

Flächenmonitoring – die ewige Herausforderung?!

Gotthard Meinel

Zusammenfassung

Der Beitrag geht der Frage nach, welche Anforderungen ein verlässliches räumliches hochauflösendes Flächen(nutzungs)-Monitoring stellt, welche Lösungsansätze existieren und wie diese zu bewerten sind. Ausgangspunkt ist die Darstellung, welche Handlungsfelder ein verlässliches Flächenmonitoring benötigen. Das betrifft zuerst eine empirisch untersetzte nachhaltige Flächenpolitik. So erfordert die Nachhaltigkeits-transformation aktuelle Flächendaten zur Unterstützung der Landwende (u. a. Brachflächen-, Baulücken-, Leerstands-, Bodenversiegelungsentwicklung, Informationen zu multifunktionalen Flächennutzungen und Kompensationsflächen), der Energiewende (Gebäudealter, Gebäudeklasse, Heizenergiebedarfe) und der Landwirtschaftswende (Ökolandbauanteil, Daten zu intensiver bzw. extensiver Wiesenbewirtschaftung usw.). Aber auch räumliche Planungsprozesse zur Sicherung der Daseinsvorsorge wie die Wohnstandort-, Gewerbegebiets-, Verkehrs-, Infrastruktur- und Energieflächenplanung benötigen kleinräumige hochaktuelle Flächennutzungsdaten.

Im zweiten Teil werden Ziele und Herausforderungen der Flächenerhebung beschrieben, die sich insbesondere bei einer sekundärstatistischen Erhebung ergeben. Anforderungen sind insbesondere eine möglichst hohe Aktualität, eine hohe räumliche Auflösung, eine homogene Erhebung und eine tiefe thematische Differenzierung der Landnutzungsklassen. Ein Flächennutzungsmonitoring verlangt darüber hinaus eine hohe Genauigkeit der Bestimmung von Veränderungen, um robuste Zeitreihen aufzubauen und Trends frühzeitig zu erkennen.

Anschließend werden primär- und sekundärstatistische Flächenerhebungsmethoden charakterisiert und gegenübergestellt. Nach einer kurzen Vorstellung des IÖR-Monitors wird dessen Zeitreihe der Flächenneuanspruchnahme mit der der amtlichen Flächenerhebung verglichen. Der Beitrag schließt mit Empfehlungen, wie ein Flächenmonitoring deutlich verbessert werden könnte.

Schlagworte: Flächenmonitoring, Flächensparen, Flächennutzungsvisualisierung, Nachhaltigkeitsindikatoren, robuste Zeitreihen

1 Bedeutung Flächennutzung für die Transformation

Immer noch wird weltweit viel zu viel Freiraum umgewandelt in Siedlungs- und Verkehrsflächen. Dieser Prozess ist verbunden mit dem Verlust natürlicher Böden, die überbaut damit meist auch versiegelt werden. Dieser Prozess ist in der Regel irreversibel. So werden schon bald Flächen fehlen für eine ökologische Landwirtschaft, die für die gleiche Ertragsmenge mehr Fläche benötigt als die konventionelle Landwirtschaft. Zudem bedingen Bodenversiegelungen städtische Überwärmungen, verhindern die Wasserspeicherung im Boden, befördern einen schnellen Wasserabfluss und damit verbundene Hochwassergefahren usw.

Natürlichen Böden kommt aber eine Schlüsselrolle in der Nachhaltigkeitstransformation zu. So formuliert der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen in seinem Hauptgutachten: *„Nur wenn sich unser Umgang mit Land grundlegend ändert, können die Klimaschutzziele erreicht, der dramatische Verlust der biologischen Vielfalt abgewendet und das globale Ernährungssystem nachhaltig gestaltet werden.“* (WBGU 2021).

Inzwischen wurden auf allen räumlichen Ebenen Ziele formuliert, den Flächenverbrauch einzudämmen. So auch in der weltweiten Agenda 2030 (UN 2015) mit ihren SDG-Nachhaltigkeitszielen. Dort wird im Kapitel 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“ u. a. das Ziel verfolgt, Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig zu gestalten. Die dazugehörigen Indikatoren werden vom Statistischen Bundesamt überwacht (Destatis, 2023). In Europa wird das „No Net Land Take-Ziel“ verfolgt. Das heißt, den Flächenverbrauch in Europa bis 2050 auf Netto-Null abzusenken (EU 2011). In Deutschland soll nach „Klimaschutzplan 2050“ eine Flächenkreislaufwirtschaft bis 2050 verwirklicht werden (BMUB 2016). Und Baden-Württemberg strebt nach seinem Koalitionsvertrag „Jetzt für Morgen - der Erneuerungsvertrag für Baden-Württemberg“ schon bis 2035 an, den Flächenverbrauch auf null zu senken (BW 2021).

Ein konkretes Ziel zur Reduktion der Flächenneuanspruchnahme in Deutschland wurde erstmals im Jahr 2002 in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie formuliert. Ausgehend von dem damaligen Wert von 120 Hektar pro Tag, wurde für das Jahr 2020 das Ziel von maximal 30 Hektar pro Tag definiert (Bundesregierung, 2002). Nachdem sich abzeichnete, dass dieser Wert bis 2020 nicht erreicht würde, wurde in der Neuauflage der Nachhaltigkeitsstrategie von 2016 ein Wert von „weniger als 30 Hektar pro Tag“ bis zum Jahr 2030 festgelegt. (Bundesregierung 2017)

2 Ziele und Herausforderungen eines Flächenmonitorings

2.1 Ziele

Um den Erfolg flächenpolitischer Maßnahmen zu messen, bedarf es eines verlässlichen Monitorings der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Wichtigster Indikator dabei ist die Flächenneuanspruchnahme (FNI) gemessen mit dem Indikator „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ in ha/Tag. Mit dem Indikatorwert soll der Zielerreichungsgrad und die Wirksamkeit flächenpolitischer Maßnahmen beurteilt werden.

Daneben geht es aber auch um die allgemeine Bewertung der Flächen(nutzungs-)entwicklung. So sind Flächendaten Grundlage für Analysen zur Darstellung der Veränderungen (zeitlicher Vergleich) und zur Feststellung räumlicher Disparitäten (räumlicher Vergleich). Durch die Einbeziehung von Gebäudedaten ist die Bestimmung baulicher Dichten und von Nachverdichtungs- und Innenentwicklungspotenzialen möglich (Schiller et al. 2021). Sind Geometriedaten zur Innenbereichsabgrenzung verfügbar (Harig et al. 2021), kann u. a. auch das Verhältnis von Innen- zu Außenentwicklung bestimmt werden. Denn die nationale Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2002) fordert hier ein Verhältnis Innen- zu Außenentwicklung von 3:1, um die bauliche Innenverdichtung zu priorisieren und den Außenbereich zu schützen.

Liegen zu verschiedenen Zeitpunkten gebietsdeckende Flächennutzungsdaten vor, können Veränderungen differenziert werden nach Zugängen und Abgängen für jede Flächennutzungs-kategorie. So kann z. B. bestimmt werden, auf welchen Vornutzungs-klassen Siedlungs- und Verkehrsflächen entstanden (Schorcht et al. 2018). Weiterhin ermöglichen Flächennutzungsdaten mit tiefer Differenzierung der Nutzungsarten wie bei ATKIS¹ Analysen zur Inanspruchnahme von Flächen für Freiflächen-Photovoltaikanlagen (Krüger et al. 2023a), Windkraftanlagen (Lipfert 2023 und Krüger et al. 2023b) oder zur Agrarflächenentwicklung (Kern 2023).

2.2 Herausforderungen Flächenerhebung

Die Herausforderungen einer Flächenerhebung und eines Flächenmonitorings sind hoch. So ist die flächendeckende und lückenlose Erfassung sehr aufwendig, wenn diese

¹ <https://www.adv-online.de/Adv-Produkte/Geotopographie/ATKIS/>

nicht auf einer Satelliten- bzw. Luftbildklassifikation beruht. Auch die möglichst genaue geometrische Abgrenzung von Flächennutzungsarten bzw. -bedeckungsarten ist herausfordernd, da die Übergänge insbesondere im Freiraum oft fließend sind wie bei Ufer- oder Waldflächen. Oder die Flächennutzung ist substrukturiert wie bei Industrieflächen (Lager-, Grün-, Verkehrs- oder Parkflächen). Inzwischen hat sich die Unterscheidung zwischen Flächennutzung und Flächenbedeckung durchgesetzt, da es zwei unterschiedliche Aspekte sind, die nicht vermischt werden sollten (Arnold et al. 2017).

Weitere Herausforderungen sind eine hohe räumliche Auflösung, da der Informationsgehalt mit der Auflösung steigt. Geringe Auflösungen führen durch die Anwendung des Dominanzprinzips zu einer Unterschätzung kleinräumig strukturierter Nutzungs- oder Bedeckungsarten in den Flächenstatistiken. Auch eine hohe thematische Auflösung ist anzustreben, da eine hohe Differenzierung von Flächennutzungs- bzw. -bedeckungsarten mehr und qualifiziertere fachliche Informationen liefert. Allerdings setzt eine sichere Klassenzuordnung hier Grenzen, da die Unsicherheiten mit der Klassenzahl steigen. Hier haben sich hierarchische Klassifikationsschemen durchgesetzt, die Analysen in unterschiedlicher fachlichen Tiefe ermöglichen. Auch eine hohe Aktualität der Erfassung ist anzustreben, was an die Erhebungs- und Prozessierungsketten entsprechende Anforderungen stellt. Letztlich ist eine große Homogenität der Flächennutzungsdaten anzustreben. Nur so können belastbare räumliche Vergleiche und Analysen erstellt werden. Prinzipiell steigt aber die Inhomogenität mit der Dezentralität der Erfassung. Das ist auf Unsicherheiten der Klassenzuordnung bei den Interpreten zurückzuführen, die sich auch bei bester Schulung nicht völlig vermeiden lassen.

2.3 Herausforderung Flächenmonitoring

Die erläuterten Anforderungen für eine Flächenerhebung steigern sich noch einmal deutlich, wenn diese Teile eines Flächenmonitorings sind, also wiederholt durchgeführt werden. Dabei ist das Hauptziel von Flächenerhebung häufig die Messung der Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche und damit der Flächenneuinanspruchnahme bzw. des Flächenverbrauchs. Die Erhebungen müssen darum alle Flächenveränderungen so genau wie möglich erfassen. Eine Kumulation der einzelnen Veränderungsflächen bedingt dabei genauere Ergebnisse und würde Vor- und Nachnutzungsbilanzierungen ermöglichen, als die Messung der Veränderung von kumulierten Nutzungsklassenbilanzen, wie sie in der amtlichen Flächenerhebung erfolgt.

Wie hoch die Anforderungen an die Genauigkeit der Bestimmung des Indikatorwertes „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ ist, zeigen die folgenden Werte: Der SuV-Flächenanteil in Deutschland wächst bei der derzeitigen täglichen Zunahme von 55 ha/Tag (Destatis 2021) entsprechend einer jährlichen von 20.000 ha um 0,05 Prozent pro Jahr. Um eine solche Messgenauigkeit zu erreichen, sind die zyklisch durchgeführten Einzelerhebungen methodisch unverändert durchzuführen, d. h. die Datengrundlagen, das Klassifikationsschema, die Datenmodellierung und die Datenauswertung dürfen sich nicht verändern. Nur dann kann der Aufbau robuster Zeitreihen gelingen, denn die Indikatorwertunsicherheiten müssen deutlich unter den Erhebungsunsicherheiten liegen. Diese aber werden durch jegliche Veränderungen der Erhebungsmethodik beeinträchtigt.

Auch wenn sich Erhebungsfehler in den bundesdeutschen Gesamtbilanzen häufig ausgleichen (wenn sie nicht systematischer Natur sind), so gilt das weniger für Teilflächen. Allerdings sind die abgeleiteten Flächenindikatoren nicht nur auf Bundesebene so genau wie möglich zu bestimmen, sondern auch auf allen anderen administrativen Ebenen bis hin zu Städten und Gemeinden, wo – durch die kommunale Planungshoheit bedingt – die meisten Flächenentscheidungen fallen.

3 Methoden des Flächenmonitorings

Prinzipiell ist bei Flächenerhebungen zwischen flächendeckenden fernerkundlichen Landnutzungs- bzw. Landbedeckungserhebungen, primärstatistischen Punkterhebungen bzw. sekundärstatistischen Erhebungen auf Grundlage von Geobasisdaten zu unterscheiden (Meinel 2023). Alle haben ihre Vor- und Nachteile bzw. spezifischen Anwendungsbereiche. Fernerkundliche Monitoringverfahren wie Corine Landcover (CLC²) oder die Copernicus Land Monitoring Service (CLMS³) sollen hier nicht weiter betrachtet werden. Diese führen bedingt durch die gleichartige Satellitenbildgrundlagen zwar zu homogenen europaweiten Aufnahmen, die europäische Ländervergleiche ermöglichen. Aber deren zeitliche Vergleichbarkeit, Voraussetzung für ein verlässliches Monitoring, ist durch Klassifikationsunsicherheiten, Sensor- und

² <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>

³ <https://land.copernicus.eu/en>

methodische Veränderungen unsicher und die Ableitung belastbarer Aussagen z. B. zum Flächenverbrauch auf nationaler Ebene im Vergleich zu katasterbasierten Erhebungsverfahren schwierig (Fina et al. 2023).

Bei der primärstatistischen Flächenerhebung ist das Erhebungsprogramm direkt auf die Erfassung der Flächennutzung und deren Veränderung ausgerichtet. Durch diesen Fokus sind die Erhebungsverfahren nicht belastet mit zusätzlichen Anforderungen wie z. B. das Kataster mit seiner Primäraufgabe, den Grundstücksverkehr zu regeln. Vertreter primärstatistischer Erhebungsprogramme sind die Arealstatistik Schweiz (Bundesamt für Statistik 2023, Beyeler 2018) oder das Bodenbedeckungs-/ Bodennutzungsstatistik-Programm LUCAS (Eurostat 2023).

Sekundärstatistische Erhebungen zeichnen sich dadurch aus, dass der Flächenverbrauch nicht das ursächliche Ziel der Erhebung ist. Da die Programme immer wieder ihren Primäranforderungen angepasst werden müssen, fehlt sekundärstatistischen Erhebungen die methodische Konstanz, die für den Aufbau von Zeitreihen zur Flächennutzung und dem Flächenverbrauch erforderlich sind. Die auf ALKIS⁴ beruhende amtliche Flächenerhebung Deutschlands ist eine Sekundärstatistik. Einen Vergleich von primär- und sekundärstatistischer Flächenerhebung zeigt Tab. 1.

4 Flächenmonitoring mit dem IÖR-Monitor

Seit seiner Einführung im Jahr 2010 werden im Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) Indikatoren zu Struktur und Dynamik der Flächenentwicklung in Deutschland veröffentlicht. Seine Konzeptionierung begann mit einer Untersuchung geeigneter Datengrundlagen (Schumacher und Meinel 2009). Es zeigt sich, dass amtliche geotopographische Basisdaten in Form des Amtlichen Kartographisch-Topographischen Informationssystem (AdV 2023a) in seiner höchsten Auflösung (ATKIS Basis-DLM) viele Vorteile für ein Flächenmonitoring haben: Seine hohe räumliche und thematische Auflösung, seine schon immer zyklische und flächendeckende Grund- und Spitzenaktualisierung, seine freie Verfügbarkeit und seine vergleichsweise geringen Migrationsartefakte und Inhomogenitäten. So wurde es zur wichtigsten Datengrundlage des IÖR-Monitors.

⁴ <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/>

Tab. 1: Vergleich von primär- mit sekundärstatistischer Flächenerhebungen

	Primärstatistische Flächenerhebung	Sekundärstatistische Flächenerhebung
Primärdaten	Stichprobenpunkte	Flächendeckende Erhebung
Auswertemethodik	statistische Hochrechnung	Kumulation von Flächen, Pufferung von Linien bzw. Punkten
Aufwand	hoch	mittel
Methodenkonstanz	Weitestgehend gegeben, da keine anderen Anforderungen zu erfüllen sind	gering, da primär andere Anforderungen zu erfüllen sind
räumliche Auflösung der Analyseeinheiten	gering, durch statistische Hochrechnung	hoch, da Erhebungseinheit=Analyseeinheit
zeitliche Auflösung	gering (3, 6 oder 12-jährig)	hoch (2-3 Jahre, Tendenz jährlich)
thematische Genauigkeit	hoch, durch Vororterhebung oder stereometrische Erhebung	gering, bedingt durch Abgrenzungsunsicherheiten
Homogenität	hoch, da wenige Interpreten	gering, da viele Interpreten
Stabilität der Zeitreihen	hoch, durch Methodenkonstanz	niedrig, durch methodische Veränderungen
Vertreter	LUCAS, Schweizer Arealstatistik	ALKIS, ATKIS

Allerdings verlangt seine digitale Modellierung bei Flächenüberlagerungen eine Flächenpriorisierung und seine linienhafte Führung von Verkehrsachsen und Fließgewässern eine Pufferung mit den jeweiligen Objektbreiten. Nur so kann jährlich ein flächendeckendes und überlagerungsfreies Flächennutzungsmosaik für Deutschland erzeugt werden. Außerdem erfolgt vor der Berechnung der Indikatoren eine automatisierte Kontrolle aller Veränderungsflächen und eine Fehlerbereinigung, wenn diese möglich ist. Die Berechnungsmethodik wird in Krüger et al. 2013, Schorcht et al. 2018 und Meinel et al. 2022 detailliert beschrieben.

Mit der deutschlandweiten, zentralen Bereitstellung von Gebäudegrundrissen (HU DE) im Jahr 2012 wurden auch diese in die Berechnungen einbezogen und ein Monitoring des Gebäudebestandes im IÖR-Monitor ergänzt (Hartmann et al. 2016). Sowohl das Indikatorenset, die Funktionalität der interaktiven Webanwendung als auch die Daten-

und Dienstbereitstellung durch Exportdienste wurden seit 2010 kontinuierlich ausgebaut und werden stetig weiterentwickelt.

Im Jahr 2020 wurde der IÖR-Monitor vom Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten (RatSWD) als Forschungsdateninfrastruktur akkreditiert. Dies hat seine Nutzung auch auf sozialwissenschaftliche Fragestellungen ausgedehnt und belegt die gesellschaftliche und wissenschaftliche Relevanz seiner bereitgestellten Indikatoren. Mit dem Sozial-Raumwissenschaftlichen Datenverknüpfungsdienst (SoRa⁵) können SOEP und ALLBUS-Paneldaten automatisiert angereichert werden mit einer indikatorbasierten Wohnumgebungsbeschreibung von Befragungsadressen. Das wurde im Rahmen eines DFG-Projekts prototypisch nachgewiesen und wird derzeit in einem DFG-Folgeprojekt (Projektnummer 316669855) performant und operationell gemacht. Die geplante Weiterentwicklung des IÖR-Monitors wird hier dargestellt (Meinel, 2022).

Neben Messgrößen zur Flächennutzungsstruktur (Flächenanteile unterschiedlicher Landnutzungskategorien teilweise mit Bezug auf Einwohnerzahlen) werden auch komplexe Indikatoren bereitgestellt, beispielsweise zur Beschreibung der Landschaftsqualität (Fragmentierung der Landschaft, Hemerobie), dem räumlichen Muster von Siedlungen (z. B. Zersiedelung), zur Landschaftszerschneidung, zu Grünflächenerreichbarkeiten, zu Hochwasserrisiken (SuV-Flächenentwicklung in Überschwemmungsgebieten) oder zum Flächenbedarf für nachhaltige Energiegewinnung (Windpark- und Solarenergieflächen).

5 Vergleich der amtlichen Flächenerhebung mit dem IÖR-Monitor

Im Rahmen des UBA-Projekts „Verfügbarkeit und Validität von Flächendaten im Zusammenhang mit den SDGs der Nachhaltigkeitsstrategie“ (Kurztitel: Konsistenz und Aussagefähigkeit von Flächendaten) (Forschungskennzahl 3719751020) wurden die Zeitreihen der amtlichen Flächenerhebung untersucht. Erste Ergebnisse wurden bereits veröffentlicht (Blechsmidt, Meinel 2022, Fina et al. 2023, Meinel 2023). Die Untersuchungen zeigten, dass die Bundeswerte der Indikatorzeitreihe der Flächenneuinanspruchnahme durch den gleitenden Mittelwert über 4 Jahre noch recht

⁵ <https://sora-service.org/>

verlässlich sind, wenn auch Veränderungstendenzen nur stark verzögert wiedergegeben werden. Allerdings sind die Indikatorwerte auf Regional-, Kreis- und kommunaler Ebene zu ungenau zur Bewertung aktueller Entwicklungen z. B. zur Kontrolle von Flächensparmaßnahmen. Die Aktualität und Verlässlichkeit der IÖR-Monitorwerte ist hier durch die Nutzung der geotopographischen Daten des ATKIS Basis-DLM als höher einzuschätzen.

Abbildung 1 zeigt die Zeitreihen der Bundeswerte der Flächenneuanspruchnahme der amtlichen Flächenerhebung und des IÖR-Monitors.

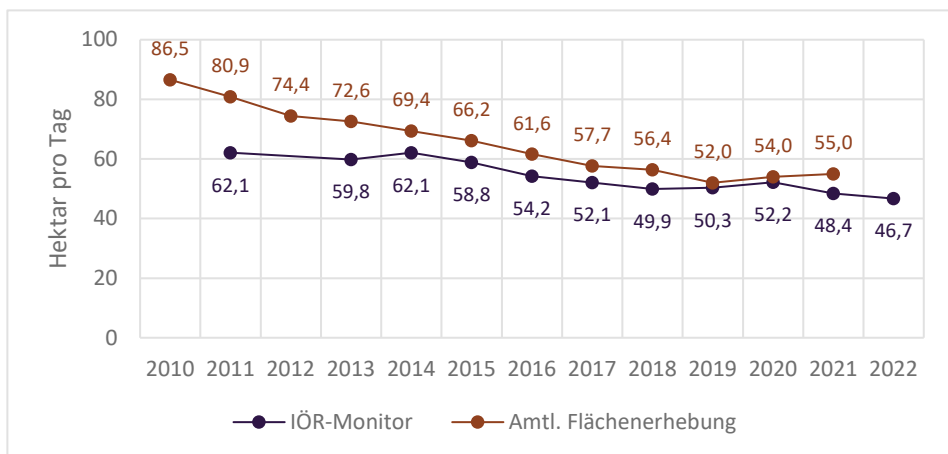


Abb. 1: Zeitreihen des Indikators SuV-Anstieg im Vergleich von amtlichen Flächenerhebung (grün) und IÖR-Monitor (braun)

Sowohl die Zeitreihe der amtlichen Flächenerhebung, als auch die des IÖR-Monitors zeigen einen bis 2018 andauernden erfreulichen Abwärtstrend. Seit 2019 steigt die Flächeninanspruchnahme in der amtlichen Flächenerhebung, während diese im IÖR-Monitor seit 2020 sinkt. Die Trends sind also zeitlich um 1-2 Jahre verschoben. Für 2022 existiert noch kein Wert der amtlichen Flächenerhebung.

Die unterschiedlichen Indikatorwerte sind auf die Nutzung unterschiedlicher Eingangsdaten zurückzuführen. Während die Flächeninanspruchnahme der amtlichen Statistik resultiert als gleitendes Vierjahresmittel basierend auf Katasterdaten (ALKIS), werden die Indikatorwerte des IÖR-Monitors auf Basis von topographischen Geobasisdaten (ATKIS) als geometrisch und semantisch bereinigte Flächenverschneidung in

einem Fünfjahresintervall berechnet (Schorcht et al. 2016). ATKIS-Daten werden durch die Landesvermessungsverwaltungen fortlaufend aktualisiert während die Daten der Katasterverwaltungen, die bisher in der Regel nur anlassbezogen aktualisiert wurden. Zudem werden ATKIS-Daten vierteljährlich durch das BKG deutschlandweit harmonisiert bereitgestellt. Damit ließe sich erklären, dass Trendänderungen im IÖR-Monitor schneller sichtbar werden. Zudem erfolgt die Indikatorprozessierung und -bereitstellung im IÖR-Monitor innerhalb von nur 2-3 Monaten nach Datenverfügbarkeit und damit deutlich schneller als in der amtlichen Flächenerhebung.

Ob das derzeitige Flächensparziel „unter 30 ha pro Tag bis 2030“ erreicht wird, ist in jedem Fall eher fraglich. Die Zielerreichung würde durch eine verbindliche Regionalisierung des Bundesziels auf der Ebene der Länder und der Planungs- und Entscheidungsträger befördert. Um aber das Fernziel einer vollständigen Flächenkreislaufwirtschaft bis 2050 zu erreichen, wird ein Handel von Flächenzertifikaten erforderlich werden. Ein solcher wurde bereits vor Jahren konzipiert und in einem Planspiel erprobt (Henger et al. 2019) und nachgewiesen, dass so Flächensparziele exakt erreicht werden können.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Ein möglichst genaues und belastbares Flächennutzungsmonitoring ist und bleibt eine große Herausforderung. Erst lange robuste Zeitreihen ermöglichen eine sichere Bewertung der Veränderungstendenzen der Flächennutzung. Sowohl ALKIS (optimiert für den Grundstücksverkehr) als auch ATKIS (optimiert für geotopographische Visualisierungen) sind beide nicht ursächlich für ein Flächennutzungsmonitoring und eine Flächenstatistik konzipiert und zeigen dementsprechende Schwächen, wenn auch mit vielen Vorteilen für die geotopographischen Daten von ATKIS.

Beide Systeme werden sich mit der Umsetzung der GeoInfoDok NEU (AdV 2023b) 2024 verändern. Während die Flächenerfassung in ALKIS noch immer sehr inhomogen ist und die Umstellung auf die neue Modellierung noch größere Veränderungen bewirken wird, sind ATKIS-Daten homogener und darauf aufbauende Zeitreihen robuster. Auch in Zukunft sind weitere Modelländerungen zu erwarten. Bei Kommenden ist viel stärker als bisher darauf zu achten, welche Auswirkungen diese auf die Zeitreihen, insbesondere die der Flächenneuanspruchnahme, haben. Denn die relativ geringe Veränderungsdynamik der Flächennutzung erfordert dieses. Es ist sehr erfreulich, dass im neuen

Modell mit dem Attribut „ErgebnisDerUeberpruefung (EDU)⁶“ eine Kennzeichnung vorgesehen ist, ob es sich bei Änderungen um eine Fehlerkorrektur oder um eine reale Flächennutzungsänderung handelt.

Die amtliche Flächenstatistik in Deutschland ist hinsichtlich robuster Zeitreihen des Kernindikators „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ im räumlichen und zeitlichen Vergleich unterhalb der Bundesebene problematisch. Aber insbesondere Städte und Gemeinden, wo die meisten Flächennutzungsentscheidungen fallen, brauchen für ihre Flächenhaushaltspolitik verlässliche Zahlen zum Flächenverbrauch.

Beste Ergebnisse werden mit einer Primärerhebung der Flächennutzung erzielt, wie die Arealstatistik der Schweiz zeigt. Nur mit einer über Jahrzehnte nahezu unveränderten Methodik können präzise flächenstatistische Analysen und flächenpolitische Schlussfolgerungen gezogen werden. Allerdings gilt dieses nur für vergleichsweise große Gebietseinheiten (Kantone) und nur über lange Zeiträume (12 Jahre) (Beyeler 2018).

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 Flächenneuanspruhen ermöglichen. Leider aber wird dieses derzeit noch durch das Hochbaustatistikgesetz (HBauStatG⁷) verhindert, da die Adresse der Neubauten ein Primärmerkmal ist und darum nicht weitergegeben werden darf. Sie dienen der Statistik nur zur Aggregation der Bauaktivitäten für die Bautätigkeitsstatistik. Eine Einzelauswertung der primären Bauerfassungsbögen würde neben einer verlässlicheren Bestimmung des Flächenverbrauchs auch ein wichtiger Baustein eines Gebäudemonitorings sein.

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.

⁶ [https://www.adv-online.de/GeoInfoDok/Aktuelle-Anwendungsschemata/Landnutzung-1.0.2/\(Erläuterungen zum Anwendungsschema Landnutzung\)](https://www.adv-online.de/GeoInfoDok/Aktuelle-Anwendungsschemata/Landnutzung-1.0.2/(Erläuterungen%20zum%20Anwendungsschema%20Landnutzung))

⁷ <https://www.gesetze-im-internet.de/hbaustatg/>

7 Literatur

- AdV (2023a): Digitales-Basis Landschaftsmodell (Basis-DLM), abgerufen am 06.09.2023 von <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Geotopographie/Digitale-Landschaftsmodelle/Basis-DLM/>, 2023.
- AdV (2023b): GeolInfoDok neu: abgerufen am 06.09.2023 unter <https://www.adv-online.de/GeolInfoDok/GeolInfoDok-NEU-Referenz-7.1/>.
- Arnold S.; Kurstedt, R.; Riecken J.; Schlegel, B. (2017): Paradigmenwechsel in der Landschaftsmodellierung – von der Tatsächlichen Nutzung hin zu Landbedeckung und Landnutzung, *zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement* 1/2017, DOI: 10.12902/zfv-0152-2016.
- Beyeler, A. (2018): Arealstatistik der Schweiz – Zeitreihe zur Dokumentation der Bodennutzung basierend auf Luftbildinterpretation von Stichprobenpunkten. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. [Hrsg.]: Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. IÖR Schriften 76, Rhombos, Berlin, S. 47 – 56.
- Blebschmidt, J.; Meinel, G. (2022): Vergleichende Untersuchung zur Erhebung der »Tatsächlichen Nutzung« in ALKIS und der daraus abgeleiteten Zeitreihe zur Flächenneuanspruchnahme, In: *zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement* 4/2022, S. 250-260, <https://doi.org/10.12902/zfv-0400-2022>.
- BMUB (2016): Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele, der Bundesregierung, , abgerufen am 06.09.2023 unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-klimaschutzplan-2050.html>.
- Bundesamt für Statistik (2023): Arealstatistik Schweiz, abgerufen am 06.09.2023 unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/erhebungen/area.html>.
- Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland – unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, abgerufen am 06.09.2023 und <https://www.nachhaltigkeit.info/media/1326188329phpYJ8KrU.pdf>.
- Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016, abgerufen am 06.09.2023 unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-neuauflage-2016-730826>.
- Bundesregierung (2020): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Weiterentwicklung 2021, abgerufen am 06.09.2023 in <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie>.
- BW (2021): Jetzt für Morgen - Der Erneuerungsvertrag für Baden-Württemberg, abgerufen am 06.09.2023 unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/regierung/koalitionsvertrag-fuer-baden-wuerttemberg>.

- DESTATIS (2021): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, Fachserie 3 Reihe 5.1, angerufen am 06.09.2023 unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Publikationen/_publikationen-flaechennutzung.html#_m42v5rpo9.
- DESTATIS (2023): Ziele für eine nachhaltige Entwicklung, abgerufen am 06.09.2023 unter <http://sdg-indikatoren.de>.
- EU (2011): Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions - Roadmap to a Resource Efficient Europe, Document 52011DC0571, abgerufen am 06.09.2023 unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0571> S. 30.
- Eurostat (2023): Land Use and Coverage Area frame Survey (LUCAS), abgerufen am 06.09.2023 unter <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/lucas>.
- Fina, S.; Hamacher, H.; Rönsch, J.; Scholz, B.: (2023). Flächenmonitoring und Flächenverbrauch im internationalen Vergleich: Methoden und Daten, UBA-TEXTE 125/2023.
- Harig, O.; Hecht, R.; Burghardt, D.; Meinel, G. (2021): Automatic Delineation of Urban Growth Boundaries Based on Topographic Data Using Germany as a Case Study, In: ISPRS International Journal of Geo-Information 10 (2021) 5: 353, <https://doi.org/10.3390/ijgi10050353>.
- Hartmann, A.; Hecht, R.; Behnisch, M.; Meinel, G. (2016): Gebäudebestandsmonitoring – Prozessierungsschritte für den Aufbau homogener Gebäudedatensätze, In: Meinel, Gotthard; Förtsch, Daniela; Schwarz, Steffen; Krüger, Tobias (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VIII: Flächensparen – Ökosystemleistungen – Handlungsstrategien. Berlin: Rhombos-Verlag, 2016, (IÖR-Schriften; 69), S.203-214.
- Henger, R.; Blecken, L.; Fahrenkrug, K.; Melzer, M.; Bizer, K.; Meub, L. Proeger, T.; Gutsche, J-M.; Tack, A, Ferber, U.; Schmidt, T.; Siedentop, S.; Straub, T.; Kranz, T.; Weinhardt, C. (2019): Modellversuch Flächenzertifikatehandel - Abschlussbericht, UBA-Texte 116/2019.
- Kern, L. (2023): Agrarflächenverlust in Deutschland - Bilanzierung und Begegnungsstrategien im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, Masterarbeit, TU Dresden.
- Krüger, T.; Meinel, G.; Schumacher, U. (2013): Land-use monitoring by topographic data analysis, In: Cartography and Geographic Information Science 40 (2013) 3, S.220-228.
- Krüger, T., Lipfert, L., Walz, U. (2023a): Freiflächen-Photovoltaik in Deutschland. Naturschutz und Landschaftsplanung 55 (3), 12-13., abgerufen am 06.09.2023 unter <https://www.nul-online.de/artikel.dl?AID=7312952&MID=1111>.
- Krüger, T., Lipfert, L., Walz, U. (2023b): Windkraftanlagen in Deutschland, In Landschaft und Natur in Karten, DOI: 10.1399/NuL.2023.03.04.
- Lipfert, L. (2023): Analyse der Flächeninanspruchnahme von Windenergieanlagen und Freiflächen-Photovoltaikanlagen in der Bundesrepublik Deutschland, Masterarbeit, Universität Leipzig.

- Meinel, G. (2017): Bestimmung der Flächenneuanspruchnahme auf Grundlage der Bautätigkeitsstatistik – konzeptionelle Überlegungen, In: Flächennutzungsmonitoring IX, Hrsg: Meinel, G.; Schumacher, U.; Schwarz, S.; Richter, B., Rhombos-Verlag, IÖR-Schriftenreihe 73, Berlin, 2017, abgerufen unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-212790>.
- Meinel, G. (2022): Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung – Entwicklung und Perspektiven des IÖR-Monitors, In: Meinel, Gotthard; Krüger, Tobias; Behnisch, Martin; Ehrhardt, Denise (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIV: Beiträge zu Flächenmanagement, Daten, Methoden und Analysen. Berlin : Rhombos-Verlag, 2022, (IÖR-Schriften; 80), S.167-182, <https://doi.org/10.26084/14dfns-p018>.
- 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 (2022) 1, S.159-170, <https://doi.org/10.1515/jbnst-2021-000>.
- Meinel, G. (2023): Flächenmonitoring – die ewige Herausforderung?! <https://zenodo.org/records/8115880>
- Schiller, G.; Blum, A.; Hecht, R.; Oertel, H.; Ferber, U. Meinel, G. (2021): Urban infill development potential in Germany: comparing survey and GIS data, In: Buildings and Cities 2 (2021) 1, S.36-54, <http://doi.org/10.5334/bc.69>.
- 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. ISPRS International Journal of Geo-Information, 5(8), 134. <https://doi.org/10.3390/ijgi5080134> .
- Schorcht, M.; Krüger, T.; Meinel, G.: (2018): Bilanzierung zur Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung, In: Behnisch, Martin; Kretschmer, Odette; Meinel, Gotthard (Hrsg.): Flächeninanspruchnahme in Deutschland: Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. Berlin : Springer Spektrum, 2018, S. 229-243, https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8_13.
- Schumacher, U.; Meinel, G. (2009): ATKIS, ALK(IS), Orthobild - Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings, In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring: Konzepte - Indikatoren - Statistik. Aachen: Shaker, S.47-67.
- United Nations (2015): Sustainable Development Goals (SDG), abgerufen am 06.09.2023 unter <https://sdgs.un.org/goals>.
- Walz, U.; Meinel, G.; Göhler, L.; Krüger, T.; Schinke, U. (2022): Freiflächen-Photovoltaik in Deutschland, In Naturschutz und Landschaftsplanung, Band54(12), S. 8-9 DOI: <https://doi.org/10.1399/NuL.2022.12.04>.
- WBGU (2021): Hauptgutachten: Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration, abgerufen am 06.09.2023 unter <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/landwende>.