🏆 reviewed paper

Erhebung und Analyse des Flächenverbrauchs in Deutschland sowie Abschätzung der zukünftigen Flächenverbrauchsentwicklung

Gotthard Meinel

(Dr. Gotthard Meinel, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, 01217 Dresden, Weberplatz 1, g.meinel@ioer.de)

DOI: 10.48494/REALCORP2025.0108

1 ABSTRACT

Der weltweite Verlust von natürlichen Böden durch Überbauung zu Siedlungs- und Verkehrszwecken ist nach wie vor hoch. Damit gehen auch immer mehr Flächen für die Landwirtschaft verloren. Derartige Böden werden aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung und dem erforderlichen Wandel zu einer ökologischen Landwirtschaft dringend gebraucht. Darauf verweist auch der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen in seinem Hauptgutachten“ Landwende im Anthropozän“ (WBGU, 2021)

Die Verhinderung eines weiteren Verlustes an Biodiversität, die Gewährleistung der Ernährungssicherheit und die Produktion gesunder Lebensmittel, die Verhinderung weiterer Zersiedelung und Landschaftszerschneidung sowie die Regionalisierung von Kreisläufen, dies alles sind Ziele der ökologischen Transformation. Lösen lässt sich das Problem des Flächenverbrauchs nur durch eine konsequente Kreislaufwirtschaft von Siedlungs- und Verkehrsflächen, d. h. keine neue Inanspruchnahme von Freiraumflächen ohne adäquaten Flächenausgleich. Eine vollständige Kreislaufwirtschaft bis 2050 zu erreichen, hat sich die EU und auch Deutschland zum Ziel gesetzt (Fina et al., 2023; BUMB 2016).

In Indikator der Sustainable Development Goals (SDGs) und in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS), erstmals formuliert im Jahre 2002, ist der Flächenindikator „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ (11.1.a) kurz auch Flächen(neu)inanspruchnahme oder Flächenverbrauch genannt (Bundesregierung 2002). Dieser Indikator erfordert eine verlässliche, genügend genaue und aktuelle Bestimmung. Nur so können Erfolge und Misserfolge einer Flächensparpolitik raumscharf bewertet werden. Den dahinterliegenden Herausforderungen und Lösungsansätzen widmet sich dieser Beitrag. Er enthält u. a. Ergebnisse eines erst kürzlich abgeschlossenen Forschungsprojekts „Konsistenz und Aussagefähigkeit von Flächendaten – Untersuchungen zur Zeitreihenfähigkeit der amtlichen Flächenstatistik“ des Umweltbundesamtes (UBA, 3719 751020).

Einleitend wird die Methodik der Flächennutzungserhebung in Deutschland beschrieben. Dabei wird auf die Datengrundlagen der Flächenstatistik – das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS, AdV 2023) – eingegangen. Dieses hat Schwächen bzgl. der deutschlandweiten Homogenität und Aktualität der Daten. Zudem sind die darauf basierenden Indikatorzeitreihen durch methodische Veränderungen der Erhebung des Attributs „Tatsächlichen Nutzung“ (TN) im Liegenschaftskataster beeinträchtigt. Besonders sensibel darauf reagiert der Flächenverbrauchswert, da er der einzige Differenzindikator der Flächenstatistik ist.

Die Erhebung des Flächenverbrauchs wird darum auch auf geotopographischer Datengrundlage vorgestellt und die Werte verglichen. Denn das Basis Landschaftsmodell des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS Basis-DLM, AdV 2021) ist deutschlandweit homogener und aktueller und liefert verlässlichere TN-Attribute und Indikatorwerte.

Eine gegenwärtig besondere Herausforderung bei der Erstellung von Flächennutzungsstatistiken sind die Erfassung und Bilanzierung von Flächen für erneuerbare Energiegewinnung (EE-Flächen). Denn Freiflächen-Photovoltaikanlagen (FF-PVA)benötigen riesige Flächen. Da diese derzeit in der TN-Erhebung als Siedlungsflächen bewertet werden, beeinflussen sie den Indikatorwert Flächenverbrauch. Wie sich die Gesamtfläche von FF-PVA in den letzten Jahren entwickelt hat und wie sich die Entwicklung fortsetzen wird, ist Teil dieses Beitrags.

Zudem wird ein Vorschlag unterbreitet, wie die Erhebung des Flächenverbrauchsindikators durch den Rückgriff auf originäre Informationen zur geplanten Überbauung und der Bodenversiegelung aus den Bauerhebungsbögen verbessert werden könnte und die Ergebnisse einer Abschätzung des zukünftigen Flächenverbrauchs durch automatisierte GIS-basierte Auswertung von Bebauungsplänen vorgestellt.

Keywords: Flächennutzungsstatistik, Flächenverbrauch, Erneuerbare-Energie-Flächen, ATKIS, IÖR-Monitor

2 HINTERGRUND

Die Überbauung von natürlichen Böden und die Inanspruchnahme von Freiraum für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist weltweit fortschreitend und ein erhebliches Problem einer nachhaltigen Entwicklung. Darum hat die UN in den Sustainable Development Goals (SDGs) u. a. das Ziel formuliert, Städte und Siedlungen nachhaltiger zu entwickeln. Der Flächenverbrauch wird in Europa gemessen auf Grundlage des CORINE Land Cover (CLC).[1] CLC-Daten sind europaweit verfügbar seit 1990. Aller sechs Jahre wird die Landnutzung differenziert nach 44 Landnutzungsklassen im Maßstab 1:100.000 auf Basis von Satellitenbilddaten erhoben. Abb. 1 zeigt den Flächenverbrauch zwischen 2000-2018 für die europäischen Länder in Vergleich. Weitere Analysen findet man hier. Allerdings wird durch die begrenzte Auflösung der CLC-Daten (25 ha Mindestgröße einer Erfassungseinheit), die eine Erfassung kleiner neuer Siedlungsflächen oder Verkehrstrassen unmöglich macht, der Flächenverbrauch stark unterschätzt. Während die fernerkundliche CLC-Erhebung die Flächenbedeckung erhebt, erfassen nationale Systeme wie die deutsche Flächenstatistik die Flächennutzung. Dadurch ist die Zuordnung überbauter Flächen nicht gut vergleichbar. In Deutschland wird der Flächenverbrauch durch die CLC-Daten um fast 80 % unterschätzt.

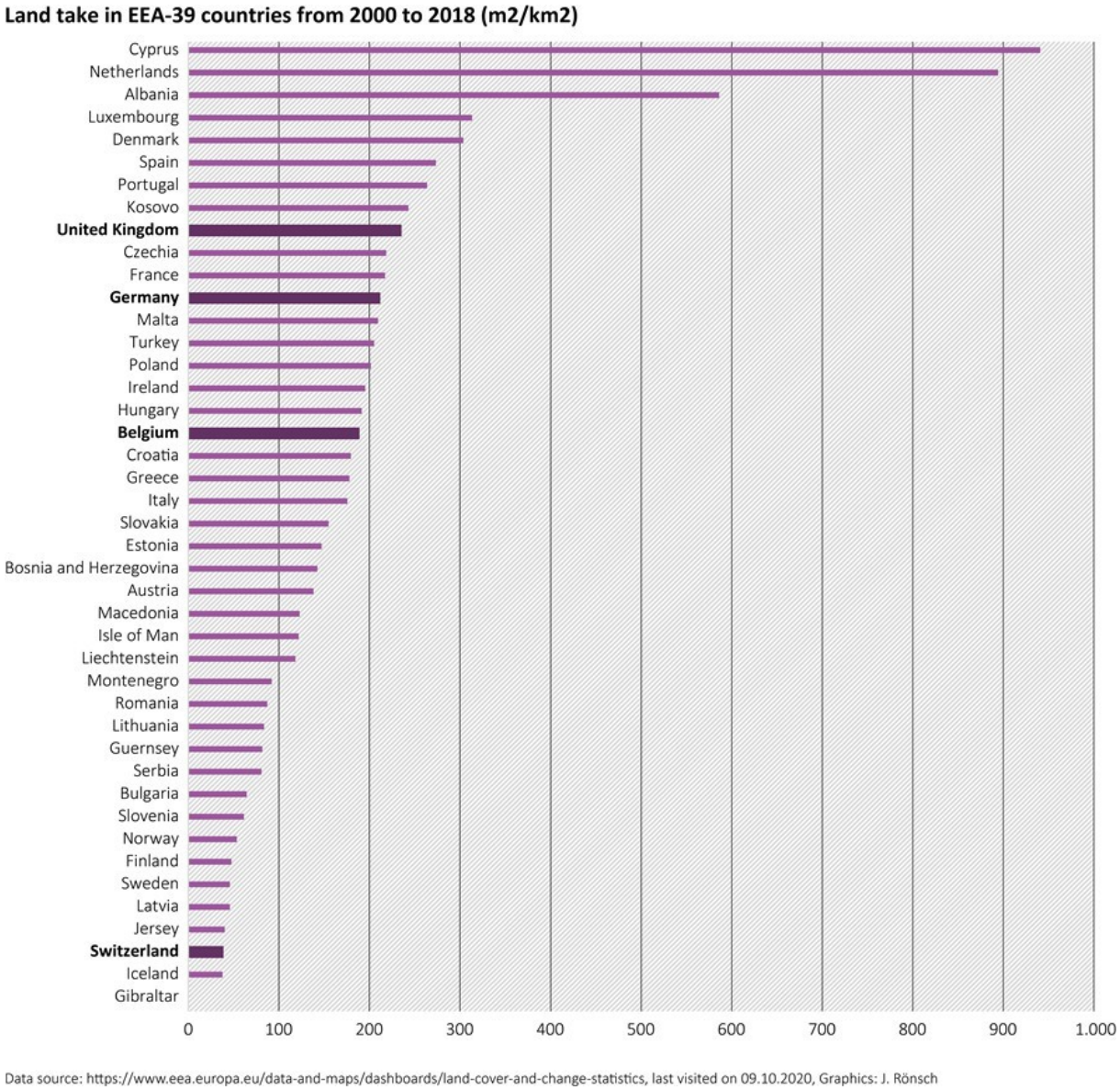

Abb. 1: Flächeninanspruchnahme europäischer Länder zwischen 2000 und 2018, https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/net-land-take-in-cities

[1] https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover

In Österreich wird die Flächeninanspruchnahme und die Bodenversiegelung landesweit von der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) publiziert.[2] Das Datenmodell wurde mit dem Bund, den Ländern, Städten und Gemeinden abgestimmt. Als Ergebnisse liegen robuste Daten zur Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke, Freizeit- und Erholungs-, Ver- und Entsorgungszwecke sowie der Versiegelung für das Referenzjahr 2022 („Baseline“) vor. Gesamterhebungen werden in einem dreijährigen Zyklus durchgeführt. Belastbare Zahlen zu Entwicklungstendenzen werden erstmals Ende 2025 vorliegen.

3 FLÄCHENSPARPOLITIK IN DEUTSCHLAND

Die Reduzierung des täglichen Anstiegs der Siedlungs- und Verkehrsfläche kurz Flächenneuinanspruchnahme oder auch Flächenverbrauch auf max. 30 ha pro Tag (30-Hektar-Ziel) bis 2020 fand im Jahr 2002 als Flächenindikator Eingang in die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung. In der seit 2016 aktualisierten Fassung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) lautet das Ziel nunmehr unter 30 ha pro Tag bis zum Jahr 2030 (Bundesregierung 2017). Bis 2050 soll nach dem Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (BUMB 2016) der Übergang zu einer Flächenkreislaufwirtschaft realisiert werden, so dass netto keine neuen Flächen mehr für Siedlungs- und Verkehrszwecke mehr in Anspruch genommen werden müssen (Netto-Null-Ziel).

Auch wenn der Flächenverbrauch in Deutschland sukzessiv in den letzten 20 Jahren abgenommen hat, wird derzeit mit ca. 55 ha/Tag das Ziel weit verfehlt. Das hast viele Gründe. So soll die Baukonjunktur nicht eingeschränkt werden und es besteht eine erhebliche Nachfrage nach mehr Wohnraum und neuen Gewerbeflächen. Bauen im Bestand, Innen- vor Außenentwicklung können diese Nachfrage nur zum Teil decken. Auch wurde das bundesweite Flächensparziel nie regionalisiert, d. h. untersetzt auf Ebene der Bundesländer, Regionen und Kreise. Inzwischen haben sich aber 12 von 16 Bundesländern Flächensparziele gesetzt. Auch ein vom Umweltbundesamt in drei Forschungsprojekten ausgetesteter handelbarer Flächenzertifikatehandel wurde nie installiert. Dieser hätte durch die Festlegung von Kontingenten, die über die Jahre immer weniger werden, die Flächensparziele genau erreicht.

Ambitionierte Flächensparpolitiken findet man in Deutschland auf unterschiedlichen Ebenen: Beispielhaft hingewiesen sei z. B. auf die NRW-Flächenampel (Siedentop et al. 2024),im Landesentwicklung plan von Baden-Württemberg wird eine Flächenkreislaufwirtschaft bis 2035 angestrebt[3] und auf kommunaler Ebene sei das Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS[4]) hervorgehoben.

4 MESSUNG DES FLÄCHENVERBRAUCHS

4.1 Amtliche Flächenerhebung

Die Landnutzung beschreibt die sozioökonomische Nutzung des Bodens z. B. für Wohn- oder Erholungszwecke oder Land- bzw. Forstwirtschaft, während die Landbedeckung das physische Material an der Erdoberfläche wie Gras, Bäume, Gestein, Wasser oder versiegelte Siedlungs- und Verkehrsflächen beschreibt. Dabei sind die Begriffe Land-, Boden- und Flächennutzung bedeutungsgleich. Das gilt auch für die Begriffe Land-, Boden- und Flächenbedeckung.

Die Flächenstatistik ist Teil der Agrarstatistik. Nur eine kurze Zeit war sie auf Bundesebene Teil der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL). Grundlage der Berechnung des Indikators „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ und der Erstellung der entsprechenden Indikatorzeitreihen sind die jährlich erscheinenden statistischen Berichte zur Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung von Bund und Ländern. Die Fachserie 3 Reihe 5.1[5] mit den Angaben der Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung erschien 2021 zum letzten Mal. Die Angaben werden seitdem nur noch in der Datenbank GENESIS-Online[6] veröffentlicht.

[2] https://www.oerok.gv.at/monitoring-flaecheninanspruchnahme

[3] https://www.landesentwicklung-bw.de/de/mitmachen/beteiligungen/eckpunktepapier-zum-lep/thema/reduzierung-des-flaechenverbrauchs

[4] https://www.stuttgart.de/leben/umwelt/boden/bodenschutz.php

[5] https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Publikationen/Downloads-Flaechennutzung/bodenflaechennutzung-2030510217005.html

[6] https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistikTabellen&selectionname=33111#abreadcrumb

Die Statistischen Berichte zur Flächenerhebung weisen in den Bundesländern eine unterschiedliche räumliche und sachliche Informationstiefe auf. Mehrheitlich erfolgt eine räumliche Ausweisung der Flächennutzung bis auf Gemeindeebene. In einigen Bundesländern werden die Werte jedoch nur bis auf Kreisebene kostenfrei veröffentlicht.

Die inhaltliche Auswertung variiert zwischen der alleinigen Angabe der SuV-Fläche oder der zusätzlichen Angabe der Veränderung der SuV-Fläche gegenüber Vorjahr. Eine direkte Ausweisung des Anstiegs der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Hektar pro Tag erfolgt in der Regel nicht (Ausnahmen Bayern und Hessen). Auch weist das Statistische Bundesamt diesen Indikatorwert in seinen Berichten zur amtlichen Flächenerhebung nicht aus. Dieses erfolgt nach Plausibilisierungen mit halbjähriger Verzögerung im Internet. Auch einige Bundesländer weisen die Flächenneuinanspruchnahme nur separat im Internet aus und nicht in ihren statistischen Berichten.

Die Ausgabe des Indikatorwertes „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ auf Ebene der Bundesländer in Hektar pro Tag erfolgt zudem auf dem gemeinsamen Statistikportal der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder.[7] Eine weitere Informationsquelle stellt die Regionaldatenbank Deutschland[8] dar, welche die Daten bis zur kommunalen Ebene bereitstellt.

Weiterhin werden vom Statistischen Bundesamt die Jahreswerte[9] sowie der gleitende vierjährige Mittelwert seit 2000 jährlich im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung veröffentlicht. Durch die Ausweisung des gleitenden Mittelwertes werden die Indikatorvarianzen einzelner Jahre geglättet, was allerdings die Aktualität des Indikatorwertes beeinträchtigt.

4.2 Indikator Flächenneuinanspruchnahme

Dieser sogenannte Flächenindikator der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie beschreibt die Umwandlung von Freiraumfläche (meist Vegetationsfläche) in Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV). Dabei werden Flächennutzungsänderungen aus der Freiraumfläche hin zur SuV-Fläche als Differenz der kumulierten Werte der TN zweier aufeinanderfolgender Jahre ermittelt. Um migrationsbedingte Schwankungen zu minimieren, wird ein gleitender vierjähriger Mittelwert berechnet, der den amtlichen Wert des Flächenindikators (Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Flächenneuinanspruchnahme bzw. Flächenverbrauch) darstellt. Dieser wird zur Bewertung der Flächenentwicklung im Vergleich mit den Flächensparzielen der Bundesregierung herangezogen. So soll der Anstieg der SuV-Fläche bis 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag und bis 2050 durch den Übergang zu einer Flächenkreislaufwirtschaft soweit gesenkt werden, dass netto keine neuen Flächen mehr in Anspruch genommen werden (Netto-Null-Ziel, Die Bundesregierung 2017, BMUB 2016). 2022 beträgt der vierjährige Mittelwert (2019-2022) der Flächenneuinanspruchnahme 52 ha/Tag[10], nachdem er 2021 (2018-2021) noch 55 ha/Tag betrug. Die Entwicklung des Indikators zeigt Abbildung 2. Die migrationsbedingten Einflüsse auf den Indikatorwert werden differenziert für die Bundesländer im Methodenbericht zur Flächenerhebung dargestellt (Statistisches Bundesamt, 2019a). Unter migrationsbedingten Einflüssen sind alle Effekte zu verstehen, die durch geänderte Modellierungsvorschriften der TN-Erhebung im Kataster die Flächenstatistik unabhängig von realen Änderungen der Flächennutzung beeinflussen.

Einige Bundesländer haben eigene Flächensparziele festgelegt.[11] Einen Vorschlag für eine Berechnung legte das UBA 2009 vor und schlägt auch für den maximalen Flächenverbrauch Zwischenziele für 2010 und 2015 vor.[12] Das Ziel und die Zwischenziele wurden jeweils deutlich verfehlt.

[7] https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/flaeche-und-raum/ffsv#6689

[8] https://www.regionalstatistik.de/genesis/online?operation=statistic&levelindex=0&levelid=1692710345425&code=33111#abreadcrumb

[9] https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/anstieg-suv.html

[10] https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2024/PD24_11_p002.html

[11] https://slub.qucosa.de/api/qucosa%3A72287/attachment/ATT-0/

[12] https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#politische-ziele

Für das Monitoring der Flächenentwicklung und der Flächensparziele ist eine verlässliche Datengrundlage mit kontinuierlich fortgeführten Zeitreihen erforderlich. Die SuV-Fläche als Basisgröße zur Berechnung der Flächenneuinanspruchnahme wird dabei durch das Statistische Bundesamt folgendermaßen definiert:

„Die Siedlungs- und Verkehrsfläche setzt sich zusammen aus den Nutzungsarten Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche (ohne Abbauland), Verkehrsfläche, Erholungsfläche und Friedhof. Diese Zuordnung macht deutlich, dass die SuV-Fläche nicht mit versiegelter Fläche gleichgesetzt werden darf, da die SuV-Fläche auch unbebaute und nicht versiegelte Flächen enthält. Schätzungen ergeben einen Versiegelungsgrad der Siedlungs- und Verkehrsfläche zwischen 43 % und 50 %." (Statistisches Bundesamt ohne Jahreszahl).

Abbauland wird nicht zur Siedlungs- und Verkehrsfläche gezählt, da es sich durch die spätere Rekultivierung um eine temporäre Nutzung handelt. Diese riesigen und sich dynamisch entwickelnden Flächen würden die Zeitreihe des Flächenverbrauchs stark beeinflussen.

Auch Flächen für erneuerbare Energien (Photovoltaik-Freiflächenanlagen) sowie Kranstellflächen und Zuwegungen zu Windkraftanlagen werden der SuV-Fläche zugeordnet.

Das Statistische Bundesamt (StaBA) wurde beauftragt, die Daten für den Indikator zu liefern, um eine nachvollziehbare Erfolgskontrolle dieser politischen Zielsetzungen auf der Zeitachse zu ermöglichen. Dieser – auch als Flächenstatistik bezeichnete Datensatz – ist ein vom StaBA eigens zusammengestellter Datensatzauszug aus der Agrarstatistik, der die „Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung" – auch Statistische Berichte genannt – beschreibt. Die Flächenstatistik ist eine Sekundärstatistik. Das heißt, das StaBA aggregiert die Datenlieferungen der 16 Statistischen Landesbehörden. Diese erhalten ihrerseits die Daten von den Behörden der Landesvermessung (Katasterämter). Statistische „Unplausibilitäten" werden vom StaBA bearbeitet. Etwaige Unplausibilitäten ergeben sich als Folge von Umstellungen im Katasterwesen sowie immer wieder vorgenommenen Umschlüsselungen einzelner Flächennutzungen durch die Länder. Zur Interpretation der Daten – insbesondere im Hinblick auf Vergleiche mit den Daten aus den Vorjahren – musste das Statistische Bundesamt deshalb die Datensätze in den jährlichen Flächenstatistiken zunehmend durch Fußnoten erläutern und erklären.

Die Zeitreihenfähigkeit der Flächenstatistik wurde zum Diskussionsgegenstand. Verstärkt wurde die o. a. Entwicklung durch die sukzessive Einführung des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem ALKIS. Dreh- und Angelpunkt dieser Umstellung ist ein von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) für ALKIS leicht verändertes Nutzungsartenverzeichnis. Daraus ergaben sich weitere „Umschlüsselungserfordernisse", so dass eine konsistente Darstellung der Flächenstatistik auf der Zeitachse kaum noch möglich war.

Zuverlässige, zeitstabile und valide Daten der Flächennutzung sind jedoch nötig, um die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächenzunahme (Flächenverbrauch) auf der Zeitachse zuverlässig abzubilden und eine Erfolgskontrolle des Flächenindikators im Rahmen der Umsetzung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zu ermöglichen.

4.3 Messung der Flächenneuinanspruchnahme im IÖR-Monitor

Der IÖR-Monitor stellt Daten und Informationen zur Flächennutzungsstruktur und deren Entwicklung sowie zur Landschaftsqualität für die Bundesrepublik Deutschland zurück bis zum Jahr 2000 bereit. Er ist Teil des IÖR-Forschungsdatenzentrums (IÖR-FDZ) des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung (IÖR).

Der IÖR-Monitor bietet quantitative indikatorbasierte Beschreibungen durch Analyse amtlicher Geobasis- und Geofachdaten (ATKIS, LoD2, GA, Schutzgebiete, Bodenversiegelung) in Kombination mit amtlicher Statistik und Fernerkundung (Copernicus). Jährlich erfolgt eine Auswertung aller TN-Objekte des ATKIS Basis-DLM nach einem Flächenschema. Stand und Veränderung der Flächennutzung wird durch eine GIS-basierte Berechnung von derzeit 90 Indikatorwerten für alle administrativen Gebietseinheiten (Länder, Kreise, Gemeindeverbände, Gemeinden), Raumordnungsregionen, Stadtteile und Rasterzellen bis 100 m Rasterweite für das terrestrische Staatsgebiet der Bundesrepublik bereitgestellt. Darüber hinaus erfolgt eine Berechnung statistischer Merkmale und eine Visualisierung der Indikatoren werte durch Karten, Tabellen, Entwicklungsdiagramme und Statistiken für administrative Gebietseinheiten und als hochaufgelöste Raster. Ein Kartenviewer[13] ermöglicht die interaktive Darstellung von Entwicklungsdiagrammen, den Export von

[13] https://www.ioer-monitor.de/

Karten, Tabellen und Diagrammen sowie die Bereitstellung der Daten in Form von Geodiensten (WMS, WCS, WFS) zur Einbindung in eigene GIS-Umgebungen. Grundlage, Methodik und Anwendungsbeispiele des IÖR-Monitors wurden u.a. hier beschrieben (Meinel et al. 2023). Die Berechnung der Flächenneuinanspruchnahme berücksichtigt auch Verschiebungen von TN-Objekten im Zuge von geometrischen Genauigkeitsverbesserungen sowie thematische Neuzuordnung von TN-Objekten im Zuge von Migrationsprozessen (Schorcht et a. 2016).

Der Flächenverbrauchsindikator wird berechnet in der amtlichen Flächenerhebung, die auf dem Liegenschaftskataster beruht. Eine alternative Berechnung des Indikators erfolgt im IÖR-Monitor auf Grundlage geotopographischer Daten des ATKIS Basis-DLM. Die tägliche Flächenneuinanspruchnahme im Vergleich zeigt Abb. 2. Zur SuV-Fläche zählen dabei Flächen für Wohnbau, Industrie und Gewerbe (ohne Abbauland), Flächen für öffentliche Einrichtungen, für Sport, Freizeit und Erholung (inkl. Friedhofsflächen) sowie Verkehrsflächen.

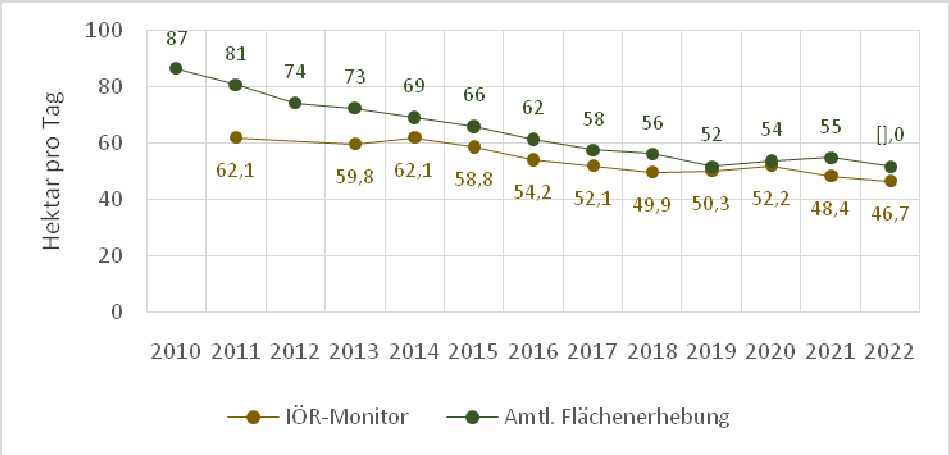

Abb. 2: Flächenneuinanspruchnahme in ha/Tag nach amtlicher Flächenerhebung im Vergleich zum IÖR-Monitor (vierjähriger bzw. fünfjähriger Mittelwert)

4.4 Flächenverbrauchsmessung auf Grundlage der Bauerfassungsbögen

Die amtliche Flächenstatistik gibt die Flächenneuinanspruchnahme nur mit großem Zeitverzug wieder. Das macht eine zeitnahe Nachjustierung der Flächenhaushaltspolitik unmöglich. Grund dafür sind die verzögerte Erfassung einer Flächenneuinanspruchnahme im Liegenschaftskataster nach der Einmessung eines Gebäudeneubaus, einer Gebäudeerweiterung oder eines Gebäudeabrisses.

Andererseits liegen mit den Erhebungsbögen der Bautätigkeitsstatistik[14] hochaktuelle Informationen zum gegenwärtigen Gebäudeneubaugeschehen vor, die wertvolle Aussagen zur aktuellen bzw. geplanten Flächeninanspruchnahme ermöglichen würden.

Die Bautätigkeitsstatistik erfasst die genehmigten, fertiggestellten und abgegangenen Gebäude. Die zugrundeliegenden Erhebungsdaten bieten viele interessante Auswertemöglichkeiten. Die Datenqualität der Bautätigkeitsstatistik ist vergleichsweise hoch durch die Vollerhebung, die gesetzlich geregelte Auskunftspflicht, die tiefe regionale Gliederung, die Verfügbarkeit längerer Zeitreihen und den umfangreichen Merkmalskatalog. Obwohl die Erhebungsdaten der Bautätigkeitsstatistik die aussagekräftigste Primärinformation für die bauliche Entwicklung in Bezug auf die geplante oder neu bebaute Fläche ist, werden diese derzeit nicht für die Bestimmung des Flächenverbrauchs genutzt. Sie dient ausschließlich zur Fortschreibung des Bestandes an Wohngebäuden und Wohnungen und zur Feststellung des Umfangs und der Struktur der Hochbautätigkeit. In den Erhebungsbögen der Bautätigkeitsstatistik sind die Lage, Nutzungsart, der Gebäudeart, der Haustyp, der Rauminhalt, die Geschosszahl, Fläche, Wohnungs- und Raumanzahl erfasst.

Grundlage der Bautätigkeitsstatistik ist das „Gesetz über die Statistik der Bautätigkeit im Hochbau und die Fortschreibung des Wohnungsbestandes (Hochbaustatistikgesetz)“(HBauStatG 1998), Informationsgrundlage der Erhebungsbogen, der vom Träger eines genehmigungs- oder anzeigepflichtigen Bauvorhabens – das sind weitestgehend alle Gebäude – zwingend auszufüllen ist. Die Angaben dieser

[14] https://www.statistik-bw.de/baut/servlet/LaenderServlet

Erhebungsbögen werden in den Statistischen Landesämtern aggregiert und die Baugenehmigungen nach § 5 monatlich, die Baufertigstellungen jährlich veröffentlicht.

Zur Beantragung einer Baugenehmigung muss ein Statistikbogen ausgefüllt werden, sodass alle Baugenehmigungen erfasst werden. Für all diese Baugenehmigungen muss bei Fertigstellung der Baumaßnahme auch eine Meldung zur Statistik der Baufertigstellungen erfolgen. Bei der Statistik der Baufertigstellungen handelt es sich also um eine Totalerhebung und keine Stichprobe. Darum wird die Genauigkeit der Bautätigkeitsstatistik im Qualitätsbericht zur Statistik als hoch eingeschätzt (Destatis 2016a).

Wie könnten nun die Informationen der Erhebungsbögen der Bautätigkeitsstatistik für die Ermittlung der Flächenneuinanspruchnahme einen Beitrag leisten und welche Vorteile hätte dieses Vorgehen? Die Erhebungsbögen beinhalten – bezogen auf die Bestimmung der Flächenneuinanspruchnahme – fast alle wichtigen Informationen zum aktuellen Baugeschehen, sowohl im Neubau als auch Umbau und Gebäudeabriss. Das sind insbesondere die adressgenaue Lage der aktuellen Flächenneuinanspruchnahme, die Nutzungsart (Wohnen oder Gewerbe) und die Nettogrundfläche des Baukörpers. Derzeit ist die Adresse des Baugrundstücks aber leider ein Hilfsmerkmal nach § 4 HBauStatG und darf darum nach § 9 Abs. 2 nur auf Nachfrage der kommunalen Verwaltung an deren abgeschottete Statistikstellen weitergegeben werden. Diese Umstände verhindern derzeit eine Nutzung der Basisinformationen der Bautätigkeitsstatistik für eine deutschlandweite Auswertung der aktuellen Flächenneuinanspruchnahme.

Durch Auswertungen der Lage neuer Baugrundstücke aus den Erhebungsbögen der Bautätigkeitsstatistik könnten aktuelle, lagegenaue, vollständige und verlässliche Angaben zur laufenden Flächeninanspruchnahme in Deutschland gewonnen werden. Der Auswerteaufwand dazu wäre relativ gering und der Nutzen hoch. Die Datennutzung erfordert eine Novelle des Hochbaustatistikgesetzes, die die Auswertung der Lage des Baugrundstücks erlauben würde. Durch Verschneidung der Adresspunkte der neuen Gebäude mit dem Liegenschaftskataster könnte die Grundstücksgröße der Neubebauung erfasst werden. Dann könnten aktuelle und qualitativ hochwertige, flächenbezogene Informationen zur Bautätigkeit in Deutschland gewonnen werden, beispielsweise gemeindescharfe Indikatorwerte zur Flächenneuinanspruchnahme, differenziert nach Nutzungsarten einschließlich des Verhältnisses von Innen- zu Außenentwicklung.

5 FLÄCHENINANSPRUCHNAHME VON FREIFLÄCHEN-PHOTOVOLTAIKANLAGEN

5.1 Derzeitige Erfassung von FF-PVA

Flächen für erneuerbare Energien wie Windkraft- (WKA) und Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) prägen zunehmend das Landschaftsbild. Sie haben aufgrund ihrer großen Zahl und ihrem Flächenanspruch einen erheblichen Einfluss auf die Flächennutzung. Dabei werden PV-FFA sowohl in ALKIS als auch in ATKIS als Bauwerk separat von der Tatsächlichen Nutzung mit der Funktion Solarzelle erfasst (Lipfert 2023). Nach einer Statistik von Kurstedt 2023 liegen die 4.713 PV-FFA mit einer Fläche von 18.438 ha (Stand: I/2023, Quelle: ATKIS Basis-DLM) zu über 98 % auf Industrie- und Gewerbeflächen. (Wenige Anlagen liegen auf Unland- oder Verkehrsflächen, Flächen gemischter Nutzung oder Flächen besonderer funktionaler Prägung, Landwirtschafts- oder Wasserflächen oder auf Tagebauflächen). Durch die Kennzeichnung der Tatsächlichen Nutzung unterhalb der Bauwerke als Industrie- und Gewerbeflächen gehören sie zum Nutzungsartenbereich Siedlung und gehen in die Flächenneuinanspruchnahme ein.

Nicht relevant für die Berechnung der Flächenneuinanspruchnahme sind PV-FFA oder WKA, die im bestehenden Siedlungsraum errichtet wurden wie auf Halden, Straßen- oder Flugverkehrsflächen. Auch wenn diese Anlagen keine Freiraumfläche beanspruchen, wäre deren Erfassung für statistische Auswertungen von Bedeutung.

Schon im Jahre 2018 wurde durch PV-Freiflächenanlagen eine Fläche von 25.500 ha eingenommen. Die Flächenentwicklung der Anlagen bis 2022 wird bei Walz. et al. 2022 beschrieben. Die Flächenneuinanspruchnahme durch FF-PVA in den letzten 10 Jahren beträgt rechnerisch ca. 10 ha/Tag (Kurstedt 2023, Walz et al. 2022). Mit den gesetzten Ausbauzielen der Bundesregierung wird bei Böhm 2023 abgeschätzt, dass sich die Gesamtfläche auf 150.000 ha bis 2030 erhöhen wird. Um den landwirtschaftlichen Flächenverlust zu begrenzen, sollte man zunehmend zu einer multifunktionalen Flächennutzung durch aufgeständerte Freiflächen-PV-Anlagen (Agri-PV) oder schwimmender Photovoltaik

(FPV) auf Wasserflächen übergehen. Auch darum sollte eine Erfassung derartiger multifunktionaler Flächennutzung im Flächenmonitoring zum Standard werden.

5.2 Berücksichtigung von FF-PVA-Flächen in der Flächenstatistik

Genau genommen stellen diese Anlagen nur eine temporäre Nutzung dar, denn deren Betriebszeit beträgt ca. 20 Jahre. Zudem handelt es sich oft um eine multifunktionale Flächennutzung, denn unter diesen Anlagen erfolgt häufig z. B. eine Beweidung, also eine landwirtschaftliche Nutzung. Der Verlust an Landwirtschaftsfläche kann in Zukunft durch aufgeständerte Anlagen (Agri-PV) gemindert werden. In Umsetzung der Ausbauziele für Solarenergie rechnet Böhm 2023 mit ca. 150.000 ha neuer PV-FFA allein auf Agrarflächen. Das zeigt, wie wichtig eine separate Erfassung dieser überlagerten Nutzung wäre. Darum sollten diese Anlagen auch nicht wie derzeit in die Berechnung des SuV-Anstiegs einfließen. Es empfiehlt sich eine separate Ausweisung der Flächenneuinanspruchnahme durch erneuerbare Energien in einem eigenen Indikator. Denn die Vermischung von erwünschten Entwicklungen (Ausbau Freiflächen-Photovoltaik) und unerwünschten (Flächenverbrauch) im Indikator Flächenneuinanspruchnahme wird als problematisch angesehen und konterkariert das Netto-Null-Ziel des Flächenverbrauchs.

6 ABSCHÄTZUNG DES ZU ERWARTENDEN FLÄCHENVERBRAUCHS

Will man vorausschauender in der Flächensparpolitik agieren und wirkliche Steuerungsoptionen gewinnen, sollte man die geplanten Flächenneuinanspruchnahmen in den Blick nehmen. Das erfolgte früher schon einmal durch die „Statistik der Bodenfläche nach Art der geplanten Nutzung“ zwischen 1996 und 2004. Diese Statistik basierte auf der Auswertung der Flächennutzungspläne der Kommunen durch Summierung der geplanten Nutzungen der Kommunen. Für den Vergleich der Planungen mit dem aktuellen Stand der Bodennutzung musste die Planzeichenverordnung mit dem AdV-Nutzungsartenverzeichnis in Einklang gebracht werden. Zudem war die Erhebung hochaufwendig und wurde im Zuge der Verwaltungsliberalisierung ab 2004 eingestellt.

Eine Erhebung der geplanten Flächenneuinanspruchnahme wäre heute sehr viel einfacher und genauer zu realisieren als vor 20 Jahren. Denn der Zugriff auf Bebauungspläne (B-Plan) ist heute in der Regel digital möglich geworden. B-Pläne werden bereits in 11 Bundesländern (Stand 2024) in Form von landesweiten Datenpaketen der rechtskräftigen B-Pläne digital und Open Data angeboten. Durch Verschneidung der geplanten Siedlungs- und Verkehrsflächen mit den Freiraumflächen einer aktuellen Flächennutzungskarte könnte die geplante Flächenneuinanspruchnahme berechnet werden, um die tägliche Flächenneuinanspruchnahme abzuschätzen. Für die Umsetzung der Pläne würde man nach Expertenmeinung einen Zeitraum von 8-10 Jahren ansetzen. Damit kann man den zukünftigen Flächenverbrauch abschätzen und kommt auf eine tägliche Flächenneuinanspruchnahme von 80 ha/Tag (Bronold 2024), was das Ziel von unter 30 ha/Tag weit überschreitet.

Die Ergänzung bisher noch fehlender digital und frei verfügbarer B-Pläne wird durch INSPIRE[15] befördert. Dort wird die Bereitstellung von Daten zur geplanten Flächennutzung zwingend vorgeschrieben. Zudem würde die Bereitstellung aller neuen Pläne im XPlan-Datenaustauschformat, wie diese in Deutschland seit 2023 vorgeschrieben ist, die GIS-technische Auswertung noch wesentlich erleichtern. Auch die mit der geplanten Flächenneuinanspruchnahme einhergehende Bodenversiegelung wäre analysierbar, denn diese ist Bestandteil in XPlan.

Die Ergebnisse, sind diese anfänglich auch noch nicht flächendeckend für Deutschland verfügbar, würden über den Stand neuer geplanter Siedlungs- und Verkehrsflächen und damit die zu erwartende Flächenneuinanspruchnahme informieren. Es liegt in der Natur der Sache, dass die Ergebnisse unsicher bleiben, denn nicht jeder Plan wird auch umgesetzt. Durch eine jährliche Wiederholung könnte ein Monitoring der geplanten Nutzung aufgebaut und eine entsprechende Statistik abgeleitet werden. Auch wenn es nach Expertenmeinung noch ca. drei Jahre dauern wird, bis alle Bundesländer die Pläne downloadbar und GIS-analytisch bereitstellen, könnten die Vorbereitungsarbeiten dazu schon beginnen. Damit würden erstmals empirische Datengrundlagen für Entscheidungs- und Genehmigungsprozesse bereitstehen, die eine evidenzbasierte Steuerung der Flächenneuinanspruchnahme ermöglichen.

[15] https://www.geoportal.de/INSPIRE/3

7 EMPFEHLUNGEN UND AUSBLICK

Zusammenfassend werden an die Akteure der Erhebung der Flächennutzung folgende Empfehlungen ausgesprochen.

Empfehlungen an die AdV, Vermessungsverwaltungen und Katasterbehörden:

- Einheitlichere Erfassung der Tatsächlichen Nutzung in allen Katasterämtern Deutschlands. Dafür müssen diese unmissverständlicher beschrieben werden durch Sammlungen mit TN-Erfassungsbeispielen mit unterlegtem Luftbild, erläuternden Handbüchern und Schulungen der TN-Erfasser.
- Schnellere Aktualisierung der Tatsächlichen Nutzung in ALKIS auf Grundlage potenzieller Änderungsflächen abgeleitet aus dem neuen Produkt Landbedeckung (LB).
- Bundesländer mit derzeit noch anlassbezogener Aktualisierung sollten so bald wie möglich eine zyklische Aktualisierung einführen.
- Photovoltaik-Freiflächenanlagen (in ALKIS und ATKIS als Solaranlagen bezeichnet) sollten im Kataster vollständig und einheitlich erfasst werden.
- Erstellung und jährliche Aktualisierung eines ALKIS-Produktblattes mit Informationen zur Datenaktualität. Diese fehlt derzeit noch im Kataster, ist aber zur Bewertung der Zeitreihen der Flächenstatistik erforderlich.
- Die Kennzeichnung der Ursache für jedes geänderte TN-Objekt, ob technisch bedingt oder real im Attribut „ErgebnisDerUeberpruefung“ (EDU) ist im Referenzmodell GeoInfoDok 7.1 angelegt. Nur wenn man diese auch konsequent ausfüllt, kann man perspektivisch zu genaueren Indikatorwerten für den Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche kommen.
- Einheitlichere und schnellere Umsetzung der AdV-Beschlüsse durch die Vermessungsverwaltungen und Katasterämter der Länder.
- Leichtere Auffindbarkeit von Dokumenten im AdV-Online-Auftritt (Übersichtlichkeit, Struktur, Vermeidung kryptischer Links).
- Katasterdaten sollten generell archiviert werden. Nur so sind spätere Rekonstruktionen und Behebungen von Unstimmigkeiten in den Zeitreihen von Bund und Ländern möglich.

Empfehlungen an die Statistischen Ämter des Bundes und der Länder:

- Systematische Auswertung des Attributs EDU, um unreale TN-Änderungen aus dem Flächenverbrauchsindikator zu eliminieren.
- Schnellere und nutzerfreundlichere Ergebnisveröffentlichungen z. B. in einem Dashboard vergleichbar mit dem „Kommunalen Flächenrechner“ des UBA[16] (Gutsche und Grimski 2021).
- Ergänzende statistische Auswertungen u. a. zur Flächeninanspruchnahme durch Freiflächen-Photovoltaikanlagen, neue Abbau- und Tagebauflächen und deren Nachnutzung, Flurneuordnungen usw.
- Auswertungen der primären Erhebungsbögen der Baugenehmigungen, welche Grundlage für die Erstellung der Bautätigkeitsstatistik sind. Diese enthalten die verorteten und fachlich präzisen aber bisher fehlenden Primärinformation des Flächenverbrauchs.
- Nutzung der geotopographischen ATKIS-Daten statt des Katasters für die Erstellung der Flächenstatistik.
- Wiedereinführung einer Statistik zur geplanten Flächennutzung.

Bezüglich der Homogenität gibt es in ALKIS noch zahlreiche Länderspezifika, welche die Vergleichbarkeit zwischen den Bundesländern einschränken. Einen besonders starken Einfluss auf die Flächenneuinanspruchnahme haben schon heute die Flächen für erneuerbare Energien (PV-FFA und WKA). Diese Anlagen, in der Regel im Freiraum errichtet, bewirken schon jetzt einen SuV-Zuwachs von ca. 10 ha/Tag (Walz et al. 2022). Deshalb ist eine einheitliche, flächendeckende und aktuelle Erfassung dieser

[16] https://gis.uba.de/maps/resources/apps/flaechenrechner/index.html?lang=de

Anlagen sicherzustellen und die derzeit bestehenden bundeslandspezifischen Erfassungsunterschiede zu beseitigen.

Die Einbeziehung der Primärdaten der Erhebungsbögen der Bautätigkeitsstatistik als Referenzdaten neuer Gebäude würde die Qualität der Flächenerhebung und deren Zeitreihen wesentlich verbessern (Meinel, 2017). Sie würde eine direkte objektscharfe Auswertung aller Flächenneuinanspruchnahmen ermöglichen. Leider aber wird dieses derzeit noch durch das Hochbaustatistikgesetz (HBauStatG) verhindert. Eine Einzelauswertung der primären Bauerfassungsbögen könnte neben einer verlässlicheren Bestimmung des Flächenverbrauchs auch ein wichtiger Baustein eines Gebäudemonitorings werden, das dringend gebraucht wird.

Anzustreben wäre zudem die Erstellung eines Referenzdatensatzes der Flächennutzung einschließlich dessen zyklischer Aktualisierung für eine kleine Teilfläche in Deutschland. So könnte die Güte von Flächennutzungserhebungsverfahren bestimmt werden. Mit Hilfe derartiger Referenzflächen könnte zudem ein Training neuer KI-basierter Bildklassifikatoren erfolgen.

Ein genügend genaues und belastbares Flächennutzungsmonitoring ist und bleibt eine große Herausforderung (Meinel 2023). Aber eine sichere Bewertung der Entwicklung der Flächenneuinanspruchnahme ist erst auf Grundlage langer robuster Zeitreihen möglich. Sowohl das Liegenschaftskataster ALKIS als auch das geotopographische Landschaftsmodell ATKIS sind nicht ursächlich für ein Flächennutzungsmonitoring und daraus abgeleitete Flächenstatistik konzipiert. So zeigen beide Datenmodelle Schwächen, wenn auch einige Gründe für die Nutzung geotopographischer Daten im Flächenmonitoring sprechen.

Sowohl ALKIS auch als ATKIS werden sich mit der Umsetzung der GeoInfoDok 7.1 (AdV 2023) verändern. Auch in Zukunft sind immer wieder Modelländerungen zu erwarten, da beide Modelle auch andere Aufgaben haben als die Flächenerhebung. Bei zukünftigen Modelländerungen ist stärker als bisher darauf zu achten, welche Auswirkungen diese auf die Zeitreihen des Anstiegs der SuV-Fläche haben. Denn die schleichende und vergleichsweise geringe Dynamik der Flächennutzungsänderungen erfordert ein sehr behutsames Vorgehen bei jeglichen Erhebungsveränderungen.

Die Hinzunahme der geotopographischen ATKIS-Daten für die amtliche Flächenerhebung hat im Jahr 2024 mit der Erstellung des Produkts Landnutzung begonnen. Nach der Zusammenführung der Nutzungsartenkataloge sollte darüber nachgedacht werden, ATKIS-Daten noch stärker als Grundlage der Flächenstatistik zu nutzen, denn diese sind homogener (nur 14 ATKIS im Vergleich zu 300 ALKIS-Erfassungsstellen mit bestehenden Erfassungsunterschieden), in dynamischen Veränderungsgebieten aktueller (keine verzögerte Erfassung von großflächigen Flächenveränderungen bedingt durch die Vermessung, die erst nach Abschluss der Baumaßnahme oder der Renaturierung von Bergbaugebieten erfolgt), differenzieren die Landnutzung stärker und ermöglichen die Erfassung multifunktionaler Flächennutzungen (z. B. Freiflächen-Photovoltaik), die immer mehr an Bedeutung gewinnen. Das Problem der nur linienhaften Erfassung von Straßen in ATKIS könnte durch Pufferung mit dem Attribut Straßenbreite zu Flächen behoben werden bzw. die bestehenden Straßenflächen aus ALKIS entnommen und verschnitten werden.

8 REFERENZEN

AdV (2023): GeoInfoDok 7.1. Online verfügbar unter: https://www.adv-online.de/GeoInfoDok/Aktuelle-Anwendungsschemata/AAA-Anwendungsschema-7.1.2-Referenz-7.1/binarywriterservlet?imgUid=09f7a5be-17ae-4819-393b-216067bef8a0&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111 , zuletzt geprüft am 25.01.2024.

AdV (2021): Produktblatt ATKIS – Digitales Landschaftsmodell (Basis-DLM). Online verfügbar unter: https://www.adv-online.de/icc/extdeu/nav/9db/binarywriterservlet?imgUid=64e6088c-e6b1-de71-e6fb-86c50bfc4752&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111, zuletzt geprüft 25.01.2024.

BMUB (2016): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Online verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-klimaschutzplan-2050.html, zuletzt geprüft am 25.01.2024.

Bronold, L.; Meinel, G. (2024): Abschätzung geplanter Flächenneuinanspruchnahmen in Deutschland anhand von B-Plänen, In: Meinel, Gotthard; Behnisch, Martin (Hrsg.) : Flächennutzungsmonitoring XVI. Flächenpolitik – Flächenanalysen – Methoden und Werkzeuge, 2024, (IÖR Schriften Band 82 • 2024), S.171-180, https://doi.org/10.5281/zenodo.14673839

Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland – unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Online verfügbar unter https://www.nachhaltigkeit.info/media/1326188329phpYJ8KrU.pdf, zuletzt geprüft am 25.01.2024.

Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016. Online verfügbar unter: https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-neuauflage-2016-730826,zuletzt geprüft am 25.01.2024.

Gutsche, J.-M.; Grimski, D. (2021): Mit Mengenbegrenzungen die Flächenneuinanspruchnahme planen: Flächenrechner 2.0. In Flächennutzungsmonitoring XIII, 257-264. Berlin: Rhombos-Verlag. https://doi.org/10.26084/13dfns-p023HbauStatG: Gesetz über die Statistik der Bautätigkeit im Hochbau und die Fortschreibung des Wohnungsbestandes (Hochbaustatistikgesetz – HBauStatG), online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/hbaustatg/BJNR086900998.html, zuletzt geprüft am 04.03.2025

Fina, S.; Hamacher, H.; Rönsch, J.; Scholz, B. UBA (2023): Land use monitoring and land take in international comparison – Methods and data, In: UBA-Texte 126/2023, online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/126_2023_texte_land_use_monitoring.pdf, zuletzt geprüft 04.03.2025

Kurstedt, R. (2023): Erfassung von erneuerbaren Energien im ATKIS DLM, Vortrag auf dem Projektabschlusstreffen am 16.05.2023, DOI: https://zenodo.org/records/10419154

Lipfert, L. (2023): Analyse der Flächeninanspruchnahme von Windenergieanlagen und Freiflächen-Photovoltaikanlagen in der Bundesrepublik Deutschland. [unpublizierte Masterarbeit] Universität Leipzig.

Meinel, G.; Sikder, S.K.; Krüger, T. (2022): IOER Monitor: A Spatio-Temporal Research Data Infrastructure on Settlement and Open Space Development in Germany, In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 242(1), 159-170. Online verfügbar unter https://doi.org/10.1515/jbnst-2021-0009

Meinel; G. (2023): Flächenmonitoring – die ewige Herausforderung?!, In: Meinel, G.; Voshage, R.; Krüger, T.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XV: Daten – Methoden – Analysen. Berlin: Rhombos-Verlag, 2023, (IÖR Schriften Band 81), S.121-134, https://zenodo.org/records/10686631

Meinel, G. (2017): Bestimmung der Flächenneuinanspruchnahme auf Grundlage der Bautätigkeitsstatistik – konzeptionelle Überlegungen. In: Flächennutzungsmonitoring IX. Berlin: Rhombos-Verlag. Online verfügbar unter: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-212790, zuletzt geprüft am 24.01.2024

Schorcht, M.; Krüger, T.; Meinel, G. (2016): Measuring Land Take: Usability of National Topographic Databases as Input for Land Use Change Analysis: A Case Study from Germany. In: ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2016, 5(8), 134, https://doi.org/10.3390/ijgi5080134

Siedentop, S.; Marschall, J.; Henger, R. Fleischer, J.J. Schmitz, J. Sprenger, J. Trosin, J. Shaojuan, X. (2024): NRW-Flächenampel – Konzeption eines Planungs- und Informationsinstruments zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme in nordrhein-westfälischen Städten und Gemeinden, ILS-Working Paper 14, 2024, online verfügbar unterhttps://www.ils-forschung.de/files_publikationen/pdfs/ils-working-paper-14.pdf, zuletzt geprüft am 06.03.2025.

Statistisches Bundesamt (ohne Jahreszahl): Handelt es sich bei den Siedlungs- und Verkehrsflächen um versiegelte Flächen? Online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/FAQ/siedlungsflaeche.html, zuletzt geprüft am 25.01.2024.

StatistischesBundesamt (2019a): Methodenbericht zur Flächenerhebung. Ausgabe 2018. Online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Publikationen/Downloads-Flaechennutzung/methodenbericht-flaechenerhebung-5331102189004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 25.01.2024.

Walz, U.; Meinel, G.; Göhler, L.; Krüger, T.; Schinke, U. (2022): Freiflächen-Photovoltaik in Deutschland. In: Naturschutz und Landschaftsplanung, Band 54 (12), 8-9. https://doi.org/10.1399/NuL.2022.12.04

WBGU (2021): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration (Hauptgutachten). Online verfügbar unter: https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/landwende, zuletzt geprüft am 24.01.2024.