebd.).

Das Fraunhofer ISE hat das Potenzial von integrierten PV-Lösungen analysiert. Das Ergebnis des technischen Potenzials, also unter Berücksichtigung technischer Möglichkeiten und Randbedingungen, zeigt Abbildung 15 (vgl. Fraunhofer ISE o.D.c). Die größten Potenziale bilden Agri-Photovoltaik und Bauwerkintegrierte Photovoltaik. Insgesamt könnten in Deutschland Flächen mit einer Leistung von 3.160 GW durch integrierte PV-Technologien genutzt werden (vgl. ebd.).

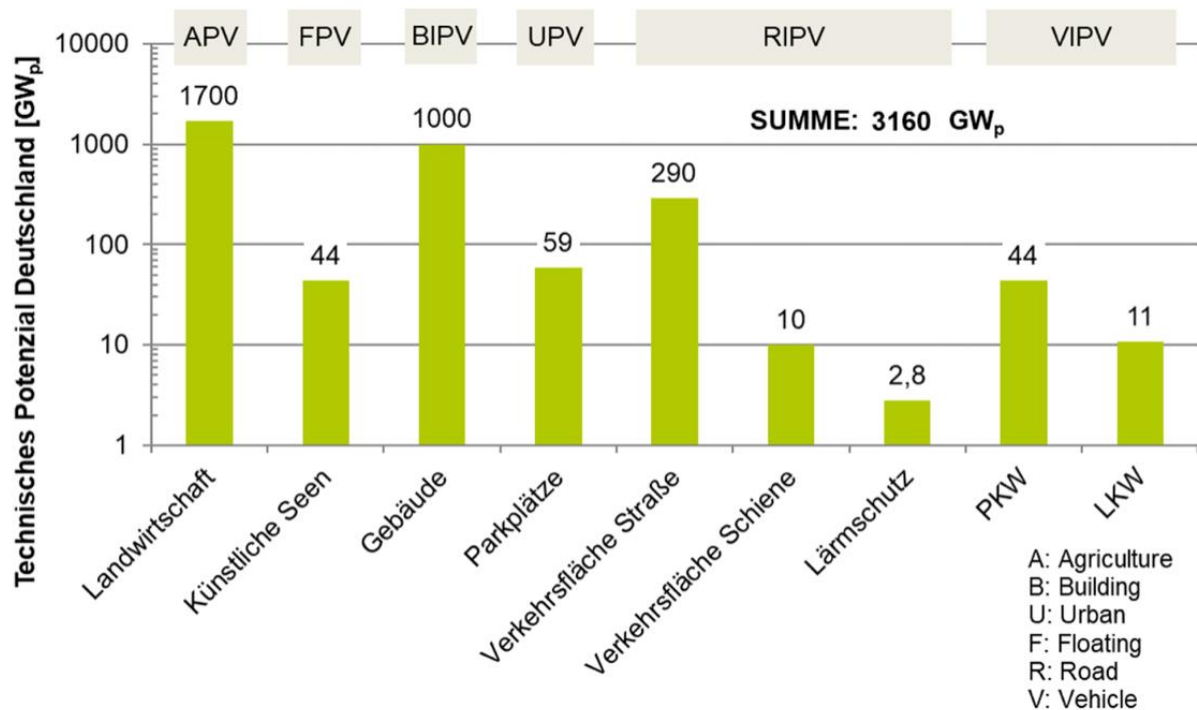


Abbildung 15: Technisches Potenzial integrierter Photovoltaik (Fraunhofer ISE o.D.c)

Die einzelnen Anwendungsformen der integrierten Photovoltaik weisen unterschiedliche Vorteile und Herausforderungen auf. Hierzu gibt die folgende Tabelle 2 einen Überblick.

	Erklärung	Vorteile	Herausforderungen
Agri-PV (vgl. Fraunhofer ISE o.D.a; Stuhlemmer 2022)	Doppelnutzung von Flächen für landwirtschaftliche Tätigkeiten und Stromproduktion	<ul style="list-style-type: none"> - Trägt zur Verringerung des Flächendrucks bei - Großes Flächenpotenzial - Schutz landwirtschaftlicher Erträge z.B. vor Hagel, Dürre oder Frost - Nach EEG 2023 Förderung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Abschätzung des Einflusses auf landwirtschaftliche Erträge - Anpassung Anlagenkonstruktion an landwirtschaftliche Tätigkeiten (z.B. Höhe Traktoren) - Kostenaufwand - Lange Genehmigungsverfahren

<p>Moor-PV (vgl. Fraunhofer ISE o.D.d; Osterburg et al. 2023: 39)</p>	<p>Doppelnutzung wiedervernässter Moorböden für Klimaschutz und Stromproduktion</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trägt zur Verringerung des Flächendrucks bei - Paludikulturen möglich - Zusätzlich vereinbar mit Natur- und Artenschutzmaßnahmen - Nach EEG 2023 Förderung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Passende Lichtverhältnisse gewährleisten - Akteurskonstellation - Spezielle technische Maschinen z.B. für Installation nötig - Kaum konkrete Konzepte und Pilotprojekte
<p>Floating-PV (vgl. Fraunhofer ISE o.D.f)</p>	<p>Nutzung künstlicher Gewässer für Stromproduktion mittels schwimmender PV-Module</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trägt zur Verringerung des Flächendrucks bei - Schutz des Wassers vor Verdunstung und warmer Temperatur - Kühle Gewässer steigern Stromproduktion - Keine vorherige Aufbereitung der Fläche und Pflege erforderlich - Nach EEG 2023 Förderung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufwand für Montage - Anlage muss wassergeeignet sein - Stabile Befestigung auch z.B. bei Strömung - Beachtung des Gewässerschutzes (z.B. unbedenkliche Materialien)
<p>Bauwerkintegrierte PV (vgl. Fraunhofer ISE o.D.b; Initiative für Bauwerkintegrierte PV-Anlagen Baden-Württemberg o.D.)</p>	<p>Integration von PV-Module in Bauelemente</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trägt zur Verringerung des Flächendrucks bei - Einsparung von herkömmlichen Baumaterialien - Erhöhter Energie-Eigenverbrauch der Gebäude - Optimierung Gebäudeenergiekonzepte mit Sektorenkopplung 	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhter Aufwand für Planung - Wenig standardisierte Produkte verwendbar - Herstellung zweckmäßiger und ansprechender Produkte
<p>Urbane PV (vgl. Fraunhofer ISE o.D.g)</p>	<p>Doppelnutzung versiegelter Flächen für Aufenthalt und Stromproduktion</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trägt zur Verringerung des Flächendrucks bei - Schutz versiegelter Flächen vor Hitze - Bietet Schatten und Regenschutz - Kombination mit Beleuchtung, E-Ladesäulen etc. möglich - Aufwertung der Aufenthaltsqualität 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Aufwand für Planung - Wenig standardisierte Produkte verwendbar - Spezielle technische Anforderungen an Module - Herstellung zweckmäßiger und ansprechender Produkte - Fehlende klare Richtlinien für Genehmigung

Verkehrswege PV (vgl. Fraunhofer ISE o.D.e)	Integration von PV-Module in und an Verkehrswegen	<ul style="list-style-type: none"> - Trägt zur Verringerung des Flächendrucks bei - Doppelnutzung versiegelter Flächen - Schaffen von Synergien bei Installation / Aufbau von Straße und PV-Modulen 	<ul style="list-style-type: none"> - Spezielle technische Anforderungen an Module - Hohe Kosten - Aufwand für Wartung und Reinigung
Fahrzeugintegrierte PV (vgl. Fraunhofer ISE o.D.h)	Integration von PV-Module in Fahrzeuge	<ul style="list-style-type: none"> - Trägt zur Verringerung des Flächendrucks bei - Verbrauchsnaher Energieerzeugung - Zunahme Fahrzeugreichweite - Einsparung von CO₂-Emissionen 	<ul style="list-style-type: none"> - Neuartiger Aufbau der Module - Individuelle Modul Anpassungen nötig - trotz kleiner Fläche erzielen hoher Wirkung

Tabelle 2: Kurzvorstellung der Anwendungsformen integrierter Photovoltaik

Ebenfalls eine Form der integrierten PV-Leistung stellen die so genannten Balkonkraftwerke dar. Die Mini-Photovoltaik-Anlagen können von Mieter:innen an ihren Balkonen befestigt werden und ermöglichen es, ohne große Investitionen Strom für den eigenen Haushalt zu produzieren (vgl. Die Bundesregierung 2023c). Bislang schränkten die bürokratischen Gegebenheiten den Betrieb solcher Balkonkraftwerke ein, was sich mit dem Inkrafttreten des Solarpaket I ändern soll. Eine vereinfachte Anmeldung und Installation, die Ausweitung der zulässigen Leistungsfähigkeit sowie die Erlaubnis zur Nutzung einfacher Stromzähler sollen die Hürden beseitigen und zu einer Zunahme der privaten erneuerbaren Stromproduktion mittels Balkonkraftwerke führen (vgl. ebd.).

Neben dem Streben nach Lösungen, PV-Anlagen auf jeglichen bereits genutzten Flächen zu integrieren, gibt es noch andere Ansätze, die erneuerbare Energieerzeugung voranzubringen. Sie haben das Ziel, die Solarmodule an sich zu verbessern und umweltfreundlicher zu gestalten.

Ein Aspekt ist dabei der Wirkungsgrad von Solarmodulen, denn derzeit können diese nur einen geringen Anteil der Sonneneinstrahlung tatsächlich nutzen. Um das Potenzial zu erhöhen, wurden beispielsweise die so genannten Perowskit-Solarzellen entwickelt. Mit den enthaltenen ferroelektrischen Stoffen konnte die Leistung von im Durchschnitt 18 % auf mehr als 29 % gesteigert werden. Hinsichtlich ihrer Lebensdauer und Standhaftigkeit gegenüber Umwelteinflüssen sind die Perowskit-Solarzellen allerdings noch nicht ausgereift (vgl. Karänke 2023). Eine gleiche Zunahme des Wirkungsgrades auf 29 % weisen die Module des Unternehmens Insolight auf. Mittels „speziell geformten Glaskörpern“ (ebd.) kann das Sonnenlicht gebündelt und auf einzelne Flecken gelenkt werden, an denen die Solarzellen sitzen. Eine andere Herangehensweise haben Forscher der Universität Kalifornien. Hier werden bewegliche Solarmo-

dule erprobt, die sich ähnlich einer Sonnenblume nach der Sonne einstellen. Auch die Universität in New York forscht, wie die Effizienz von Solarmodulen erhöht werden kann. Hier wurde eine spezielle Schicht entwickelt, die „ultraviolettes und blaues Licht in Nahinfrarotlicht“ (Karänke 2023) umwandelt und dadurch den Wirkungsgrad auf 82 % steigern kann (vgl. ebd.). Um die Möglichkeit an einem Gebäude Solarstrom zu erzeugen nicht nur auf das Dach zu beschränken, gibt es auch hierzu Lösungsansätze. Ein Beispiel ist die transparente Solarfolie, die auf Glasflächen wie z.B. Fenster angebracht werden kann. Die Module erzeugen aus ultraviolettem Licht Strom, verändern dabei aber nicht den Lichteinfall in das Gebäude. Der Wirkungsgrad der Folie ist noch ausbaufähig – die höchste Leistung mit 12,2 % wurde bislang von Forschern in Korea erreicht (vgl. ebd.). Eine weitere Möglichkeit bietet die Fassaden-Farbe der Universität Notre Dame. Die wie Halbleiter funktionierenden Partikel in der Farbe, leiten den Strom über die Hausfassade weiter. Auch wenn der Wirkungsgrad aktuell noch gering ist, könnten bei einem Forschungsdurchbruch sämtliche Wandflächen zur Stromproduktion verwendet werden (vgl. ebd.).

Eine weitere Rolle in der Verbesserung von Solarmodulen spielt die Umweltfreundlichkeit. Auch wenn die Solarenergie an sich Ressourcen und CO₂ einspart, werden bei der Herstellung der Module, insbesondere bei der Gewinnung von Silizium, Emissionen freigesetzt (vgl. ebd.). Eine potenzielle Lösung stellen die AuREUS-Solarzellen aus Bio-Abfällen von einem philippinischen Studenten dar. Bestimmte Bestandteile der Abfälle können das UV-Licht aufnehmen und umwandeln, selbst wenn es wolkig ist (vgl. ebd.). Eine weitere Möglichkeit ist das Recycling der Module. Hierzu arbeitet das Fraunhofer ISE daran, neben den Materialien Kupfer, Aluminium und Glas vor allem die Silizium-Zellen wiederzuverwenden. Mit den recycelten Solarzellen konnte bereits eine Leistung von 22 % erreicht werden (vgl. Fraunhofer ISE 2022).

Wie Osterburg et al. (2023: 74) in der Schlussfolgerung schreiben, werden „in den ländlichen Räumen gerade in Bezug auf die Flächeninanspruchnahme innovative, tragfähige und gut integrierte Lösungen benötigt“, um einen schnellen Ausbau der erneuerbaren Energien und damit die Energiewende erreichen zu können. Dabei spielt auch die Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber den Maßnahmen eine bedeutende Rolle (vgl. Osterburg et al. 2023: 74). Hilfreich können hier Modelle wie das Energy Sharing oder das Prosumer-Modell sein. Damit können die Bürger:innen selbst am erzeugten erneuerbaren Strom, im eigenen Haushalt oder auch in der Umgebung, beteiligt werden. So steigt das Gefühl der Teilhabe, was sich positiv auf die Akzeptanz und persönliche Motivation, erneuerbare Energien zu unterstützen und zu nutzen, auswirken kann (vgl. Aretz et al. 2022: 1).

Abbildung 16 zeigt abschließend eine zusammenfassende Darstellung der genannten möglichen Lösungsansätze.

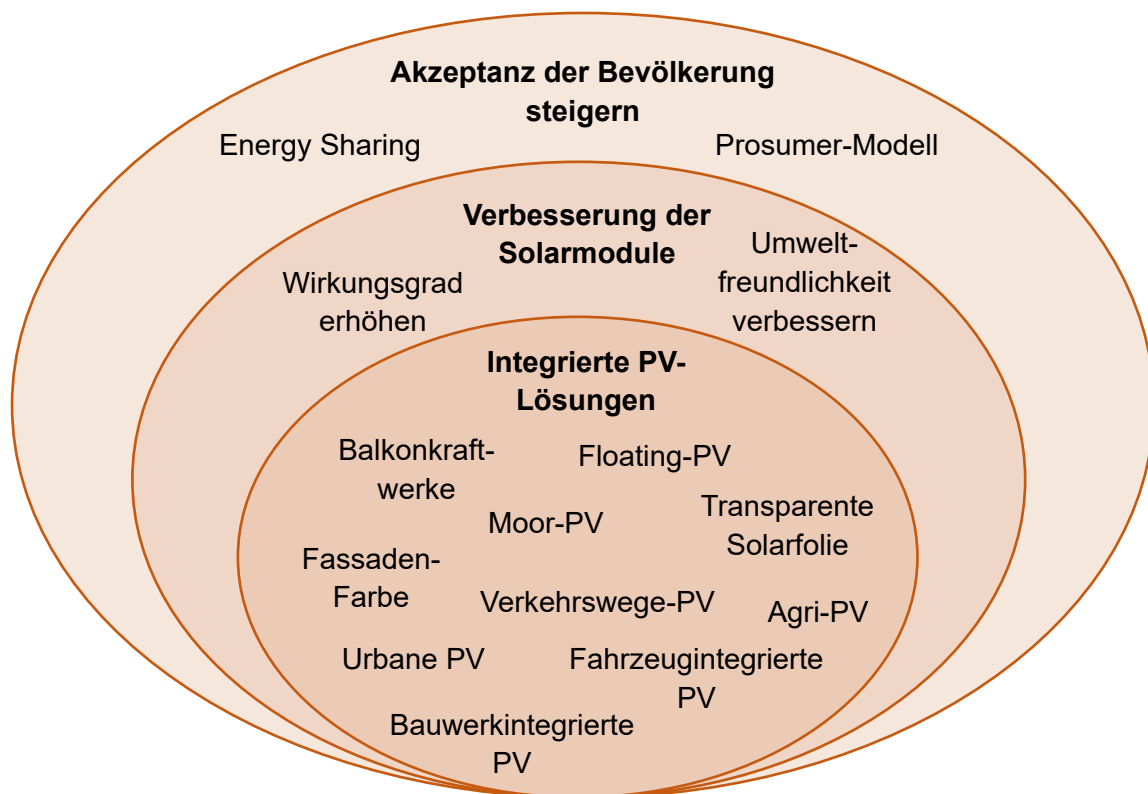


Abbildung 16: Zusammenfassende Darstellung der Lösungsansätze Energie (eigene Darstellung)

2.2 Nahrungsmittelversorgung

2.2.1 Einführung

Mehr als die Hälfte der Fläche in Deutschland (51%) ist Landwirtschaftsfläche, das entspricht ungefähr 18,1 Mio. ha. Tatsächlich landwirtschaftlich genutzte Fläche ist davon ca. 16,6 Mio. ha. Diese Differenz kommt zu Stande durch Flächen, wie Brachland, Pferdekoppeln oder Hofflächen (vgl. Osterburg et al. 2023: 3–4). In Bayern beläuft sich die Fläche auf rund 3,1 Mio. ha (vgl. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2022b). Die landwirtschaftlich genutzte Fläche teilt sich auf in 70,3% Ackerland, 28% Dauergrünland und 1,2% Dauerkulturen (vgl. BMEL 2022: 5). In Bayern weicht die Aufteilung leicht ab, hier werden ca. 65% für Ackerland genutzt und ca. 35% für Grünland (vgl. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2022b). Die folgende Abbildung (Abbildung 17) nach Noleppa und Carlsburg (2015: 15–16) zeigt die Nutzung der Landwirtschaftsfläche nach angebauten Produkten in Deutschland.

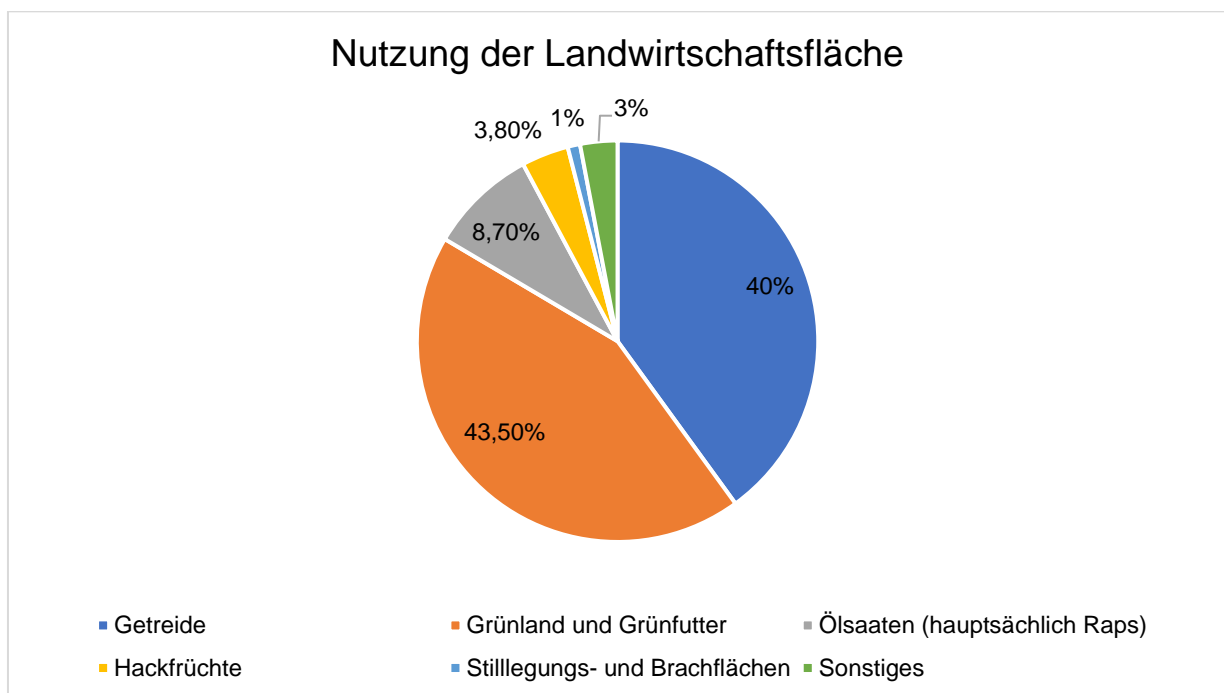


Abbildung 17: Nutzung der Landwirtschaftsfläche (eigene Darstellung nach Noleppa und Carlsburg 2015: 15-16)

Eine weitere Einteilung ist auch nach Verwendungsart möglich, wie die nachfolgende Abbildung (Abbildung 18) nach Osterburg et al. (2023: 5) zeigt.

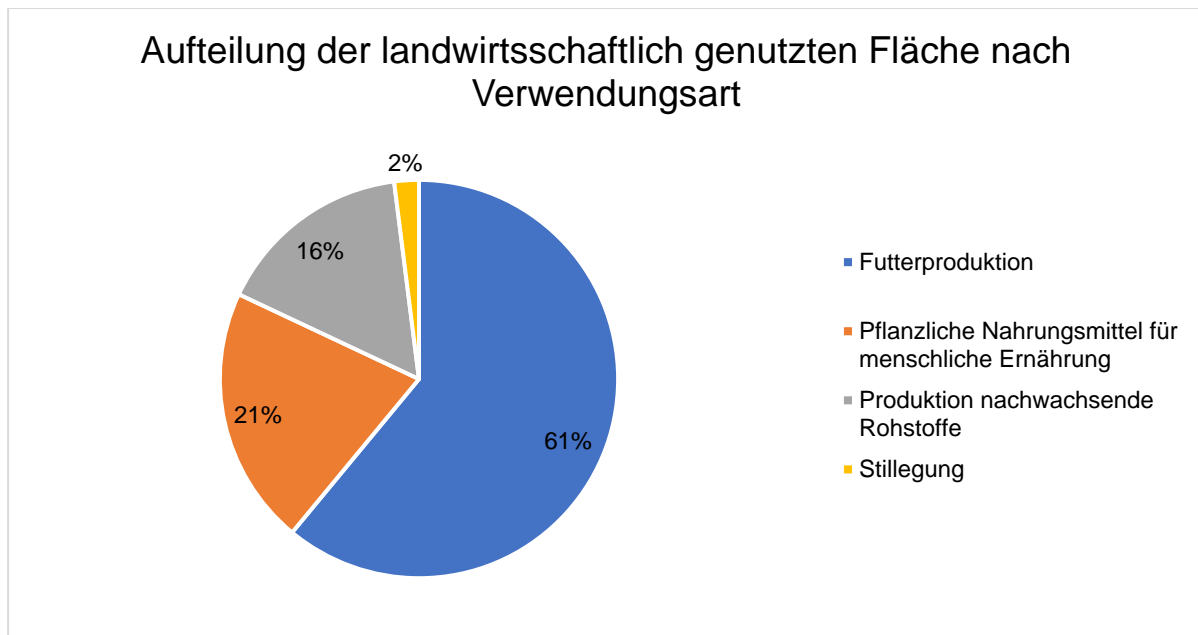


Abbildung 18: Aufteilung der landwirtschaftlich genutzten Fläche nach Verwendungsart (eigene Darstellung nach Osterburg et al 2023: 5)

Der größte Teil der Fläche wird dabei für die Verwendung von Futtermitteln für die Fleischproduktion verwendet und nur ein kleiner Teil direkt für menschliche Ernährung. Trotz der hohen Flächeninanspruchnahme von Tierfutter in Deutschland kann der nationale Bedarf nicht inländisch gedeckt werden. Deutschland benötigte in den Jahren 2011-2013 im Durchschnitt pro Jahr ca. 6,9 Mio. ha Fläche für die Lebensmittelproduktion in anderen Ländern, besonders in Südamerika und der EU. Importiert werden dabei hauptsächlich Soja, Raps und andere Ölsaaten, also Produkte, die bei uns zu großen Teilen für die Fleisch- oder Energieproduktion verwendet werden. Deutschland ist in einem kleineren Maßstab auch virtueller Flächenexporteur nach Nordafrika und den Nahen Osten, sowie in nicht EU-Länder in Europa (vgl. Noleppa und Carlsburg 2015: 19). Unter virtuellem Flächenexport versteht man, dass Fläche in einem Land für die Produktion von Gütern, in diesem Fall Lebensmittel, genutzt wird, welche anschließend exportiert werden. So wird diese Fläche ausgelagert und virtuell exportiert. Vice versa kann Fläche auch importiert werden.

Des Weiteren wird nicht die ganze landwirtschaftlich genutzte Fläche zur Nahrungsmittelproduktion genutzt, sondern Teile davon zur Energieproduktion. Laut der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2022: 2–4) waren ca. 16% der landwirtschaftlichen Nutzfläche 2020 für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe belegt. Den größten Teil haben davon Energiepflanzen und Industriepflanzen ausgemacht, die auf Ackerflächen angebaut werden. Die Anbaufläche überschritt 2004 erstmals 1 Mio. ha und liegt seit 2015 mit leichten Schwankungen zwischen 2,5 und 2,8 Mio. ha. Bayernweit wurden 2020 448 000 ha für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe genutzt, was 14% der landwirtschaftlich genutzten Fläche entspricht

(vgl. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2022c). Ähnlich wie auf nationaler Ebene handelt es sich zum weitaus größten Teil (92%) um Pflanzen zur Energieerzeugung (vgl. ebd.).

Von der landwirtschaftlich genutzten Fläche wurde 2022 etwa 9,7% ökologisch bewirtschaftet von ca. 9,9% der Betriebe (vgl. Umweltbundesamt 2023k). Der Anteil steigt zwar kontinuierlich an, so lag der Anteil vor 25 Jahren erst bei 2,9%, jedoch gibt es aktuell noch eine starke Differenz zur Zielsetzung der Bundesregierung, die besagt, dass bis 2030 30% der Fläche ökologisch bewirtschaftet werden soll (vgl. Umweltbundesamt 2023k).

Tietz et al. (2021) haben die Eigentumsstruktur der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland untersucht und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass durchschnittlich 48,7% der Fläche (bezogen auf die untersuchten Gemeinden) nichtlandwirtschaftlichen natürlichen Personen gehören, 39,7% landwirtschaftlichen Betrieben und 1,4% nichtlandwirtschaftlichen Unternehmen. Hinsichtlich der Flächenverteilung gibt es ein starkes Ungleichgewicht: durchschnittlich 57,7% der Eigentümer:innen besitzen jeweils weniger als 1ha, während 1,9% jeweils mehr als 50ha besitzen (vgl. Tietz et al. 2021: 41).

2.2.2 Aktuelle Dynamiken

Die landwirtschaftliche Fläche in Deutschland steht in Konkurrenz mit anderen Nutzungsarten und verringert sich kontinuierlich. Diese Reduktion geschieht am stärksten in der Umgebung von städtischen Verdichtungsräumen zu Gunsten der Fläche für Siedlung- und Verkehr (vgl. Umweltbundesamt 2023g). Durchschnittlich werden deutschlandweit täglich 118 ha der Landwirtschaftsfläche in andere Nutzungsarten umgewandelt (Durchschnitt 2019-2023), wovon im Jahr 2022 55 ha für die Nutzung als Siedlungs- und Verkehrsfläche verwendet wurden (vgl. BMEL 2023: 20). Die weitere Verlustfläche wird in andere Nutzungen umgewandelt, z.B. in Fläche für Tagebau zum Abbau von Rohstoffen. Hierfür werden ca. 7,7 ha pro Tag verwendet (vgl. Umweltbundesamt 2024a).

In Bayern betrug der Verlust der landwirtschaftlichen Fläche vom Jahr 2019 auf das 2020 0,2% (ca. 6 800 ha), während die Siedlungs- und Verkehrsfläche in dieser Zeit um 0,5% zugenommen hat (vgl. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2022a).

2021 wurde das Ziel von 30% Ökolandbau an der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland bis zum Jahr 2030 gesetzt. Während der Anteil bundesweit 2022 bei ca. 9,7% liegt (vgl. Umweltbundesamt 2023k), liegt der Anteil 2021 bayernweit bereits bei 13% (vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt 2021). Dennoch ist auch in Bayern ein starker Anstieg in den nächsten Jahren nötig, um das Ziel zu erreichen. Es ist also denkbar, dass in naher Zukunft durch Umwandlung von Flächen für konventionelle Landwirtschaft in Flächen für ökologische Landwirtschaft eine gesteigerte Flächenkonkurrenz entsteht.

Durch das Ziel des EE-Gesetzes, dass bis 2030 80% des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen kommen soll (vgl. Umweltbundesamt 2023c), ist in Zukunft ein Ausbau dieser Energiequellen zu erwarten. Die folgende Abbildung (Abbildung 19) (vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. 2022: 4) zeigt, wie sich die Anbaufläche der nachwachsenden Rohstoffe seit 2008 entwickelt hat (Daten in der Literatur schwanken leicht aufgrund verschiedener Erfassungsmethoden).

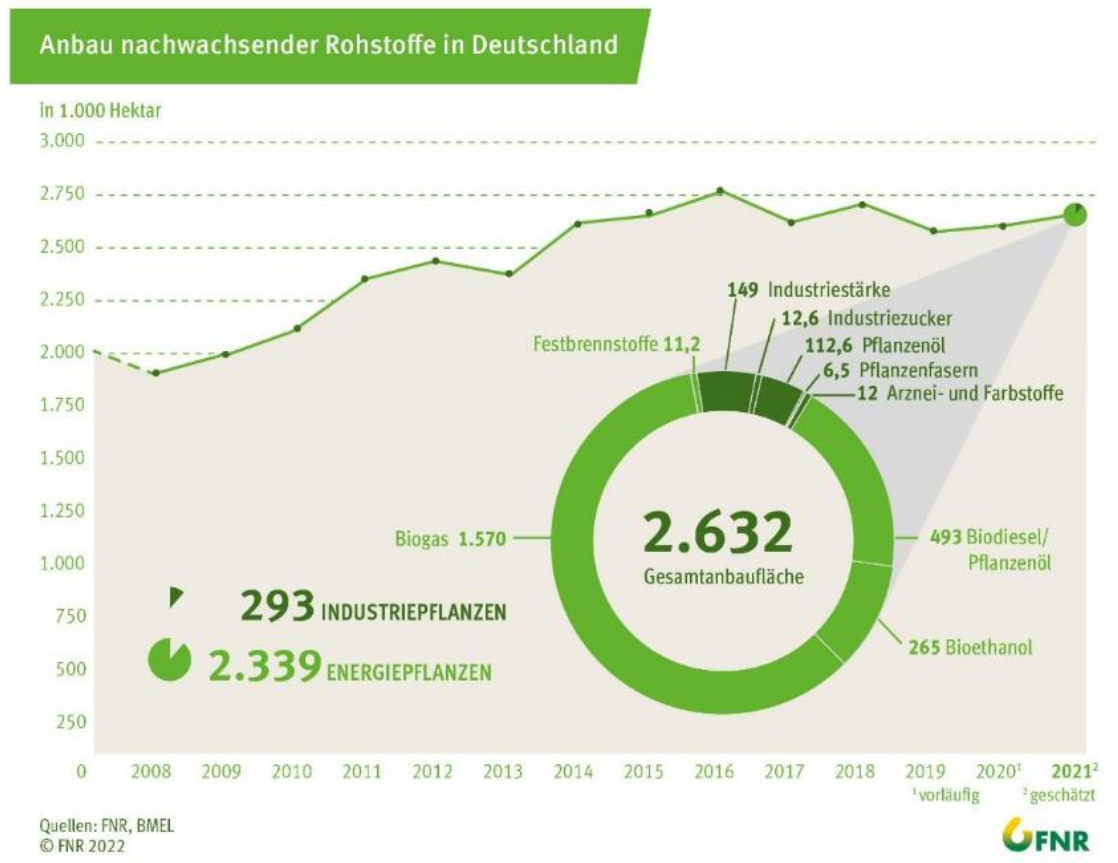


Abbildung 19: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e. V. 2022: 4)

Zusätzlich zum Anbau von Energiepflanzen, findet noch Stromerzeugung mit PV-Anlagen auf landwirtschaftlichen Flächen statt. 2021 wurden etwa 32 000ha Fläche für PV-Freiflächenanlagen genutzt, davon ca. 10 000 auf Ackerland oder Grünland (vgl. Günnewig et al. 2022: 59). Es ist anzunehmen, dass der zukünftige Ausbau der PV-Anlagen hauptsächlich auf Ackerland stattfinden wird, da mit einer stetigen Abnahme der bevorzugt genutzten Konversionsflächen zu rechnen ist (vgl. Böhm et al. 2023), so dass sich die Konkurrenz um Fläche vergrößern wird. Diese Entwicklung ist aber insofern positiv zu sehen, da Böhm (2023) in seiner Studie zum Ertrag verschiedener EE-Erzeugungen beschreibt, dass Stromerzeugung mit PV und auch Windkraftanlagen pro Energieeinheit deutlich weniger Fläche in Anspruch nimmt als Energiepflanzen. Um das EEG-Ziel zu erreichen wären nur etwa 2-4% der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland nötig, wenn der Strom durch PV statt Energiepflanzen er-

zeugt würde (vgl. Böhm et al. 2023), so dass möglicherweise wieder Fläche für Nahrungsmittelproduktion zurückgewonnen werden könnte. Die Auswirkungen des Ausbaus der EE hängen für die Landwirtschaft also u.a. davon ab, welche Form der Energieerzeugung in Zukunft priorisiert wird.

Unser Ernährungssystem wirkt nicht nur auf Fläche, sondern u.a. auch auf die Biodiversität und den Wasserhaushalt der Erde. So ist die aktuelle Ernährung ein zentraler Grund für den internationalen und nationalen Biodiversitätsverlust (vgl. Dräger de Teran 2021: 22). Verantwortlich dafür sind u.a. die zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft, der Einsatz von Dünger und Pestiziden, die Übernutzung natürlicher Ressourcen und die Monotonisierung der Landwirtschaft (vgl. ebd.: 19-21). Hinsichtlich der produzierten Lebensmittel haben besonders Soja, Weizen und Mais besonders große Einflüsse auf die Biodiversitätskrise, aufgrund der hohen Flächeninanspruchnahme und der qualitativ hochwertigen Flächen, die durch den Anbau verloren gehen (vgl. ebd.: 29-31). Die Produktion von tierischen Lebensmitteln nimmt, aufgrund der Verwendung dieser Lebensmittel als Futtermittel, mit ca. 77% den größten Einfluss auf die Biodiversitätskrise (vgl. ebd.: 35). Auch hinsichtlich Wasser nimmt die Landwirtschaft den größten Einfluss. So werden ca. 70% des genutzten Süßwassers für die Lebensmittelproduktion genutzt (Dräger de Teran 2022: 17), was besonders in Anbetracht des steigenden Risikos für Dürren ein Problem für die Nahrungssicherheit darstellt (vgl. ebd.: 19). Der Wasserverbrauch teilt sich zu 82% für pflanzliche und 18% für tierische Lebensmittel auf, was sich durch die nötige zusätzliche Bewässerung für Obst und Gemüse erklären lässt (vgl. ebd.: 25). Importierte pflanzliche Lebensmittel kommen oft aus wasserarmen Regionen, während Tierfutter zu großen Teilen in Regionen mit genug Niederschlag produziert wird (vgl. ebd.: 26).

2.2.3 Flächenkonkurrenzen

Um Deutschland mit Nahrung zu versorgen, wird sehr viel Fläche gebraucht, was besonders, da die verfügbare Fläche dafür immer weiter sinkt, dazu führt, dass die Konkurrenz ausgeprägter wird. Die Flächenbedarfe steigen durch politische Zielvorgaben, wie solche zu erneuerbaren Energien oder ökologischer Landwirtschaft, so dass der Druck auf Landwirtschaftsfläche zunimmt. Gleichzeitig besteht aber der Wunsch Nahrungssicherheit bieten zu können und angesichts von globalen Krisen (wie Kriege oder Klimakrise) unabhängiger von Exporten in der Nahrungsversorgung zu werden.

Wie oben angesprochen steht die Energieproduktion in Konkurrenz zu der Nahrungsmittelproduktion, da nachwachsende Rohstoffe zur Energieproduktion bereits jetzt 16% der landwirtschaftlichen Nutzfläche bedecken (vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. 2022: 2–4) und der Ausbau von EE aufgrund politischer Zielvorstellungen in den nächsten Jahren weiter steigen wird. Ein Hemmnis für die Lebensmittelproduktion kann der Bodenpreis sein, auf

den unter anderem die Energieproduktion Einfluss hat. Laut Ritter et al. (2015: 11–12) hat die Präsenz von Windkraftanlagen in Brandenburg durchschnittlich zu 5% höheren Bodenpreisen geführt (Betrachtungszeitraum 2000 – 2010), wobei der Effekt bei mehr Windkraftanlagen verstärkt wurde. Latacz-Lohmann et al. (2014: 71–72) stellen diesen Effekt auch bei der Untersuchung von Biogasanlagen fest: pro Biogasanlage im Umkreis von 10km ergibt sich im Untersuchungsgebiet ein Pachtpreisanstieg von 11€/ha. Durchschnittlich ist der monetäre Anreiz für Landwirte höher, wenn sie Fläche für die Energieproduktion, wie PV-Freiflächenanlagen, nutzen, als für die Lebensmittelproduktion (vgl. Böhm und Tietz 2022: 6). Dadurch besteht das Risiko, dass sich Landwirte gegen die Nahrungsmittelproduktion entscheiden und ohne finanzielle Anreize die Fläche für Nahrungsmittelproduktion weiter sinkt. Weitere Preistreiber sind die Nähe zu Ballungsgebieten durch die Konkurrenz mit Siedlungs- und Verkehrsfläche, Bodenspekulation, Privatisierung von Boden und Maßnahmen zum Umwelt- oder Biodiversitätsschutz, für welche Fläche gebraucht wird (vgl. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2022). Die folgende Abbildung (Abbildung 20) (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2020) zeigt den Anstieg der Pachtpreise ab 2010 in Deutschland:

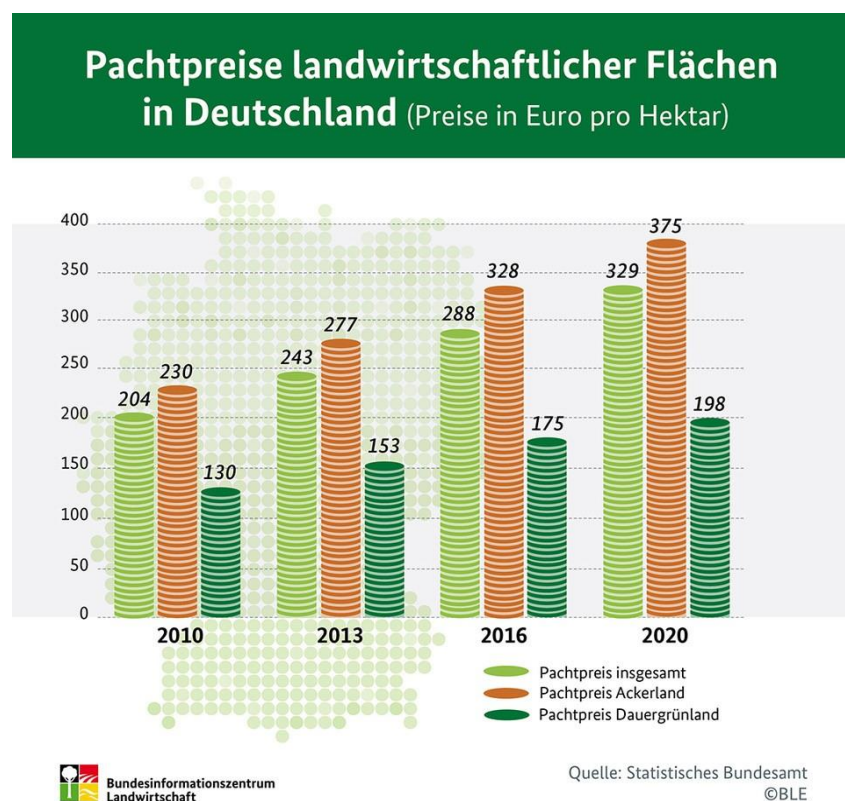


Abbildung 20: Pachtpreise landwirtschaftlicher Flächen in Deutschland (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2020)

Der größte Druck auf die Fläche für die Nahrungsmittelproduktion wird von der Ernährungsweise ausgeübt. Die aktuelle Ernährung, die in Deutschland zu einem großen Teil auf tieri-

schen Produkten basiert, benötigt mit 61% einen Großteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche allein für die Produktion von Futtermitteln (vgl. Osterburg et al. 2023: 5). Pflanzliche Lebensmittel für die menschliche Ernährung werden auf ca. 21% der landwirtschaftlich genutzten Fläche hergestellt (vgl. ebd.: 5). Grund dafür ist, dass die Produktion von Fleisch, durch den notwendigen Anbau von Futtermitteln, deutlich flächenintensiver ist, als die Produktion von pflanzlichen Nahrungsmitteln. Ein Vergleich von Statista (2022) zeigt, dass Rindfleisch pro 100 Gramm Protein ca. 163m² Fläche benötigt, während beispielsweise Hülsenfrüchte ca. 7m² Fläche benötigen. Zusätzlich zur Fläche innerhalb Deutschlands wird für Fleischproduktion auch ausländische Fläche gebraucht (s.o.), denn allein Soja, das als Futtermittel verwendet wird, macht fast 40% des virtuellen Flächenimports nach Deutschland aus (vgl. von Witzke et al. 2014: 37). So bietet die Ernährungsweise durch Reduktion des Fleischkonsums große Potentiale den Flächenverbrauch zu reduzieren, sowohl im Inland als auch um Ausland. Die politische Zielsetzung von 30% ökologischer Landwirtschaft bis 2030 übt insofern Druck auf die Fläche aus, da es nötig wird Fläche, die konventionell bestellt wird umzuwandeln in Fläche, die ökologisch bebaut wird. Das erfordert jedoch staatliche Förderung, was wiederum Finanzierungsfragen aufwirft. Der agrarpolitische Bericht 2023 (vgl. BMEL 2023: 35) zeigt eine durchschnittliche Differenz des Gewinns pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche von 83€ zu Lasten des ökologischen Landbaus. Pro Unternehmen berechnet erwirtschaftet ein konventionelles Unternehmen durchschnittlich ca. 15 600€ mehr im Wirtschaftsjahr 2021/2022. Diese Werte zeigen aus Sicht der Landwirte, dass ein Hemmnis besteht auf ökologische Landwirtschaft umzusteigen, das durch finanzielle Förderung ausgeglichen werden muss, um die politische Zielsetzung zu erreichen. Des Weiteren sind die Erträge bei ökologischer Landwirtschaft geringer, als bei konventioneller, so dass für die gleiche Menge Nahrungsmittel mehr Fläche benötigt wird, was im Wesentlichen auf weniger effiziente Düngemittel zurückzuführen ist (vgl. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2019; Ökolandbau.de 2023; Umweltbundesamt 2023j). So gesehen ist die Entwicklung für die Flächenkonkurrenz negativ, jedoch sind die Erträge langfristig stabiler, da ökologische Landwirtschaft resilienter gegenüber Klimaschwankungen ist (vgl. Ökolandbau.de 2023). Weiterhin sind ökologisch bestellte Flächen gegenüber konventionell bebauten Flächen biodiverser und bodenschonender, durch geringere Nutzung von Pestiziden und können, durch ein besseres Bodenmikrobiom, mehr Kohlenstoff speichern (vgl. WBGU 2020: 140), weshalb sie langfristig als nachhaltiger einzustufen sind.

2.2.4 Mögliche Entwicklungspfade

Die momentane erneuerbare Energieproduktion steht in starker Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion aufgrund der hohen Flächeninanspruchnahme der Energiepflanzen. Wenn dieser Kurs weiterverfolgt würde, bis die angestrebten politischen Ziele zur Energieversorgung

erfüllt sind, würde sich diese Konkurrenz weiter verstärken. Wenn jedoch der Kurs verschoben wird, hin zu flächeneffizienteren Methoden der Energieerzeugung, würde die Konkurrenz abgeschwächt werden. Die Gesetzesgrundlagen, die geschaffen wurden, um die Energieziele zu erreichen, wie das Erneuerbare-Energien-Gesetz oder das Wind-an-Land-Gesetz, lassen darauf schließen, dass Methoden abseits der Energieproduktion durch Energiepflanzen stärker verfolgt werden (siehe Kapitel 2.1.2 und 2.1.4).

Laut Böhm (2023: 16) ist eine Freiflächen-PV-Anlage für Stromertrag pro Hektar landwirtschaftlicher Verlustfläche 28-mal effektiver als die Nutzung von Biogas aus Mais. Bei Windkraftanlagen bewertet er den Stromertrag als 720-mal effektiver. Die folgende Abbildung (Abbildung 21) (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2023) illustriert diese Unterschiede:

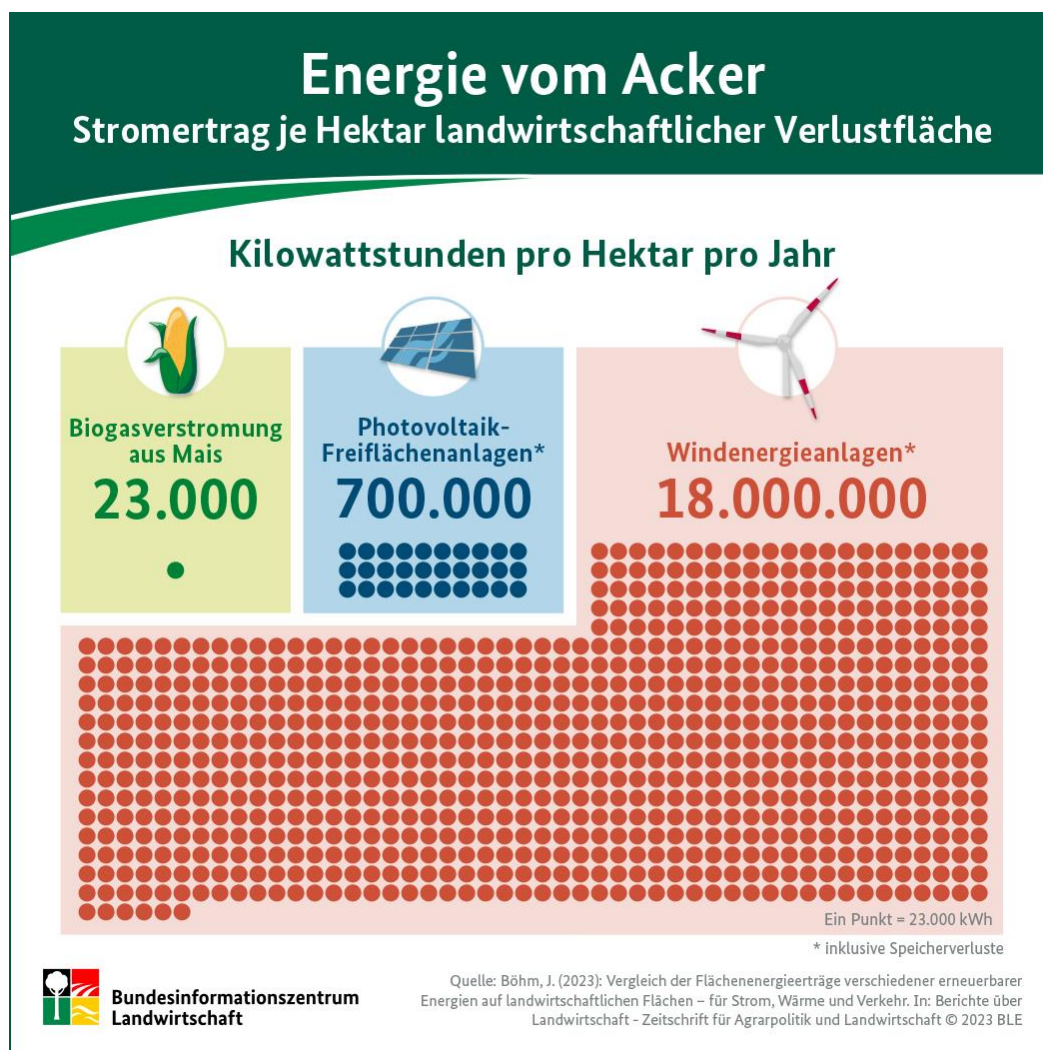


Abbildung 21: Unterschiede Effizienz verschiedener Energieerzeugungsmethoden (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2023)

Die geringste Flächeninanspruchnahme würde also mit einem starken Ausbau der Windkraftanlagen erzielt werden. Auf Sicht auf die Fläche für die Landwirtschaft wären die Möglichkeiten

der Windkraft und Solarkraft den Energiepflanzen dementsprechend vorzuziehen. Bei der ausschließlichen Nutzung von Freiflächen-PV wird von einem Bedarf von 2-4% der landwirtschaftlich genutzten Fläche ausgegangen, um die politischen Ziele zu erreichen (vgl. Böhm et al. 2023). Der Flächendruck könnte aber durch die Nutzung von Agri-PV-Anlagen noch weiter gesenkt werden, da diese eine Doppelnutzung erlauben. Diese verringern jedoch die Lebensmittelerträge auf den genutzten Flächen (vgl. Isermeyer 2022) und haben einen geringeren Stromertrag als Freiflächenanlagen. Der Stromertrag pro Einheit verlorener landwirtschaftlicher Fläche übersteigt aber den der Freiflächenanlagen (vgl. Böhm 2023: 13). Freiflächen-PV-Anlagen haben wiederum den Vorteil, dass der Boden während der Nutzung, durch geringe Versiegelung und wenig Eingriff in die Bodenfunktionen, Möglichkeit zur Regeneration hat und dadurch eine ökologische Aufwertung erreicht werden kann, was sich positiv auf die Biodiversität auswirken kann (vgl. Osterburg et al. 2023: 61–62). Bei einem Bau von reversiblen Anlagen kann hier also eine Chance geschaffen werden, stark beanspruchte Böden wieder nutzbar zu machen. Politisch ist der weitere Ausbau von PV-Anlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen auf 80 Gigawatt bis 2030 und auf 177,5 Gigawatt bis 2040 beschränkt, da der Ausbau priorisiert auf oder an Gebäuden stattfinden soll (vgl. BMEL 2023: 53). Eine Möglichkeit für die Produktion von Biogas ohne weitere Flächen in Anspruch zu nehmen, ergäbe sich, im Prinzip der Kreislaufwirtschaft, durch die Nutzung von Rest- und Abfallprodukten. Bisher ungenutzte Rest- und Abfallprodukte bergen ein Potenzial von 17,5 Terrawattstunden durch Biogasproduktion (vgl. BMEL 2023: 52), wodurch ebenfalls Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion geschwächt werden könnte.

Innerhalb der Nahrungsmittelproduktion entsteht der meiste Flächendruck durch die Produktion tierischer Produkte, da diese viel Fläche benötigen (s.o.). Es ist jedoch denkbar, dass diese Produktion in Zukunft im verringerten Umfang nötig sein wird, da der Anteil der Veganer:innen, also Personen, die keine tierischen Produkte konsumieren, in Deutschland zunimmt. Während die Zahl 2015 noch bei ca. 850 000 Personen lag, stieg sie bis 2023 auf ca. 1,52 Mio. Personen an (vgl. IfD Allensbach 2023). Das Flächensparpotential von Ernährungsumstellungen ist enorm. Die EAT-Lancet-Kommission (2019) hat Vorgaben für eine Ernährungsweise entwickelt, die eine gesunde Ernährung, eine nachhaltige Lebensmittelproduktion und ein Erreichen der SDGs gewährleisten. Die folgende Abbildung (Abbildung 22) (Dräger de Teran und Suckow 2021: 34) zeigt wie viel Fläche gespart werden könnte, wenn die Ernährung innerhalb der EAT-Lancet-Kommissions-Vorgaben umgestellt werden würde. So könnte bereits eine Umstellung auf die maximal fleischhaltige Ernährung innerhalb der Vorgaben (in der Abbildung: flexitarisch) den Flächendruck deutlich reduzieren, da hierbei weniger Fleisch verzehrt werden würde als aktuell.

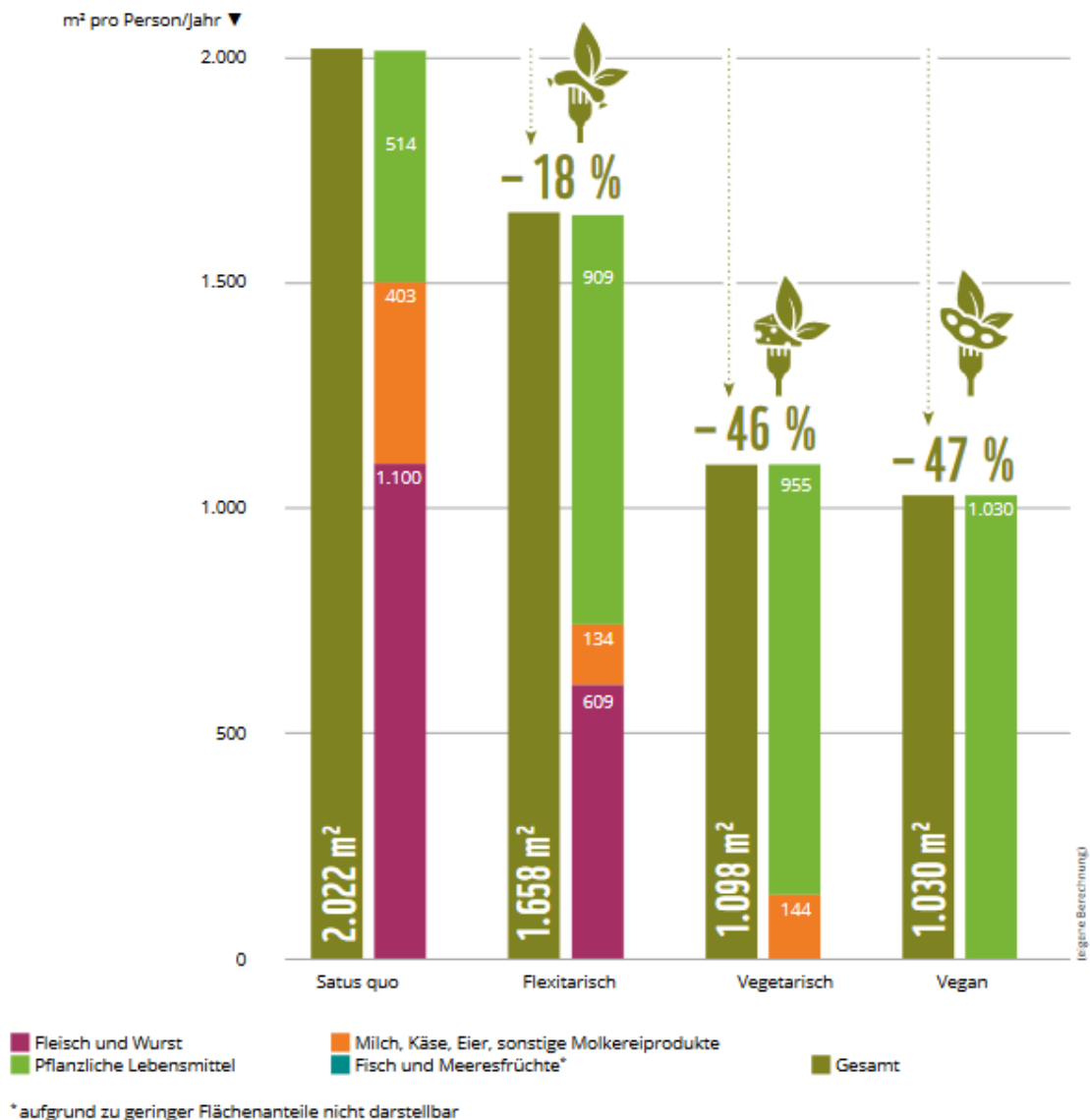


Abbildung 22: Flächensparpotentiale bei Ernährungsumstellung (Dräger de Teran und Suckow 2021: 34)

Ernährung ist jedoch sehr individuell und die Förderung der Umstellung der Ernährungsstile kann sich schwierig gestalten. Wir werden in unserer Ernährung von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören unsere Werte, persönliche Faktoren, soziale Faktoren, unsere Ressourcen und der Kontext (vgl. WBGU 2020: 194). Um Veränderung zu schaffen, könnte an verschiedenen Stellen angesetzt werden, z.B. durch Schaffen von mehr Bewusstsein, der Preisgestaltung oder der Förderung des Angebots (vgl. WBGU 2020: 196).

2.2.5 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick

Die Notwendigkeit für einen sensiblen Umgang mit dem uns zur Verfügung stehenden Land wird vom WBGU (2020) als Trilemma bezeichnet. Dieses betrifft die drei Bereiche Klima, Er-

nahrung und Biodiversität, die sich laut WBGU alle in einer Krise befinden. Die Landnutzungsansprüche dieser Bereiche treten in Konkurrenz miteinander, so dass es nötig ist Lösungsansätze zu finden, die diese Konkurrenzen überwinden (WBGU 2020: 1). In Kapitel 3.3 werden Lösungsansätze vorgestellt, die diese Konkurrenz adressieren. Das vorliegende Kapitel befasst sich mit Ansätzen, die sich auf Landwirtschaft konzentrieren.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch in Zukunft die Lebensmittelversorgung sehr viel Fläche in Deutschland einnehmen wird. Um diese Fläche zu reduzieren, gibt es verschiedenste Ideen, von denen einige im Folgenden behandelt werden. Die stärksten Effekte könnten sich durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen ergeben.

Möglich für die Nahrungsmittelproduktion ist die Förderung von Strategien, die positive Effekte auf die Erträge haben und langfristige Ansätze sind, da sie sich positiv auf das Klima und / oder die Biodiversität auswirken. Dazu hat das WBGU (2020) Mehrgewinnstrategien entwickelt, die sich auf die drei Bereiche Klima, Ernährung und Biodiversität positiv auswirken. Zu nennen wäre hier zum Beispiel, als Strategie, die sich stark auf Landwirtschaft bezieht, die Mehrgewinnstrategie zur Diversifizierung von Landwirtschaftssystemen. Dazu gehört unter anderem die Agroforstwirtschaft, also die Integration von Bäumen, Sträuchern, etc., wodurch eine Diversifizierung des Anbaus, eine Verbesserung der Bodeneigenschaften und positive ökologische Effekte erreicht werden (vgl. WBGU 2020: 154). Ein anderes Beispiel wäre die nachhaltige Präzisionslandwirtschaft, bei welcher durch Digitalisierung eine präzisere Verwendung von Wasser oder Dünger möglich ist und so Erträge gesteigert werden können und negative Effekte für die Böden oder die Biodiversität abgeschwächt werden (vgl. WBGU 2020: 167–169).

Als weitere Strategie wird die Umstellung der tierproduktlastigen Ernährungsstile angeführt (WBGU 2020: 183-213). Diese Umstellung birgt, wie in den vorherigen Kapiteln erwähnt, große Flächensparpotenziale. Die größten Erfolge könnten dabei erzielt werden, wenn die Ernährung zu sehr großen Teilen pflanzenbasiert gestaltet wird. Flächen, die nicht für den Anbau genutzt werden können, könnten für Tierhaltung genutzt werden, um in Freilandhaltung eine gewisse Fleischproduktion zu ermöglichen, wobei die entstehenden Abfallprodukte als Dünger weiterverwendet werden könnten. Dadurch würden Flächen, die jetzt für Tierfutter genutzt werden, frei werden und ständen der Lebensmittelproduktion für Menschen oder der Energieproduktion zur Verfügung. Außerdem könnte sich die Resilienz der Nahrungsmittelversorgung steigern, da Deutschland weniger abhängig von Importen werden würde, besonders hinsichtlich Tierfutter. Dadurch könnte der zusätzliche Effekt generiert werden, dass weniger Fläche außerhalb Deutschlands genutzt werden würde, und die Treibhausgasemissionen gesenkt werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Flächenimporte zu senken und die Nahrungssouveränität zu erhöhen, wäre es Ernährungsweisen zu fördern, die auf regionalen und saisonalen Nahrungsmitteln basieren. So wäre es nicht mehr nötig Nahrungsmittel oder Tierfutter zu importieren und Deutschland würde weniger abhängig werden und weniger Fläche im Ausland nutzen. Problematisch wäre hier jedoch, dass eine Ernährungsumstellung nötig wäre. Und, das besonders hinsichtlich des flächenintensiven Fleischkonsums, der viel ausländische Fläche nutzt, weniger tierische Produkte produziert werden könnten, da mehr Fläche in Deutschland nötig wäre, um alle Menschen pflanzlich zu ernähren. So müsste eine solche Ernährungsumstellung gleichzeitig mit einer pflanzenbasierten Ernährung gefördert werden. Weiterhin könnte der internationale Flächenverbrauch gesenkt werden, wenn Lebensmittelverluste reduziert würden. Laut Noleppa und von Witzke (2012: 38) ließen sich bei einer Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelverluste auf Konsumentenebene um die Hälfte 1,2 Mio. ha Fläche außerhalb Deutschlands einsparen. Bei einer vollständigen Reduktion würden 2,4 Mio. ha Fläche für andere Nutzung frei werden. Besonders die Vermeidung vom Verlust tierischer Produkte würde hier eine große Rolle spielen, da diese Vermeidung die meiste Fläche freisetzen würden. Um das umzusetzen ist es nötig, das Bewusstsein und die Wertschätzung für Lebensmittel zu steigern und Wissen zu verbreiten, wie viel Lebensmittel verloren gehen und was dagegen getan werden kann.

Eine Maßnahme, um langfristiger mehr Ernährungssicherheit zu schaffen wäre eine komplette Umstellung auf ökologische Landwirtschaft, da diese schonender für Boden und Umwelt ist und außerdem resilienter gegenüber Klimaveränderungen (vgl. Ökolandbau.de 2023; WBGU 2020: 140). Da ökologische Landwirtschaft jedoch weniger Ertrag erwirtschaftet (vgl. Ökolandbau.de 2023), wäre es bei einer kompletten Umstellung vermutlich nötig die Ernährung pflanzenbasierter zu gestalten und Maßnahmen zur Ertragssteigerung zu kombinieren.

Um wieder mehr Fläche für die Nahrungsmittelproduktion zu schaffen, wäre es sinnvoll den Fokus beim Ausbau der Erneuerbaren Energien auf flächensparende Möglichkeiten zu legen. Laut Böhm (2023) ist die Nutzung von Energiepflanzen sehr flächenintensiv, wohingegen Windkraft am effizientesten hinsichtlich Fläche bewertet wird. Bei einer Umstellung zu Windkraft könnten Flächen, die momentan für Energiepflanzen genutzt werden wieder für Lebensmittel frei werden und den Flächendruck reduzieren. Alternativ könnten Methoden ausgebaut werden, die Doppelnutzungen erlauben, wie Agri-PV.

Um bisher für die Landwirtschaft ungenutzte Fläche nutzbar zu machen, gäbe es im Bereich der Stadtlandwirtschaft Möglichkeiten für eine Doppelnutzung von Stadtf lächen. Durch Landwirtschaft in der Stadt ergäben sich laut Schulze (2017: 13) zahlreiche Vorteile wie zum Beispiel: die Schließung von Wirtschaftskreisläufen durch Nutzung städtischer Ressourcen (wie Land, Arbeit oder Abfall), die Verbesserung des städtischen Mikroklimas, die Nutzung von Flä-

chen in schrumpfenden Städten oder die mögliche Vernetzung von lokalen vor- oder nachgelagerten Industrien. Schulze (2017) schlägt dabei Methoden wie Gemeinschaftsgärten, Dachgärten oder vertikale Landwirtschaft vor. Dabei könnten z.B. bei der Nutzung von Schrebergärten und Stadtgärten ca. 4,6 Mio. Menschen in Deutschland mit Obst und Gemüse versorgt werden (vgl. Schulze 2017: 22–23). Es ist davon auszugehen, dass für diese Umsetzung die Bereitschaft in der Bevölkerung gering sein dürfte und viel (finanzielle) Förderung auf politischer Ebene nötig wäre. Theoretisch könnte durch diese Art von Landwirtschaft aber die Wertschätzung für Lebensmittel steigen, sowie der Flächendruck gesenkt werden, die Biodiversität in Städten gesteigert werden, Ressourcen in einem Kreislaufsystem genutzt werden und die Nahrungsmittelversorgung sicherer und regionaler gestaltet werden.

In der folgenden Abbildung (Abbildung 23) (eigene Darstellung) werden Lösungsansätze abgebildet und mögliche Synergien angedeutet.

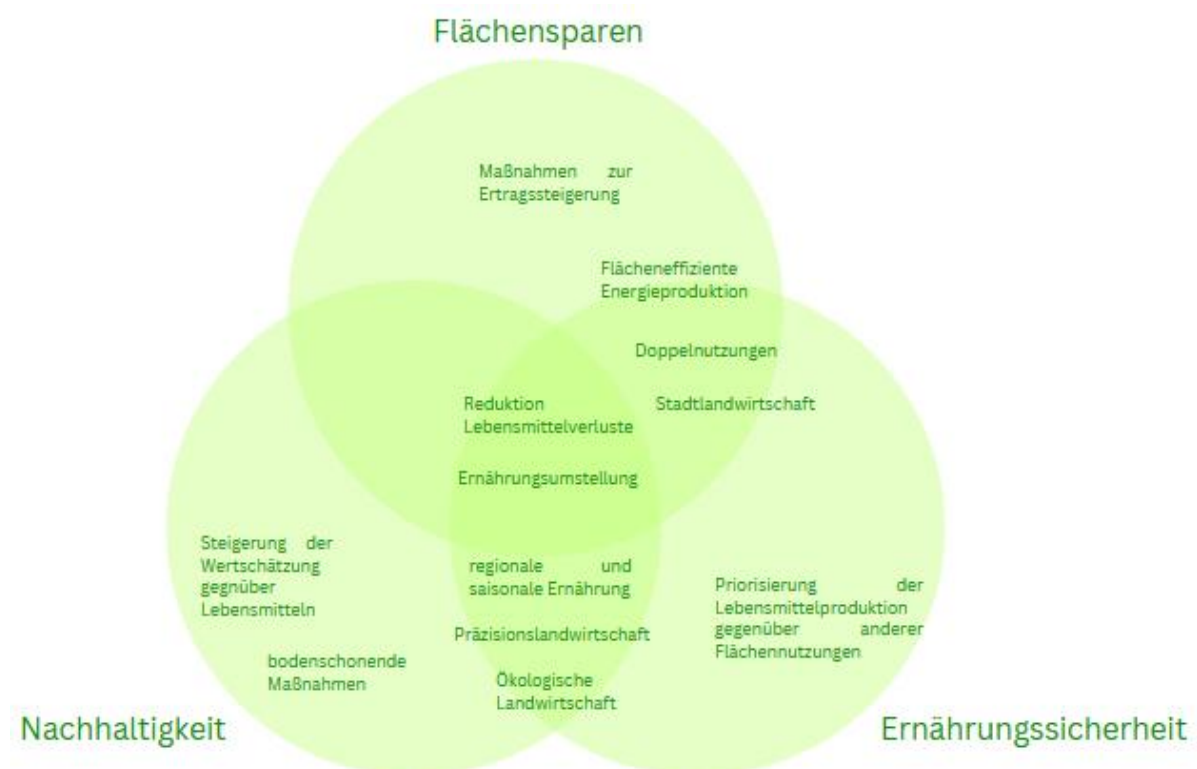


Abbildung 23: Lösungsansätze Landwirtschaft (eigene Darstellung)

2.3 Biodiversitätssicherung und Klimawandel

2.3.1 Einführung

Biodiversität ist als eine Trias von genetischer, Arten- und Ökosystem-Vielfalt definiert (Haber 2016: 24). Die Biodiversität erlebt weltweit ein dramatisches, durch den Menschen verursachtes Massenaussterben, das im Ausmaß mit den großen erdgeschichtlichen Aussterbeereignissen verglichen wird. Damit nimmt auch die Kapazität von Ökosystemen erheblich ab, zu Klimaregulierung und Ernährungssicherung beizutragen (WBGU 2020: 1). Der Living Planet Index (siehe Abbildung 24) zeigt einen Gesamtrückgang der Bestandsgrößen um 60% im Zeitraum zwischen 1970 und 2014 (WWF 2018: 90). Global gesehen verzeichnen Süßwasserarten die stärksten Rückgänge, mit einem Verlust von 83% der Bestandsgröße seit 1970 (ebd.). Dieser dramatische Rückgang steht im Kontext einer historischen Entwicklung, in der die Menschheit seit Jahrtausenden Einfluss auf die Umwelt ausgeübt hat. Jedoch hat sich die Geschwindigkeit des Artensterbens in den letzten 200 Jahren aufgrund der zunehmenden Industrialisierung und Urbanisierung drastisch erhöht. Mit dem Rückgang der Biodiversität verschiebt sich der Referenzpunkt und wird zu einer neuen Baseline (vgl. Froese 2021). „Das Shifting-Baseline- Syndrom schafft eine neue akzeptierte Norm für den Zustand der Natur“ (Froese 2021). Diese Entwicklung erschwert Umweltschutzbemühungen, da Menschen eine veränderte Vorstellung davon haben, wie eine gesunde Umwelt und ein intaktes Klima aussehen sollten (vgl. ebd.).

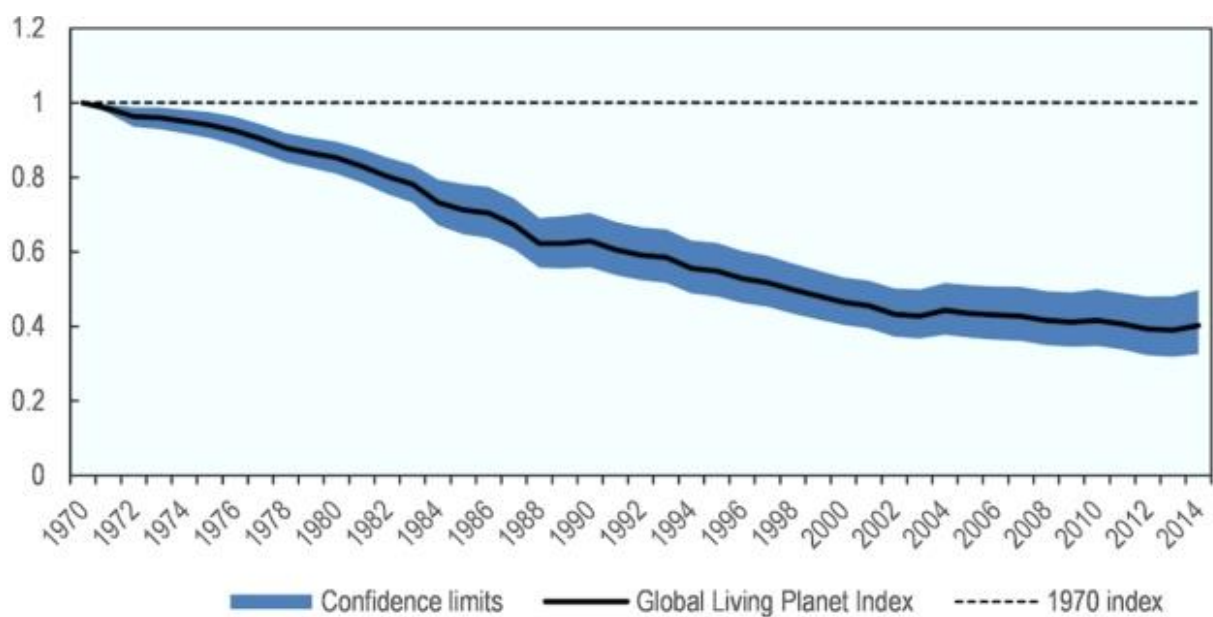


Abbildung 24: Living Planet Index, 1970-2014 (WWF 2018: 90)

Trotz Anstrengungen und einiger Erfolge beim Schutz einzelner Arten und Lebensräume in den letzten Jahren nimmt auch in Deutschland die biologische Vielfalt immer weiter ab. Der

nationale Bericht zur Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie für die Berichtsperiode 2013-2018 zeigte, dass nur ein Viertel der Tierarten in einem günstigen Erhaltungszustand sind (BMUV 2021a: 4). „Fast zwei Drittel sind in einem unzureichenden oder schlechten Zustand. Fast 70 Prozent (bezogen auf die Anzahl) der in Deutschland vorkommenden Lebensräume weisen einen unzureichenden oder schlechten Zustand auf“ (ebd.).

Biodiversitätssicherung und Klimawandel stehen in einem engen Zusammenhang. Die Zerstörung von Ökosystemen führt zur Freisetzung von gespeichertem CO₂ in die Atmosphäre und somit zur Verstärkung der Klimakrise. Gleichzeitig hat der Klimawandel auch direkte Auswirkungen auf die Biodiversität. Ansteigende Temperaturen, veränderte Niederschläge und extreme Wetterereignisse verändern oder zerstören Ökosysteme und führen zum Rückgang der Biodiversität. Daher müssen beide Krisen - der Verlust der biologischen Vielfalt und der Klimawandel – gemeinsam angegangen werden (BMUV 2023b: 72)

2.3.2 Aktuelle Dynamik und Politik

Um das weltweite Artensterben zu stoppen, sind internationale Anstrengungen notwendig. Auf der UN-Biodiversitätskonferenz in Montreal wurde über eine neue Strategie der Staatengemeinschaft für das kommende Jahrzehnt verhandelt. Als Abschlusserklärung für die COP 15 im Jahr 2022 wurde eine neue globale Vereinbarung für biologische Vielfalt verabschiedet - das „Global Biodiversity Framework“. Ein wesentliches Ziel dieser neuen Vereinbarung ist es, bis 2030 mindestens 30 Prozent der weltweiten Land- und Meeresfläche unter effektiven Schutz zu stellen („30x30“-Ziel).

In der EU wird das internationale „30x30“-Ziel weiter konkretisiert. Die EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 ist der Eckpfeiler des Naturschutzes in den EU-Mitgliedsländern. Zu den wichtigsten Maßnahmen, die bis 2030 umgesetzt werden sollen, gehören (vgl. Europäische Kommission 2022):

- die Schaffung von Schutzgebieten auf mindestens 30 % der Land- und Meeresgebiete in Europa und damit die Erweiterung der bestehenden Natura-2000-Gebiete
- Die Wiederherstellung geschädigter Ökosysteme in der gesamten EU bis 2030 durch konkrete Verpflichtungen und Maßnahmen. Beispiele hierfür sind die Wiederherstellung von 25.000 km frei fließenden Flüssen und das Pflanzen von 3 Milliarden Bäumen.
- Bis 2030 soll auf 25% der landwirtschaftlichen Flächen der EU-Ökolandbau betrieben werden, und weitere 10% sollen als Landschaftselemente mit hoher biologischer Vielfalt gestaltet werden, wie z.B. Pufferstreifen, Brachen, Hecken oder Teiche. Der Einsatz und das Risiko chemischer Pestizide sollen um 50% verringert werden. Zudem sollen rund 20% weniger Düngemittel eingesetzt werden.
- Die Bereitstellung von jährlich 20 Mrd. € für den Schutz und die Förderung der Biodiversität aus EU-Mitteln sowie nationalen und privatwirtschaftlichen Quellen.

In Deutschland arbeitet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) in Kooperation mit dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) derzeit an einer Neufassung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt 2030 (NBS 2030). Durch eine umfassende Weiterentwicklung der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt möchte die Bundesregierung ihrer Verantwortung für den Schutz der biologischen Vielfalt in Deutschland und weltweit gerecht werden. Dabei strebt sie an, einen ehrgeizigen Beitrag zur Umsetzung des Global Biodiversity Framework sowie der EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 zu leisten. Neben neuen Zielsetzungen liegt bei der NBS 2030 vor allem ein verbessertes Augenmerk auf der Umsetzung. Konkret geplante Maßnahmen umfassen (vgl. BMUV 2023b):

- Bis 2030 sollen die Schutzgebiete in Deutschland effektiv gemanagt werden, wobei mindestens 30 % der Landfläche und 30 % der Meeresfläche geschützt sind. Dabei wird angestrebt, für mindestens ein Drittel dieser Flächen einen strengen Schutz zu gewährleisten.
- Bis 2030 sollen länderübergreifende Lebensraumkorridore etabliert und gesichert sein, um einen funktionalen länderübergreifenden Biotopverbund auf mindestens 15 % der Fläche zu gewährleisten.
- Bis 2030 soll sich auf mindestens 2 % der Fläche Deutschlands die Natur in großen Wildnisgebieten entwickeln.
- Bis 2030 sollen auf mindestens 30 % der Land- und Meeresflächen Deutschlands Wiederherstellungsmaßnahmen eingeleitet werden, die bis 2050 alle Ökosysteme umfassen, bei denen die Notwendigkeit zur Wiederherstellung besteht.
- Bis 2030 sollen mindestens 10 % der landwirtschaftlichen Flächen biodiversitätsfördernde Strukturelemente aufweisen, die auch zu einer verbesserten Vernetzung beitragen sollen.

Bayern hat im Jahr 2008 die Bayerische Biodiversitätsstrategie verabschiedet. Das Ziel dieser Strategie ist es, Maßnahmen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Bayern aufzuzeigen. Die Bayerische Biodiversitätsstrategie umfasst vier zentrale Handlungsschwerpunkte mit dem Ziel: 1) die Arten- und Sortenvielfalt zu sichern; 2) die Vielfalt der Lebensräume zu erhalten; 3) die ökologische Durchlässigkeit von Wanderbarrieren zu verbessern; 4) flankierende Maßnahmen zu ergreifen (vgl. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit 2008: 13ff.). Auf Grundlage der Bayerischen Biodiversitätsstrategie wurde im Jahr 2014 das Programm "NaturVielfalt-Bayern – Biodiversitätsprogramm Bayern 2030" ins Leben gerufen. Dieses Programm zielt darauf ab, konkrete Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität und Artenvielfalt zu bündeln und zu fördern. Die Umsetzung dieses Programmes erfolgte in enger Kooperation mit fachlichen Verbänden und Institutionen.

Die gesetzlich geschützten Flächen in Bayern betragen im Jahr 2021 13,9 % der Landesfläche und umfassen verschiedene Gebietstypen wie Natura 2000-Gebiete, Naturschutzgebiete, Nationale Naturmonumente, Nationalparke, Naturwaldreservate, Biotop, Landschaftsbestandteile und flächige Naturdenkmäler. Im Bayerischen Naturschutzgesetz Artikel 19 (Studier 2021) wird das Ziel für Biotopverbund festgelegt:

„Der Freistaat Bayern schafft ein Netz räumlich oder funktional verbundener Biotopverbund (Biotopverbund), das bis zum Jahr 2023 mindestens 10 % Offenland und bis zum Jahr 2027 mindestens 13 % Offenland der Landesfläche umfasst. Ziel ist, dass der Biotopverbund bis zum Jahr 2030 mindestens 15 % Offenland der Landesfläche umfasst.“

2.3.3 Problematik hinsichtlich Flächen

Schutzgebiet

Der anhaltend hohe Flächendruck, neue Flächen für Siedlungen, Verkehr und erneuerbare Energien zu erschließen, und die immer intensivere landwirtschaftliche Nutzung bedrohen die Artenvielfalt und beeinträchtigen die Qualität der Lebensräume. Um den anhaltenden Biodiversitätsverlust zu stoppen, sind geschützte Flächen von großer Bedeutung. In Deutschland gibt es viele verschiedene Schutzgebiete mit unterschiedlichen Zielsetzungen und verschieden strengen Vorgaben. Allerdings kritisiert der Naturschutzbund Deutschland (NABU), dass zwar derzeit 37 Prozent der Fläche in der Bundesrepublik einen Schutzstatus haben, aber nur wenige dieser Gebiete tatsächlich die Biodiversität, Arten, Lebensräume und Ökosysteme schützen. Der NABU gibt an, dass Deutschland selbst die Vorgaben für Natura-2000-Gebiete nicht einhält und bereits zwei Vertragsverletzungsverfahren der EU gegen Deutschland laufen. Natura-2000-Gebiete seien unzureichend rechtlich gesichert, und die Erhaltungsziele seien nicht klar definiert (NABU 2023). Beierkuhnlein et al. (2023: 17) forderte, dass nur jene Schutzgebiete im 30%-Ziel einbezogen werden sollten, die den Arten- und Naturschutz als Ziel haben, und nicht den Erholungswert der Natur oder die Landschaftsästhetik. Aktuell sind vor allem konfliktarm auszuweisende Restflächen und Gebiete geschützt, in denen wenig wirtschaftliche Ambitionen bestehen. Aber es sollten Prioritäten dort gesetzt werden, wo besonders wertvolle oder gefährdete Biotopverbund und Ökosysteme bekannt sind oder entwickelt werden sollen, und nicht dort, wo Flächen ohne Konflikte auszuweisen sind (ebd.).

Obwohl die Neuauflage der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt 2030 Ziele quantifiziert hat, mangelt es an Messbarkeit und einem Mechanismus zum Monitoring bei der Umsetzung und Zielerreichung. Ein Beispiel hierfür ist:

„Bis 2030 werden die Schutzgebiete in Deutschland effektiv gemanagt und es sind mindestens 30% der Landfläche und 30% der Meeresfläche geschützt. Ein strenger Schutz wird für mindestens ein Drittel dieser Flächen angestrebt“ (BMUV 2023b: 14).

Die Zielerreichung ist durch NBS-Gebietsschutz und Teilindikatoren messbar (ebd.):

- „Gesamtfläche Naturschutzgebiete und Nationalparke an Land“

- „Flächenanteil unter Schutz“
- „Flächenanteil unter Strengem Schutz“
- „Effektives Management“

Obwohl die Indikatoren alle aufgeführt sind, gibt es in der Umsetzung nur klare Messbarkeit beim Indikator „Gesamtfläche Naturschutzgebiete und Nationalparke an Land“. Alle anderen Indikatoren sind leider nicht einheitlich definiert. Beierkuhnlein et al. (2023: 17) kommentierte, dass die Definition von „Schutz“ und damit auch von verbleibenden Nutzungs- und Bewirtschaftungsoptionen umstritten ist. Bei der Methodik der Messung des "Flächenanteils unter strengem Schutz" gibt es beispielsweise erhebliche Unterschiede: Gemäß der Länderinitiative Kernindikatoren (LiKi) sind 4,6% der Fläche in Deutschland streng geschützt, während in einer EU-Studie (Cazzola Gatti et al. 2023: 3161) der Anteil nur bei 0,6% liegt (siehe Abbildung 25): Deutschland liegt damit bei der Ausweisung strenger Naturschutzgebiete im europäischen Vergleich auf dem drittletzten Platz der 27 EU-Staaten (vgl. ebd.). Als strenge Naturschutzgebiete gelten nach dieser EU-Studie die Gebiete, die von der Weltnaturschutzunion (IUCN) in ihren Kategorien Ia (Strenges Naturschutzgebiet/Wildnisgebiet), Ib (Wildnisgebiet) oder II (Nationalpark) eingestuft werden. Bis 2030 ist geplant, in der EU und auch in Deutschland bei mindestens 10% der Schutzflächen einem strengen Schutz zu gewährleisten. Um das 10%-Ziel zu erreichen, sind noch viele Maßnahmen zu ergreifen, wobei die damit verbundenen Nutzungskonflikte zunehmen werden. Aufgrund fehlender einheitlicher Definitionen, insbesondere im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes, ist die Zielerreichung nicht garantiert, und die Maßnahmen sind schwer messbar. Diese Unklarheit führt auch häufig zu Streitigkeiten zwischen EU-Mitgliedstaaten.

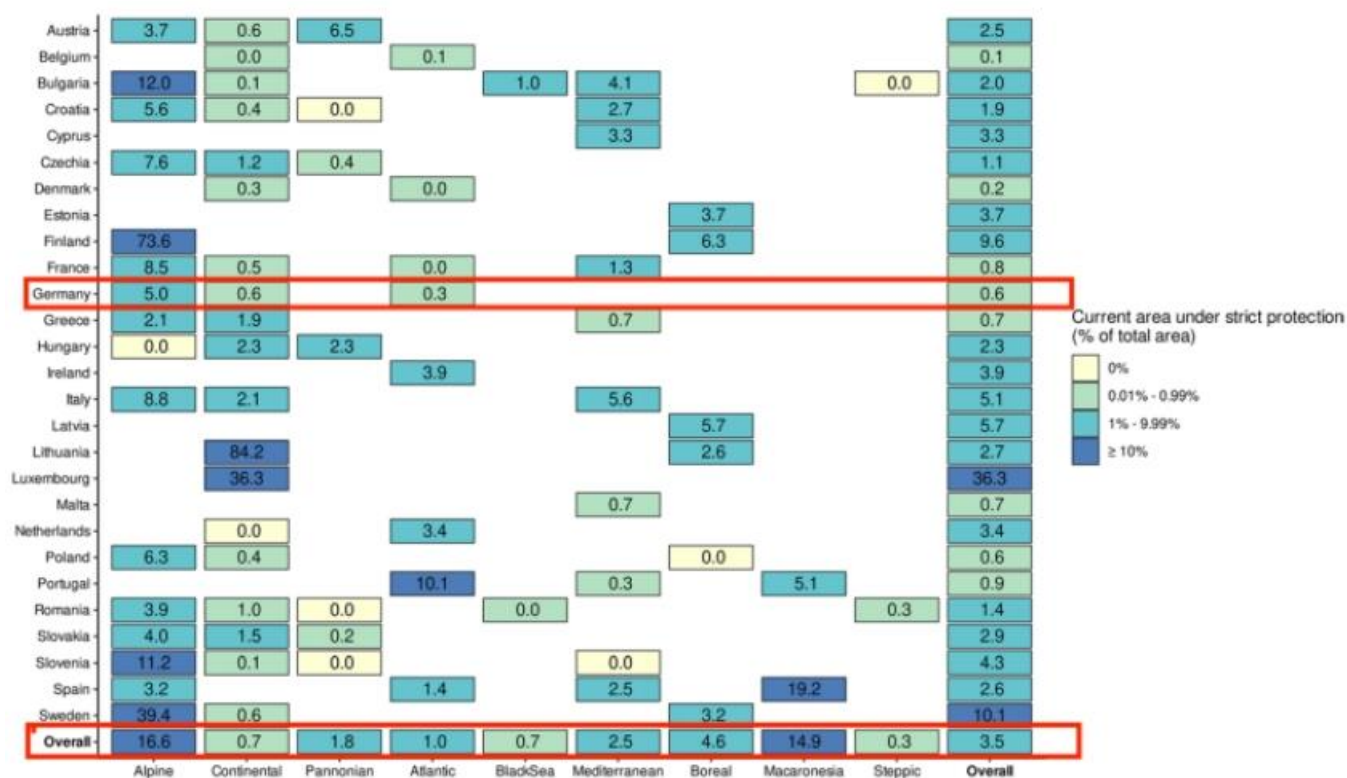


Abbildung 25: Anteil der streng geschützten Gebiete in den 27 EU- Staaten (Cazzolla Gatti et al. 2023: 3161)

Landwirtschaft

Die Landwirtschaftsentwicklung und die Biodiversitätssicherung stehen im Bereich der Flächennutzung oft in einem Widerspruch zueinander. Laut dem Öko-Institut (vgl. Wiegmann 2022) sollen bis zu 33% der landwirtschaftlichen Nutzfläche für Umweltziele genutzt werden, wobei der Schwerpunkt auf dem Ausbau des Ökolandbaus, der Vernässung von Mooren und der Sicherung der Biodiversität liegt (siehe Abbildung 26). Diese Umstellungen stellen eine bedeutende Herausforderung für landwirtschaftliche Betriebe dar, insbesondere für konventionelle Betriebe. Die Einschränkung von Pestiziden sowie die Reduzierung chemischer Düngemittel werden beispielsweise auch zu Ernteverlusten führen.

Der Anteil der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (HNV-Farmland) in Bayern beträgt 15% (Stand: 2021). Als Landwirtschaftsfläche mit hohem Naturwert gelten extensiv genutzte, artenreiche Grünland-, Acker-, Streuobst- und Weinbergflächen sowie artenreiche Brachen. Zusätzlich zählen strukturreiche Landschaftselemente wie Hecken, Raine, Feldgehölze und Kleingewässer dazu, sofern sie Teil der landwirtschaftlich genutzten Kulturlandschaft sind. Um die Biodiversität zu bewahren, soll der Anteil dieses HNV-Farmlandes weiter erhöht werden. Das setzt landwirtschaftlich genutzte Flächen unter großen ökologischen Druck.

Flächennutzung heute und Umweltziele

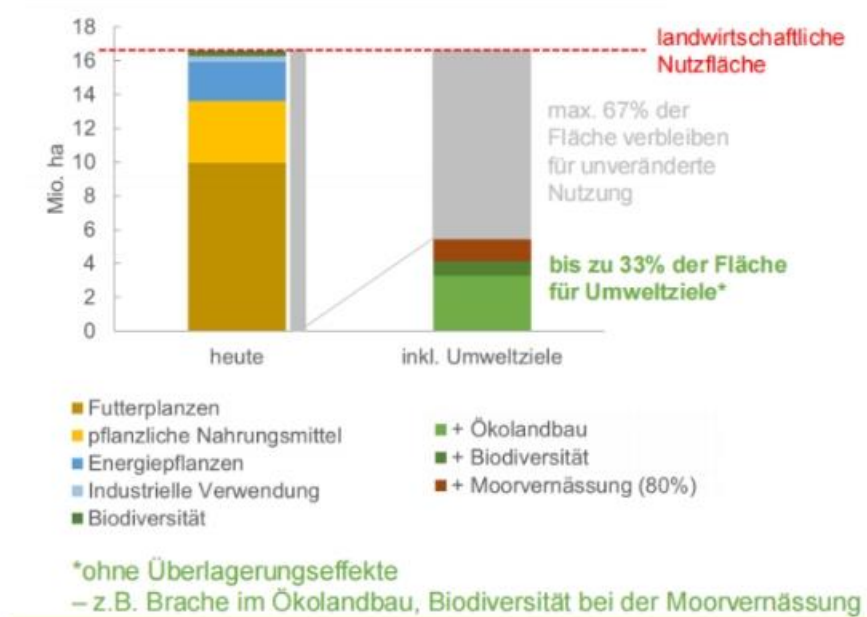


Abbildung 26: Flächennutzung heute und Umweltziele (Wiegmann 2022)

Erneuerbare Energieerzeugung

Die hohe Flächeninanspruchnahme für die Produktion erneuerbarer Energie führt zu zunehmender Konkurrenz zwischen Naturschutz und erneuerbare Energieerzeugung. Obwohl die erneuerbare Energieproduktion als klimafreundlich gilt, ist sie nicht zwangsläufig ökologisch nachhaltig. Ein Beispiel hierfür sind Kollisionen von Vögeln oder Fledermäusen mit Windenergieanlagen. Dieses sogenannte Grün-Grün-Dilemma scheint eine schwierige Situation im Planungsprozess und Betrieb von Windkraftanlagen in Deutschland und wahrscheinlich auch in anderen Ländern zu sein (vgl. Voigt et al. 2019: 2). Die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt 2030 (vgl. BMUV 2023b: 74) betont die Notwendigkeit einer naturverträglichen Ausgestaltung der Klimapolitik. Damit soll sichergestellt werden, dass der Ausbau erneuerbarer Energien wie Wind-, Solar- und Bioenergie sowie deren Verteilung und Speicherung keine Gefahr für die biologische Vielfalt darstellt und den Naturhaushalt nicht beeinträchtigt.

Vor dem Hintergrund der Energiewende und aufgrund der Dringlichkeit der Energieversorgung werden ausnahmsweise in Schutzgebieten, insbesondere in relativ streng geschützten Gebieten, auch Erneuerbare Energie Anlagen gebaut (siehe Tabelle 3). Mit zunehmender Öffnung des Waldes als Standort für Windenergieanlagen (WEA) verschärfen sich die Konflikte zwischen Nutzung der Windenergie und dem Natur- und Artenschutz. Wälder besitzen einen hohen ökologischen Wert, und der Bau sowie der Betrieb von Windenergieanlagen stellen damit

einen ökologischen Eingriff in ihre Funktion als Lebensraum und Habitat für Wildtiere dar. Daher ist eine sorgfältige Prüfung potenzieller Standorte und eine umfassende Abwägung aller naturschutzfachlichen Belange notwendig, bevor Windparks errichtet werden.

Im Bereich Energie befinden sich Bioenergie und Biodiversität ebenfalls in einem Spannungsfeld. Der Ausbau der Bioenergie hat zu einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung von Acker- und Grünflächen geführt (vgl. Bundesamt für Naturschutz 2023). Ein negatives Beispiel ist der Anbau von Silomais, der als wichtigste Kulturpflanze zur Erzeugung von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen dient. Allerdings bringt der Anbau von Silomais eine Reihe von Problemen mit sich, darunter Bodenerosion, Monokultur, erhöhte Gefahr durch Schädlinge und Krankheiten sowie einen verstärkten Einsatz von Pestiziden. All diese Faktoren gefährden die Biodiversität erheblich.

Schutzkategorie	Realisierbarkeit von Erneuerbaren-Energien-Anlagen (EEA)
Naturschutzgebiete 8833 NSG 6,3 % der Landesfläche	*EEA i. d. R. unzulässig; „absolutes Veränderungsverbot“
Nationalpark 16 Nationalparke, 0,6 % der Landesfläche	*EEA i.d.R. unzulässig; - Ausnahmen aus Gründen der Verhältnismäßigkeit im Einzelfall möglich (Großräumigkeit und Versorgungsbedürfnis der ansässigen Bevölkerung);
Nationale Naturmonumente 8 Monumente, 0,06% der Landesfläche	*EEA i. d. R. unzulässig;
Natura-2000-Gebiete 15,5 % Landesfläche und 45 % mariner Fläche;	*EEA i. d. R. unzulässig; - Projekte“ können bei Gebietsverträglichkeit (ausnahmsweise) zugelassen werden, wenn aus zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses notwendig
Biosphärenreservate 3,9% der Landesfläche	*EEA in Kern- und Pflegezone i. d. R. unzulässig; - EEA nur in Entwicklungszone unter hohen Schutzanforderungen denkbar.
Gesetzlich geschützte Biotope > 1 % der Landesfläche	*EEA i. d. R. unzulässig; - Ausnahme von Verboten auf Antrag, wenn Beeinträchtigung ausgeglichen werden kann;
Geschützte Landschaftsbestandteile < 1% der Landesfläche	* In Abhängigkeit von Schutzgrund sind EEA i. d. R. unzulässig; - Schutzregime lässt Ausnahmen mit Kompensationsverpflichtungen zu.
Naturpark 104 Naturpark 29 % der Landesfläche	EEA ausnahmsweise möglich;
Landschaftsschutzgebiete 28 % der Landesfläche	Vereinzelte EEA bereits realisiert, in Ausnahmefällen zulässig; Kein „absolutes Veränderungsverbot“

Tabelle 3: Schutzgebiete und erneuerbare Energien (eigene Darstellung, modifiziert nach KNE 2022)

Infrastruktur

Die Ausweisung neuer Bauflächen für Gewerbe und Wohnen, der Neu- und Ausbau von Straßen und anderer Infrastruktur sowie der stetig wachsende Verkehr führen zu einer Verkleinerung und zunehmenden Zerschneidung der Lebensräume. Die anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen der Infrastruktur tragen zunehmend zur Gefährdung von Tierarten und ihren Lebensräumen bei, insbesondere von Arten, die ausgedehnte Räume benötigen. Dies führt zu Einschränkungen in ihrer Bewegungsfreiheit, Fortpflanzung und im Gentausch, was für das Überleben einer Population entscheidend ist. Zudem erhöhen solche Zerschneidungen die Mortalität aufgrund von Straßenüberquerungen (vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt o.D.a). Der Anteil unzerschnittener, verkehrsarmer Räume mit einer Größe von über 100 Quadratkilometern in Bayern hat von 1975 bis 1995 etwa um die Hälfte abgenommen. Seitdem konnte dieser Anteil mit rund 22% der Landesfläche (2015) weitgehend erhalten bleiben (ebd.).

2.3.4 Zukünftiger Entwicklungspfad bei aktueller Dynamik

Seit dem Inkrafttreten des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity – CBD) im Jahr 1993 wurden viele konkrete Ziele zur Sicherung der Biodiversität verabschiedet. Allerdings lässt sich feststellen, dass der Trend des Biodiversitätsverlusts trotz dieser Maßnahmen nicht gestoppt werden konnte (siehe Abbildung 24). Als völkerrechtliche Übereinkommen sind internationale Biodiversitätsschutzziele wie die „Aichi-Ziele“ (COP 10, 2010) rechtlich nicht verbindlich und erfüllen lediglich eine koordinierende Funktion. Im „5. Globalen Bericht zur Lage der biologischen Diversität“ ist der Zustand der Artenvielfalt und Ökosysteme ernüchternd. Demnach wurde kein einziges der für 2020 gesetzten Aichi-Ziele vollständig erreicht, und nur sechs Ziele sind in Teilen erreicht worden (vgl. Kreiser 2020). Insgesamt verfehlt die Weltgemeinschaft ihr Ziel, den Verlust der Arten und Lebensräume bis 2020 zu stoppen. „Das Abkommen krankt an seiner Unverbindlichkeit, daher ist es leider nicht verwunderlich, dass die Ziele verfehlt wurden“, sagt der NABU-Präsident Jörg-Andreas Krüger (Kreiser 2020). Der Bericht zum Zustand der Biodiversität lässt nur wenige Fortschritte erkennen, wie etwa bei der Ausweisung von Schutzgebieten. Doch auch diese Fortschritte sind aufgrund fehlender Mittel für eine effektive Betreuung und Pflege nicht leicht zu gewährleisten (vgl. ebd.). Bei fehlender Zielerreichung reagiert die internationale Gemeinschaft lediglich mit einer Überarbeitung der Ziele und einer Neufassung der Schutzstrategie.

Im "Business-as-Usual-Szenario" werden die biologische Vielfalt und ihre Dienstleistungen weiterhin abnehmen (vgl. IPCC 2014: 15). Diese Entwicklung wird voraussichtlich bis zum Jahr 2050 und darüber hinaus aufgrund der Auswirkungen der veränderten Nutzung von Land- und Meeresgebieten, des Raubbaus, des Klimawandels, der Verschmutzung und des Eindringens gebietsfremder invasiver Arten fortschreiten. Tiere und Pflanzen können sich zwar an Klimaveränderungen anpassen und neue Arten können entstehen, aber oft wird übersehen, dass

es Grenzen für diese Anpassungsfähigkeit gibt, insbesondere angesichts anderer menschlicher Einflüsse wie Übernutzung und Umweltverschmutzung. Abbildung 27 zeigt die Geschwindigkeit, mit der verschiedene Arten sich an Klimaveränderungen anpassen. In einem „RCP 8,5 Weiter-so-wie-bisher-Szenario“ ist zu erwarten, dass viele derzeit existierende Arten nicht überlebensfähig sind. So gehören Bäume beispielsweise zu den Arten, die sich am langsamsten anpassen können. Die Anpassungsgeschwindigkeit von Arten wird auch von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dies hat zur Folge, dass zwar theoretisch neue Lebensräume entstehen können, diese jedoch in der Praxis von vielen Arten nur begrenzt oder gar nicht genutzt werden können. Deshalb ist die Wiederherstellung der Vernetzung fragmentierter naturnaher Flächen, beispielsweise durch die Schaffung von Korridoren zwischen Schutzgebieten, ein wichtiger Bestandteil der Ökosystemrenaturierung. Dies fördert die Wiederbesiedlung sowie die klimabedingte Verschiebung von Populationen, erleichtert die Wanderung von Arten und den Genaustausch zwischen verschiedenen Populationen (vgl. WBGU 2020: 97).

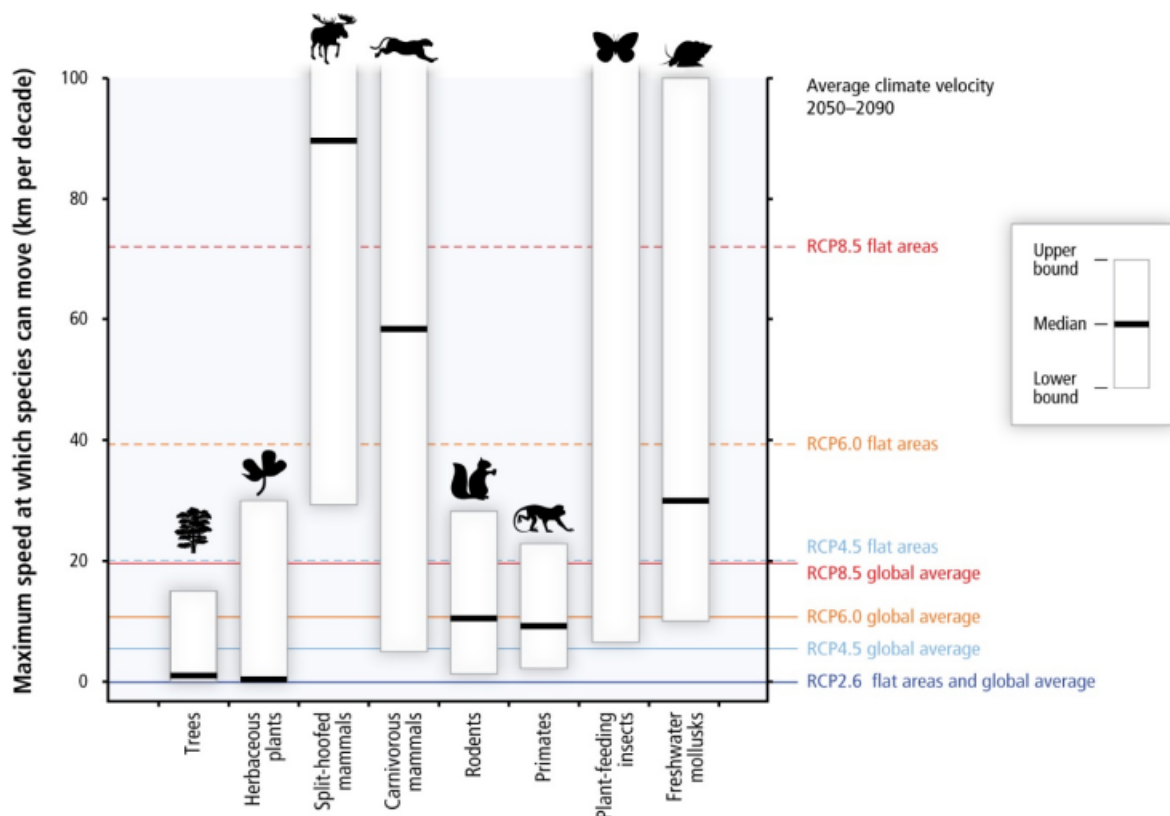


Abbildung 27: Maximale Geschwindigkeiten, mit dem Arten wandern können (IPCC 2014: 67)

Das 30%-Schutzgebiet-Szenario ist ein heiß diskutiertes Thema, aber angesichts der begrenzten verbleibenden Zeit bis 2030 steht die wissenschaftliche Gemeinschaft der Zielerreichung pessimistisch gegenüber. Gleichzeitig wird über ein neues Ziel für 2050 diskutiert. Wissenschaftlich fundierte Einschätzungen deuten darauf hin, dass möglicherweise 50 % oder mehr

an Schutzflächen notwendig sind, um das übergeordnete Ziel des Stopps des Biodiversitätsverlusts zu erreichen (vgl. WBGU 2020: 102f.). Der Vorschlag eines „Global Deal for Nature“ sieht vor, bis 2030 30 % und bis 2050 50 % der Erdoberfläche unter Schutz zu stellen (vgl. WBGU 2020: 102f.). Allerdings wird das sogenannte „Half-Earth-Ziel“ (ebd.) die Konflikte in der Flächennutzung eskalieren lassen, insbesondere im Zusammenhang mit der Nahrungsmittelproduktion. Auch die sozialen Auswirkungen und Akzeptanz von Naturschutzpolitik müssen ernsthaft berücksichtigt werden.

2.3.5 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick

Sowohl die Vergrößerung als auch die Vernetzung sowie das Qualitätsmanagement der Schutzgebiete sind sektorale Schutzmaßnahmen gegen den Biodiversitätsverlust. Um jedoch den Biodiversitätsverlust zu stoppen und das sogenannte „Bending the Curve“ (siehe Abbildung 28) zu realisieren, sind synergetische, systemische und solidarische Maßnahmen unerlässlich.

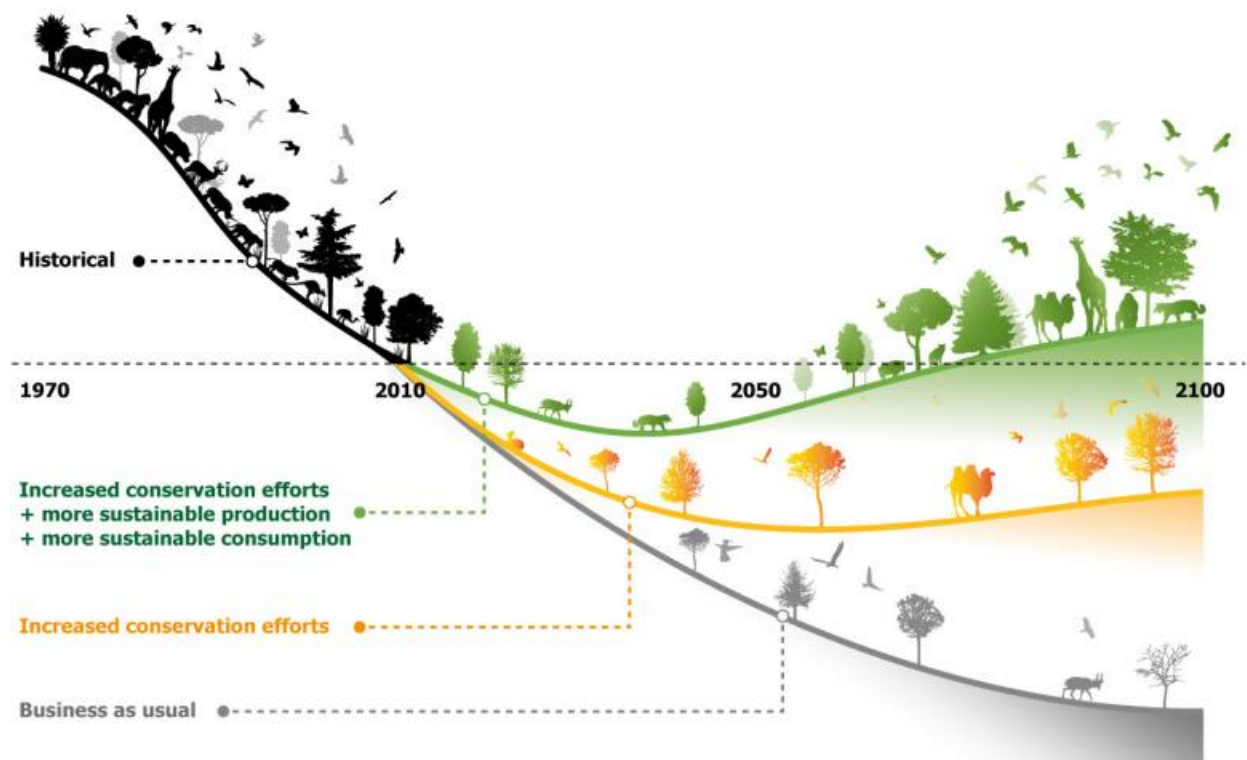


Abbildung 28: Bending the curve (Wittmer et al. 2021: 13)

Um Flächenkonflikte zu überwinden und Übernutzung zu vermeiden, sollte die Multifunktionalität von Landökosystemen im Mittelpunkt stehen. Die Flächennutzungsansprüche für Klimaschutz, Ernährungssicherung und Erhaltung der Biodiversität überschreiten die nachhaltig verfügbare globale Fläche, wenn die verschiedenen Funktionsansprüche auf separaten Arealen

umgesetzt werden (siehe Abbildung 29 a); Ein integrierter Ansatz im Umgang mit Land, der die verschiedenen Ziele gemeinsam betrachtet und, wo möglich, auf ein und derselben Fläche umsetzt, kann langfristig alle drei Ziele sichern (siehe Abbildung 29 b). Es geht nicht darum, verschiedene Nutzungs- und Schutzinteressen isoliert zu verfolgen, sondern vielmehr darum, ein konstruktives Miteinander anzustreben (vgl. WBGU 2020: 41). Eine Mehrgewinnstrategie für einen nachhaltigen Umgang mit Land (vgl. WBGU 2020: 49) schlägt vor, landbasierte CO₂-Entfernung durch Renaturierung synergistisch zu gestalten, Schutzsysteme zu erweitern und aufzuwerten, landwirtschaftliche Systeme zu diversifizieren, die Bioökonomie verantwortungsbewusst zu gestalten und dabei den Holzbau zu fördern.

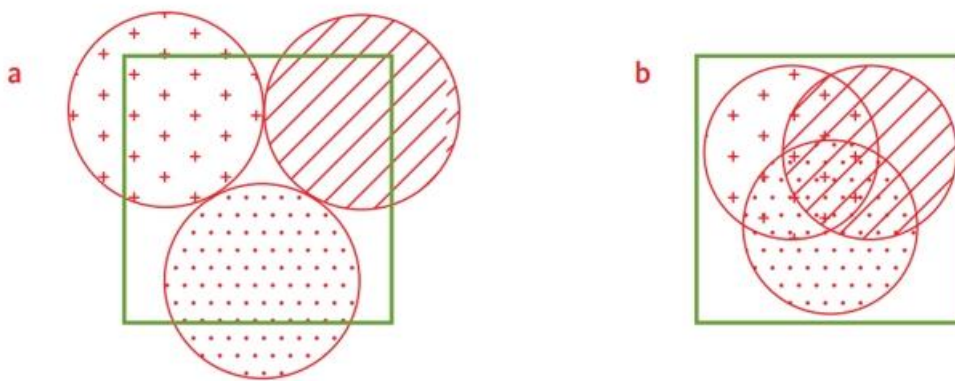


Abbildung 29: Grafische Darstellung des Synergiepotentials (WBGU 2020: 41)

Ein Beispiel dieser Mehrgewinnstrategie ist die Renaturierung von Mooren und ihre Nassbewirtschaftung. Moore sind einzigartige Ökosysteme mit hochspezialisierten Tier- und Pflanzenarten, die auf nährstoffarme Flächen, reichlich Wasser und einen niedrigen pH-Wert angewiesen sind. Diese Gebiete dienen als Rückzugsflächen für viele seltene Pflanzen und Tiere, von denen viele ausschließlich in Mooren vorkommen und durch deren Zerstörung bedroht sind (vgl. Margraf 2023). Neben ihrem Beitrag zur Biodiversität erfüllen Moore auch wichtige Funktionen als Wasserfilter und Regulierer des Wasserhaushalts. Intakte Moore fungieren zudem als natürliche CO₂-Speicher, indem sie große Mengen an Kohlenstoff durch die Ansammlung von organischem Material speichern (vgl. ebd.). Die Entwässerung von Mooren führt zur Freisetzung von CO₂ und trägt somit zum Klimawandel bei. In Deutschland gab es einst 1,8 Millionen Hektar natürliche Moore, aber ein Großteil davon ist zerstört, und 70 % aller Moorpflanzen stehen vor dem Aussterben (ebd.). In Bayern gelten noch knapp 12% der Moorflächen als intakt bzw. naturnah renaturiert (Bayerisches Landesamt für Umwelt o.D.b). Die Renaturierung von Mooren verfolgt das Ziel, den Lebensraum Moor mit seiner typischen Biodiversität wiederherzustellen. Eine großflächige Renaturierung von Mooren ist entscheidend, um positive Effekte auf Arten, Biotopverbund und die Resilienz der Moore zu maximieren. Zwar ist die nachfolgende Nutzung von Mooren nach deren Renaturierung nicht vorrangig,

dennoch existieren Lösungsansätze die Renaturierung mit einer nachhaltigen Nutzung zu kombinieren. Durch die Nassbewirtschaftung in Form von Paludikulturen oder durch Beweidung mit angepassten Tierarten wie dem Wasserbüffel besteht die Möglichkeit, Moorböden weiterhin landwirtschaftlich zu nutzen und gleichzeitig den Klima- und Biodiversitätseffekt der Moore wiederherzustellen. Auf diese Weise können potenzielle Einkommenseinbußen für die Eigentümer: innen minimiert werden und ökonomische Interessenkonflikte im Zusammenhang mit der Umstellung der Bewirtschaftungsweise durch Renaturierung verringert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Entwicklung von Energieproduktion durch Moor-PV. Dabei sollten jedoch strenge Umweltgutachten und Standortprüfungen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die ökologische Funktionalität des Moores sowie die Tier- und Pflanzenarten und der Biotopverbund nicht beeinträchtigt werden.

Im Bereich von Maßnahmen der Landwirtschaftsdiversifizierung ist Ökolandbau vielversprechend. Die industrielle Landwirtschaft führt zu Bodenerosion, Biodiversitätsverlust und erheblichen Umweltschäden durch chemische Düngemittel und Pestizide. Hier kann behelfsweise in der Ausbildung der Landwirte entgegengewirkt werden. Andere Bewirtschaftungsmethoden, wie zum Beispiel der Verzicht auf Pflügen oder die dauerhafte Begrünung von Flächen, beispielsweise mit Zwischensaat, können durch die natürliche Anreicherung des Bodens den Einsatz von Düngemitteln reduzieren (Sanders et al. 2019: 71ff.). Um der Biodiversitätskrise entgegenzuwirken, stellen der Ökolandbau mit Maßnahmen wie Anbaudiversifizierung und Einbindung des Leguminosenanbaus (Osterburg et al. 2023: 64), sowie die Agroforstwirtschaft oder Agri-PV Alternativen dar.

Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen (PIK) sind auch ein gutes Beispiel für eine Mehrgewinnstrategie, um landwirtschaftliche Nutzung, Kompensationsmaßnahmen für Bauvorhaben und Biodiversität unter einen Hut zu bringen. „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“ (Osterburg et al. 2023: 65). Zwar können PIK-Maßnahmen dazu beitragen, den Flächenbedarf zu reduzieren und somit landwirtschaftliche Flächen zu schützen. Jedoch wird eine effiziente Umsetzung leider durch einen hohen Verwaltungsaufwand seitens der Unteren Naturschutzbehörden, rechtliche und ökonomische Unsicherheiten sowie eine uneinheitliche Bewertung von Maßnahmen erschwert (vgl. Tietz et al. 2012:35; vgl. Osterburg et al. 2023:65). Außerdem befürchten Naturschutzverbände eine „Aufweichung“ der Eingriffsregelung (Tietz et al. 2012:35).

Die Biodiversitätskrise ist maßgeblich das Ergebnis nicht-nachhaltiger Produktions- und Konsummuster der Gesellschaft in den vergangenen Jahrzehnten. Wie in Abbildung 28 gezeigt,

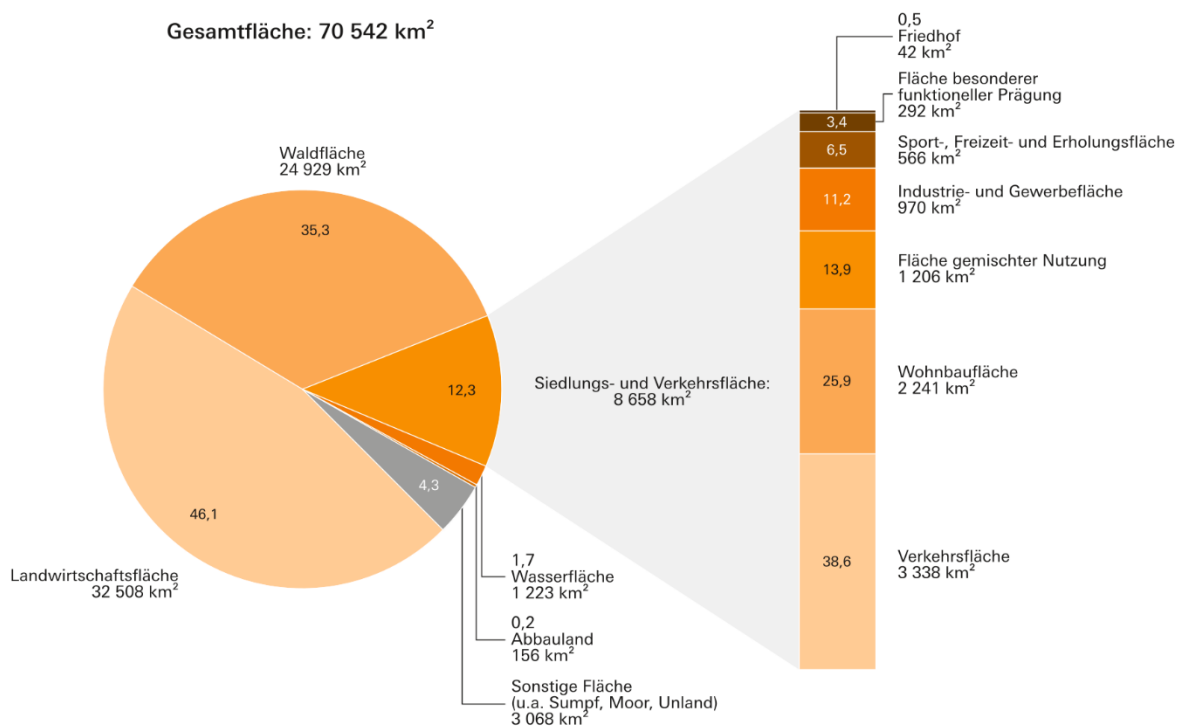
erfordert das „Bending the Curve“-Konzept auch nachhaltige Produktionsweisen und Konsumverhalten. Dies schließt alle in diesem Gesamtsynthesepapier behandelten Themenbereiche wie Ernährung, Wohnen, Mobilität, Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie ein. Zusätzlich spielt eine transformative Governance eine entscheidende Rolle, indem sie günstige Rahmenbedingungen für Transformation schafft und gleichzeitig die Umsetzung garantiert.

2.4 Siedlungs- und Verkehrsflächen

Eine Betrachtung der Flächeninanspruchnahme und des Flächenverbrauchs von Siedlungs- und Verkehrsfläche bedeutet, neben jeglichen Verkehrsflächen, sowohl Flächen für Wohnbau sowie Industrie und Gewerbe als auch baulich geprägte Flächen für Sport-, Freizeit- und Erholungszwecke, gemischte Nutzung, besonderer funktionaler Prägung und Friedhöfe zu betrachten (vgl. Bayerisches Landesamt für Statistik 2023). Dieser Flächentyp nahm 2022 in Bayern 12,3% der Landesfläche in Anspruch (vgl. ebd.). Der Anstieg von 0,5% Fläche im Vergleich zum Vorjahr bedeutet, dass in jenem Jahr durchschnittlich täglich 12,2 Hektar dafür in Anspruch genommen wurden (vgl. ebd.). Abbildung 30 zeigt diese absolute Aufstellung von Flächenverhältnissen in Bayern im Jahr 2022 mit Bezug auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche.

Bodenfläche Bayerns zum 31. Dezember 2022 nach Nutzungsarten

Ergebnisse der Flächenerhebung in Prozent



Bayerisches Landesamt für Statistik, 2023

Abbildung 30: Flächennutzung in Bayern 2022 (Bayerisches Landesamt für Statistik 2023)

Siedlungs- und Verkehrsfläche ist somit die räumliche Grundlage für Mobilität, Wohnraumversorgung, die meisten wirtschaftlichen Tätigkeiten, und zivilisatorische Aktivitäten. Jedoch an der fortlaufend extensiven Ausbreitung dieses Flächentyps, die hauptsächlich auf Kosten von landwirtschaftlich genutzter Fläche stattfindet (vgl. Umweltbundesamt 2023a), können neben der Vernichtung von Ackerböden einige Fakten besonders problematisiert werden: Zum einen

wirkt sich die Zerschneidung von Landschaften negativ auf Biodiversität aus und verspielt auch zukünftige Entwicklungschancen der Kommunen (vgl. BMUV 2023b). Zum anderen treibt die Zersiedlung von Landschaften, also die Ausbreitung von Bebauung außerhalb strukturierter Siedlungsformen, die gesellschaftlichen Kosten für den Erhalt von besonders technischen, aber auch sozialen Infrastrukturleistungen durch die geringe Siedlungsdichte in die Höhe (vgl. ebd.). Versiegelung von Fläche, welche nicht mit Flächeninanspruchnahme gleichsetzbar aber Teil davon ist, begünstigt auch Hochwasser durch die Undurchlässigkeit für Niederschlag aufgrund der Zerstörung von Bodenfunktionen (vgl. BMUV 2023b; Umweltbundesamt 2023a). Zudem erschafft eine Siedlungsentwicklung in wenig verdichteten Räumen die Grundlage für soziale Vereinsamung besonders im Alter (vgl. Fuhrhop 2023: 48) und erzeugt ein erhöhtes Bedürfnis nach Automobilität, welche im Umkehrschluss diese Art von Siedlungsstrukturen überhaupt erst möglich macht (vgl. Manderscheid 2012; Umweltbundesamt 2023a). Abbildung 31 veranschaulicht, dass die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Bayern im Zeitablauf von 2000 bis 2019 um 16,4% gewachsen (vgl. Miosga et al. 2021: 11).



Abbildung 31: Flächenentwicklung in Bayern 2000-2019 (Miosga et al. 2021: 11)

Konkret bedeutet Abbildung 31: Flächenentwicklung in Bayern 2000-2019 (Miosga et al. 2021: 11), dass von 2000 bis 2019 in Bayern

„49.101 ha (+29,1%) für Wohnen (Gebäude- und Freifläche für Wohnen) und 44.952 ha (+94,9%) für Gewerbe (Gebäude- und Freifläche für Industrie und Gewerbe) neu in Anspruch genommen. Für Verkehrsflächen waren es bei einer hohen Ausgangsposition zwischen 2000 und 2019 immer noch 9.018 ha (+2,8%) und 17.667 ha (+9,1%) für sonstige Flächen“ (Miosga et al. 2021: 11).

Im Hinblick auf die Flächenneuanspruchnahme in Hektar pro Tag von 2015 bis 2019 lässt sich ein anhaltend hoher Flächenverbrauch nachzeichnen, an dem Wohnbaufläche sowie Industrie- und Gewerbefläche erheblichen Anteil haben (vgl. ebd.: 11). Abbildung 32 visualisiert

dies auch im Hinblick auf das angestrebte 5ha/Tag-Ziel der Bayerischen Staatsregierung, welches nahezu allein durch die Neuinanspruchnahme von Wohnbaufläche ausgereizt wird. In der Darstellung als „Sonstige“ erfasste Flächen beschreiben Erholungsflächen und Friedhöfe.



Abbildung 32: Flächenverbrauch in Bayern 2015-2019 (Miosga et al. 2021: 11)

Also stellt Fläche für Verkehrszwecke die absolut größte Flächeninanspruchnahme dar aber die inzwischen kleinste Neuinanspruchnahme. Wohnbau vereinnahmt die absolut zweitgrößte Fläche aber die größte Neuinanspruchnahme. Flächen für Industrie- und Gewerbenutzung sowie für sonstige Nutzungen nehmen den dritten bzw. vierten Platz in Inanspruchnahme und Neuinanspruchnahme ein, wobei, wie zuvor aufgezeigt, die Fläche für Industrie- und Gewerbenutzung seit 2000 eine vergleichsweise starke Zunahme aufweist.

Auch hervorzuheben ist, dass die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Bayern einem räumlich ungleichen Trend folgt. Wie in Abbildung 33 dargestellt ist, kann der größte Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche Raumtypen mit dem geringsten Einwohnerwachstum zugeordnet werden, während der (groß-)städtische Ballungsraum bei größtem Einwohnerzuwachs auch die höchste Flächeneffizienz erbringt (vgl. Miosga et al. 2021: 16). Noch konkreter ausgedrückt nehmen die bayrischen Großstädte fast die Hälfte an Bevölkerungszuwachs auf aber nur 5% des Wohnflächenzuwachs in Anspruch (vgl. ebd.). Genauso werden dort mehr als 30% der zusätzlichen Beschäftigten bei nur ca. 8% Zuwachs an Industrie- und Gewerbefläche aufgenommen (vgl. ebd.).



Abbildung 33: Veränderung von Fläche und Einwohnern (Miosga et al. 2021: 16)

Diese Fakten schaffen die Überleitung zur Leitfrage dieses Beitrags, um sich der Problematik weiter anzunähern: für was wird wieso konstant weiter Fläche ausgewiesen?

2.4.1 Dynamik Wohnbaufläche

Der größte Treiber von weiterem Flächenverbrauch steht also hinter der Versorgungsfrage um Wohnraum wie Abbildung 2 und Abbildung 32 jeweils für Deutschland und Bayern aufzeigen. Die demographische Bevölkerungsentwicklung Deutschlands sieht sich jedoch eher einer Stagnation entgegen, die schon seit Jahren nur durch Einwanderung abgefangen wird und ansonsten zu einer Schrumpfung würde, welche auch für die Zukunft prognostiziert wird (vgl. Statistisches Bundesamt 2019, 2022a). Deshalb ist demographische Entwicklung nicht nur *nicht* die einleuchtende Grundlage für zusätzlich benötigte Wohnfläche, sondern sie hat sich bereits seit den 1980ern schon von dem Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche entkoppelt (Miosga et al. 2021: 10).

Bei dem aktuell von der Bundesregierung problematisierten Wohnraummangel bzw. Wohnungsnot wird dabei diese Entkopplung augenscheinlich nicht reflektiert und Neubau, und damit Flächenneuanspruchnahme, von jährlich 400.000 Wohnungen als wesentliche Lösung präsentiert (vgl. Bundesregierung 2022). Bauland wird zwar als knappe Ressource thematisiert, jedoch im selben Zug wie die Forderung nach besseren Instrumenten für schnelleren Neubau (vgl. ebd.). Fuhrhop (2023: 19) stellte dazu aber heraus, dass, trotz fehlender Nennung im Koalitionsvertrag der Regierung, auch Umbau von Altbauten zur Wohnraumschaffung einbegriffen sei.

Schwerer Wohnraummangel abseits von Bevölkerungswachstum macht also einen anderen Erklärungsansatz erforderlich: nämlich, dass es eher um ein Verteilungsproblem von Wohnraum geht (Fuhrhop 2023: 18). Die Ursachen davon lassen sich in einem übergeordneten

Trend der letzten Jahrzehnte zusammenfassen: „Immer mehr Menschen leben in immer kleineren Haushalten und beanspruchen eine immer größere Fläche“ (Miosga et al. 2021: 7). Dies kann wiederum in drei übergeordnete Erklärungen unterteilt werden:

- Neu gebaute Wohnungen enthalten inzwischen mehr Wohnfläche als noch vor 20 Jahren (vgl. Statistisches Bundesamt 2021b). Ergänzt wird dies durch den Altersstruktureffekt, dass mit dem Alter die durchschnittliche Wohnfläche pro Kopf steigt, und durch den Kohorten- bzw. Generationeneffekt, nach dem sich Menschen an den über den im Zeitraum gestiegenen Wohlstand und Wohnraum gewöhnen (vgl. Fuhrhop 2023: 18).
- Der Trend zunehmender Single-Haushalte (vgl. Miosga et al. 2021: 41), parallel zur Individualisierung moderner Gesellschaft (vgl. Baumann 2009).
- Der als Altersremanenz bezeichnete Effekt, bei dem nach Auszug oder Tod von Haushaltsmitgliedern große Wohnungen, gerade auch im Einfamilienhausbereich, trotz unter- oder unbenutzter Fläche weiter bewohnt werden (vgl. Fuhrhop 2023: 18, Miosga et al. 2021: 38).

Im Detail betrachtet lassen sich den so aufgeschlüsselten Ursachen noch teilweise themenübergreifende Effekte zuordnen. So liegt einer historisch betrachtet ansteigenden Wohnfläche zugrunde, dass deren Ausdehnung als Kernelement von Lebensstilen materiellen Wohlstand reflektiert (vgl. Kopatz 2016: 113). Damit ist ein Wunsch nach mitunter maßlos großer Wohnfläche Teil unserer Kultur (vgl. ebd.) und ein sozio-kulturelles Bedürfnis nach Distinktion wie auch das Erreichen eines als normal oder anstrebenwert wahrgenommenen Standards ersetzen Notwendigkeit als Begründung dafür.

Als flächenintensivste Wohnform spielt das Einfamilienhaus in diesem Zusammenhang eine gewichtete Rolle, denn es ist mit einem Anteil von zwei Dritteln im Wohngebäudebestand auch die dominante Form der Wohnsiedlungsentwicklung, während aber in vergleichsweise flächensparenden Verdichtungsräumen durch Mehrfamilienhäuser der Großteil an Bevölkerungs- und Arbeitsplatzwachstum aufgenommen wird (vgl. Miosga et al. 2021). Der Magnetismus des Einfamilienhauses ist überdies eine komplexe soziale und Ökonomische Konfiguration, einem foucault'schen Dispositiv³ gleich, und kann deshalb „nicht mit ein paar technokratischen Stellschrauben verändert werden“ (ebd.: 7). Neben den eigentlichen Wohnwünschen sind Einfamilienhaussiedlungen damit das Resultat einer Vielzahl von Interessenverknüpfungen, in denen hegemoniale Diskurse, asymmetrische Machtverhältnisse und soziale Praktiken parallel wirken (vgl. Miosga et al. 2021: 7). So treffen unter anderem staatliche Förderpolitik, Kreditgeber und Marketing der Bauindustrie und Baumärkte auf eine Assoziation

³ Ein „Ensemble von ‚Diskursen, Institutionen, architektonischen Einrichtungen, reglementierenden Entscheidungen, Gesetzen, administrativen Maßnahmen, wissenschaftlichen Aussagen, philosophischen, moralischen und philanthropischen Lehrsätzen, kurz Gesagtes ebenso wie Ungesagtes (...). Das Dispositiv selbst ist das Netz, das man zwischen diesen Elementen herstellen kann“ (Manderscheid 2012: 147, nach Foucault 2003)

des Einfamilienhauses als glückliches Familienleben, das in einer Risiko individualisierenden Welt Sicherheit und Gemeinschaftlichkeit verspricht, während Kommunen im Wettbewerb um neue Bürger:innen stehen (vgl. ebd.; Bauman 2009). Hierauf den Fakt angewendet, dass die Aussicht der demographischen Entwicklung unserer Gesellschaft eine alternde Bevölkerung zeigt (vgl. Statistisches Bundesamt 2022b), lässt erkennen, dass der Effekt der Altersremanenz in diesem Zusammenhang in der Zukunft noch viel größere Bedeutung hat.

2.4.1.1 Der aktuelle Entwicklungspfad

Die bisherige Handhabung von Wohnbaufläche würde weiterhin den raumordnerischen Zielstellungen des bayrischen Landesentwicklungsprogramms (LEP), sowie denen des Baugesetzbuches (BauGB) widersprechen, nach denen sich zusätzliche Siedlungsentwicklung auf zentrale Orte, besonders Ober- und Mittelzentren, konzentrieren soll, um die ökologischen wie auch ökonomischen Folgen durch Landschaftszerschneidung und ungegliederte Siedlungsentwicklung zu vermeiden (vgl. Miosga et al. 2021: 33).

„60% des Zuwachses an Siedlungs- und Verkehrsfläche fällt auf die Kommunen mit weniger als 6.500 Einwohner [...]. Auf die kreisfreien Städte hingegen nur 6%. In den Jahren 2000 bis 2019 wurden etwa 28,90 % der gesamten Wohnflächenneuausweisung in den Gemeinden mit weniger als 3.500 Einwohnern getätigt, während in diesen Gemeinden die Einwohnerzahl lediglich 3,04% des gesamten Bevölkerungszuwachses wuchs [...]. Hingegen haben die bayerischen Großstädte über 100.000 Einwohner (Oberzentren in den Verdichtungsräumen) im gleichen Zeitraum [...] über 47 % des gesamten Bevölkerungswachstums in Bayern aufgenommen [...]. Dafür haben sie jedoch nur 5,3 % der zusätzlichen Wohnfläche in Anspruch genommen“ (Miosga et al. 2021: 17f).

Eine Steuerung durch Marktmechanismen und Responsibilisierung von Kommunen unter Wettbewerbsdruck lässt außerdem eine Spaltung des Wohnungsmarktes erkennen, in der hohe Zahlungskraft zu deutlicher Flächenausweitung führt während geringe Zahlungskraft mit der oben erwähnten Wohnungsnot in Ballungszentren konfrontiert ist (vgl. Miosga et al. 2021: 32). Denn bedeutender Teil des Verteilungsproblems von Wohnraum ist, dass durch die vorherrschenden Mechanismen das Angebot im hochpreisigen Segment durchaus abgedeckt ist, aber der Bereich des bezahlbaren Wohnraums, vor allen in Ballungsgebieten, den Kern des Problems ausmacht (vgl. ebd.; Fuhrhop 2023). Für einen schlanken und dennoch responsibilisierten lokalen Staat mit geringen personellen wie auch finanziellen Mitteln nach dem Ideal wirtschafts-liberaler Politik (vgl. Heinz 2015) sind einfach umzusetzende und bekannte Verfahrensweisen zudem besonders attraktiv, wie die Neuausweisung von Bauland; ungeachtet der zukünftigen Mehrkosten durch infrastrukturelle Erschließung und Versorgung (vgl. Miosga et al. 2021: 70). In einer Landschaft des interkommunalen Wettbewerbs unter diesen Bedingungen, ist deshalb die Auffassung einer als alternativlos empfundenen freizügigen Vergabe von Fläche als Wettbewerbsvorteil nachvollziehbar. Diese wird von der Routiniertheit bekannter Praktiken und gewohnter Sichtweisen, als Alltag der entscheidenden Akteure, untermauert und erklärt unter anderem so die geringe Konsequenz bei der Umsetzung von flächensparender

Kommunalpolitik (vgl. Miosga et al. 2021: 83). So macht die bisherige Entwicklung ersichtlich, dass die Unterversorgung mit bezahlbarem Wohnraum, als das Hauptproblem des Wohnraummangels, weder durch extensive Flächenneuausweisungen im ländlichen Raum noch durch Marktlogiken nach den bisherigen Vorgehensweisen gelöst werden kann (vgl. ebd.). Aussagen des amtierenden Bundeskanzlers, Olaf Scholz, zur Errichtung von 20 neuen Stadtteilen im Außenbereich der Städte gegen die Wohnungsnot (vgl. ZDF 2023) lassen möglicherweise die Verlockung erkennen, Flächenneuausweisung als routinierte Strategie anzuwenden. Die bislang weit verfehlten Ziele zum Flächensparen und auch historische Negativerfahrungen mit peripheren Großwohnsiedlungen erscheinen unberücksichtigt. Das Thuenen-Institut veranschlagt eine zusätzliche tägliche Flächenneuanspruchnahme von 20 ha pro Tag auf Bundesebene, hauptsächlich in noch unbeplanten Außenbereichen, würde die Schaffung der angekündigten 400.000 Wohnungen jährlich als Neubau umgesetzt (vgl. Osterburg et al. 2023: 23, 25, 67f).

2.4.1.2 Lösungsansätze Wohnbaufläche

Auch wenn klare Prognosen über den weiteren Bedarf an neu ausgewiesener Fläche für Wohnbau wegen den oben beschriebenen Logiken schwierig ist, gibt es durchaus Ansätze, um den aktuellen Entwicklungspfad in eine nachhaltigere Richtung zu lenken.

Das Einfamilienhaus, als gewichtiger Treiber von Flächenverbrauch, stützt sich auf politische Förderungen wie Planungserleichterungen oder die Eigenheimförderung (vgl. Miosga et al. 2021: 71). Solche fehlgeleiteten Instrumente, wie auch der in Verruf geratene Artikel 13b des BauGB zur einfacheren Ausweisung von Bauland im Außenbereich (vgl. ebd.: 66), könnten als nicht zielführend eingestellt werden. Alternativen zu dieser Bau-Monokultur haben überdies potentiell weitreichende Folgen, denn das Fehlen von alternativen Wohnformen kann Teil der Beweggründe sein, wieso junge Menschen in urbane Räume wandern (vgl. ebd.: 61). Ebenso kann die lokale Beispielwirkung solcher Wohnformen helfen Wohnremanenz aufzubrechen, weshalb sich die Kommune in der Position befindet, hier in einer Vorbildfunktion attraktive Wohnungen abseits des Einfamilienhauses zur Erprobung anderer Lebensstile für ihre Bürger:innen bereitzustellen, da es der Markt nicht tut (vgl. ebd.: 61). Neue Wohnungen bereitzustellen bedeutet jedoch nicht zwingend den Flächenverbrauch damit weiter anzufeuern: Innenentwicklung ist das leitende Stichwort zum Thema Flächensparen und Wohnraumversorgung, um gleichzeitig auch Auswirkungen wie einen ausgehöhlten Ortskern durch extensive Außenentwicklung zu vermeiden (vgl. Miosga et al. 2021: 32). Zum einen, was den Neubau angeht, ist Nachverdichtung eine vielversprechende Herangehensweise, welche ein kommunales Flächenmanagement zur effektiven Ermittlung von Baulücken und Brachen unterstützen kann (vgl. Miosga et al. 2021: 62.). Auch in urbanen Ballungsgebieten können vergleichsweise kleine Baulücken aktiviert werden, wie Miosga et al. (2021: 59) am Beispiel der Projekte des

Architekten Hans Drexler zeigen. Zum anderen kann auch im Gebäudebestand Wohnraum geschaffen werden. Hierbei kann ein kommunales Flächenmanagement über Leerstände informieren und zusätzlich durch Umbaumaßnahmen oder gemeinschaftliche Wohnformen der sog. von Fuhrhop (2023) identifizierte unsichtbare Wohnraum aktiviert werden: die unter- oder unbenutzten Potentiale der Wohnremanenz, vor allem auch bei älteren Menschen. Diesen Wohnraum nutzbar zu machen, soll dabei nicht mit Vorschriften einhergehen, sondern mit Wohnwünschen, wenn bspw. eine Alterswohnremanenz zu Einsamkeit oder Problemen der Bewältigung des Alltags führt und mit Projekten wie ‚Wohnen für Hilfe‘ Student:innen Wohnraum mit Senioren im Austausch für Gesellschaft und Haushaltshilfe teilen (vgl. ebd.: 20, 119). In seiner Arbeit hat Fuhrhop dazu errechnet, dass mit professioneller Vermittlung und fachlichen Netzwerken ein Potential von jährlich 100.000 neu geschaffenen Wohneinheiten aus dem Bestand des unsichtbaren Wohnraums möglich wären (vgl. ebd.: 227, 12). In ihrer Studie haben Miosga et al. (2021: 40) zudem aus einer Auswertung der Vitalitätschecks von 60 Kommunen ca. 156 Innenentwicklungspotentiale für Wohnraum pro Kommune ermittelt und auch das BBSR (2022) schätzt baureife und potentiell bebaubare Flächen für Innenentwicklung im Bundesgebiet auf ca. 100.000 Hektar ein, woraus sich die Schätzung von 900.000 bis 2.000.000 so realisierbaren Wohneinheiten ergibt. Auf diese Weise Innenentwicklung als Lösungsansatz hervorzuheben, verlangt jedoch auch spekulative Bevorratung und eigentumsrechtliche Hemmnisse beim Flächenzugriff zu erwähnen (vgl. Osterburg et al. 2023: 70). Genauso bestehen Kosten für Instandsetzungen, Abriss und Altlasten (vgl. ebd.), die zwar in Konkurrenz mit Neubau im Außenbereich stehen aber unter Einbeziehung der zusätzlichen ökologischen und ökonomischen Kosten für Neuausweisungen betrachtet werden sollten. Jedenfalls hätte eine konsequente Innenentwicklung und Nachverdichtung das Potential, je nach Optimismus veranschlagter Szenarien, Wohnraumbedarfe als Neubau für Jahre oder sogar Jahrzehnte ohne Flächenneuausweisungen zu decken (vgl. Miosga et al. 2021: 40). In diesem Zusammenhang bildet der zuvor erwähnte Sachverhalt aus Abbildung 31 einen scharfen Kontrast, dadurch dass der tägliche Flächenverbrauch der vergangenen Jahre bei einer business-as-usual-Entwicklung das bayrische Flächensparziel von 5 ha pro Tag allein durch Wohnbauflächen nahezu erreichen oder bei konsequentem Neubau gegen Wohnraumangel sogar überschreiten würde.

Entsprechend der beschriebenen gesellschaftlichen Effekte, die auf das Phänomen der Flächenneuanspruchnahme von Wohnraum einwirken, braucht es einen kulturellen Wandel, der dem Schutzgut Fläche eine Wertvorstellung als solches zukommen lässt (vgl. Miosga et al 2021: 83). Um auf gesellschaftlichen Pfaden in eine planetar nachhaltige Richtung zu wandeln, stellt dieser kulturelle Wandel die notwendige Transformation pfadabhängiger Praktiken dar. Aus den von Falterer et al. (2020: 36ff) dazu identifizierten gesellschaftlichen Wenden greift die Siedlungswende, neben stofflichen und technologischen Innovationen in der Baukultur,

auch vor allem gemeinschaftlichere und niedrigpreisigere Wohnformen auf, die mit kurzen alltäglichen Wegen, viel Grün sowie öffentlichen Orten der Erholung und Begegnung die Vorstellung eines guten Lebens mit nachhaltiger Ressourcen- und Landnutzung zusammendenken und in den Vordergrund rücken. In den Alltag entscheidender Akteure verwurzelte Praktiken und Sichtweisen (vgl. Miosga et al. 2021: 83) würden in einer gesellschaftlichen Transformation entsprechend durch andere ersetzt. Wohnende und Wohnraum-Suchende können überdenken, ob das Einfamilienhaus oder übermäßig viel Wohnfläche pro Kopf wirklich nach ihren Lebensentwürfen anstrebenswert ist. Politische Akteure verschiedener Ebenen können fehlleitende Förderungen und Flächenneuausweisungen hinterfragen, und das Marktversagen in der Bereitstellung bezahlbaren Wohnraums durch bspw. eine neue Wohngemeinnützigkeit (vgl. Schipper 2018: 70f) und nicht zeitgebundene Sozialwohnungen angehen. Effekte wie spekulative Zweckentfremdung (vgl. Fuhrhop 2023: 61) von Wohnraum zur Wertsteigerung oder Mietpreisverdrängungen könnten ebenfalls durch Bereitstellung von Wohnraum außerhalb von reiner Gewinnabsicht abgeschwächt werden. Eine Deckung des Bedarfs nach Wohnraum könnte so auch die Frage nach Neuausweisungen von Fläche für Wohnzwecke aus ihrer Selbstverständlichkeit reißen.

2.4.2 Dynamik Industrie- und Gewerbefläche

Der Zweitgrößte Flächenneuverbrauch in der Siedlungsentwicklung fällt auf Industrie und Gewerbe. Für diesen stark nachfragegetriebenen Bereich der Flächennutzung lässt sich als Erstes herausstellen, dass keine übergeordneten Flächenstrategien von Bund oder Ländern dazu bekannt sind (vgl. Osterburg et al. 2023: 22). Da als ‚Versorgungsanlagen‘ auch regenerative Energien zu diesem Flächentyp zählen, ist durch die notwendige Energiewende (vgl. Falterer et al. 2020: 27ff) auch ein Anstieg der Flächeninanspruchnahme zu beobachten, da im Jahr 2022 mit einem Anteil von 24,5% fast ein Viertel des Zuwachses an Siedungs- und Verkehrsfläche allein darauf fiel (vgl. Bayerisches Landesamt für Statistik 2023).

Zu Beginn dieses Beitrags wurde an den Fakten zu Abbildung 31 ersichtlich, dass die Industrie- und Gewerbefläche im Zeitraum von 2000 bis 2019 mit 94,9% einen auffällig hohen Zuwachs an Flächeninanspruchnahme ausweist. Hierzu kann als Erklärungsansatz ein wirtschaftlicher Strukturwandel, der mit dem Wachstum flächenintensiver Branchen, besonders der Logistik, einhergeht, herangezogen werden (vgl. Institut Raum & Energie 2019). Dies kann mit global ausdifferenzierten Lieferketten, damit zusammenhängenden Just-in-Time Praktiken und zunehmender Relevanz von Plattformökonomie in Verbindung gesetzt werden. In den Kontext von dem bereits erwähnten interkommunalen Wettbewerb mit erodierten öffentlichen Mitteln gesetzt, erscheint die Ausweisung von neuen Gewerbeflächen als Wettbewerbsvorteil und zur Generierung von Gewerbesteuer besonders gewichtig, da die für diesen Wettbewerb eigentlich relevante Infrastruktur nur von besonders prosperierenden Städten oder Regionen

aufrechterhalten werden kann (vgl. Rosenfeld 2012: 6). So ergibt sich daraus, dass durch diese Rahmenbedingungen Kommunen mitunter für Investoren „den roten Teppich“ ausbreiten (Schnuck et al. 2018) und es so zu einem „Überangebot an Bauflächen in Rand- und Außenbereichen mit optimaler Erschließung“ (Institut Raum & Energie 2019) kommt, weshalb damit in Konkurrenz stehende Industrie- und Gewerbebrachen durch Kosten von Sanierung und Altlasten weniger ökonomisch attraktiv als ein flächenverbrauchender Neubau sein können (ebd.). Neben derartig bereitwillig günstiger Vergabe des Gutes Fläche zum Neubau spielt ebenfalls eine Rolle, dass bestehende Industriebrachen zum einen auch den Anforderungen und der Verkehrsaffinität expandierender Unternehmen entsprechen müssten, als auch zum anderen bei Einbindung in bestehende Siedlungskörper ein Immissionsschutz nicht zwingend gewährleistet werden kann⁴. Als politischer Fehlversuch, um Kommunalentwicklung wirtschaftsliberaler zu gestalten, wurde in diesem Zusammenhang 2017 in Bayern das Anbindegebot gelockert, durch welches Gewerbegebiete in direkter Nähe zu bestehenden Siedlungen errichtet werden müssen (vgl. Bund Naturschutz o. D.). Die Wirtschaftlichkeit von dispers entstehenden, neuen Gewerbegebieten unter Kosten von Flächenzersiedlung konnte sich jedoch nicht beweisen und hat eher Effekte wie die funktionale Ausdünnung von Ortskernen und erhöhte Pendleraufkommen erzeugt (vgl. ebd.), weshalb die Lockerung des Anbindegebots 2019 im Rahmen der Setzung des bayrischen 5ha-Flächensparziels zurückgenommen wurde (vgl. Bayerische Staatsregierung 2019). Dies deckt sich mit den Erkenntnissen zur räumlich unterschiedlichen Flächeneffizienz, die zu Abbildung 33 bereits angeführt sind. Zusätzlich haben Miosga et al. (2021: 20f) identifiziert, dass generell aber auch gerade in kleinen Kommunen eine im Zeitablauf gesunkene Flächeneffizienz in Anbetracht der Gewerbesteuer vorherrscht, wie in Abbildung 34 dargestellt ist. Was bedeutet,

„dass selbst durch das fortgesetzte Ausweisen von neuen Gewerbeflächen durchschnittlich weniger neue zusätzliche Einnahmen je Fläche erzielt werden und auch nicht zwangsläufig die gewünschte[n] Effekte auf Arbeitsplätze haben, bzw. diese woanders entstehen“ (ebd.: 21).

Wird in diesem Zusammenhang auch der Einkommenssteueranteil betrachtet, wie in Abbildung 35 dargestellt, vervollständigt sich ein Bild von geringer oder sogar abnehmender Flächeneffizienz besonders in kleinen Kommunen: im Kontrast zu größeren Städten können trotz vergleichsweise hohen Flächenneuausweisungen im Bereich Wohnbau wie auch Industrie und Gewerbe nur wenige Einwohner:innen gehalten und Arbeitsplätze erzeugt werden (vgl. Miosga et al. 2021: 20f).

⁴ Aus einem Gespräch mit dem Flächensparmanager der Regierung von Oberfranken hervorgegangen.

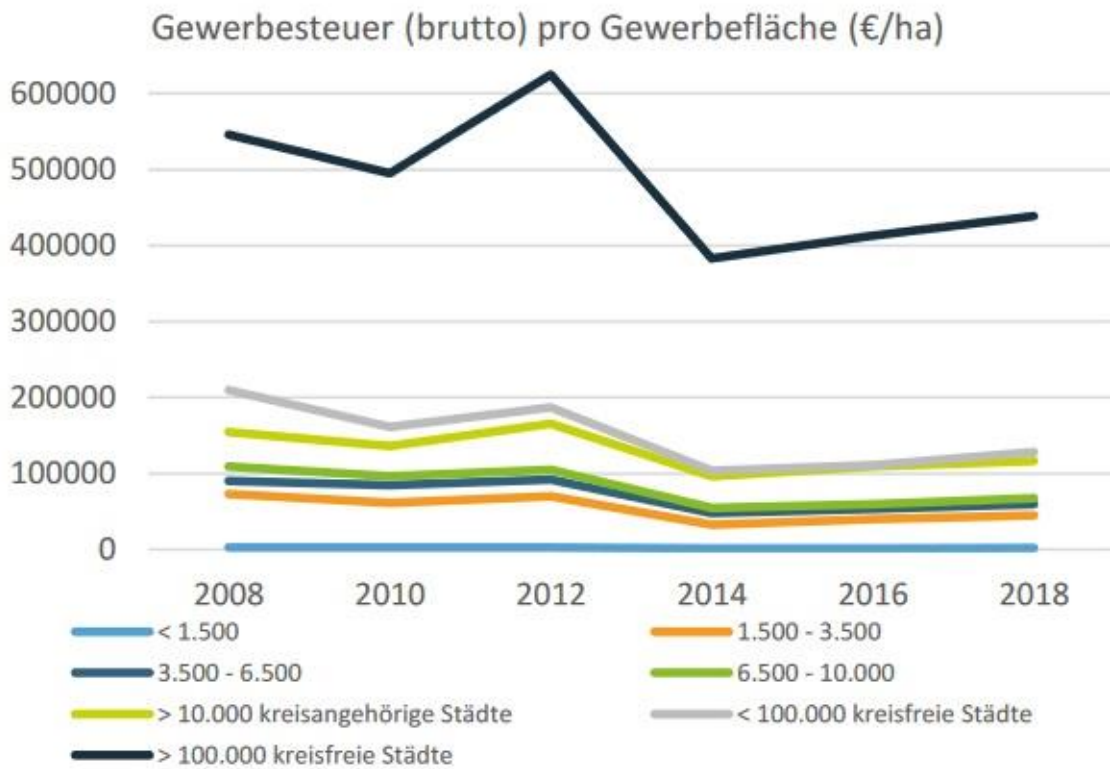


Abbildung 34: Gewerbesteuer pro Gewerbefläche (Miosga et al. 2021: 20)



Abbildung 35: Einkommenssteueranteil pro Wohnbaufläche (Miosga et al. 2021: 20)

2.4.3 Dynamik Verkehrsfläche

Als verbindendes und ermöglichendes Element moderner Siedlungsentwicklung wird zuletzt Fläche für Verkehrszwecke betrachtet, welche, wie zuvor in Abbildung 30 und 31 ersichtlich, den absolut größten Anteil dabei einnimmt. Während es seit 2016 einen Bundesverkehrsplan gibt, der eine Flächenneuanspruchnahme von ca. 3 Hektar pro Tag auf Bundesebene prognostizierbar macht, werden dort jedoch keine Projekte der Länder und Kommunen berücksichtigt, was einen Überblick über die konkreten Flächenbedarfe zu gewinnen unrealistisch macht (vgl. Osterburg et al. 2023: 22.). Aus den vorhergehenden Betrachtungen der anderen Bereiche von Siedlungsentwicklung, wird jedoch zumindest ersichtlich, dass der Bedarf von zusätzlicher Verkehrsfläche von dem Ausmaß zusätzlicher Wohn-, Industrie- und Gewerbeentwicklung abhängt. Dass der deutschen Bevölkerung eine generelle Automobilität unterstellt wird (vgl. Manderscheid 2012: 155), ermöglicht dabei überhaupt erst, dass Gewerbegebiete und Wohngebiete als Selbstverständlichkeit in peripheren Lagen entstehen können. Denn Automobilität hat als komplexe sozio-technische Formation ebenfalls den Charakter eines Dispositivs, welches die räumliche Entwicklung unserer Gesellschaft formt (vgl. ebd.: 147f). Wird die kontemporäre Selbstverständlichkeit allgegenwärtiger Automobilität reflektiert und historisch betrachtet ergibt sich, dass der heutige hegemoniale Status dieser Mobilitätsform aktiv durch politische Verdrängung von Schienenfahrzeugen hergestellt und durch Aufbau von umfassenden Materialitäten, Wissensbeständen und Praktiken gefestigt wurde (vgl. ebd.: 151, 147). Dass Verkehrsfläche, als der absolut größte Anteil von Siedlungsfläche, einen in den letzten Jahren verhältnismäßig geringen Flächenneuverbrauch aufweist, kann als ein gewisser Grad an Sättigung gedeutet werden, da der größte Ausbau für motorisierte Infrastruktur in der Nachkriegszeit forciert wurde (vgl. ebd.: 154). Ähnlich wie bei der Bau- und Wohnkultur, ist Bestandteil des automobilen Dispositivs, dass dieses von symbolischen Werten untermauert ist (vgl. ebd.: 156f.), z. Bsp. als Statussymbol oder, ganz besonders für diesen Fall, als symbolische Assoziation mit Freiheit. Das macht es möglich die kulturelle Vorherrschaft dieser Mobilitätsform auch entgegen der Logik von negativen Effekten, wie hohen Kosten oder Staus, zu festigen. Im wirtschafts-liberalen Modus raumordnender Politik findet individuelle Automobilität ebenfalls Bedeutung, indem Regionen nach wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit von öffentlicher Verkehrspolitik abgekoppelt wurden (vgl. ebd.: 152) und anstelle dessen autofreundliche Anbindung als Selbstverständlichkeit vorausgesetzt wird (vgl. Miosga et al. 2021: 39).

Da individuelle Automobilität an Momentum einbüßt durch die Notwendigkeit einer postfossilen Mobilitätswende, die öffentlichen, sowie Rad- und Fußverkehr zentral thematisiert (vgl. Falterer et al. 2020: 33f), ergeben sich auch neue Anforderungen an die zukünftige Verkehrsflächenentwicklung, wenn auch hier nicht bezifferbar: ein Wandel von Mobilitätsverhalten und -gewohnheiten flankiert von einem Wandel der bislang auto-zentrierten Siedlungsentwicklung

würde bislang wichtige Teile der sozio-technischen Materialitäten von Automobilität, wie Parkplätze, Parkhäuser oder Tankstellen, für die Umnutzung zu anderen Siedlungszwecken, wie Erholungs- oder Wohnbauflächen möglich machen. Neben oder als Teil der Mobilitätswende werden zudem autogerechte Städte inzwischen unter dem Begriff der „Flächengerechtigkeit“ (Wanner Fandrych 2023: 10) hinterfragt, was sich auf die den Verkehrsteilnehmenden zugeordnete Fläche bezieht. Und auch sozio-kulturelle Nachwirkungen der Corona-Pandemie wirken durch bestehen gebliebene Praktiken von home-office (Fichtner et al. 2024) in Form von reduziertem Individualverkehr in die Verkehrswende. Es ist deshalb abzusehen, dass die bisherige Straßeninfrastruktur um Fahrradwege ergänzt werden oder eine Konkurrenz dazwischen ausgehandelt werden muss. Für die im Siegeszug des Automobils zum Teil zurückgebauten Schienenwege kann die Frage des Wiederaufbaus aufkommen, ergänzt durch einen generellen Ausbau des öffentlichen Schienennetzes.

2.4.4 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick

Mit den bisherigen Praktiken sind die gesetzten Ziele für weiteren Flächenverbrauch auf Landes- wie auch auf Bundesebene nicht erreichbar (vgl. Miosga et al. 2021; Osterburg et al. 2023).

Bei der größten Flächenneuanspruchnahme von Wohnbaufläche liegt anscheinend damit auch das größte Potential zum Flächensparen. Wie in diesem Kapitel ausgeführt wurde, produzieren großzügige Wohnstile, eine zunehmend individualisierte Gesellschaft und Wohnremanenzen zu einem bedeutenden Teil das Bedürfnis nach neuem Wohnraum, welches kaum durch die als Dispositiv eingefahrene Bauweise des Einfamilienhauses gedeckt werden kann. Deshalb besteht die prominente Lösung der Innenentwicklung aus zwei Teilen: Zum einen aus Neubau als Nachverdichtung innerhalb bestehender Siedlungsstrukturen, um keine neue Fläche zu Siedlungsentwicklung zu konvertieren und zum anderen bestehenden Wohnraum mehr nach Vorstellungen von Effizienz und Suffizienz zu belegen, um den Bedarf der Bevölkerung damit decken zu können.

Das gesellschaftliche Bedürfnis nach Gemeinschaft (vgl. Bauman 2009) aufzugreifen, indem bezahlbarer Wohnraum abseits des Einfamilienhauses mit ggf. sogar gemeinschaftlichen Strukturen geschaffen wird, kann hierbei bestehende Praktiken hoher Flächenanspruchnahme gerade in ländlicheren Räumen in Frage stellen und im Idealfall ablösen. Auf diese Weise Wohnraum im Sinne von Effizienz nicht zu unternutzen und im Sinne von Suffizienz nicht übermäßig für sich zu beanspruchen sowie im Lebenszyklus des Gebäudes durch eine „Kreislaufwirtschaft des Wohnens“ (Fuhrhop 2023: 55) konsequent zu belegen nennt Fuhrhop „Wohnkonsistenz“ (ebd.: 56). Er führt dazu an, dass diese Überlegungen die Gedanken einer Postwachstumswachstumsökonomie umsetzen: „man sieht das gebaute Haus, also wird [...] nicht [neu] gebaut“ (ebd.: 97). Dem Staat als Vorbild und Gestalterin von Rahmenbedingen

obliegt es dabei Förderungen zielführend zu leiten und Flächenverbrauch mit Nachverdichtung weitestgehend zu ersetzen. Verbunden mit der Aktivierung von Brachen, gerade für industrielle Nutzung, erscheint es möglich, aufkommende Flächenbedarfe ohne überwältigend mehrheitliche Neuinanspruchnahme zu befriedigen. Ein Verringerter Zuwachs an Siedlungsfläche bedeutet dann zugleich auch ein verringertes Bedürfnis an Erschließungsstraßen (vgl. Osterburg et al. 2023: 70). Auch Siedlungsfläche als scharfen Kontrast zu Biodiversität zu sehen, muss nicht zwingend notwendig sein, wenn der von Raworth (2017: 223) aufgegriffene ‚generous city‘ Ansatz ausgearbeitet und eingesetzt wird, nach welchem menschliche Siedlungen beginnen sich in die Biome ihrer Umwelt einzufügen anstelle sie zu verdrängen. Es ist zudem anzunehmen, dass für den Ausbau eines leistungsstarken Schienennetzes neue Flächen benötigt werden, jedoch hat die damit einhergehende Verkehrswende das Potential langfristig den Bedarf anderer Verkehrsflächen im Personen- und Güterverkehr zu senken und bisherige Materialitäten unserer Mobilitätskultur für anderweitige Nutzungen freizumachen. Durch die Kleinteiligkeit und Fragmentiertheit eigentlich in großer Zahl vorhandener Verkehrsflächen, wie Parkplätze oder verkehrsintegrierte Parkflächen, ist dabei eine Umnutzung mit größerer Bebauung jedoch oft kompliziert und kostspielig (vgl. Engel und Grenz 2021: 1, 18), weshalb sich solche Flächen eher zur Steigerung der Lebensqualität im Quartier eigenen durch bspw. „[d]ie Anpflanzung von Bäumen und Beeten [...] attraktive Aufenthaltsbereiche für Begegnung, Kommunikation und, Erholungsflächen“ (ebd.: 5). Gerade zusätzliche Begrünung auf zuvor versiegelten Flächen kann Regenwasser aufnehmen und mithilfe der Pflanzen das, vor allem sommerliche, Mikroklima in einer Siedlungsstruktur verbessern (vgl. Fichtner et al. 2024). Die großflächigeren Strukturen der immobilien Materialitäten des Verkehrs, wie weiträumige Parkflächen, Tankstellen oder Parkhäuser, bieten dann die Möglichkeiten zur Umnutzung mit größerer Bebauung oder Umbaumaßnahmen. Wanner Fandrych (2023: 73) hat die Bedeutung gerade für Parkhäuser herausgestellt, da dort aus dem Straßenraum wegfallende Parkflächen zuerst kompensiert werden können und die Gebäude später als Wohnraum oder soziale Infrastruktur umgewidmet werden können.

So möchte dieser Beitrag mit seinen Ausführungen zu Problemen und Lösungen darauf aufmerksam machen, dass die Selbstverständlichkeit von Expansion in Außenflächen allgemein und im Besonderen durch Einfamilienhäuser, gewerblichen Anlagen und fortschreitenden Straßenbau hinterfragbar ist.

2.5 Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie

2.5.1 Einführung

Ein mit 40% beträchtlicher Anteil der in Deutschland verursachten Treibhausgasemissionen resultiert aus der Entnahme und Verarbeitung von Rohstoffen (vgl. WWF Deutschland 2023: 29). Gleichzeitig führt das derzeit dominierende lineare Wirtschaftssystem (nehmen – herstellen – wegwerfen) zu einem erheblichen Abfallaufkommen bei gleichzeitig hoher Flächeninanspruchnahme für den Abbau von Rohstoffen zur Herstellung von Materialien und Produkten, bspw. in Tagebauanlagen (vgl. ebd.: 22). Ein Ansatz, die Entnahme fossiler und nicht-nachwachsender Rohstoffe zu reduzieren, stellt die Substitution dieser durch nachwachsende, biogene Rohstoffe im Sinne einer Bioökonomie dar, die mittlerweile auch politisch stärker forciert wird - auf nationaler Ebene durch die Verabschiedung einer nationalen Bioökonomiestrategie sowie auf Landesebene durch die Bioökonomiestrategie Bayern. Der Bioökonomierat der Bundesregierung definiert Bioökonomie dabei als die "Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen (auch Wissen), um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen" (Thrän 2020: 4). Eine zunehmende Verwendung biogener Rohstoffe wird nicht nur hinsichtlich des Potenzials der Treibhausgasemissionen, sondern auch der Verringerung des Eintrags künstlicher Stoffe in die Umwelt und der Etablierung resilienter Wertschöpfungsketten durch die Verwendung regional verfügbarer Rohstoffe der lebendigen Umwelt angestrebt (vgl. Perbandt et al. 2021: V). Gegenüber linearen Wirtschaftssystemen steht die Kreislaufwirtschaft für ein zirkuläres und regeneratives System, in dem „Materialien [...] stattdessen in der Wirtschaft erhalten, Produkte [...] gemeinsam genutzt, [...] Abfälle und negative Auswirkungen vermieden werden.“ (WWF DEUTSCHLAND 2023: 22). Neben der Reduzierung der lebenszyklusweiten negativen Auswirkungen von Materialien und Produkten, insbesondere durch die Einsparung von Primärmaterialien und deren Ersatz durch Sekundärmaterialien bietet auch die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft das Potenzial, die Treibhausgasemissionen erheblich zu reduzieren und somit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten (vgl. BMUV 2023a: 3). Ziel ist zudem die Schonung natürlicher Ressourcen, der Umweltschutz, der Schutz der menschlichen Gesundheit sowie die Sicherung von Rohstoffen (vgl. ebd.). Um die genannten Potenziale entfalten zu können, sollten zudem verstärkt biogene Ausgangsstoffe im Rahmen einer Bioökonomie genutzt werden. In den folgenden Kapiteln werden aktuelle Dynamiken der Rohstoffentnahme und -verwertung, diesbezügliche Problematiken in der Flächennutzung sowie mögliche Entwicklungspfade und daraus resultierende Ziel- und Flächenkonflikte vorgestellt. In Kapitel 5 werden exemplarisch alternative Lösungsansätze und die Potenziale einer Kreislaufwirtschaft aufgezeigt, um potenzielle Flächenkonkurrenzen vorzubeugen.

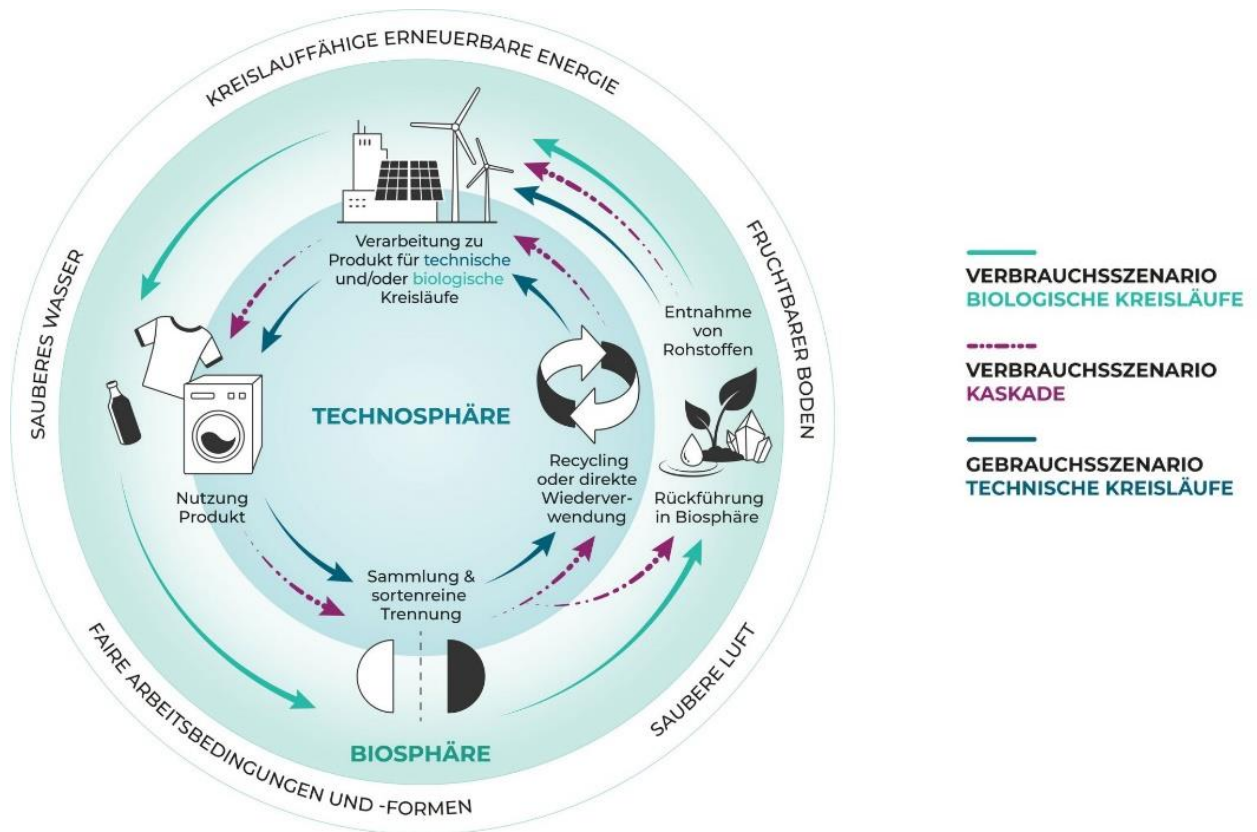


Abbildung 36: Das Konzept der Kreislaufwirtschaft (Cradle to Cradle NGO 2024)

2.5.2 Aktuelle Dynamik

Laut Ressourcenbericht des Jahres 2022 betrug die genutzte Rohstoffentnahme in Deutschland im Jahr 2015 978 Mio. Tonnen, sank zwar im Jahr 2019 auf 945 Mio. Tonnen, bleibt damit jedoch auf einem weiterhin hohen Niveau (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 14). Mit 737 Mio. Tonnen (78%) dieser 945 Mio. Tonnen machen nicht-nachwachsende Rohstoffe, darunter mineralische Rohstoffe (63%) und fossile Energieträger (15%), den größten Anteil der Entnahme aus (vgl. ebd.). 211 Mio. Tonnen (22%) der entnommenen Rohstoffe waren 2015 und 2019 nachwachsende Rohstoffe (vgl. ebd.) (siehe Abbildung 37).

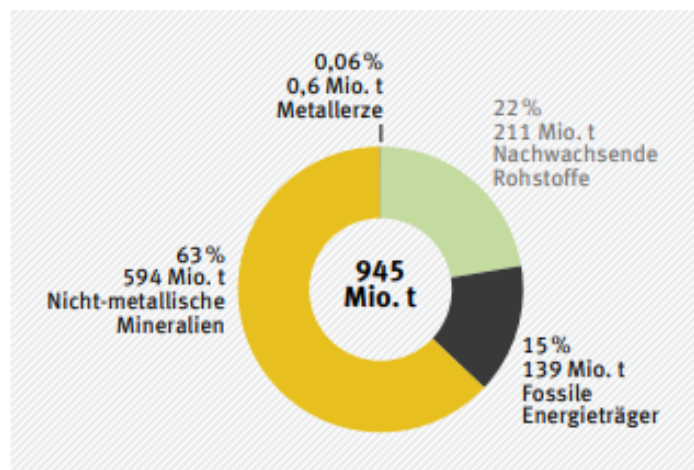


Abbildung 37: Anteil nicht-nachwachsender Rohstoffe an genutzter Rohstoffentnahme Deutschland 2019 (Umweltbundesamt 2022a: 14)

Bei den fossilen Energieträgern lässt sich mit 194 Mio. Tonnen im Jahr 2015 und 139 Mio. Tonnen im Jahr 2019 ein Rückgang um 29% erkennen (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 14). Ein Trend zeigt sich in der Entnahme von Baumineralien, welche seit 2015 um 6% anstieg, während die Entnahme weiterer Baumaterialien (Bausande, Kiese, Feldsteine, Brechsand) um 4% stieg und mit 42% einen großen Teil der inländischen Entnahme ausmacht (vgl. ebd.). Auch in Bayern lässt sich eine Steigerung des Abbaus nicht-metallischer Mineralien mit 113 Millionen Tonnen im Jahr 2019 gegenüber 102 Millionen Tonnen im Jahr 2015 feststellen (vgl. ebd.: 20). Insgesamt lag Deutschland im Jahr 2019 laut Umweltbundesamt (2022b: 14) „bei der Entnahme nicht-nachwachsender Rohstoffe pro Kopf etwas über dem europäischen Durchschnitt“ und steht im Vergleich ausgewählter EU-Mitgliedsstaaten mit 10,1 Tonnen nicht-nachwachsender Rohstoffe pro Kopf an fünfter Stelle der Länder mit den höchsten Pro-Kopf-Rohstoffentnahmen (siehe Abbildung 38).

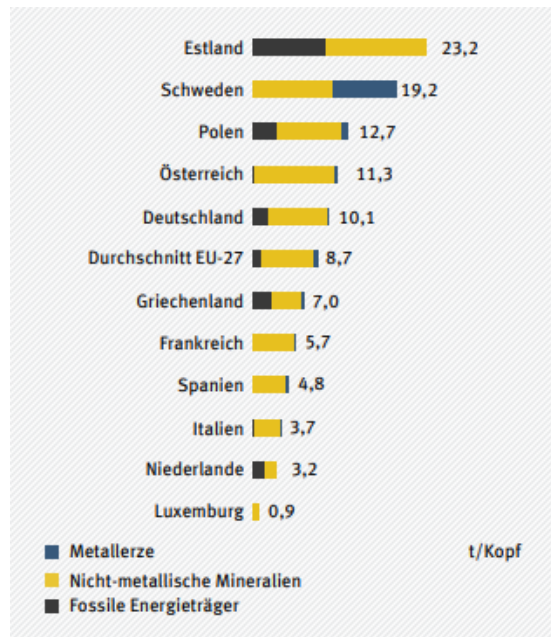


Abbildung 38: Vergleich der genutzten Entnahme nicht-nachwachsender Rohstoffe ausgewählter EU-Mitgliedsstaaten (pro Kopf) in 2019 (Umweltbundesamt 2022a: 15)

Nachwachsende Rohstoffe, zu denen Rohstoffe aus Land- und Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei zählen, machten im Jahr 2019 mit 211 Mio. Tonnen 22% der deutschen Rohstoffentnahme aus (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 16). Den größten Anteil stellten dabei mit 181 Mio. Tonnen landwirtschaftliche Rohstoffe dar, wobei Getreide mit 37% den Großteil einnahm (vgl. ebd.). Mehr als die Hälfte, ca. 57%, der inländischen Getreidenutzung entfiel im Wirtschaftsjahr 2018/19 dabei auf die Nutzung als Futtermittel (vgl. BLE 2020: 24). Die landwirtschaftliche Entnahme von Rohstoffen sank 2019, vor allem bedingt durch trockenheitsbedingte Ernterückgänge um 4%, während die Entnahme aus der Forstwirtschaft vor allem aufgrund von Waldschäden und daraus folgenden Einschlag von Nadelholz um 10% stieg (vgl. ebd.). In Bayern konnte im Jahr 2019 eine Steigerung der Biomasse-Entnahme von 59 Millionen Tonnen gegenüber 53 Millionen Tonnen im Jahr 2015 beobachtet werden (vgl. ebd.: 20). Deutschland lag im Jahr 2019 mit 3,3 Tonnen insgesamt unter dem europäischen pro-Kopf-Durchschnitt der Entnahme nachwachsender Rohstoffe (vgl. ebd.: 17).

Entwicklung der genutzten Rohstoffentnahme in Deutschland, 1994–2020

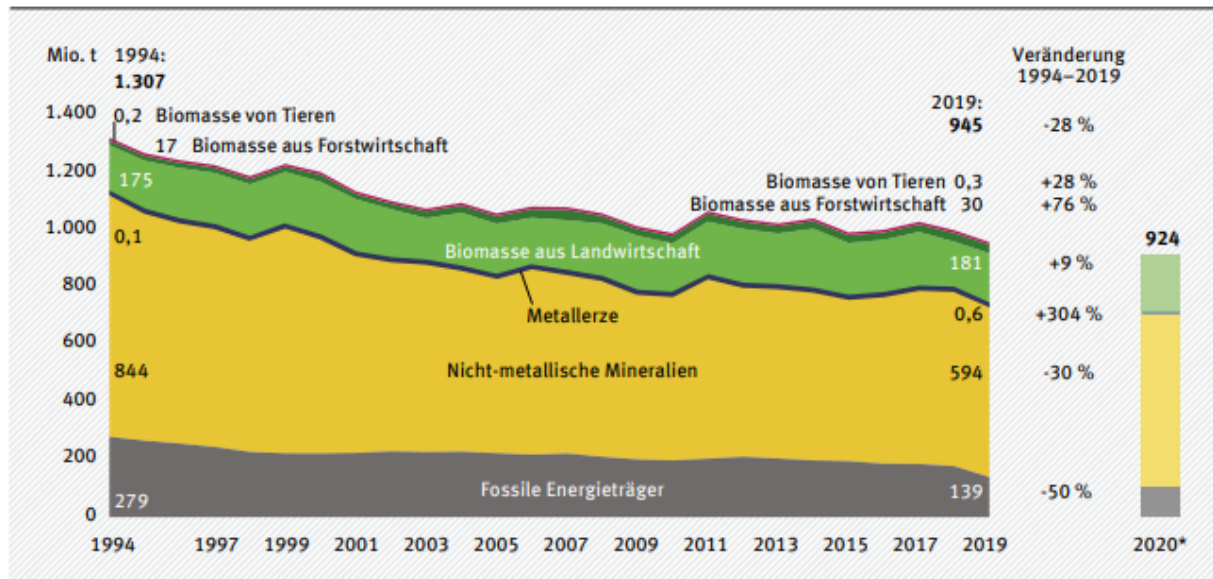


Abbildung 39: Entwicklung genutzte Rohstoffentnahme Deutschland (Umweltbundesamt 2022a: 18)

Das Umweltbundesamt (2022b: 18) kommt in seinem Ressourcenbericht zu dem Ergebnis, dass die Gesamtrohstoffentnahme in Deutschland von 1994 bis 2019 von 1.307 Mio. Tonnen auf 945 Mio. Tonnen und somit um 28% zurückgegangen ist (siehe Abbildung 39). Ursachen hierfür finden sich beispielsweise in einer höheren Produktivität der Rohstoffnutzung, der Nutzung von Sekundärrohstoffen aber auch im Hinblick auf die verstärkte Nutzung Erneuerbarer Energien zur Substitution fossiler Energieträger (vgl. ebd.). Steigender Futtermittelbedarf sowie die Verwendung nachwachsender Rohstoffe als alternative Energieträger begründen Zunahmen in der Rohstoffentnahme von Biomasse (vgl. ebd.: 19). Im Bereich nachwachsender Rohstoffe wird zudem aufgrund angestrebter Dekarbonisierung der Wirtschaft ein weiterer Anstieg erwartet (vgl. ebd.: 17, 19).

Neben der Rohstoffentnahme kommt dem Umgang mit anfallenden Reststoffen im Sinne der Ressourceneffizienz eine bedeutende Rolle zu. Die Auswirkungen eines effizienten Umgangs mit Rohstoffen und Reststoffen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft auf den Flächenverbrauch werden abschließend in Kapitel fünf dargestellt. Im Jahr 2019 betrug das Netto-Abfallaufkommen rund 360,3 Mio. Tonnen und fiel damit im Vergleich zum Jahr 2000 um ca. 11 % niedriger aus (vgl. Umweltbundesamt 2022b: 9) Jedoch liegt das Gesamtabfallaufkommen in Deutschland seit ca. 20 Jahren auf hohem Niveau (vgl. ebd.). Dabei stammen rund 55 % des Abfallaufkommens aus der Baubranche (vgl. Cradle to Cradle NGO 2023: 10). Zu entsorgende Verpackungsabfälle erreichten in den Jahren 2018 und 2019 mit 18,9 Mio. Tonnen ihren Höchststand (vgl. WWF DEUTSCHLAND 2023: 20). Im Jahr 2021 ergaben sich in Deutschland je nach Abfallkategorie folgende Recyclingquoten (vgl. Statistisches Bundesamt 2021a):

- 88% bei Bau- und Abbruchabfällen (z.B. Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik, Holz, Glas, Kunststoff, Metalle, Boden, Steine, Dämmmaterial, Gips)
- 68% bei Siedlungsabfällen (Haushaltsabfälle, ähnliche gewerbliche und industrielle Abfälle, Abfälle aus Einrichtungen)
- 49% bei übrigen Abfällen, insbesondere aus Produktion und Gewerbe (z.B. Abfälle aus der Holzverarbeitung, Landwirtschaft, Abwasserbehandlung, Textilindustrie, Beschichtungen, Aufsaug- und Filtermaterialien)

Laut Umweltbundesamt (2022c: 7) stellten die aus dem Recycling „gewonnenen Sekundärrohstoffe [...] 2019 circa 12% aller in Deutschland genutzten Rohstoffe dar“. Die höchste Recyclingquote liegt dabei mit 32% bei Metallen, während sie mit 2% bei fossilen Rohstoffen zur energetischen Verwertung am niedrigsten ausfällt (vgl. ebd.)

2.5.3 Flächeninanspruchnahme und -konkurrenzen

Laut Statistischem Bundesamt (2024) werden in Deutschland 134.000 Hektar und somit 0,4% der verfügbaren Fläche Deutschlands für Tagebau, Gruben, Steinbrüche und Bergbaubetriebe genutzt. Dies entspricht vergleichsweise der Gesamtfläche aller in Deutschland vorhandenen Moore und Sümpfe. Die tägliche Flächenneuanspruchnahme für Tagebau zum Abbau von Rohstoffen betrug im Jahr 2022 rund 7,7 Hektar (vgl. Umweltbundesamt 2024a). Besonders der Abbau von Rohstoffen zur Herstellung von Baustoffen, Produkten und zur energetischen Sanierung hat Einfluss auf die Flächeninanspruchnahme. Laut Umweltbundesamt (2023g) entfielen „vom täglichen Flächenverbrauch durch Tagebau [...] im Jahr 2022 pro Tag rund 4,3 ha auf den Abbau von Bau- und Industriemineralien, 1,8 ha auf den Abbau von Torf und 1,6 ha auf den Abbau von Braunkohle“ (siehe Abbildung 40).

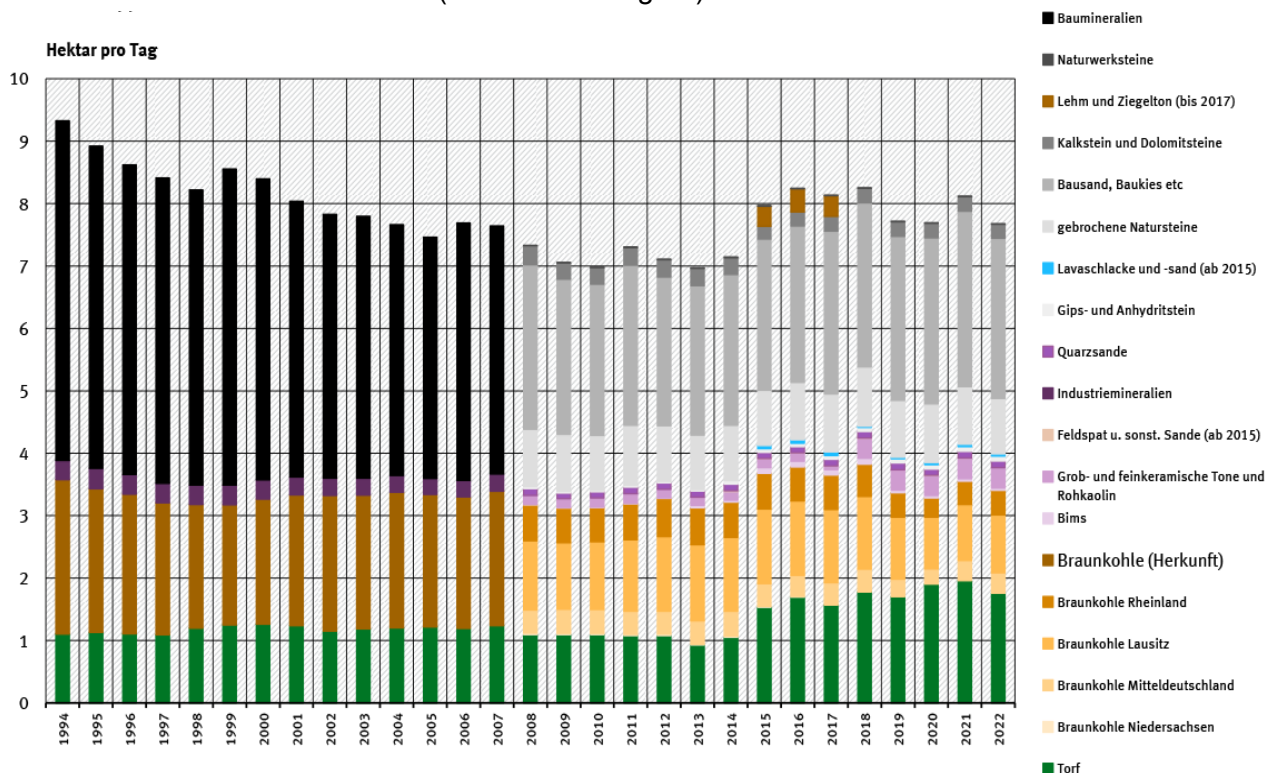


Abbildung 40: Flächenverbrauch durch inländische Entnahme von Rohstoffen im Tagebau (Umweltbundesamt 2024a)

In Bayern wurden im Jahr 2021 15.552 Hektar und somit 0,2% der Gesamtfläche Bayerns als Abbaufäche genutzt, wobei sich der Wert um 100 Hektar gegenüber dem Wert von 2020 mit 15.452 Hektar erhöhte (vgl. Bayerisches Landesamt für Statistik 2022). Problematische Folgen des Rohstoffabbaus stellen vor allem die Belegung, Überformung von Flächen und die nur schwer oder nicht umkehrbaren Eingriffe in bestehende Ökosysteme dar. Durch den Eingriff von (Unter-)Tagebau in die Landschaft werden neben der wahrnehmbaren Gestalt der Landschaft besonders Wasserhaushalt, Struktur der Böden und ihre Fruchtbarkeit verändert (vgl. Umweltbundesamt 2023e). Gleichzeitig besteht die Gefahr unvorhersehbarer Senkungen oder Setzungen, welche Schäden an Kultur- und Sachgütern zur Folge haben können (vgl. ebd.). Aufgrund eben dieser Gefahr des Absenkens wird eine anschließende Bebauung ehemaliger (Unter-)Tagebauflächen nicht forciert (vgl. ebd.). Nach erfolgreicher Rekultivierung können geeignete Flächen zwar der land- oder forstwirtschaftlichen Nutzung zugeführt oder durch Flutung neue Ökosysteme geschaffen werden, die Rekultivierung dieser Flächen kann jedoch Jahre bis Jahrzehnte in Anspruch nehmen, in denen die Flächen keiner Nutzung zugeführt werden können und nur wenig ökologisches Potenzial aufweisen. Auch hinsichtlich der Entnahme nachwachsender Rohstoffe als Ersatz fossiler und nicht-nachwachsender Rohstoffe zeigen sich flächenproblematische Dynamiken. Zielkonflikte ergeben sich dabei vor allem in der Forcierung einer Bioökonomie und dem verstärkten Einsatz biogener Ausgangsstoffe für die energetische Verwertung bei gleichzeitigem Ziel einer nationalen Ernährungssicherheit. So zeigt sich die Relevanz des nachwachsendem Ausgangsstoffes Holz als Energieträger sowie für die Herstellung von Produkten und Baustoffen aktuell mit einer hohen Flächeninanspruchnahme. Rund 32% und somit 11,4 Millionen Hektar der Gesamtfläche Deutschlands entfallen aktuell auf Waldflächen, von denen mit der dritten und aktuellen Bundeswaldinventur im Jahr 2012 10,9 Millionen Hektar (rund 96%) als Holzboden und somit als dauernd zur Holzherzeugung bestimmte Fläche eingestuft wurden (vgl. Osterburg et al. 2023: 31; BMEL 2018: 6,7). Zusätzlich können politische Strategien wie die EU-Biodiversitätsstrategie und die EU-Waldstrategie als auch eine verstärkte Nutzung des Rohstoffes Holz im Sinne einer nachhaltigen Bauweise, wie sie bspw. auch durch die Bayerische Bioökonomiestrategie (vgl. Bayerisches Staatsministerium 2020: 40) angestrebt wird, zur zukünftigen Ausweitung von Waldflächen führen (vgl. Osterburg et al. 2023: 32). Beobachtungen der letzten Jahrzehnte zeigen dabei, dass eine steigende Relevanz von Wäldern in Deutschland mit einer Flächennutzungsänderung zu Lasten landwirtschaftlich genutzter Flächen, darunter vor allem Grünland und einem geringen Anteil Ackerflächen, einherging (vgl. ebd.: 9). Und dennoch deckt die bisherige Landnutzung nicht den aktuellen Bedarf der deutschen Holzindustrie, welche für die Herstellung von Produkten mit mehr als 20 Millionen Hektar beinahe die doppelte national verfügbare Forst- und Waldfläche benötigt und somit über einen relevanten globalen Fußabdruck verfügt

(vgl. Umweltbundesamt 2023e). Der Anbau sonstiger nachwachsender Rohstoffe, wie Industriepflanzen für die stoffliche Verwertung im Sinne einer Bioökonomie, spielt aktuell mit zwei Prozent der 50% landwirtschaftlich genutzten Fläche Deutschlands eine untergeordnete Rolle (vgl. Rupp 2020: 3). Der Großteil der Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft wird für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie als Energieträger verwendet (vgl. Kircher 2023: 19). Auch in Bayern wurde im Jahr 2018 mit 14% nur ein geringer Teil der landwirtschaftlichen Fläche für den Anbau nachwachsender Rohstoffe außerhalb der Lebens- und Futtermittelproduktion genutzt (vgl. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 2020: 37). Der Großteil dieser Rohstoffe (91%) wurde dabei einer energetischen Verwertung zugeführt (vgl. ebd.).

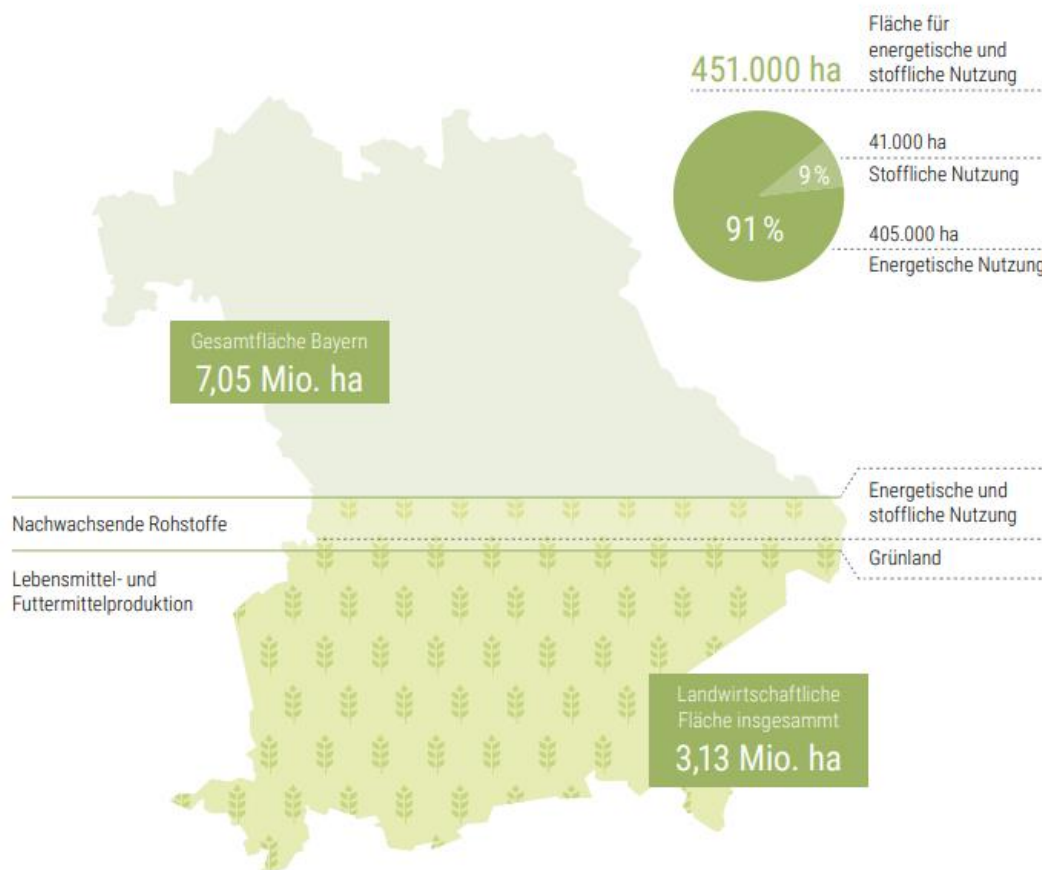


Abbildung 41: Landwirtschaftliche Flächennutzung Bayern in 2020 (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 2020: 37)

Durch die Bundesregierung (2019: 19) wird mit dem Klimaschutzprogramm 2030 keine weitere Ausweitung der Anbauflächen für Bioenergie angestrebt, da diese gegenüber Technologien wie Photovoltaikanlagen geringere Flächeneffizienz aufweisen (vgl. Hennenberg und Böttcher 2023: 21-22). Sollen jedoch in Zukunft verstärkt nachwachsende Rohstoffe für die stoffliche Verwertung eingesetzt werden, zeigen sich an dieser Stelle dennoch Flächennutzungskonkur-

renzen, vor allem hinsichtlich landwirtschaftlicher Flächen zur Lebens- und Futtermittelproduktion (vgl. Hennenberg und Böttcher 2023: 32). Auch das Umweltbundesamt (2022b: 17) verweist in seinem Ressourcenbericht auf bestehende Zielkonflikte bei der inländischen Steigerung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe für die weitere Verwendung, vor allem hinsichtlich begrenzt verfügbarer Anbauflächen und möglichen Umweltauswirkungen. Ein Rechenbeispiel von Rupp und Blum (2020: 2) zur Herstellung des biobasierten Kunststoffes PLA für Folien, Becher, Schalen und ähnliches verdeutlicht diesen Flächenkonflikt bei gleichbleibenden Konsummustern: Würden die in Deutschland im Jahr 2017 rund 3,2 Millionen produzierten Tonnen Kunststoff auf biobasierte Herstellung umgestellt, würden 4,8 Millionen Tonnen Zucker oder 5,4 Millionen Tonnen Stärke benötigt werden (vgl. ebd.). Dies führe entweder zu einer Steigerung der Anbaufläche von Zuckerrüben um 35%, einer Verwertung der Hälfte der in Deutschland angebauten Menge an Mais und Getreide oder der Verfünffachung des Anbaus von Kartoffeln – ausschließlich für die Substitution eines Kunststoffes (vgl. ebd.). Ein weiteres Beispiel zur Veranschaulichung des Flächenkonflikts bei Umstellung auf biobasierte Lösungen bei gleichbleibenden Produktions- und Konsummustern ist die Herstellung von Autoreifen, welche bei vollständigem Ersatz von Natur- und Synthetikgummi durch Löwenzahn-basierten Latex 14% der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands in Anspruch nehmen würde (vgl. Spangeberg und Kuhlmann 2020: 27).

2.5.4 Mögliche Entwicklungspfade

Das vorherige Kapitel zeigt die nachteiligen Auswirkungen des Abbaus fossiler und nicht-nachwachsender Rohstoffe zur stofflichen Nutzung auf die Fläche. Auch aufgrund der mit dem Abbau und der Verarbeitung fossiler Rohstoffe einhergehenden hohen Treibhausgasemissionen wird die Nutzung dieser Rohstoffe politisch nicht forciert und der Ersatz durch nachwachsende Rohstoffe, bspw. durch die Umsetzung der nationalen Bioökonomiestrategie, angestrebt (vgl. Bundesregierung 2019: 162). Die politischen und gesellschaftlichen Bestrebungen einer Rohstoffwende zeichnen sich in Teilen in den langfristigen Statistiken ab (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 19). Seit 1994 ging die inländische Rohstoffentnahme nicht-nachwachsender Rohstoffe um 35% zurück, die Entnahme von nicht-metallischen Mineralien bleibt aber aufgrund des hohen Baustoffbedarfs der deutschen Bauindustrie weiterhin auf hohem Niveau (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 6, 14). Dennoch wird der Rückgang der Flächeninanspruchnahme für den Abbau fossiler und nicht-nachwachsender Rohstoffe sowie Rückgang oder Stagnation für die Erzeugung von Biokraftstoffen, bspw. aufgrund zunehmender Effizienzen, dem Einsatz von Sekundärrohstoffen und Schließen von Rohstoff- und Materialkreisläufen prognostiziert (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 19; Osterburg et al. 2023: 16, 59). Hinsichtlich der insgesamt Flächennutzung kommt die Modellierung von Prakash et al. (2023: 73) zu dem Ergebnis, dass bis zum Jahr 2045 ein Rückgang der Landnutzung um 2,5 Millionen Hektar (8% der aktuell 31

Millionen Hektar aktiv genutzter Fläche) wahrscheinlich ist, wenn sich Trends in der Änderung des Konsumverhaltens (vermehrt pflanzenbasierte Nahrung) und technologischem Fortschritt fortschreiben. In dieser Prognose wird jedoch auch davon ausgegangen, dass bereits verabschiedete und angestoßene Ziele und Maßnahmen in Richtung Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz umgesetzt wurden (vgl. Prakash et al. 2023: 303). Gleichzeitig wird die Zunahme des Bedarfs nachwachsender Rohstoffe angenommen, unter anderem, um fossile und nicht-nachwachsende Rohstoffe zu ersetzen (vgl. BMBF 2020: 39; Umweltbundesamt 2022a: 19). Auch in der bayrischen Bioökonomiestrategie wird als Ziel die „Reduzierung des Verbrauchs fossiler Rohstoffe durch die Umsetzung einer nachhaltigen, zukunftsfähigen Wirtschaftsweise und die Entwicklung nachhaltiger, biobasierter Technologien, Prozesse und Produkte“ formuliert (Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 2020: 11). Für die Substitution dieser fossilen und nicht-nachwachsenden Rohstoffe durch biogene Lösungen kommen verschiedene Entwicklungspfade mit unterschiedlicher Auswirkung auf Flächen und Ökosysteme in Frage: Zum einen könnte der inländische Anbau von Biomasse für die stoffliche Verwertung gesteigert werden. Die Rechenbeispiele des vorherigen Kapitels zeigen an dieser Stelle exemplarisch den Umfang der benötigten Anbausteigerung auf. Eine Möglichkeit diesem Bedarf zu begegnen, stellt die Intensivierung des Anbaus dar, welche jedoch mit dem Risiko der Fortschreibung einer auf Monokulturen basierten, industriellen Landwirtschaft und ihren negativen Folgen auf Biodiversität, Bodenfruchtbarkeit, Wasserqualität und Klima einhergeht und extreme Wetterereignisse begünstigt (vgl. BMBF 2020: 39; Umweltbundesamt 2022a: 19). Eine weitere Option ist die Ausweitung der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe, was wiederum, wie in Kapitel 3 aufgezeigt, zu Flächennutzungskonkurrenzen landwirtschaftlicher Flächen für die Lebens- und Futtermittelproduktion aber auch Siedlungs- und Infrastrukturausbau sowie Flächen für Erneuerbare Energien führen würde (vgl. BMBF 2020: 39). Bisherige Entwicklungspfade Deutschlands zeigten zudem eine Externalisierung der Flächenbelegung und -umwandlungen von Grünland und Wald (vgl. Gerhardt et al. 2022: 17). Laut der Auswertung des Ressourcenberichts 2022 war Deutschland im Jahr 2020 mit 119 Millionen Tonnen importierter gegenüber 103 Millionen Tonnen exportierter Biomasse Nettoimporteur von Biomasse (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 27). Auch im ‚Flächenfußabdruck‘ Deutschlands lassen sich Verlagerungen erkennen: im Jahr 2018 wurde für die in Deutschland konsumierten Güter eine Flächeninanspruchnahme von 19 Millionen Hektar (25%) deutscher Flächen und 55 Millionen Hektar (75%) ausländischer Flächen festgestellt, wobei vor allem der Import von Produkten aus der Land- und Forstwirtschaft den globalen Flächenfußabdruck Deutschlands beeinflusst (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 72). Wie in Abbildung 42 erkenntlich, zeichneten sich 2018 vor allem in den USA, Polen und Brasilien Flächenbelegungen durch den deutschen Rohstoffkonsum ab, wobei es sich in Brasilien vor allem um Waldflächen, bspw. für die Produktion von Zellstoff handelte (vgl. ebd.). Zwischen 1990

und 2018 zeigte sich jedoch hinsichtlich der Wald- und Grünlandflächen ein Rückgang des globalen Flächenfußabdruck Deutschlands (vgl. Umweltbundesamt 2022a: 72).

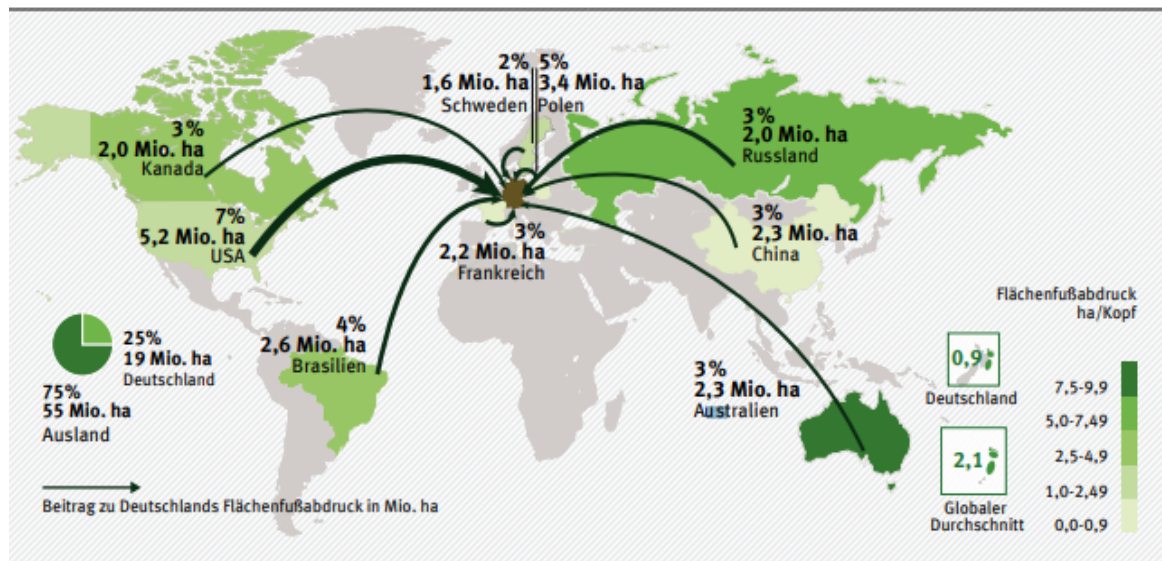


Abbildung 42: Anteil der größten Herkunftsländer am Flächenfußabdruck Deutschlands in 2018 (Umweltbundesamt 2022a: 72)

Berechnungen von Bringezu et al. (2020: 82-84) prognostizieren bis 2030 eine weitere Abnahme der globalen Flächenbelegung Deutschlands für Agrar- und Forstrohstoffe, bspw. aufgrund von erhöhten Rohstoffeffizienzen, Änderungen der Konsummuster, wie reduziertem Fleischkonsum oder verringerter Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung. Möglich ist eine geringere globale Flächeninanspruchnahme aber auch durch intensiviere Nutzung der Flächen, welche oftmals mit folgeschweren ökologischen Auswirkungen einhergeht (vgl. Bringezu et al 2020: 10; Umweltbundesamt 2022a: 73).



Abbildung 43: Mögliche Entwicklungspfade (eigene Darstellung)

2.5.5 Mögliche Lösungsansätze und Ausblick

Wie kann also ein verringerter Abbau fossiler und nicht-nachwachsender Rohstoffe und die Umstellung auf nachwachsende Rohstoffe bei gleichzeitiger Vermeidung globaler Externalisierungen der Flächeninanspruchnahmen sowie nationalen Landnutzungsänderungen mit negativen Auswirkungen auf Klima, Biodiversität und Gefährdung der nationalen Ernährungssicherheit gelingen? Nachfolgend werden exemplarisch Lösungsansätze aus den Bereichen ‚Zirkularität und Effizienz‘, ‚Nutzung und Anbau von Biomasse‘, ‚Suffizienz‘ und ‚Resilienz‘ vorgestellt, wobei der Großteil der Ansätze insgesamt auf einem zirkulären und effizienten Umgang mit Ressourcen basiert. In Abbildung 44 werden weitere Ansätze in den genannten Bereichen abgebildet und deren Wechselwirkungen angedeutet.



Abbildung 44: Lösungsansätze und Synergien Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft (eigene Darstellung)

Ein besonders großes Potenzial der Reduzierung des Flächenverbrauchs und einer effizienten Nutzung von Fläche und weiteren Ressourcen ergibt sich durch die Umsetzung eines auf geschlossenen Kreisläufen basierenden Wirtschaftssystems. Zu diesem Ergebnis kommt beispielsweise die Modellierung von Prakash et al. (2023), in welcher anhand der Untersuchung ausgewählter Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen und Betrachtung verschiedener Szenarien ökonomische und ökologische Folgen bis 2045, darunter auch die Wirkung auf die Landnutzung, analysiert wurden (vgl. Prakash et al. 2023: 18). Die Studie berücksichtigt folgende Szenarien (vgl. ebd.: 303-306):

- Baseline-Szenario (ähnlich dem Status Quo),
- Technologie-Szenario (Fokus auf Umsetzung technologischer Maßnahmen)
- Verhalten-Szenario (Fokus auf Änderungen des Konsumverhaltens)
- Mix-Szenario (Umsetzung Circular Economy sowohl produkt- als auch konsumseitig).

Erfolgt vor allem eine Umsetzung technologischer Maßnahmen brächte dies laut Modellierung bis 2045 einen Rückgang der Landnutzung um 2,4 Millionen Hektar mit sich, während sich durch Verhaltensänderungen ein Rückgang von 6,8 Millionen Hektar erzielen ließe (vgl. Prakash et al. 2023: 73). Die Umsetzung der Maßnahmen im Mix-Szenario (Modell Deutschland Circular Economy), welche Technologie und Verhalten betreffen, hat das Potenzial, die Landnutzung bis 2045 um 8,5 Millionen Hektar zu reduzieren, was etwa 25% der Fläche Deutschlands entspräche (vgl. ebd.). Die größten Potenziale hinsichtlich einer Senkung des Rohstoff- und Flächenverbrauchs und der Stärkung der Biodiversität liegen dabei bei Lebensmitteln und Ernährung, Fahrzeugen, Hochbau und Textilien, wobei auch in diesen Bereichen Verhaltensänderungen maßgebliche Hebel darstellen, wie im Bereich ‚Suffizienz‘ aufgezeigt wird (vgl. ebd.). Doch auch produktionsseitig zeigen sich **zirkuläre und effiziente Lösungsansätze** mit viel Potenzial. Dazu zählen zum einen Lösungsansätze mit direktem Produktbezug, wie ein kreislauffähiges und langlebiges Produktdesign, Komponentenaufbau von Produkten, Faser-zu-Faser-Recycling sowie Wiederanreicherung und Wiederverwertung eingesetzter Rohstoffe. Im Bereich Flächen- und Gebäudemanagement werden im Sinne einer Kreislaufwirtschaft besonders Ansätze diskutiert, die den Ressourcenbedarf und Flächendruck durch effiziente und flexible Bauweise und Rohstoffrecycling mindern können. So kann bei nötigem Neubau von Gebäuden oder Sanierungen darauf geachtet werden, dass die entstehenden Flächen im Sinne ‚adaptable spaces‘ mehrfach genutzt oder flexibel an Bedarfe angepasst werden können, beispielsweise durch flexibel änderbare Grundrisse mit Hilfe bewegbarer Wände (vgl. Borkmann et al. 2023: 16). Durch eine längere Lebensdauer von Gebäuden und einer daraus resultierenden Senkung der Neubauaktivitäten ergibt sich zudem die Chance, den Rohstoffkonsum im Hochbau um 11,1% zu senken (vgl. WWF 2023: 46). Rohstoffe lassen sich auch einsparen, wenn Gebäude im Rahmen von ‚urban mining‘ als Materialbanken betrachtet und anfallende Baustoffe und Bauteile bei Abriss für die weitere Verwendung berücksichtigt werden

(vgl. Gebetsroither et al. 2024: 24). Ein Instrument hierfür stellen Gebäuderessourcenpässe dar, wie sie beispielsweise bereits in Österreich Verwendung finden. Im Jahr 2023 wurde auch von der Deutschen Bundesregierung ein erster Entwurf für die Einführung von Gebäuderessourcenpässen veröffentlicht. Um die Wiederverwendungsquote von Bauteilen zu erhöhen, kommt der Standardisierung von Bauteilen dabei eine zentrale Rolle zu (vgl. Prakash et al. 2023: 86-87). Neben zirkulären Maßnahmen mit direktem Bezug zu Rohstoffverwendung und Bauweise wird im Absatz Suffizienz die Rolle von Verhaltensänderungen im Bereich der Büro- und Wohnrauminanspruchnahme verdeutlicht.

Für **Nutzung und Anbau nachwachsender Rohstoffe** lassen sich perspektivisch verschiedene Ansätze und Anwendungsgebiete identifizieren. Dabei lassen sich auch fossile und nicht-nachwachsende Stoffe an einigen Stellen durch nachwachsende Rohstoffe ersetzen. Beispielsweise kann auf den Einsatz regional verfügbarer Naturmaterialien, wie Stroh oder Holz als Baumaterialien zurückgegriffen werden, die im Vergleich zu Stahl und Beton durch die Speicherung von CO₂ einen geringeren ökologischen Fußabdruck besitzen. Auch im Bereich der oftmals auf fossilen Rohstoffen basierenden chemischen Industrie liegen Potenziale einer biogenen Substitution (vgl. Umweltbundesamt 2020: 63). Um eine größtmögliche (Flächen-)Effizienz und langfristige Kohlenstoffbindung zu erzielen, eignen sich nachwachsende Rohstoffe vor allem für eine kaskadische oder zirkuläre Nutzung und sollten erst nach vorheriger stofflicher Nutzung einer energetischen Verwertung zugeführt werden (vgl. BMBF 2020: 15). Damit Nutzungskonkurrenzen der stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe minimiert werden können, ist zudem ein stärkerer Fokus auf die Nutzung alternativer Erneuerbarer Energien (z.B. Sonnen- und Windenergie) sowie die Verwertung von Sekundärstoffen nötig (vgl. Bioökonomierat 2023: 47). Denn neben dem Einsatz von Primärbiomasse zeigen auch diese Rest- und Abfallstoffe bisher ungenutzte Potenziale. Buller et al. (2022: 16) errechneten für das Jahr 2015 ein technisches Potenzial biogener Reststoffe, Nebenprodukte und Abfälle von 85,6 bis 139,6 Mio. Tonnen Trockenmasse, was etwa 7-22% der Nutzungsmenge von Biomasse im Jahr 2022 entspricht. Dennoch wird ein zusätzlicher Bedarf von Primärbiomasse prognostiziert (vgl. Hünecke und Hennenberg 2020: 37; BMBF 2020: 39; Umweltbundesamt 2022a: 19). Um nachhaltige Ertragssteigerungen nachwachsender Rohstoffe zu erreichen, empfiehlt der deutsche Bioökonomierat (vgl. 2022: 44-45) daher die Diversifizierung von Landnutzungssystemen, sodass sie mehrere Ökosystemleistungen erfüllen. Ein Beispiel hierfür sind Agro-Forst-Systeme, in denen der Anbau von Gehölzen mit landwirtschaftlicher Nutzung und/oder Tierhaltung verbunden wird. Auch die Kombination landwirtschaftlicher Flächen mit Energieerzeugung durch Agri-PV-Systeme kann das Landeffizienzverhältnis verbessern (vgl. Bioökonomierat 2023.: 14). Zudem können Anbausteigerungen durch die Nutzung degradierter Flächen oder die Bewirtschaftung alternativer landwirtschaftlicher Flächen,

wie die Wiedervernässung und Bewirtschaftung von Mooren in Form von Paludi-Kulturen, erzielt werden. Auch in urbanen Räumen ergeben sich durch bisher ungenutzte Flächen, wie Dach- oder Brachflächen Potenziale der landwirtschaftlichen Nutzung (urban farming), die den Flächendruck mindern können. De Simone et al. (2023: 5) errechneten beispielsweise in ihrer Potenzialstudie zu landwirtschaftlich nutzbaren Flächen Berlins, dass ca. 4.000 Hektar Berlins landwirtschaftlich genutzt werden könnten, davon fallen zwar rund 50% auf bereits bestehende (Klein-)Gärten, jedoch auch 546 Hektar auf Dachflächen. Bei notwendigen Anbausteigerungen sollten jedoch insgesamt im Sinne von Biodiversität, Boden- und Klimaschutz ganzheitliche, ökologische Intensivierungsstrategien angewendet werden (vgl. Umweltbundesamt 2020: 209-210).

Wie bereits zu Beginn des Kapitels erwähnt, liegt ein großer Hebel hinsichtlich der Flächennutzung in der Änderung von Konsumverhalten und **Suffizienz** im Sinne von Genügsamkeit und einem ‚Weniger-ist-mehr‘-Prinzip. (vgl. ebd. Die größte Wirkung einer Änderung des Konsumverhaltens zeigt sich im Bereich Ernährung durch die Umstellung zu einer fleischarmen und pflanzenbetonten Ernährungsweise und dem Konsum pflanzlicher Fleischalternativen und alternativen Proteinquellen sowie einer Vermeidung von Lebensmittelabfällen (vgl. Prakash et al. 2023: 102). Auf Basis der Modellierung könnte die für Lebensmittel genutzte Fläche dadurch bis 2045 um ca. 3,6 Millionen Hektar reduziert werden (vgl. ebd.: 104). Im Bereich Gebäude zeigen sich große Potenziale in der Senkung der Flächeninanspruchnahme von Büro- und Wohnraum durch suffiziente Bedarfsreduktion (vgl. ebd.: 154). Dementsprechend ist die Anpassung des Wohnraums an die eigenen, aktuellen Bedürfnisse (rightsizing) ein großer Hebel, da ‚unsichtbarer Wohnraum‘ durch ‚Wohnraumstimmigkeit‘ und zyklische Nutzung von Wohnraum vermieden und der Neubau von Wohnraum verringert werden kann (vgl. Fuhrhop: 2023: 56-57). Weitere Lösungsansätze stellen veränderte Nutzungsformen, wie die verstärkte Nutzung des ÖPNV, Sharing-Modelle (z.B. Car-Sharing), Produkte als Dienstleistungen, Second-hand-Konzepte oder verhaltensbedingte Materialreduktionen (z.B. durch Mehrweg-Systeme) dar, die zu einer Senkung des Ressourcenbedarfs beitragen. Zu berücksichtigen ist bei der Betrachtung von Potenzialen durch Verhaltensänderungen das Risiko sogenannter ‚Rebound-Effekte‘, die entstehen können, wenn Akteure durch Effizienzgewinne anders reagieren, bspw. durch freiwerdendes Einkommen mehr konsumieren, wodurch Potenziale (auch hinsichtlich der Flächenreduktion) möglicherweise nicht vollständig ausgeschöpft werden können (vgl. WWF Deutschland 2023: 87).

Im Bereich **Resilienz**, also der Widerstandsfähigkeit gegenüber negativen Einflussfaktoren, lassen sich beispielsweise Lösungsansätze festhalten, die auf Flexibilität und regionaler Verfügbarkeit von Rohstoffen basieren, um die Abhängigkeit von Rohstoffimporten zu minimieren. In ihrer Modellierung kommen Prakash et al. (2023: 8) zu dem Schluss, dass durch die Um-

setzung der berücksichtigten Maßnahmen einer Kreislaufwirtschaft in den betrachteten Sektoren bei 29 von 36 relevanten Rohstoffen eine Entspannung des Rohstoffbedarfs anzunehmen ist. Ursächlich hierfür ist neben sinkenden Rohstoffbedarfen auch das Mehrangebot nutzbarer Sekundärstoffe (vgl. Prakash et al. 2023: 8). Ein innovativer Lösungsansatz stellt beispielsweise die industrielle Symbiose dar, bei welcher auf Basis geographischer Nähe firmenübergreifend industrielle Neben- und Beiprodukte (wie Reststoffe, Abwärme und Abwasser) als Ressourcen für weitere (industrielle) Prozesse verwendet werden (vgl. Beckamp 2021: 4). Auch die Rückgewinnung und Weiterverwendung von Stoffen, wie Nährstoffen aus Klärwerken und deren Nutzung für den landwirtschaftlichen Anbau, können zu einer steigenden Resilienz und Versorgungssicherheit beitragen.

Insgesamt zeigt sich, dass der verstärkte Einsatz biogener Stoffe im Sinne einer Bioökonomie durch die Substitution fossiler und nicht-nachwachsender Rohstoffe einen positiven Beitrag zu einer Ressourcenwende leisten kann. Potenziale zeigen sich vor allem bei Einsparungen von Treibhausgasemissionen, der Vermeidung von Überformungen der Landschaften durch Abbau nicht-nachwachsender Rohstoffe sowie der Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten. Gleichzeitig birgt der verstärkte Einsatz nachwachsender Rohstoffe das Risiko von Landnutzungskonflikten, insbesondere mit Anbauflächen für Lebens- und Futtermittel, sowie die Intensivierung des landwirtschaftlichen Anbaus mit negativen ökologischen Folgen oder globaler Externalisierung der Landnutzung und Landnutzungsänderungen. Dementsprechend ist der reine Ersatz fossiler und nicht-nachwachsender Rohstoffe durch biogene Lösungen, wie anhand der in Kapitel 3 dargestellten Rechenbeispiele, in einem linearen Wirtschaftssystem keine nachhaltige Lösung. Dem gegenüber können durch die Umsetzung zirkulärer Lösungen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft und die daraus resultierende Senkung der Bedarfe nicht-nachwachsender und nachwachsender Rohstoffe Flächenkonflikte minimiert und die nachhaltige Umsetzung einer Bioökonomie gefördert werden. Neben der Weiterentwicklung technologischer Ansätze wird vor allem die zukünftige Entwicklung von Produktions- und Konsummustern und der sich daraus ergebende Rohstoffbedarf Einfluss auf die weitere Ausgestaltung einer Bioökonomie und ihrer Folgen haben.

3. Synthese

3.1 Zusammenfassung: Druck auf Fläche

Die Beleuchtung fünf verschiedener Themengebiete in Bezug auf Flächeninanspruchnahme über die vorangegangenen Texte soll herausstellen, wie aus diversen Landnutzungen Ansprüche an das endliche Gut Fläche gestellt werden und nun zusammengedacht werden. Allein das „Half-Earth-Ziel“ (WBGU 2020: 103) von 50% Schutzfläche im Namen von Biodiversität und Klimaschutz auf Deutschland anzuwenden und im Zusammenhang zu denken, dass etwas mehr als die Hälfte der Landesfläche bereits für Landwirtschaft verwendet wird, erzeugt einen ersten Widerspruch. Hinzu kommt, dass jene landwirtschaftliche Fläche unter den Bedingungen kontemporärer Ernährungsmuster noch nicht für den Eigenbedarf der Bevölkerung ausreicht (vgl. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2024), zusätzlich zu weniger flächenproduktiver ökologischer Landwirtschaft umgestellt werden soll, Elemente erhöhter biologischer Vielfalt enthalten soll, zu Teilen für die Produktion biologischer Rohstoffsubstitute verwendet werden soll und zu anderen Teilen zugunsten von Energieproduktion sowie Siedlungs- und Verkehrsentwicklung umgenutzt oder konvertiert wird. Die folgende Abbildung 45 versucht die hauptsächlichen Flächenansprüche dieser verschiedenen Verwendungsarten darzustellen.

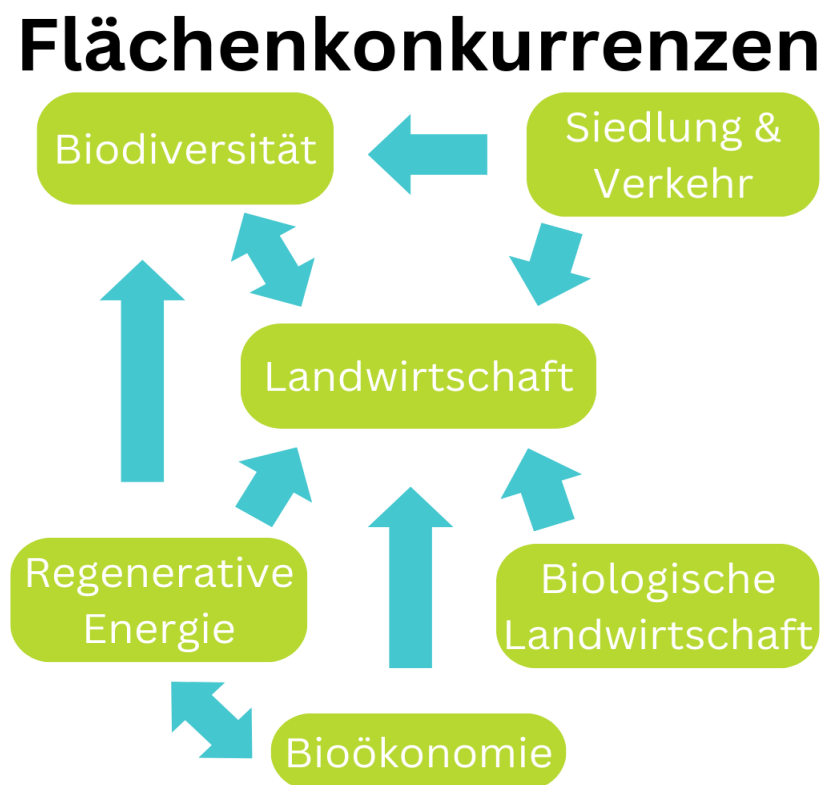


Abbildung 45: Flächenkonkurrenzen durch verschiedene Ansprüche (eigene Darstellung)

Da das „Half-Earth-Ziel“ ohnehin weltweit gedacht wurde, ist eine Umsetzung mit global verschiedenen Anteilen von Schutzfläche denkbar – wenn auch unter möglichen ethischen Vorbehalten von Fairness – aber es wird deutlich, dass unter aktuellen Bedingungen die an Fläche gestellten Ansprüche in Deutschland nicht vereinbar sind:

- Flächenverbrauchende Siedlungsentwicklung steht in Konkurrenz mit landwirtschaftlicher Fläche und Flächenschutzzielen, versiegelt und zerstört Böden und wirkt aktiv negativ auf Biodiversität ein.
- Flächenintensive Energieproduktion steht in Konkurrenz sowohl mit landwirtschaftlicher Fläche als auch Schutzfläche.
- Produktion biologischer Rohstoffe steht ebenfalls in Konkurrenz mit landwirtschaftlicher Fläche und Schutzfläche.

Somit ist landwirtschaftliche Fläche, gefolgt von ökologisch wertvoller Fläche, dem stärksten Konkurrenzdruck ausgesetzt.

Um eine ganzheitliche Perspektive auf die Konkurrenzfragen von Flächennutzung zu erreichen, betrachtet diese Arbeit neben den aufgeführten Ansprüchen auf Flächen auch jene Einflüsse, welche diese Ansprüche hervorbringen oder verstärken, Hemmnisse, welche die Ansprüche verfestigen und Lösungsansätze, wie mit den schließlich entstehenden Flächenkonkurrenzen umgegangen werden kann.

3.2 Übergreifende Trends und Einflüsse

Nicht nur die Flächenkonkurrenz zwischen den angesprochenen Bereichen, sondern auch äußere Einflüsse vergrößern bzw. beeinflussen den Flächendruck in Deutschland. Dazu gehören Wünsche bzw. Ziele der Politik oder das Normengerüst der Gesellschaft. Ein Wunsch ist es die Resilienz hinsichtlich verschiedener Aspekte (auch über die hier behandelten Themen hinaus, wie beispielsweise Katastrophen) zu verstärken, um Deutschland weniger vulnerabel zu machen (vgl. Die Bundesregierung 2022). Dazu gehört zum Beispiel die Energieversorgung oder die Lebensmittelversorgung. So liegt der deutsche Selbstversorgungsgrad für Lebensmittel 2020/2021 durchschnittlich bei 81% (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2024) was zeigt, dass beim aktuellen Ernährungsstil bestimmte Lebensmittel importiert werden. Im Anbetracht der Preissteigerungen von Lebensmitteln, wird der Wunsch erzeugt, Ernährung im eigenen Land decken zu können. Beispielsweise ist der Importpreis für Sojabohnen in der EU von 195 \$/Tonne 2001 auf 598 \$/Tonne 2023 gestiegen (vgl. Statista 2024b). Ähnliche Entwicklungen ergeben sich für die Energieversorgung in Deutschland. So werden ca. 70% des Energieaufkommens durch den Import von Energieträgern gedeckt (vgl. Umweltbundesamt 2024b). Besonders durch Krisen, wie die Gas- und Ölpreiskrise oder Kriege wird der Druck

verstärkt energetisch unabhängiger zu werden. Der Krieg in der Ukraine hat nicht nur zu einem extremen Preisanstieg von Erdgas geführt (Januar 2017 6,14 \$/Mio. Btu und August 2022 70,04 \$/Mio. Btu (vgl. Statista 2024a)), sondern auch zu einer Angst sich abhängig zu machen. Dieser dadurch gesteigerte Druck beeinflusst die Art und Weise des Ausbaus der erneuerbaren Energieproduktion dahingehend, dass schneller ausgebaut werden soll, weshalb auf einfache Methoden wie dem Ausbau auf Freiflächen zurückgegriffen wird. Wenn jedoch vorzugsweise Strategien genutzt werden, die zwar leicht umsetzbar sind, aber keine Doppelnutzung erlauben, verstärkt sich der Flächendruck weiterhin. Der Krieg hat nicht nur den Wunsch nach energetischer Unabhängigkeit, sondern auch nach Ernährungsunabhängigkeit verstärkt. Besonders Sonnenblumenöl und Weizen wird zu großen Teilen in der Ukraine und Russland produziert und macht Deutschland dabei zu Teilen abhängig (vgl. Statistisches Bundesamt 2023). Gesellschaftlich führen solche Krisen, wie Kriege oder auch die COVID-19-Pandemie, zu einer Angst vor Knappheiten, die sich z.B. in Hamsterkäufen äußert.

Auch die aktuelle Biodiversitätskrise lässt sich als eine Krise einstufen, die zum Handeln zwingt und dadurch die Flächenkonkurrenz steigert (vgl. BMUV 2023b). Diese hängt mit einer der größten Krisen der Gegenwart zusammen - der Klimakrise. Hierbei werden in vielerlei Hinsicht Veränderungen hervorgebracht, aus Angst oder sich verändernde Gegebenheiten. Zu nennen sind unter anderem für die einzelnen Themenbereiche: In Bezug auf die Biodiversität verstärkt sich der Druck zu Handeln und diese zu schützen, für die Ernährung ergibt sich der Druck Ernährungssicherheit zu schaffen, da Extremwetter die Nahrungsmittelproduktion auf der Welt verändert. Für die Energieproduktion ergeben sich negative Aspekte, da der Druck wächst unabhängiger von fossilen Brennstoffen zu werden. Für den Ausbau der Kreislaufwirtschaft und der Bioökonomie kann die Klimakrise ein Antrieb sein, da Nachhaltigkeit an Relevanz gewinnt und auch die Bereiche Wohnen und Verkehr werden beeinflusst, z.B. durch den Wunsch einer Mobilitätswende, angetrieben durch den Wunsch nach Klimaschutz und Nachhaltigkeit.

Krisen können also sowohl gesellschaftlichen Druck als auch Druck auf die Politik ausüben, da Probleme aktueller Systeme aufgezeigt werden. Auch Trends in der Gesellschaft lassen sich z.T. darauf zurückführen. Die Angst und der Wunsch nach mehr Sicherheit haben den Trend der Globalisierung hin zu mehr Lokalität und Re-Regionalisierung verschoben, um weniger abhängig zu sein (vgl. Zukunftsinstitut 2021). Dies kann wiederum als Antrieb für (lokale) Kreislaufwirtschaft oder mehr Nachhaltigkeit gesehen werden. Generell wirken Trends auf das menschliche Verhalten und damit auch indirekt auf Fläche. Langfristige und gesellschaftliche übergreifende Trends gibt es z.B. im Bereich Wohnen oder der Mobilität: Ein Leben im Einfamilienhaus gilt als erstrebenswert und auch in der Mobilität lässt sich seit Jahrzehnten der Trend individueller, flexibler Fortbewegung feststellen.

Krisen und Trends wiederum beeinflussen die Politik und die Zielvorgaben, die festgelegt werden. Diese stellen ebenfalls einen Einfluss auf die Flächendynamik dar, da diese zu Druck führen und Konkurrenzen verstärken können. In den oberen Kapiteln werden Zielvorgaben genannt und deren Auswirkungen auf Fläche beschrieben. Eine fehlende Priorisierung der politischen Ziele und Wünsche hinsichtlich der knappen Fläche, führt zu Unvereinbarkeit und Konflikten zwischen den Themenbereichen.

3.3 Synergetische Lösungsansätze

Wie in den sektoralen Perspektiven dargestellt, können unterschiedliche Lösungsansätze einen Beitrag zu einem nachhaltigen Flächenumgang leisten. Allerdings lässt sich feststellen, dass einzelne Lösungsansätze ausschließlich einen positiven Effekt auf den betrachteten Sektor haben, andere sogar zu Flächennutzungskonkurrenzen mit weiteren Sektoren führen. Dennoch existieren auch Lösungsansätze, die zu sektorübergreifenden Synergieeffekten und einer Entlastung des Flächennutzungsdrucks führen können. Nachfolgend wird eine Auswahl dieser ‚multi-solving-Ansätze‘ dargestellt. Weitere sektorübergreifende Lösungsansätze finden sich in Abbildung 47.

3.3.1 Diversifizierung von Landwirtschaftssystemen

Um möglichen Anbausteigerungen bei gleichzeitigem Ziel einer nachhaltigen Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen zu begegnen, stellt die Mehrfachnutzung innerhalb von Landwirtschaftssystemen einen vielversprechenden Ansatz dar. Erste theoretische Überlegungen hierzu gab es bereits in den 70er und 80er Jahren unter dem Konzept der ‚differenzierten Landnutzung‘ (vgl. Odum 1969, 1971; Haber 1998). Aufgrund der durch den WBGU (2020: 22) als „Trilemma der Landnutzung“ beschriebenen Krisen (Klimakrise, Krise des Ernährungssystems, Biodiversitätskrise) und dem Druck auf Landschaften durch multiple Flächenansprüche gewinnt dieses Konzept zunehmend an Bedeutung (vgl. Walz et al. 2022: 506). Diversifizierte Landwirtschaftssysteme sollen dabei im Sinne von Mehrgewinnstrategien Nachhaltigkeits-, Klimaanpassungs-, Biodiversitäts- sowie Klimaschutzansprüchen dienen als auch zur Ernährungssicherheit durch hohe Flächenerträge beitragen. Dabei ist davon auszugehen, dass kaum ein System allen Ansprüchen gerecht werden kann, sie sich jedoch gegenseitig ergänzen und zu einer Minimierung von Zielkonflikte beitragen (vgl. WBGU 2020: 149).

Agroforstsysteme

Große Potenziale hinsichtlich der Multifunktionalität von Flächen ergeben sich dabei vor allem bei der Etablierung von Systemen im Sinne einer Agroforstwirtschaft. Darunter werden laut dem Deutschen Fachverband für Agroforstwirtschaft e.V. (2022: 3)

„multifunktionale Landnutzungssysteme [verstanden], bei denen landwirtschaftliche oder gärtnerische Kulturpflanzen zusammen mit Gehölzen auf ein und derselben Bewirtschaftungsfläche angebaut und genutzt werden. Dies kann auch in Kombination mit Grünland bzw. der Nutztierhaltung erfolgen“.

Diese Kombination verschiedener Nutzungen kann zu einer höheren Flächeneffizienz sowie durch das Einfügen von Landschaftselementen wie Heckenpflanzungen und Baumreihen auch zur Minderung von Winderosionen durch Verminderung der Windgeschwindigkeit beitragen (vgl. Zehlius-Eckert et al. 2020: 7). Hierdurch kann einer Verminderung der Bodenfruchtbarkeit durch Abtrag der obersten Bodenschicht vorgebeugt werden. Weiterhin können derartige Systeme durch die Bindung von CO₂ in den Gehölzen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten (vgl. ebd.: 11). Allerdings entscheidet die anschließende Verwendung des Holzes über die Kohlenstoffdioxid-Bilanz – bei einer stofflichen Verwendung, beispielsweise als Baumaterial, fällt diese besser aus als bei einer energetischen Verwertung (vgl. ebd.). Neben positiven Auswirkungen auf den Boden (wie Humusanreicherung und Vitalisierung des Bodenlebens) können derartige Systeme je nach Ausgestaltung positive Effekte auf die Biodiversität haben (vgl. ebd.: 10). Jedoch lässt die Studienlage zur Auswirkung von Agroforst-Systemen auf Biodiversität aufgrund der zahlreichen Möglichkeiten in der Ausgestaltung solcher Systeme und unterschiedlichen Ergebnisse keine allgemeingültigen Aussagen zu. Durch das Einfügen neuer Landschaftselemente können neue Lebensressourcen, wie Rückzugs- und Nahrungshabitate geschaffen werden (vgl. Osterburg et al. 2023: 61). Gleichzeitig „wirken sich Gehölze prinzipiell auf etliche Vogelarten der Offenlandschaft negativ aus“ (Osterburg et al. 2023: 61). Eine valide Bewertung der Auswirkungen auf Biodiversität hängt dementsprechend vom lokalen Kontext und der Ausgestaltung des Agroforst-Systems ab. Neben den nachfolgend beschriebenen Mehrgewinnstrategien Agri-PV und Wiedervernässung sowie Nutzung von Mooren werden weitere Lösungsansätze wie Ökolandbau und urbane Landwirtschaft in den Kapitel 2 und 3 beschrieben.

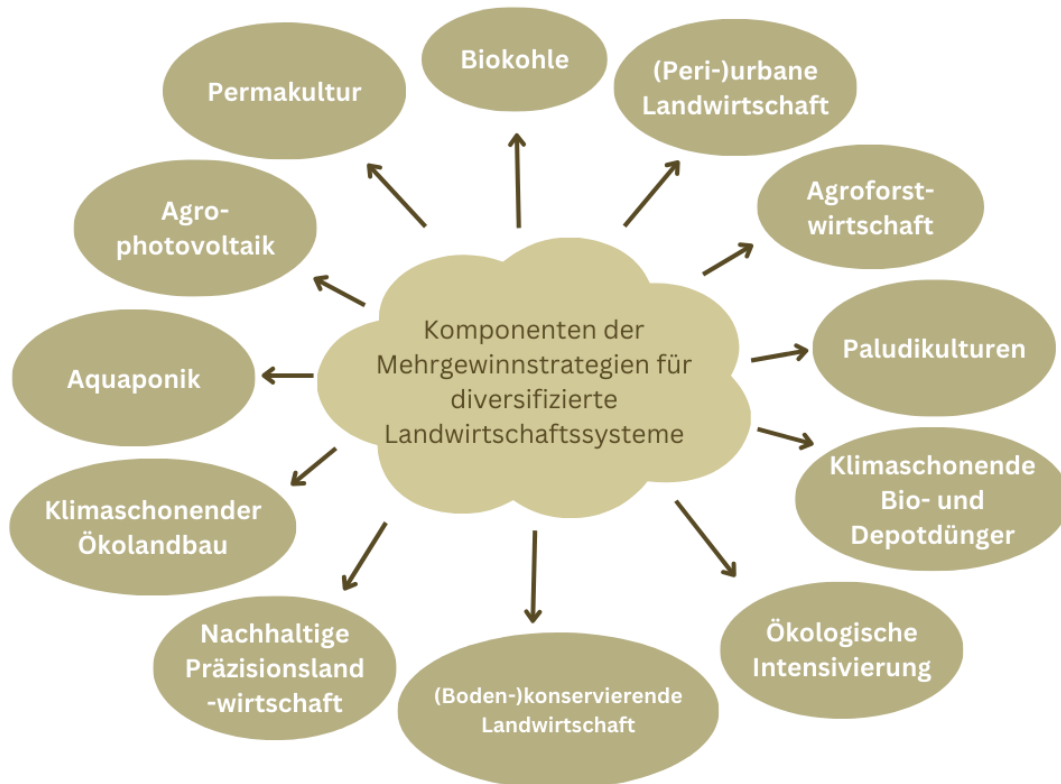


Abbildung 46: Lösungsansätze Diversifizierung von Landwirtschaftssystemen (eigene Darstellung nach WBGU 2020: 153)

Integrierte Photovoltaik

Unter integrierten Photovoltaiksystemen können Systeme verstanden werden, die verschiedene Nutzungen miteinander kombinieren und somit eine Multifunktionalität der Fläche erzeugen. Zu nennen sind hierbei beispielsweise Agri-PV-Anlagen, bei denen die für landwirtschaftliche Produktion genutzte Fläche zusätzlich zur Stromerzeugung mit PV-Modulen genutzt wird (vgl. Böhm 2023: 6). Dabei können horizontale Systeme umgesetzt werden, welche eine landwirtschaftliche Nutzung unter den Modulen ermöglichen, aber auch vertikale Lösungen, bei denen bifaziale (zweigesichtige) Module ähnlich einem Zaun angebracht und die Reihen zwischen den Modulen weiterhin für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung benutzt werden (vgl. Günnewig et al. 2022: 62; Böhm 2023: 9). Der Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche zur Stromerzeugung kann im Vergleich zu Freiflächen-PV-Anlagen deutlich reduziert werden - für die gleiche Energiemenge werden bei Agri-PV-Anlagen nur 15-30% Fläche der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen (vgl. Osterburg et al. 2023: 38). Die Umsetzung dieser integrierten Form der Stromerzeugung kann sowohl einen Beitrag zur Energie- als auch Ernährungssicherheit leisten, durch Mehrfachnutzung die Bodenproduktivität erhöhen und somit Landnutzungskonkurrenzen und den Druck auf Fläche verringern – denn ursprünglich für Freiflächen-PV vorgesehene Flächen können einer anderen Nutzung zugeführt werden. Zudem kann die Installation solcher Anlagen weitere Einkünfte für Landwirt:innen bedeuten. Dieser Effekt kann

potenziell verstärkt werden, wenn notwendige Schutzeinrichtungen, wie Hagelnetze durch Agri-PV-Anlagen ersetzt werden können (vgl. Osterburg et al. 2023: 39). An dieser Stelle bedarf es weiterer Forschungen, um die Eignung verschiedener Kulturen für Agri-PV zu evaluieren (vgl. ebd.). Nach heutigem Stand stellt jedoch die geringere Grundrente im Vergleich zu Freiflächen-PV-Anlagen sowie die kostenintensive Umsetzung von Agri-PV ein Hemmnis für die Verbreitung des Ansatzes dar (vgl. ebd.). Neben integrierten Lösungen in landwirtschaftlich genutzten Flächen, können auch Bauwerksintegrierte PV-Anlagen oder die Installation von PV-Anlagen auf Gewässern (Floating-PV) sowie in Verkehrsinfrastrukturen einen Beitrag zur Entlastung der Flächennutzung durch Freiland-PV leisten (vgl. Fraunhofer ISE o.D.c). Berechnungen des Fraunhofer ISE (o.D.c) zufolge bietet sich durch die Etablierung integrierter PV-Technologien für Deutschland ein technisches Potenzial (technisch plausible Verwertung) der Erzeugung von 3.160 GWp, wobei Agri-PV-Anlagen gefolgt von Bauwerksintegrierten PV-Anlagen sowie die Integration von PV-Anlagen in Straßen die größten Effekte zeigen (vgl. ebd.). Demgegenüber steht das deutschlandweite Ausbauziel von 400 GWp installierter PV-Leistung (vgl. EEG 2023 § 4). Somit könnte der Bedarf installierter Leistung durch diese integrierten Lösungen mehr als gedeckt und dadurch Flächen statt für den Ausbau von PV-Freiflächenanlagen anderen Nutzungen zugeführt werden. In Bezug auf das Jahr 2021 betrug die mit PV-Freiflächenanlagen belegte Fläche deutschlandweit 32.000 ha, darunter in 30 % Ackerfläche, 11 % Gewerbe- und Industriegebiet sowie 3 % Grünland (vgl. Günnewig et al. 2022: 61). Weitere Informationen sind im Kapitel Erneuerbare Energieproduktion ab Seite 22 zu finden.

Wiedervernässung und Nutzung von Mooren

Im Jahr 2022 gab es in Deutschland insgesamt rund 1,8 Millionen Hektar Moorböden (ungenutzte sowie genutzte Moorböden) (vgl. BMUV 2022: 5). Laut statistischem Bundesamt (2024) nehmen dabei ungenutzte Moore 80.400 Hektar (0,2% der Bodenfläche Deutschlands) ein, während rund 1,3 Millionen Hektar der Moorböden (3,6% der Bodenfläche Deutschlands) für land- und forstwirtschaftliche Zwecke (Grünland, Ackerland, Wald) genutzt werden (vgl. Osterburg et al. 2023: 39; BMUV 2022: 7). Die Nutzung von Mooren geht dabei in den meisten Fällen mit einer Entwässerung der Moorböden einher (vgl. BMUV 2022: 5). Diese Entwässerung führt durch Kontakt des Torfes mit Sauerstoff zur Zersetzung dessen und dadurch zu einer Freisetzung von CO₂ in die Atmosphäre (vgl. BMUV 2022: 4). Die jährlichen Emissionen aus Mooren entsprechen dabei ca. 25% der Emissionen des deutschen Verkehrssektors (vgl. ebd.). Somit kommt Mooren als natürlicher Kohlenstoffspeicher eine wichtige Rolle im Klimaschutz zu. Zudem bieten sie spezialisierten Tier- und Pflanzenarten einen Lebensraum und leisten somit einen Beitrag zur Biodiversität (vgl. ebd.). Die Renaturierung und Wiedervernässung von Mooren, wie sie auch durch die 2022 verabschiedete Nationale Moorschutzstrategie angestrebt wird, verfolgt das Ziel, die natürliche Funktion von Mooren wiederherzustellen und

gleichzeitig auf bisher genutzten Moorflächen nachhaltige Bewirtschaftungsformen zu etablieren, um Ziel- und Interessenkonflikten entgegenzuwirken (vgl. BMUV 2022: 17). Ein Beispiel hierfür ist die Nassbewirtschaftung in Form von Paludikulturen, also dem Anbau von nässeverträglichen Pflanzen wie Rohrkolben, Schilf, Seggen sowie Torfmoosen als auch die Beweidung mit angepassten Tierarten wie dem Wasserbüffel. Hierdurch kann die landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden mit einem Beitrag zum Klima- und Biodiversitätsschutz verbunden werden. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe auf wiedervernässten Mooren, wie Seggen oder Rohrglanzgras, welche für die stoffliche Nutzung, beispielsweise für die Papierproduktion, die Herstellung von Möbelbauplatten, Wärmedämmplatten, GrASFaserschaumplatten und als Einstreu verwendet werden können, weisen dabei Synergieeffekte zur verstärkten Nutzung biogener Stoffe im Sinne einer Bioökonomie auf und können eine Alternative zur Verwendung nicht-nachwachsender Rohstoffe darstellen. Zudem stellt die Integration von Moor-PV-Anlagen eine weitere Möglichkeit dar, die Flächeneffizienz von wiedervernässten Mooren zu steigern und perspektivisch einen Anreiz zu einer Nutzungsänderung beizutragen. Laut Bayerischem Landesamt für Umwelt (2022: 1)

„[Entspricht] die Umsetzung von PV-Freiflächenanlagen auch auf hierfür geeigneten Niedermoorflächen des Donaumooses [...] den Zielen des aktuellen Entwurfs des Gesetzes zur Änderung des Bayerischen Klimaschutzgesetzes (BayKlimaG), nach der die Errichtung und der Betrieb von Anlagen zur Erzeugung der erneuerbaren Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Sicherheit dienen“.

Osterburg et al. (2023: 39) errechneten ein Potenzial von 111 TWh pro Jahr, wenn 10%, und somit 130.000 Hektar, der in Deutschland bewirtschafteten Moorböden wiedervernässt und für die Stromerzeugung genutzt werden. Die Etablierung von Moor-PV-Anlagen könnte somit zukünftig einen Beitrag zur Energiewende leisten und eine Alternative zur Nutzung von Freiflächen für PV-Anlagen darstellen. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Entwicklung konkreter Umsetzungskonzepte.

3.3.2 Innenentwicklung

Da Innenentwicklung von Siedlungsstrukturen die höchste tägliche Neuinanspruchnahme von Fläche als Lösung adressiert, geht von ihr ein entsprechend hohes Potential aus, keine weitere landwirtschaftliche oder ökologisch wertvolle Fläche zu konvertieren, was anhand von Abbildung 2 und Abbildung 30 deutlich wird (Umweltbundesamt 2023g; Miosga et al. 2021). Es geht dabei um den inzwischen hauptsächlichen Treiber der Flächenneuanspruchnahme durch Wohnbaufläche, sowie Gewerbeflächen, als auch das Ausbleiben von Erschließungsstraßen, die mit einer Außenentwicklung einher gehen würden. In diesem Sinne kann Nachverdichtung zum einen als Neubau ohne Außenentwicklung verstanden werden, zum Beispiel durch kompakte Bauformen oder die Aktivierung von Leerstand, aber zum anderen auch als effiziente und suffiziente Nutzung von Wohnraum, bspw. durch Aufteilen großer aber unternutzter

Wohneinheiten, Anreize derartigen Wohnraum gegen angemessenere Größen auszutauschen oder gemeinschaftlichere Wohnformen (vgl. Fuhrop 2023, Miosga et al. 2021). Solche Veränderungen anzustreben, verlangt unterstützende öffentliche Förderung, was auch zwingend beinhaltet nicht zielführende Förderung einzustellen, um nicht nachhaltige Routinen, wie eine Bau-Monokultur von Einfamilienhäusern, durchbrechen und ersetzen zu können (vgl. ebd.). In jener benötigten Förderung inbegriffen ist auch die Notwendigkeit von professionalisiertem Innenentwicklungsmanagement, um die betroffenen Prozesse zu steuern, wie zum Beispiel kommunales Flächen- und Leerstandsmanagement oder Agenturen zur leichten Vermittlung von differenzierten Wohnbedürfnissen (vgl. ebd.).

Rein rechnerisch und unter aktuell erwarteter demographischer Entwicklung könnte eine konsequent entschlossene Innenentwicklung nach diesen Idealen gegenwärtige Wohnraumbedarfe bis zu Jahrzehnten ohne externe Siedlungsentwicklung decken (vgl. ebd.). Dies ist zwar ohne Transformation der kontemporären Gegebenheiten als eher utopisch einzustufen aber mit Anpassung der, gerade auch institutionellen, Bedingungen, eine mögliche Zukunft. Professionalisierte Innenentwicklung über reine Siedlungszwecke hinauszudenken, eröffnet auch eine Symbiose mit den zuvor bereits erwähnten bauwerks- oder verkehrsintegrierten PV-Anlagen oder ökologisch bzw. biodivers freundlicher Siedlungsentwicklung.

3.3.3 Kreislaufwirtschaft

Wie bereits in Kapitel 5 beschrieben, bieten zirkuläre gegenüber linearen Ansätzen Potenziale hinsichtlich der Minderung des Drucks auf die vorhandene Fläche und dem Aufkommen von Flächennutzungskonkurrenzen. Zu diesem Ergebnis kommt beispielsweise die Modellierung von Prakash et al. (2023: 18), in welcher neben ökonomischen Folgen auch die Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien auf die Landnutzung bis zum Jahr 2045 analysiert wurden. Das sogenannte Mix-Szenario (die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft sowohl produkt- als auch konsumseitig) und die darin enthaltenen untersuchten Maßnahmen, zeigt dabei die größten positiven Effekte auf die Landnutzung und betont die Wirkung der Kombination technologiebasierter und verhaltensbasierter Veränderungen (vgl. ebd.: 73). Zwar sind die Zahlen solcher Modellierungen mit weitem Zeithorizont und durch zahlreiche externe Einflüsse mit Unsicherheiten behaftet, dennoch können sie einen Überblick über die Wirkung von Maßnahmen verschiedener Sektoren auf die Flächennutzung geben. Der im Rahmen der Modellierung betrachtete Lebensmittelsektor hat dabei einen besonders starken Einfluss auf die Landnutzung und Biodiversität und wird daher unter dem Abschnitt ‚Ernährungsmuster‘ gesondert beleuchtet.

Doch auch in Bezug auf Hochbau (siehe auch Kapitel 4 sowie Abschnitt Innenentwicklung) sowie Fahrzeuge lassen sich durch die zirkuläre Nutzung von Ressourcen durch technologie- sowie verhaltensbasierte Maßnahmen Einsparpotenziale in der Flächennutzung feststellen

(vgl. Prakash et al. 2023: 73). Bei Fahrzeugen und deren Nutzung wurden folgende Maßnahmen betrachtet (Prakash et al. 2023: 79):

- ÖPV ersetzt Individualverkehr
- Carsharing ersetzt Individualverkehr
- Ridesharing ersetzt Individualverkehr
- Reduktion der Fahrzeuggröße
- Verlängerung der Nutzungsphase
- End of Life (EoL) Recycling der PKW
- Remanufacturing von PKW-Komponenten
- Reduktion der Batteriekapazität
- Langlebiges Design der Fahrzeugbatterie
- End of Life Recycling der Fahrzeugbatterie
- Repurpose der EoL-Batterien

Es zeigen sich vor allem Verhaltensänderungen in Richtung verstärkter Nutzung von ÖPV sowie Car- und Ridesharing als besonders flächenwirksam (vgl. ebd.: 81). Aber auch eine Reduktion der Fahrzeuggröße, die Verlängerung der Nutzungsdauer von PKW und Lebensdauer von Batterien bei E-Fahrzeugen, sowie die Wiederverwendung von Komponenten können zu einer Reduktion des Ressourcen- und somit auch Flächenverbrauchs beitragen (vgl. ebd.). In Deutschland liegen die Altfahrzeugverwertungsquoten zwar seit 2010 zwischen 94% und rund 100% sowie die Altfahrzeugrecyclingquoten zwischen 87% und 89% auf sehr hohem Niveau (vgl. Umweltbundesamt 2023b). Insgesamt kommen Prakash et al. (2023: 80) jedoch zu dem Ergebnis, dass die Umsetzung der betrachteten Maßnahmen einer Kreislaufwirtschaft im Sektor Fahrzeuge das Potenzial bieten, die Landnutzung um bis zu 67% gegenüber dem Status quo zu senken, von aktuell 3,5 Millionen Hektar auf 1,2 Millionen Hektar.

Im Bereich Hochbau wurden folgende Maßnahmen einer Kreislaufwirtschaft untersucht (Prakash et al. 2023: 85):

- Reduktion der Wohn- und Bürorauminanspruchnahme
- Wiederverwendung von Bauteilen
- Verlängerte Lebensdauer von Gebäuden
- Reduktion des Klinkerfaktors
- Verwendung alternativer Bindemittel für die Zementherstellung
- Nutzung alternativer, biobasierter, nachwachsender Materialsubstitute
- Reduktion des Einsatzes von Baustahl durch Design
- Reduktion des Einsatzes von Strukturbeton durch Design
- Wiederverwendung von Baustahl
- Zementrecycling

Den größten Einfluss auf die Rohstoffinanspruchnahme haben Maßnahmen zur Reduzierung von Neubauaktivitäten, wobei die verhaltensbasierte Reduktion der Wohn- und Bürorauminanspruchnahme besonders positiv auf die Landnutzung wirken (vgl. Prakash et al. 2023: 90). Ein Ansatz zur effizienten Flächennutzung stellt die beschriebene Innenentwicklung dar, welche auf bereits vorhandene Flächenpotenziale innerorts sowie Flächenrecycling setzt und auf der systematischen Erfassung dieser bestehenden und zu erwartenden Flächenpotenziale basiert (vgl. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung 2004: 8). Auch suffizientes Wohnen im Sinne einer Anpassung des Wohnraums an die eigenen, aktuellen Bedürfnisse (rightsizing), um ‚unsichtbaren Wohnraum‘ zu vermeiden, kann zur Vermeidung von Flächenneuanspruchnahmen beitragen (vgl. Fuhrhop: 2023: 56-57). Hinsichtlich technologiebasierter Maßnahmen zeigt sich vor allem die Verlängerung der Lebensdauer von Gebäuden sowie die Auswahl eingesetzter Rohstoffe als Hebel (vgl. Prakash et al. 2023: 90). Die Modellierung zeigt ein Reduktionspotenzial von bis zu 34% in der Landnutzung, von rund 6 Millionen Hektar auf rund 4 Millionen Hektar, bei Umsetzung der oben genannten Maßnahmen (vgl. ebd.: 94).

3.3.4 Ernährungsmuster

Ein Großteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird aktuell für die Produktion von tierischen Lebensmitteln in Anspruch genommen: 61% der Anbaufläche Deutschlands wird für den Anbau von Futtermittel genutzt, nur 21% der Fläche für pflanzliche Lebensmittel für den menschlichen Direktverbrauch (vgl. Osterburg et al. 2023: 5). Zusätzlich zu der inländischen Flächeninanspruchnahme für Futtermittel wird auch der deutsche Flächenfußabdruck im Ausland besonders durch die Nachfrage nach Tierfutter bestimmt - 40% der ausländischen Flächeninanspruchnahme lassen sich dem Import von Soja als Futtermittel zuschreiben (vgl. von Witzke et al. 2014: 37). Gleichzeitig wirken sich aktuelle Ernährungsmuster (vor allem der hohe Konsum tierischer Produkte) und landwirtschaftliche Praktiken zur Gewährleistung dieser (u.a. erhöhter Einsatz von Dünger und Pestiziden, Landnutzungsänderungen, Monokulturen) negativ auf Böden, Klima, Biodiversität und die planetaren Leitplanken aus (vgl. WBGU 2020: 29). In Wechselwirkung stehen dazu die Auswirkungen des Klimawandels, der durch die Zunahme von Extremwetter- oder Dürreereignissen die Nahrungsmittelproduktion gefährdet (vgl. WBGU 2020: 28). Zudem ist die Produktion von Fleisch durch den notwendigen Anbau von Futtermitteln deutlich flächenintensiver als die Produktion von pflanzlichen Nahrungsmitteln. Mit 100g Protein aus Rindfleisch geht eine Flächeninanspruchnahme von ca. 163m² einher, während für die gleiche Menge in Hülsenfrüchten ca. 7m² Fläche benötigt werden (Statista 2022). Dementsprechend kann eine Trendwende zu fleischarmeren und stärker pflanzenbasierten Ernährungsmustern große Auswirkungen auf die Flächeninanspruchnahme haben und Druck sowie Flächenkonkurrenzen in Teilen vorbeugen. Bereits heute zeigt sich in Deutschland ein Trend zu weniger Konsum tierischer Produkte, sodass sich ein sinkender pro Kopf Fleischkonsum

feststellen lässt (vgl. Prakash et al. 2023: 103). Bei linearer Fortschreibung des Trends bis in das Jahr 2045 ergäbe sich in Abhängigkeit der gewählten Datenbank bereits eine 10-24%ige Verringerung der Landnutzung (vgl. ebd.). Größere Effekte auf die Flächeninanspruchnahme lassen sich bei einer Kombination aus stärker pflanzenbetonter Ernährungsweise (pflanzliche und synthetische Fleischalternativen sowie alternative Proteinquellen) in Kombination mit der Vermeidung von Lebensmittelabfällen erreichen (vgl. ebd.). Hierdurch könnten Einsparungen der Landnutzung von 27-55% (abhängig von der verwendeten Datenbank) und bis zu 3,6 Millionen Hektar Flächeneinsparung bis zum Jahr 2045 ermöglicht werden (vgl. Prakash et al. 2023: 103-104). Empfehlungen für eine nachhaltige Ernährungsweise mit Fokus auf Hülsenfrüchte, Gemüse, Obst und wenig tierische Produkte existieren beispielsweise durch die EAT-Lancet Kommission (vgl. EAT-Lancet Commission 2019). In nachfolgender Abbildung 47 werden exemplarisch synergetische Lösungsansätze dargestellt.



Abbildung 47: Synergetische Lösungsansätze (eigene Darstellung)

3.4 Hürden und Hemmnisse

Die Umsetzung von Transformationsmaßnahmen im Bereich der Flächennutzung steht vor Herausforderungen, insbesondere durch eine fehlende klare politische Priorisierung (vgl. Osterburg et al. 2023: 73). Dies betrifft verschiedene Aspekte wie Ernährung, Energiefragen, Schutzgebiete, Infrastruktur usw. Ohne eine politische Konzeption von Flächeninanspruchnahme mit einer integrierten Perspektive sowie Steuerungsinstrumenten wird die Abwägung bei Nutzungskonflikten erschwert. In vielen Fällen verfangen sich Entscheidungen in Dringlichkeiten und verlieren die Wichtigkeit und langfristige Bedeutung aus den Augen. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen sind oft sektoral begrenzt und nicht koordiniert, was dazu führt, dass eine Förderung in einem Bereich auf Kosten anderer erfolgt, wie zum Beispiel Subventionen für Landwirtschaft und Biodiversitätsverlust. Der Mangel an Personal und unklare Verantwortlichkeiten erschweren die Koordinierung zudem. Auf kommunaler Ebene werden wichtige, wenn auch freiwillige Aufgaben wie Flächenmanagement/Innenentwicklung, Kreislaufwirtschaft und Klimaschutzmaßnahmen aufgrund von Mangel an Personal und Finanzen oft vernachlässigt. Bürokratische Hürden erschweren zusätzlich diese Aufgaben. Auch vor dem Hintergrund der Energiewende werden transformative Maßnahmen durch bürokratische Gegebenheiten eingeschränkt, beispielsweise bei der Anschaffung und Installation von Balkonkraftwerken zur dezentralisierten Erzeugung erneuerbarer Energie (vgl. Reiter 2022). Ein weiteres Problem in der Politik besteht darin, dass es an Durchsetzungsvermögen für viele Maßnahmen mangelt. Konkrete Ziele für den Flächenverbrauch, den Ökolandbau, die Ökorenaturierung usw. existieren zwar, es fehlt aber an effektivem Monitoring. Oft bleiben Konsequenzen aus, wenn die Ziele nicht erreicht werden. In Bezug auf Eigentumsfragen mangelt es oft an Verständnis oder Einsicht der Flächenbesitzer für den Handlungsdruck, was zu Verzögerungen oder sogar einem Stopp bei Renaturierungsprojekten und im Leerstandsmanagement führen kann.

Die Verfügbarkeit von Finanzmitteln stellt eine Herausforderung für die Umsetzung von transformativen Maßnahmen dar. Nachhaltige Finanzierungsmodelle spielen eine entscheidende Rolle bei Projekten, die mit starken Interessenkonflikten einhergehen, wie beispielsweise Ökolandbau und Moorrnaturierung. In diesen Bereichen müssen häufig Kompensationsleistungen gegenüber Eigentümer:innen getätigt werden, damit sie sich freiwillig an diesen Projekten beteiligen.

Die Abhängigkeit der Kommunalfinanzierung von der Gewerbesteuer und den Anteilen an der Einkommenssteuer führt zu einer Wettbewerbskonstellation zwischen den Kommunen in Bezug auf die Erschließung von Gewerbegebieten und Bauland für Einfamilienhäuser (vgl. Kopatz 2016:36). Dieser Wettbewerb kann zu einem hohen Flächenverbrauch führen. Es ist entscheidend, nachhaltige Finanzierungsansätze zu entwickeln, um diesen Herausforderungen zu begegnen und die Umsetzung von Projekten als Beitrag zur Transformation zu fördern.

Verhaltensweisen, Werte und bestehende Gewohnheiten stellen Hemmnisse für das erfolgreiche Wirken von Change-Agents und die Umsetzung von Veränderungsprozessen dar. Bei der Suche nach hemmenden Faktoren "Warum wir nicht tun, was wir für richtig halten" (Kopatz 2016:54) hat Kopatz festgestellt, dass Aspekte wie die Neigung zur Expansion, der Vergleich mit anderen und die Gier nach Konsum verantwortlich für den Bau von Einfamilienhäusern, Überkonsum und einen hohen Ressourcenverbrauch sind. Die gesellschaftliche Akzeptanz von Sharing-Modellen, Repair-Cafés und einer fleischarmen Ernährung ist unzureichend. Zudem stellt Lobbyismus mit gezielter Einflussnahme durch Unternehmen, Verbände und Vereine, wie zum Beispiel in der Agrarindustrie, Bauindustrie und Autoindustrie, in den letzten Jahren eine Hürde bei transformativen Maßnahmen dar (vgl. Kopatz 2016:46). Lobbyismus beeinflusst politische Entscheidungsprozesse und die Gesetzgebung, zum Beispiel durch Druck auf politische Entscheidungsträger, um Pestizidregulierungen zu lockern oder die Blockierung des EU Renaturierungsgesetzes sowie die Lockerung und Relativierung des Anbindegebots in Bayern herbeizuführen. Transformative Praktiken werden oft entweder unzureichend thematisiert, wie beispielsweise bei Bioökonomie und Kreiswirtschaft, oder es entsteht durch ungeschickte oder unzureichende Kommunikation ein Widerstandsgefühl, das eine Transformation behindert. Ein Beispiel hierfür ist die pauschale Reduzierung von Pestiziden um 50% bis 2030, was Unruhe in der Agrarbranche hervorruft. Um die Transformation erfolgreich zu gestalten und den Flächendruck nachhaltig abzubauen, sind auch sozialpsychologische Ansätze notwendig, um zu erforschen, wie und warum psychologische und soziale Prozesse menschliches Verhalten beeinflussen und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen (vgl. Stegmaier 2017: 25 ff.).

3.5 Ausblick

Uns gegenüber stehen also im Status Quo nicht zu vereinbarende Flächenkonkurrenzen, eine Sammlung transformativer Lösungsansätze dafür und gesellschaftliche Abwehrkräfte dagegen. Um eben diese Abwehrkräfte und damit vorhandene Hemmnisse abbauen zu können, ist in erster Linie eine klare politische Priorisierung zur Nutzung von Fläche entscheidend. Zudem spielt die finanzielle und personelle Ausstattung auf kommunaler Ebene eine wichtige Rolle, um bei essenziellen Themen wie der Energiewende, des Flächensparens oder der Biodiversitätssicherung handlungsfähig zu sein. Im Allgemeinen wäre für die Zukunft ein umfassendes Monitoring für die dargestellten Bereiche sinnvoll, um einen gesamtheitlichen Überblick zu haben und letztlich die angestrebten Ziele schneller und effektiver erreichen zu können. Einen großen Aspekt zum Erreichen einer transformativen Veränderung und damit zur Auflösung und Verbesserung der Flächenproblematiken und -konkurrenzen stellt die Akzeptanz der Gesellschaft dar. Diese sollte mit umfassender Kommunikation adressiert werden. Die einschlägige Literatur verdeutlicht hierzu, „dass die erforderliche Transformation tiefgreifende Änderungen

von Infrastrukturen, Produktionsprozessen, Regulierungssystemen und Lebensstilen sowie ein neues Zusammenspiel von Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft“ (WBGU 2011: 1) verlangt. Überdies ist das Aufbrechen solcher mitunter tief verwurzelten Routinen, um gänzlich andere gesellschaftliche Pfade zu beschreiten, kein Automatismus (ebd.). Speziell zur Überwindung der Konkurrenzen des Trilemmas der Landnutzung zwischen Klimaschutz, Ernährungssicherheit und Biodiversität lässt sich zwar festhalten, dass Mehrgewinnstrategien notwendig sind, die alle Bereiche positiv berühren, um zu verhindern, dass eines nur auf Kosten des anderen bewältigt werden kann (vgl. WBGU 2020: 1), aber damit bleibt das ‚wie‘ noch immer offen. Einerseits steht uns hier das Wissen zur Verfügung, dass die Pfadabhängigkeit gesellschaftlicher Routinen strukturelle Trends sind, die aus einer Verkettung von Praktiken, Steuerung und Materialitäten jeweiliger gesellschaftlicher Aspekte, wie bspw. Essgewohnheiten oder Autofahren, bestehen (vgl. Geels 2001). Und diese strukturellen Trends können verändert werden, indem von außerhalb Impulse in jenen komplexen Aufbau gesellschaftlicher Aspekte, auch sozio-technische Regime genannt, einwirken (ebd.). Andererseits sind es die sogenannten „Pioniere des Wandels“ (WBGU 2011: 2), die in regime-externen Nischen Innovationen entwickeln und erproben, welche schließlich entweder Einfluss nehmen oder an den bestehenden Pfadabhängigkeiten abprallen. Zur lokalen Unterstützung der Befähigung und Wirkung von Pionier:innen des Wandels können professionalisierte Transformationsplattformen beitragen. Solche Plattformen eröffnen die Möglichkeiten wichtige regionale Stakeholder zu vernetzen und interessierte Akteur:innen anzuziehen (vgl. Forum 1.5. o. D.). Zudem bieten sie einen Raum zur Entwicklung einer gemeinsamen Problemsicht und Zukunftsvision, durch welche die Pionier:innen fokussierter Lösungsansätze erproben können (ebd.). Auch kann eine Transformationsplattform in konkreten Transformationsfeldern die größten Hebelwirkungen von Veränderungen identifizieren und so die Bemühungen von Pionier:innen helfen zu konkretisieren (vgl. Forum 1.5 2023). Forschungsarbeiten zu der oberfränkischen Transformationsplattform ‚Forum 1.5‘ haben ermittelt, dass ein solcher Raum für Vernetzung, Vertrauensaufbau und Aushandlung nicht durch digitale Formate ersetzt werden kann, da die Selbstverwaltung eines so breiten aber informellen Netzwerkes und auch die nötige persönliche „Resonanz“ (Rosa 2016) von Pionier:innen durch Zugehörigkeitsgefühl und Selbstverwirklichung digital nicht ausreichend aufrechterhalten werden können (vgl. Forum 1.5 2023). Für den komplexen Prozess der Klärung von Landfragen und Nutzungskonkurrenzen, stellt die Leistung von Pionier:innen im Rahmen einer transformativen Arbeit einen wertvollen und unabdingbaren Beitrag dar, wie es der WBGU 2020 passend formuliert hat:

„Die Transformation zu einem nachhaltigen Umgang mit Land erfordert politischen Willen, Kreativität und Mut. Sie erfordert Pionier*innen, die neue Wege testen und beschreiten, starke Multi Akteurs-Partnerschaften, Staaten, die Rahmenbedingungen setzen und notwendige Maßnahmen durchsetzen sowie Mechanismen eines gerechten Ausgleichs zwischen Gewinnern und Verlierern.“ (WBGU 2020: 47).

Literaturverzeichnis

- AG Energiebilanzen e.V. (AGEB) (2023): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre von 1990 bis 2022. Online verfügbar unter: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/10/awt_2022_deutsch.pdf (abgerufen am 15.01.2024).
- Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (2023): Erneuerbare Energien in Zahlen. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick> (abgerufen am 15.01.2024).
- Aretz, A; Ouanes, N; Wiesenthal, J; Petrick, K; Hirschl, B (2022): Energiewende beschleunigen: Stromnetz für gemeinschaftliches Energy Sharing öffnen. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH. IÖW-Impulse 3. Online verfügbar unter: https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2022/IOEW-Impulse_3_Energy_Sharing.pdf (abgerufen am 17.02.2024).
- Bauman, Z. (2009): Gemeinschaften – Auf der Suche nach Sicherheit in einer bedrohlichen Welt. Suhrkamp.
- Bayerisches Landesamt für Statistik (2023): Flächennutzung in Bayern 2022: 12,3 Prozent dienen Siedlung und Verkehr, 81,4 Prozent der Landwirtschaft und dem Wald. Online verfügbar unter: <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2023/pm343/index.html> (abgerufen am 15.02.2024).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021): Ökologische Landwirtschaft. Online verfügbar unter: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/ressourcen_effizienz/landwirtschaft/index.htm (abgerufen am 15.02.2024).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2022): Umweltfachliche Grundlagen für die Errichtung von Photovoltaikanlagen auf Standorten im Donaumoos. Online verfügbar unter: https://www.lfu.bayern.de/natur/bayaz/praxisnahe_modellprojekte/stadtgueter_muenchen/doc/umweltfachliche_grundlagen.pdf (abgerufen am 25.03.2024).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (o.D.): Ausgleichsflächen, Ersatzflächen und Ökokonto. Online verfügbar unter: https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/ausgleichsflaechen_oekokonto/index.htm (abgerufen am 08.03.2024).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (o.D.a): Landschaftszerschneidung. Online verfügbar unter: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/natur_landschaft/landschaftszerschneidung/index.htm(abgerufen am 30.03.2024).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (o.D.b): Moore. Renaturierung und nasse Nutzung. Online verfügbar unter: <https://www.lfu.bayern.de/natur/bayaz/moore/renaturierung/index.htm> (abgerufen am 30.03.2024).

- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2022a): Landnutzung. Bayerischer Agrarbericht 2022. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Online verfügbar unter: <https://www.agrarbericht.bayern.de/landwirtschaft/landnutzung.html> (abgerufen am 15.02.2024).
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2022b): Landwirtschaftliche Flächennutzung. Bayerischer Agrarbericht 2022. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Online verfügbar unter: <https://www.agrarbericht.bayern.de/landwirtschaft/landwirtschaftliche-flaechennutzung.html> (abgerufen am 15.02.2024).
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2022c): Nachwachsende Rohstoffe. Bayerischer Agrarbericht 2022. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Online verfügbar unter: <https://www.agrarbericht.bayern.de/landwirtschaft/nachwachsende-rohstoffe.html> (abgerufen am 15.02.2024).
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2008): Strategie zum Erhalt der biologischen Vielfalt in Bayern.
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) (2022): Flächensparoffensive. Online verfügbar unter: https://www.flaechensparoffensive.bayern/fileadmin/user_upload/flaechensparoffensive/downloads/2022-02-23_Flaechensparo_Broschuere-2022-BF.pdf. (abgerufen am 25.03.2024).
- Bayrische Staatsregierung (2019): Bericht aus der Kabinettsitzung vom 16. Juli 2019. Online verfügbar unter: <https://www.bayern.de/bericht-aus-der-kabinettsitzung-vom-16-juli-2019/> (abgerufen am 30.03.2024).
- Bayrisches Landesamt für Statistik (2022): Durchschnittlicher Flächenverbrauch in Bayern beläuft sich auf 10,3 Hektar pro Tag im Jahr 2021. Pressemitteilung. Online verfügbar unter: <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2022/pm279/index.html> (abgerufen am 30.03.2024).
- Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (2020): Bioökonomiestrategie Bayern. Zukunft. Bioökonomie. Bayern, München. Online verfügbar unter: https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/publikationen/pdf/2023-12_13_ZukunftBioökonomieBayern.pdf (abgerufen am 30.03.2024).
- Beckamp, M. (2021): Industriesymbiosen als Ansatz regionaler Kreislaufwirtschaft: Begriffsklärung & strukturpolitische Potentiale, Forschung Aktuell, 08/2021, Institut Arbeit und Technik (IAT), Gelsenkirchen. Online verfügbar unter: <https://www.econsortor.eu/bitstream/10419/240453/1/1768031444.pdf> (abgerufen am 30.03.2024).

- Beierkuhnlein, C.; Stahlmann, R.; Geist, J. (2023): Erfüllung der Ziele im Flächennaturschutz bis zum Jahr 2030 - Kriterien und Prioritäten. In: Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL) 55 (7), S. 16–21. DOI: 10.1399/NuL.2023.07.01.
- Bioökonomierat (2022): Bioökonomie: Gemeinsam eine nachhaltige Zukunft gestalten. 1. Arbeitspapier des III. Bioökonomierats. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.biooekonomierat.de/media/pdf/arbeitspapiere/biooekonomierat-broschuere-zukunft-zusammenfassung.pdf?m=1646295586&> (abgerufen am 30.03.2024).
- Bioökonomierat (2023): Bioökonomie nachhaltig umsetzen! Erste Handlungsempfehlungen des Bioökonomierats zur Umsetzung der Nationalen Bioökonomiestrategie. Kurzfassung. Online verfügbar unter: <https://www.biooekonomierat.de/media/pdf/stellungnahmen/biooekonomierat-broschuere-nachhaltig-umsetzen-DE.pdf?m=1684941445&> (abgerufen am 30.03.2024).
- Böhm, J. (2023): Vergleich der Flächenenergieerträge verschiedener erneuerbarer Energien auf landwirtschaftlichen Flächen – für Strom, Wärme und Verkehr. In: BMEL (Hrsg.): Berichte über Landwirtschaft. Band 101. Heft 1. <https://doi.org/10.12767/buel.v101i1.462>.
- Böhm, J.; Tietz, A. (2022): Abschätzung des zukünftigen Flächenbedarfs von Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Braunschweig. Thünen Working Paper 204. Online verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_external/dn065640.pdf (abgerufen am 01.03.2024).
- Böhm, J.; Witte, T. de; Pahmeyer, C.; Gocht, A.; Neuenfeldt, S. (2023): PV-Strom vom Acker: Im Einklang mit oder in Konkurrenz zur Landwirtschaft? Thünen Institut. Thünen Institut. Online verfügbar unter: <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/pflanzenproduktion/neue-landnutzungssysteme-entwickeln/standard-titel-2> (abgerufen am 15.02.2024).
- Borkmann, V.; Reulein, A.; Bienzeisler, B. (2023): Future Living 2040+ Trends und Handlungsfelder für gemeinschaftsorientiertes Wohnen. Riedel, O.; Hölzle, K.; Bauer, W.; Braun, S. (Hg.). Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Online verfügbar unter: <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/fd0123f3-f4f2-4427-8e37-649ac8bf4e36/content> (abgerufen am 30.03.2024).
- Bredemann, C.; Quentin, J. (2023): Entwicklung der Windenergie im Wald - Ausbau, planerische Vorgaben und Empfehlungen für Windenergiestandorte auf Waldflächen in den Bundesländern. Fachagentur Windenergie an Land. 8. Auflage. Berlin.
- Bringezu, S.; Banse, M.; Ahmann, L.; Bezama, A.; Billig, E.; Bischof, R.; Blanke, C.; Brosowski, A.; Brüning, S.; Borchers, M.; Budzinski, M.; Cyffka, K.; Distelkamp, M.; Egenolf, V.; Flaute, M.; Geng, N.; Giesecking, L.; Graß, R.; Hennenberg, K.; Hering, T.; Iost, S.; Jochem, D.; Krause, T.; Lutz, C.; Machmüller, A.; Mahro, B.; Majer, S.; Mantau, U.; Meisel, K.; Moesenfechtel, U.; Noke, A.; Raussen, T.; Richter, F.; Schaldach, R.; Schweinle, J.; Thrän, D.; Uglík, M.; Weimar, H.; Wimmer, F.; Wydra, S.; Zeug, W. (2020): Pilotbericht

- zum Monitoring der deutschen Bioökonomie. Unter Mitarbeit von Universität Kassel und Center for Environmental Systems Research (CESR).
- Buller, J.; Daschner, R.; Grimm, L.; Hofer, M.; Hüsing, B.; Kraymer, J.; Miehe, R.; Präg, E.; Stahl, E.; Stäbler, A.; Stumpf, A.; Vieres, L.; Volkert, B.; Wydra, S. (2022): Zirkuläre Bioökonomie für Deutschland. Eine Roadmap der Fraunhofer-Gesellschaft zur Umsetzung der Bioökonomie in Deutschland. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. Oberhausen.
- Bund Naturschutz in Bayern e. V. (o. D.): Anbindegebot in Bayern gelockert: Drohen noch mehr Gewerbegebiete mitten im Grünen? Online verfügbar unter: <https://www.bund-naturschutz.de/flaechenschutz/gewerbe> (abgerufen am 20.05.2024).
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2004): ExWoSt- Informationen „Fläche im Kreis – Kreislaufwirtschaft in der Flächennutzung“, 05/2004 (1). Online verfügbar unter: <https://backend.repository.difu.de/server/api/core/bitstreams/d58ab008-b684-4162-8b61-bd059b401d70/content>. (abgerufen am 20.03.2024).
- Bundesamt für Naturschutz (2023): Spannungsfeld Bioenergie und Naturschutz. Online verfügbar unter: <https://www.bfn.de/spannungsfeld-bioenergie-und-naturschutz> (abgerufen am 30.03.2024).
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2020): Bericht zur Markt- und Versorgungslage Getreide 2020. Online verfügbar unter https://www.ble.de/Shared-Docs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Getreide_Getreideerzeugnisse/2020Bericht-Getreide.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (abgerufen am 30.03.2024).
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2019): Ökolandbau. Online verfügbar unter: <https://www.bzl-datenzentrum.de/umwelt-und-klima/oekolandbau#c7435> (abgerufen am 13.11.2023).
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2020): Wie hoch sind die Pachtpreise für landwirtschaftliche Flächen? Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Online verfügbar unter: <https://www.praxis-agrar.de/service/infografiken/wie-hoch-sind-die-pacht-preise-fuer-landwirtschaftliche-flaechen> (abgerufen am 16.02.2024).
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2022): Bodenpreise: Warum sie seit Jahren steigen. Online verfügbar unter: <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/ackerbau/bodenpreise-warum-sie-seit-jahren-steigen> (abgerufen am 16.02.2024).
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2023): Wie viel Strom kann mit erneuerbaren Energien auf einem Hektar erzeugt werden? Online verfügbar unter: <https://www.praxis-agrar.de/service/infografiken/wie-viel-strom-kann-mit-erneuerbaren-energien-auf-einem-hektar-erzeugt-werden> (abgerufen am 22.02.2024).
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2024): Der Selbstversorgungsgrad: Wie ist es um die Versorgung mit Lebensmitteln in Deutschland bestellt? Online verfügbar unter:

- <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-funktioniert-landwirtschaft-heute/markt-und-handel/der-selbstversorgungsgrad-wie-ist-es-um-die-versorgung-mit-lebensmitteln-in-deutschland-bestellt>. (abgerufen am 20.03.2024).
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2022): Bauland- und Innenentwicklungspotentiale in Deutschen Städten und Gemeinden.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2020): Nationale Bioökonomiestrategie. Deutschland. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/7/31576_Nationale_Biooekonomiestrategie_Langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (abgerufen am 30.03.2024).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (o.D.): Energiewende. Online verfügbar unter: https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/energiewende-und-nachhaltiges-wirtschaften/energiewende/energiewende_node.html (abgerufen am 01.02.2024).
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2018): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. 3. Korrigierte Auflage. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/bundeswaldinventur3.pdf?__blob=publicationFile&v=3#:~:text=Auf%2052%20%25%20der%20Fläche%20wird,die%20Forstwirtschaft%20mit%2032%20%25 (abgerufen am 30.03.2024).
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2022): Daten und Fakten. Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft mit Fischerei und Wein- und Gartenbau. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Bonn, Berlin. Online verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/daten-fakten-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (abgerufen am 09.02.2024).
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2023): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2023. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Berlin. Online verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/agrarbericht-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=9 (abgerufen am 15.02.2024).
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (o.D.a): Ländliche Regionen. Online verfügbar unter: https://www.bmel.de/DE/themen/laendliche-regionen/laendliche-regionen_node.html (abgerufen am 29.02.2024).
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (o.D.b): Infoportal Zukunft.Land. Raumstruktur. Ländlichkeit. Online verfügbar unter: <http://map.landatlas.de/laendlich/laendlich.html> (abgerufen am 29.02.2024).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2020): Saubere Energie für die Zukunft. Online verfügbar unter:

- <https://www.bmuv.de/jugend/wissen/details/saubere-energie-fuer-die-zukunft> (abgerufen am 01.02.2024).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2021a): Aktiv für die biologische Vielfalt. Rechenschaftsbericht 2021 der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Online verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/download/rechenschaftsbericht-2021-der-bundesregierung-zur-umsetzung-der-nationalen-strategie-zur-biologischen-vielfalt> (abgerufen am 30.03.2024).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2021b): Die Konkurrenz um knappe Flächen. Umwelt im Unterricht. Aktuelle Bildungsmaterialien. Online verfügbar unter: <https://www.umwelt-im-unterricht.de/hintergrund/die-konkurrenz-um-knappe-flaechen> (abgerufen am 27.02.2024).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2022): Nationale Moorschutzstrategie. Online verfügbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_moorschutzstrategie_bf.pdf (abgerufen am 21.03.2024).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2023a): Die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS): Grundlagen für einen Prozess zur Transformation hin zu einer zirkulären Wirtschaft. Online verfügbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/nkws_grundlagen_bf.pdf (abgerufen am 30.03.2024).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2023b): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt 2030 - Diskussionsvorschläge des BMUV.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2023c): Flächenverbrauch – Worum geht es? Online verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/reduzierung-des-flaechenverbrauchs> (abgerufen am 27.02.2023).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023): Photovoltaik-Strategie. Handlungsfelder und Maßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der Photovoltaik. Online verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf> (abgerufen am 13.02.2024).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (o.D.): Der Weg in unsere Energiezukunft. Online verfügbar unter: <https://info.bmwk.de/weg-zur-klimaneutralitaet> (abgerufen am 17.01.2024).

- Bundesregierung (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Online verfügbar unter: https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-der-bundesregierung-zur-umsetzung-des-klimaschutzplans-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (abgerufen am 30.03.2024).
- Bundesregierung (2022): Mehr bezahlbare und klimagerechte Wohnungen schaffen. Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/wohnungsbau-bundesregierung-2006224> (abgerufen am 30.03.2024).
- Bundesverband WindEnergie e.V. (2023): Positionspapier: Neustart Windenergie meistern. Online verfügbar unter: https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente-landesverbaende/Bayern/20231212_BWE_Bayern_Forderungen_Neustart_Windenergie_FINAL.pdf (abgerufen am 17.01.2024).
- Cazzolla Gatti, R.; Zannini, P.; Piovesan, G.; Alessi, N.; Basset, A.; Beierkuhnlein, C.; Di Musciano, M.; Field, R.; Halley, J.M.; Hoffmann, S.; Iaria, J.; Kallimanis, A.; Lövei, Gabor L.; Morera, A.; Provenzale, A.; Rocchini, D.; Vetaas, O. R.; Chiarucci, A. (2023): Analysing the distribution of strictly protected areas toward the EU2030 target. In: *Biodiversity Conservation* 32 (10), S. 3157–3174. DOI: 10.1007/s10531-023-02644-5.
- Cradle to Cradle NGO (2023): Mit Cradle to Cradle klima- und ressourcenpositiv werden – eine Orientierung für Kommunen. Online verfügbar unter: <https://c2c.ngo/wp-content/uploads/2023/09/Klimaschutzpublikation.pdf> (abgerufen am 30.03.2024).
- Cradle to Cradle NGO (2024): Cycles. Online verfügbar unter <https://c2c.ngo/en/>. (abgerufen am 30.03.2024).
- De Simone, M.; Pradhan, P.; Kropp, J.; Rybski, D. (2023): A large share of Berlin’s vegetable consumption can be produced within the city, *Sustainable Cities and Society*, Volume 91, 2023. Online verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670722006679?via%3Dihub> (abgerufen am 30.03.2024).
- Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft e.V. (DeFAF) (2022): Agroforstwirtschaft die Kunst, Bäume und Landwirtschaft zu verbinden. 3. Auflage: Dezember 2022. Online verfügbar unter: https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2022/12/2022_DeFAF_Broschuere_3-web.pdf (abgerufen am 24.03.2024).
- Die Bundesregierung (2020): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1873516/9d73d857a3f7f0f8df5ac1b4c349fa07/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-barrierefrei-data.pdf?download=1> (abgerufen am 27.02.2024).
- Die Bundesregierung (2022): Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen. Bundesministerium des Innern und für Heimat. Berlin. Online verfügbar unter:

- https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/BMI22017-resilienz-katastrophen.pdf;jsessionid=9B246FBF530574F477277076A3F98735.live882?__blob=publicationFile&v=2 (abgerufen am 30.03.2024).
- Die Bundesregierung (2023a): Anteil der Erneuerbaren Energien steigt weiter. Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/faq-energiewende-2067498> (abgerufen am 16.01.2024).
- Die Bundesregierung (2023b): Ausbau erneuerbarer Energien massiv beschleunigen. Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/novelle-eeg-gesetz-2023-2023972> (abgerufen am 05.02.2024).
- Die Bundesregierung (2023c): Mehr Solarstrom, weniger Bürokratie. Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/solarpaket-photovoltaik-balkonkraftwerke-2213726> (abgerufen am 05.02.2024).
- Die Bundesregierung (2023d): Mehr Windenergie für Deutschland. Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/wind-an-land-gesetz-2052764> (abgerufen am 06.02.2024).
- Dräger de Teran, T. (2021): Wasserverbrauch und Wasserknappheit. So schmeckt Zukunft: Der kulinarische Kompass für eine gesunde Erde. Berlin, WWF Deutschland.
- Dräger de Teran, T. (2022): Ernährung und biologische Vielfalt. So schmeckt Zukunft: Der kulinarische Kompass für eine gesunde Erde. Berlin, WWF Deutschland.
- Dräger de Teran, T.; Suckow, T. (2021): Klimaschutz, landwirtschaftliche Fläche und natürliche Lebensräume. So schmeckt Zukunft: Der kulinarische Kompass für eine gesunde Erde. Berlin, WWF Deutschland.
- Dumke, H. (2020): Erneuerbare Energien für Regionen: Flächenbedarfe und Flächenkonkurrenzen. TU Wien Academic Press. <https://doi.org/10.34727/2020/isbn.978-3-85448-041-9>.
- EAT-Lancet Commission (2019): Food Planet Health. Healthy Diets From Sustainable Food Systems. Online verfügbar unter: https://eatforum.org/content/uploads/2019/01/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report.pdf. (abgerufen am 25.03.2024).
- Energie-Atlas Bayern (o.D.a): Überblick: EE-Strom in Bayern. Online verfügbar unter: https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/daten/ueberblick_strom (abgerufen am 19.02.2024).
- Energie-Atlas Bayern (o.D.b): Stand Energiewende. Online verfügbar unter: <https://www.karten.energieatlas.bayern.de> (abgerufen am 19.02.2024).
- Engel, B.; Grenz, D. (2021): Szenarien für die Karlsruher Oststadt. Umnutzung von Verkehrsflächen als Beitrag zu einer nachhaltigen Quartiersentwicklung. In: Schippl, J.; Burghard, U.; Baumgartner, N.; Engel, B.; Kagerbauer, M.; Szimba, E. (Hrsg.) Städtebauliche und

- sozioökonomische Implikationen neuer Mobilitätsformen. KIT Scientific Publishing. S. 1-20.
- Europäische Kommission (2022): EU-Biodiversitätsstrategie für 2030: Mehr Raum für die Natur in unserem Leben. EU-Biodiversitätsstrategie für 2030.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2022): Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. Gülzow-Prüzen. Online verfügbar unter: <https://www.fnr.de/ftp/pdf/berichte/22004416.pdf> (abgerufen am 02.11.2023).
- Falterer, F.; Hafner, S.; Miosga, M.; Schiffner, J. (2020): Klimahandbuch für Kommunen. München. Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Fichtner, S.; Hilpert, A.; Leclere, A.; Achternbosch, Y. (2024): Was Städte durch weniger Autos gewinnen. Online verfügbar unter: <https://taz.de/Was-Staedte-durch-weniger-Autos-gewinnen/!5986938/> (abgerufen am 30.03.2024).
- Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (2023): Bayernplan Energie 2040 – Wege zur Treibhausgasneutralität. Abschlussbericht im Auftrag der VBEW Dienstleistungsgesellschaft mbH. Version 1.1. DOI:10.34805/ffe-17-23.
- Forum 1.5 (2023): Konkrete Errichtung und formelle Etablierung einer regionalen Plattform für transdisziplinäre Wissensproduktion und Transformation zur Nachhaltigkeit. Online verfügbar unter: <https://forum1punkt5.de/pubilkationen/> (abgerufen am 25.03.2024).
- Forum 1.5 (o.D.): Handreichung für den erfolgreichen Aufbau regionaler Plattformen für die Nachhaltigkeitstransformation. Online verfügbar unter: <https://forum1punkt5.de/pubilkationen/> (abgerufen am 22.03.2024).
- Foucault, M. (2003): Dits et Ecrits. Schriften, Band III, 1976-1979. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Fraunhofer ISE (2022): PERC-Solarzellen aus 100 Prozent recyceltem Silizium. Presseinformation. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2022/perc-solarzellen-aus-recyceltem-silizium-hergestellt.html> (abgerufen am 17.02.2024).
- Fraunhofer ISE (2024): Öffentliche Stromerzeugung 2023: Erneuerbare Energien decken erstmals Großteil des Stromverbrauchs. Presseinformation. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2024/oeffentliche-stromerzeugung-2023-erneuerbare-energien-decken-erstmals-grossteil-des-stromverbrauchs.html> (abgerufen am 15.01.2024).
- Fraunhofer ISE (o.D.a): Agri-Photovoltaik. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html> (abgerufen am 18.01.2024).

- Fraunhofer ISE (o.D.b): Bauwerkintegrierte Photovoltaik. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/bauwerkintegrierte-photovoltaik-bipv.html> (abgerufen am 18.01.2024).
- Fraunhofer ISE (o.D.c): Integrierte Photovoltaik – Flächen für die Energiewende. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik.html> (abgerufen am 17.01.2024).
- Fraunhofer ISE (o.D.d): Photovoltaik auf wiedervernässten Moor-Böden. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/moor-pv.html> (abgerufen am 18.01.2024)
- Fraunhofer ISE (o.D.e): Photovoltaik in Verkehrswegen. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/verkehrswege-photovoltaik-ripv.html> (abgerufen am 18.01.2024).
- Fraunhofer ISE (o.D.f): Schwimmende Photovoltaik. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/schwimmende-photovoltaik-fpv.html> (abgerufen am 18.01.2024).
- Fraunhofer ISE (o.D.g): Urbane Photovoltaik. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/urbane-photovoltaik-upv.html> (abgerufen am 18.01.2024).
- Fraunhofer ISE (o.D.h): Fahrzeugintegrierte Photovoltaik. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/fahrzeugintegrierte-photovoltaik-vipv.html> (abgerufen am 16.02.2024).
- Froese, I. (2021): Keine Zeit, das Verschwinden der Natur zu bemerken? Online verfügbar unter: <https://www.klimareporter.de/gesellschaft/keine-zeit-das-verschwinden-der-natur-zu-bemerken> (abgerufen am 22.03.2024).
- Fuhrhop, D. (2023): Der unsichtbare Wohnraum. Wohnsuffizienz als Antwort auf Wohnraum-mangel, Klimakrise und Einsamkeit. transcript Verlag, Bielefeld. Online verfügbar unter: <https://www.transcript-verlag.de/978-3-8376-6900-8/der-unsichtbare-wohnraum/?number=978-3-8394-6900-2> (abgerufen am 30.03.2024).
- Gebetsroither, M.; Honic, M.; Kovacic, I.; Löffler, C.; Marx, K.; Pamminer, R.; Robbi, S.; Sustr, C.; Schützenhofer, S.; Weber, G. (2024): Paradigmenwechsel in Bau und Immobilienwirtschaft Mit Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung die Zukunft gestalten. Springer Spektrum, Berlin.
- Geels, F. (2001): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: *Research Policy* 31 (2002) 1257–1274
- Gerhardt, P.; Daldrup, J.; Eppler, U. (2022): Bioökonomie im Lichte der Nachhaltigkeit. Tagungsdokumentation. BfN-Skripten 629.

- Günnewig, D.; Johannwerner, E.; Kelm, T.; Metzger, J.; Wegner, N.; Moog, C.; Kamm, J. (2022): Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen. Abschlussbericht. Umweltbundesamt. TEXTE 141/2022. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_141-2022_umweltvertraegliche_standortsteuerung_von_solar-freiflaechen-anlagen.pdf (abgerufen am 16.01.2024).
- Haber, W. (1998): Das Konzept der differenzierten Landnutzung. Grundlage für Naturschutz und nachhaltige Naturnutzung, Ziele des Naturschutzes und einer nachhaltigen Naturnutzung in Deutschland. In: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Ziele des Naturschutzes und einer nachhaltigen Naturnutzung in Deutschland, S. 57-64. BMU, Bonn. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/285788458_Das_Konzept_der_differenzierten_Landnutzung_Grundlage_fur_Naturschutz_und_nachhaltige_Naturnutzung_Ziele_des_Naturschutzes_und_einer_nachhaltigen_Naturnutzung_in_Deutschland. (abgerufen am 28.03.2024).
- Haber, W. (2016): Flächenansprüche – Wie erfüllt man wachsende Ansprüche an begrenzte Landflächen? In: Deutsche Landeskulturgesellschaft (14), S. 23–40.
- Heinz, W. (2015): (Ohn-)mächtige Städte in Zeiten der neoliberalen Globalisierung. 1. Auflage. Münster: Westfälisches Dampfboot.
- Hennenberg, K.; Böttcher, H. (2023): Biomasse und Klimaschutz Im Rahmen des Vorhabens „Wissenschaftliche Analysen zu aktuellen klimapolitischen Fragen im Bereich der Energieeffizienz insbesondere in den Sektoren Industrie, GHD und Gebäude“ (67KE0064). Öko-Institut e.V. (Hg.). Online verfügbar unter: https://www.oeko.de/fileadmin/oeko-doc/Biomasse-und-Klimaschutz_BMWK.pdf (abgerufen am 30.03.2024).
- Icha, P.; Lauf, T. (2023): Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2022. Umweltbundesamt. CLIMATE CHANGE 20/2023. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_05_23_climate_change_20-2023_strom-mix_bf.pdf (abgerufen am 01.02.2024).
- IfD Allensbach (2023): Personen in Deutschland, die sich selbst als Veganer einordnen oder als Leute, die weitgehend auf tierische Produkte verzichten, in den Jahren 2015 bis 2023. Statista. Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/445155/umfrage/umfrage-in-deutschland-zur-anzahl-der-veganer/> (abgerufen am 22.02.2024).
- Initiative für Bauwerkintegrierte PV-Anlagen Baden-Württemberg (o.D.): Leitfaden Bauwerkintegrierte Photovoltaik. Online verfügbar unter: <https://bipv-bw.de> (abgerufen am 18.01.2024).

- Institut Raum & Energie (2019): Flächensparende Industrie- und Gewerbeentwicklung. <https://aktion-flaeche.de/flaechensparende-industrie-und-gewerbeentwicklung> (abgerufen am 30.03.2024).
- IPCC (2014): Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects. Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report.
- Isermeyer, F. (2022): Photovoltaik auf Agrarflächen – für eine schnelle Energiewende. Thünen Institut. Online verfügbar unter: <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/langfristige-politikkonzepte/pv-auf-agrarflaechen> (abgerufen am 22.02.2024).
- Jacob, K.; Bär, H.; Graaf, L. (2015): Was sind Transformationen? Begriffliche und theoretische Grundlagen zur Analyse von gesellschaftlichen Transformationen. Teilbericht 1 des Projektes „Nachhaltiges Deutschland 2030 bis 2050 – Wie wollen wir in Zukunft leben?“. Umweltbundesamt. TEXTE 58/2015. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_58_2015_nachhaltiges_deutschland_2030_bis_2050_teil_1_1.pdf (abgerufen am 28.03.2024).
- Karänke, M. (2023): Die Zukunft der Photovoltaik – ein Ausblick. pv magazine. Online verfügbar unter: <https://www.pv-magazine.de/2023/03/10/die-zukunft-der-photovoltaik-ein-ausblick/> (abgerufen am 17.02.2024).
- Kircher, M. (2023): Zirkuläre Bioökonomie. Für eine nachhaltige Wirtschaft. Springer Spektrum, Wiesbaden.
- Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2022) Schutzgebiete und erneuerbare Energien. Online verfügbar unter: <https://www.naturschutz-energiewende.de/kompetenzzentrum/> (abgerufen am 02.03.2024).
- Kopatz, M. (2018): Ökoroutine – Damit wir tun, was wir für richtig halten. oekom Verlag, München.
- Kreiser, K. (2020): NABU: Weltgemeinschaft hat beim Schutz der biologischen Vielfalt versagt. Global Biodiversity Outlook 5 veröffentlicht / Krüger: Funktionsfähige Ökosysteme und die Artenvielfalt sind unsere Lebensgrundlage - Wir dürfen sie nicht weiter aufs Spiel setzen. Online verfügbar unter: <https://www.nabu.de/presse/pressemitteilungen/http/index.php?popup=true&show=29662&db=presseservice> (abgerufen am 30.03.2024).
- Länderinitiative Kernindikatoren (LiKi) (2023): Naturschutzflächen. Anteil der bundes-einheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche. Online verfügbar unter: <https://www.liki.nrw.de/natur-und-landschaft/b3-naturschutzflaechen> (abgerufen am 30.03.2024).
- Landratsamt Bayreuth (2023): Klimaschutz und Klimaanpassung im Landkreis Bayreuth. PowerPoint Präsentation.

- Latacz-Lohmann, U.; Hennig, S.; Dehning, R. (2014): Biogas als Preistreiber am Boden- und Pachtmarkt? Eine empirische Analyse. Schriftenreihe der Rentenbank; Die Zukunft der Bioenergie Band 30, 45–76.
- Manderscheid, K. (2012): Automobilität als raumkonstituierendes Dispositiv der Moderne. In: Füller, H.; Michel, B. (Hrsg.): Die Ordnung der Räume. Geographische Forschung im Anschluss an Michel Foucault. Westfälisches Dampfboot. S.145-178.
- Margraf, C. (2023): Ökosystem Moor: Artenvielfalt in Gefahr. Heinrich-Böll-Stiftung. Online verfügbar unter: <https://www.boell.de/de/2023/01/10/oekosystem-moor-artenvielfalt-gefahr> (abgerufen am 02.03.2024).
- Miosga, M.; Hafner, S.; Schiffner, J. (2021): Flächensparen und Wohnraumversorgung - Wie kann das 5 ha Ziel mit der Befriedigung der Wohnraumbedarfe in Übereinstimmung gebracht werden?
- NABU (2023): Wie wird der Schutz von 30 Prozent der Fläche in Deutschland umgesetzt? Online verfügbar unter: <https://blogs.nabu.de/naturschaetze-retten/eu-biodiversitaets-strategie2030/> (abgerufen am 30.03.2024).
- Noleppa, S.; Cartsburg, M. (2015): Nahrungsmittelverbrauch und Fußabdrücke des Konsums in Deutschland. Eine Neubewertung unserer Ressourcennutzung. Berlin. Online verfügbar unter: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Nahrungsmittelverbrauch_und_Fussabdruecke_des_Konsums_in_Deutschland.pdf.
- Odum, Eugene Pleasants (1971): Fundamentals of ecology. 3. Auflage., W.B. Saunders, Philadelphia/London/Toronto.
- Odum, Eugene, Pleasants (1969): The strategy of ecosystem development.- Science 164: 262-270.
- Ökolandbau.de (2023): Vergleich: Stabilere Erträge im Öko-Landbau. Online verfügbar unter: <https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/vergleich-stabilere-ertraege-im-oeko-landbau/> (abgerufen am 21.02.2024).
- Osterburg, B.; Ackermann, A.; Böhm, J.; Bösch, M.; Dauber, J.; de Witte, T.; Elsasser, P.; Erasmi, 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. Thünen working paper, Bd. 224. Braunschweig.
- Perbandt, D.; Vogelpohl, T.; Beer, K.; Töller, A.E.; Böcher, M. (2021): Zielkonflikte der Bioökonomie. Biobasiertes Wirtschaften im Spannungsfeld von Ökonomie und Ökologie. Springer Fachmedien, Wiesbaden.

- Poggi, F.; Firmino A.; Amado, M. (2018): Planning renewable energy in rural areas: Impacts on occupation and land use. Elsevier. Energy 155. S. 630-640. [https://doi.org/10.1016/j-energy.2018.05.009](https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.009).
- Prakash, S.; Löw, C.; Antony, F.; Dehoust, G.; Stuber-Rousselle, K.; Liu, R.; Gascón Castellero, L.; López Hernandez, V.; Hurst, K.; Köhler, A.; Schön-Blume, N.; Loibl, A.; Sievers, L.; Besler, M.; Schicho, M.; Lotz, M.T.; Eberling, E.; Langkau, S.; Herbst, A.; Tercero Espinoza, L.; Doll, C.; Pfaff, M.; Jacob, K.; Fiala, V.; Helleckes, H. (2023): Modell Deutschland Circular Economy. Modellierung und Folgenabschätzung einer Circular Economy in 9 Sektoren in Deutschland . Freiburg. Online verfügbar unter: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/MDCE_Modellierung.pdf (abgerufen am 26.03.2024).
- Raworth, K. (2017): Doughnut Economics. 7 ways to think like a 21st century economist. White River Junction: Chelsea Green Publishing.
- Regierung von Oberfranken (2023a): Infobrief Flächensparmanagement Oberfranken. Nr. 01/2023. Online verfügbar unter: https://www.regierung.oberfranken.bayern.de/mam/service/raumordnung_landesplanung_regionalplanung/flaechensparoffensive/2023_01_infobrief_flaechensparmanagement_oberfranken.pdf (abgerufen am 27.02.2024).
- Regierung von Oberfranken (2024): Daten EE-Flächen_OFR. Word-Dokument.
- Reiter, F. (2022): Wie willkürliche Bürokratie die „Energiewende von unten“ ausbremst. Focus. Online verfügbar unter: https://www.focus.de/immobilien/wohnen/phaenomen-balkonkraftwerke-wie-buerokratie-die-energiewende-von-unten-aus-bremst_id_164189520.html. (abgerufen am 25.03.2024).
- Richardson, J.; Kirk Hall, P.; Morgan, W. (2022): Land Use Conflicts Between Wind and Solar Renewable Energy and Agricultural Uses. WVU College of Law Research Paper No. 2022-004.
- Ritter, M.; Hüttel, S.; Walter, M.; Odening, M. (2015): Der Einfluss von Windkraftanlagen auf landwirtschaftliche Bodenpreise. Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft 93 (3).
- Rosa, H. (2016): Resonanz: eine Soziologie der Weltbeziehung. Suhrkamp.
- Rosenfeld, M. T. W. (2012): Wie wirkt der verschärfte Standortwettbewerb auf die Stadt- und Regionalentwicklung? In: Kaufmann, Albrecht; Rosenfeld, Martin T. W. (Hrsg.): Städte und Regionen im Standortwettbewerb. Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Hannover. S. 1-11.
- Rupp, J. (2020): Wie nachhaltig ist die Bioökonomie wirklich? Anregungen für einen Perspektivwechsel – damit eine sozial und ökologisch gerechte Wirtschaftsweise gelingen kann. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Hg.). Online verfügbar unter:

- https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2021/PeWeBO_Wie_nachhaltig_ist_die_Biooekonomie_wirklich_bf.pdf (abgerufen am 30.03.2024).
- Rupp, J.; Bluhm, H. (2020): Bioökonomie: Nutzungspraktiken ändern, weniger Ressourcen verbrauchen. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Hg.). Online verfügbar unter: https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2021/PeWeBO_Nutzungspraktiken_aendern_bf.pdf (abgerufen am 30.03.2024).
- Sanders, J.; Heß, J. (2019): Schlussbericht zum Thema "Förderung des ökologischen Landbaus - Maßnahmen, Strategien und betriebliche Perspektiven". Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Institut.
- Schipper, S. (2018): Wohnraum dem Markt entziehen. Wiesbaden. Springer Verlag.
- Schnuck, O.; Mohr, M.; Köppen, U. (2018): Das verbaute Land. Bayerischer Rundfunk. Online verfügbar unter: <https://interaktiv.br.de/flaechenverbrauch/index.html> (abgerufen am 30.03.2024).
- Schulze, E. (2017): Stadtlandwirtschaft und ihre mögliche Bedeutung in der Zukunft. Veröffentlichungen der Leipziger Ökonomischen Societät e.V. (27), 1–31. Online verfügbar unter: <http://www.leipzigersocietaet.de/publikationen/heft27.pdf> (abgerufen am 16.01.2024).
- Spangeberg, J.; Kuhlmann, W. (2020): Bioökonomie im Lichte der planetaren Grenzen und des Schutzes der biologischen Vielfalt. Online verfügbar unter: https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/ressourcen_und_technik/ressourcen_technik_biooekonomie_projekt_studie_spangenberg.pdf (abgerufen am 30.03.2024).
- Statista (2022): Flächenbelegung ausgewählter Lebensmittel. Statista GmbH. Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1196669/umfrage/flaechenbelegung-ausgewaehlder-lebensmittel/> (abgerufen am 02.11.2023).
- Statista (2024a): Durchschnittlicher Preis für Erdgas in Europa von Januar 2017 bis Januar 2024. Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1265554/umfrage/durchschnittlicher-preis-fuer-erdgas-in-europa-monatlich/> (abgerufen am 29.02.2024).
- Statista (2024b): Importpreis von Sojabohnen in der Europäischen Union in den Jahren 2001 bis 2023. Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/419195/umfrage/importpreis-von-sojabohnen-in-der-eu/> (abgerufen am 29.02.2024).
- Statistisches Bundesamt (2019): Bevölkerung im Wandel – Annahmen und Ergebnisse der 14. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden.

- Statistisches Bundesamt (2021a): Statistischer Bericht – Abfallbilanz 2021. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/_inhalt.html#_javwenrwm (abgerufen am 30.03.2024).
- Statistisches Bundesamt (2021b): Von Januar bis November 2020 genehmigte Wohnungen: 59% in Mehrfamilienhäusern. Online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/02/PD21_N015_44.html (abgerufen am 30.03.2024).
- Statistisches Bundesamt (2022a): Fluchtmigration trägt seit Ende 2014 zu Bevölkerungswachstum in Deutschland bei. Online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/11/PD22_N069_12_13.html (abgerufen am 30.03.2024).
- Statistisches Bundesamt (2022b): 2035 werden in Deutschland 4 Millionen mehr ab 67-jährige leben. Online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/12/PD22_511_124.html (abgerufen am 30.03.2024).
- Statistisches Bundesamt (2023): Export von Lebensmitteln und Tierfutter: Ukraine und Russland mit hohem Weltmarktanteil. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/landwirtschaft-fischerei/Ukraine-Landwirtschaft.html> (abgerufen am 29.02.2024).
- Statistisches Bundesamt (2024): Bodenfläche insgesamt nach Nutzungsarten in Deutschland am 31.12.2022. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/bodenflaeche-insgesamt.html> (abgerufen am 30.03.2024).
- Stegmaier, R. (2017): Change Monitoring aus psychologischer Perspektive. In: Rank, Susanne; Neumann, Jan (Hrsg.): Change Monitoring in Veränderungsprozessen. Wiesbaden, S. 23–36.
- Strom-Report (o.D.): Windenergie in Deutschland. Online verfügbar unter: <https://strom-report.com/windenergie/> (abgerufen am 13.02.2024).
- Studier, R. (2021): Bayerisches Naturschutzgesetz (BayNatSchG). Gesetz über den Schutz der Natur, die Pflege der Landschaft und die Erholung in der freien Natur. 1. Auflage. Berlin: epubli.
- Stuhlemmer (2022): Agri-Photovoltaik: Grüner Strom vom Acker hat Potenzial, aber seinen Preis. Universität Hohenheim. Online verfügbar unter: https://www.uni-hohenheim.de/pressemitteilung?tx_ttnews%5Btt_news%5D=56412&cHash=af5d9c4ce70bc94dfdc3ef84264dee8a (abgerufen am 18.01.2024).
- Thrän, D.; Moesenfechtel, U.; Patermann, C. (Hg.) (2020): Das System Bioökonomie. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

- Tietz, A.; Bathke, M.; Osterburg, B. (2012): Art und Ausmaß der Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen für außerlandwirtschaftliche Zwecke und Ausgleichsmaßnahmen. Andreas Tietz, Manfred Bathke und Bernhard Osterburg. Braunschweig: Thünen Institut, IV, 47 p, Arbeitsbericht vTI Agrarökonomie 2012/05. Online verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn050574.pdf (abgerufen am 26.03.2024).
- Tietz, A.; Neumann, R.; Volkenand, S. (2021): Untersuchung der Eigentumsstrukturen von Landwirtschaftsfläche in Deutschland. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Braunschweig. Thünen Rep 85.
- Trommsdorff, M.; Gruber, S.; Keinath, T.; Hopf, M.; Hermann, C.; Schönberger, F.; Gudat, C.; Boggio, A.; Gajewski, M.; Högy, P.; Zikeli, S.; Ehmann, A.; Weselek, A.; Bodmer, U.; Rösch, C.; Ketzer, D.; Weinberger, N.; Schindele, S.; Vollprecht, J. (2023): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. 3. Auflage. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/agri-photovoltaik-chance-fuer-landwirtschaft-und-energiewende.html> (abgerufen am 18.01.2024).
- Umweltbundesamt (2008): Glossar der raumbezogenen Umweltplanung. Online verfügbar unter: https://sns.uba.de/umthes/de/concepts/_00009672.html (abgerufen am 27.02.2024).
- Umweltbundesamt (2020): Nachhaltige Ressourcennutzung – Anforderungen an eine nachhaltige Bioökonomie aus der Agenda 2030/SDG-Umsetzung. Abschlussbericht. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nachhaltige-ressourcennutzung-anforderungen-biooekonomie> (abgerufen am 30.03.2024).
- Umweltbundesamt (2022a): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Ressourcenbericht für Deutschland 2022 Spezial: Rohstoffnutzung der Zukunft. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fb_die_nutzung_natuerlicher_ressourcen_2022_0.pdf (abgerufen am 30.03.2024).
- Umweltbundesamt (2022b): Empfehlungen für die Fortentwicklung der deutschen Kreislaufwirtschaft zu einer zirkulären Ökonomie. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_positionspapier_kreislaufwirtschaft.pdf (abgerufen am 30.03.2024).
- Umweltbundesamt (2023a): Siedlungs- und Verkehrsfläche. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke-> (abgerufen am 30.03.2024).
- Umweltbundesamt (2023b): Altfahrzeugverwertung und Fahrzeugverbleib. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#altfahrzeuge->

- 2020-niedrigste-anzahl-seit-beginn-der-aufzeichnungen-in-2004 (abgerufen am 25.03.2024).
- Umweltbundesamt (2023c): Erneuerbare-Energien-Gesetz. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-gesetz#erfolg> (abgerufen am 15.02.2024).
- Umweltbundesamt (2023d): Fläche als Ressource. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/flaeche-als-ressource> (abgerufen am 27.02.2024).
- Umweltbundesamt (2023e): Folgen der Flächennutzung. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/raum-siedlungsentwicklung/folgen-der-flaechennutzung#flachennutzungen> (abgerufen am 30.03.2024).
- Umweltbundesamt (2023f): Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaik-freiflaechenanlagen#flacheninanspruchnahme-durch-photovoltaik-freiflaechenanlagen> (abgerufen am 16.01.2024).
- Umweltbundesamt (2023g): Struktur der Flächennutzung. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung> (abgerufen am 27.02.2024).
- Umweltbundesamt (2023h): Windenergie an Land. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/windenergie-an-land> (abgerufen am 17.01.2024).
- Umweltbundesamt (2023i): Indikator: Siedlungs- und Verkehrsfläche. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-siedlungs-verkehrsflaeche#die-wichtigsten-fakten> (abgerufen am 29.02.2024).
- Umweltbundesamt (2023j): Ökolandbau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-umweltfreundlich-gestalten/oekolandbau#Umweltleistungen%20des%20%C3%96kolandbaus> (abgerufen am 09.01.2024).
- Umweltbundesamt (2023k): Ökologischer Landbau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/oekologischer-landbau#okolandbau-in-deutschland> (abgerufen am 13.11.2023).
- Umweltbundesamt (2024a): Flächenverbrauch für Rohstoffabbau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/flaechenverbrauch-fuer-rohstoffabbau#inlandische-rohstoffentnahme> (abgerufen am 07.03.2024).

- Umweltbundesamt (2024b): Primärenergiegewinnung und -importe. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergiegewinnung-importe> (abgerufen am 29.02.2024).
- Voigt, C.; Straka, T.; Fritze, M. (2019): Producing wind energy at the cost of biodiversity: A stakeholder view on a green-green dilemma. In: *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 11 (6), Artikel 063303. DOI: 10.1063/1.5118784.
- Von Witzke, H.; Noleppa, S.; Zhirkova, I. (2014): *Fleisch frisst Fläche*. WWF Deutschland. 4. Aufl. WWF Deutschland (Hrsg.). Berlin. Online verfügbar unter: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Fleischkonsum_web.pdf (abgerufen am 19.02.2024).
- Walz, U.; Jaeger, J.; Haber, W. (2022): Argumente und Möglichkeiten für eine Quantifizierung und ein Monitoring der differenzierten Landnutzung, Raumforschung und Raumordnung / *Spatial Research and Planning*. Nr. 80 (5), S. 505-521, oekom verlag, München.
- Wanner Fandrych, S. (2023): *Aus Parkraum einen sozialen und ökologischen Mehrwert schöpfen? Ansätze für Umprogrammierungen am Beispiel von Parkhäusern*. Universitätsverlag der TU Berlin.
- WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020): *Hauptgutachten. Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration*. WBGU, Berlin. Online verfügbar unter: https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2020/pdf/WBGU_HG2020.pdf (abgerufen am 25.03.2024).
- Wiegmann, K. (2022): *Jahrestagung Öko-Institut. Landwende*. Institut für Angewandte Ökologie. Darmstadt und Berlin, 2022.
- Wirth, H. (2023): *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Fraunhofer ISE. Fassung vom 20.12.2023. Online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html> (abgerufen am 17.01.2024).
- Wittmer, H.; Krause, G.; Berghöfer, A.; Spiering nee Centgraf, S.; Büttner, L.; Rode, J. (2021): *Transformative change for a sustainable management of global commons — biodiversity, forests and the ocean. Recommendations for international cooperation based on a review of global assessment reports and project experience*.
- WWF (Hg.) (2018): *Living planet report 2018. Aiming higher*. Unter Mitarbeit von Grooten, M. and Almond, R.E.A. Gland, Switzerland: WWF--World Wide Fund for Nature.
- WWF DEUTSCHLAND (2023): *Modell Deutschland Circular Economy: Eine umfassende Circular Economy für Deutschland 2045 zum Schutz von Klima und Biodiversität*. Online

verfügbar unter: https://www.WWF_Deutschland.de/fileadmin/fm-WWF_Deutschland/Publikationen-PDF/Unternehmen/WWF_DEUTSCHLAND-Modell-Deutschland-Circular-Economy-Broschuere.pdf (abgerufen am 30.03.2024).

ZDF (2023): Kampf gegen Wohnungsnot – Scholz: Neue Stadteile „wie in der 70ern“. Online verfügbar unter: <https://www.zdf.de/nachrichten/wirtschaft/scholz-wohnungsbau-stadteile-100.html> (abgerufen am 30.03.2024).

Zehlius-Eckert, W.; Tsonkova, P.; Böhm, C. (2020): Umweltleistungen von Agroforstsystemen. Online verfügbar unter: https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/03/02__Umweltleistungen.pdf (abgerufen am 25.03.2024).

Zukunfts Institut (2021): Retail-Trends 2023: Die Zukunft von Handel, Konsum und Einkaufen. Online verfügbar unter: <https://www.zukunftsinstitut.de/zukunftsthemen/zukunft-des-handels-trends-und-megatrends> (abgerufen am 29.02.2024).

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichern wir eidesstattlich, dass wir die vorliegende Arbeit eigenständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt haben. Alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, sind kenntlich gemacht worden. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden.

Bayreuth, den 31.03.2024



Kathrin Dressel



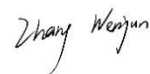
Jana Keltsch



Anna Hülle



Tom Eggert



Wenjun Zhang