

Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erstellung von Wechselbilanzen der Flächennutzung auf Grundlage des ATKIS Basis-DLM

MARTIN SCHORCHT¹

Zusammenfassung: Die Umsetzung einer nachhaltigen Flächenpolitik erfordert ein Monitoring, welches nicht nur den jeweils aktuellen Stand der Flächennutzung ausweist, sondern auch den Wandel der Nutzungsarten beschreiben kann. Dieses ist bei laufenden Veränderungen der flächennutzungsbeschreibenden Modelle und laufenden Geometriekorrekturen eine große Herausforderung. Die jährliche statistische Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung (Grundlage: ALB/ALKIS) weist bis zur Ebene der Gemeinden die Flächenanteile nach Nutzungsarten aus. Aussagen zur Vor- bzw. Nachnutzung sind momentan nicht möglich. Besonders die Bilanzierung dieses Flächennutzungswandels ist zum Prozessverständnis von Nöten. Ziel dieser Arbeit ist es, eine Methode zu erarbeiten, mit der Wechselbilanzen auf Grundlage des ATKIS Basis-DLM erstellt werden können und bei der insbesondere geometrische Verschiebungen bzw. andere Veränderungen, die keine reale Flächennutzungsänderung darstellen, beachtet werden.

1 Einleitung

In Deutschland ist in vielen Regionen ein Flächennutzungswandel festzustellen, welcher von einer Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen geprägt ist (UBA 2014). Aus Sicht einer nachhaltigen Raumplanung ist diese Entwicklung negativ, da der Boden ein knappes Schutzgut ist und kein Bevölkerungszuwachs verzeichnet wird, der eine Flächenneuanspruchnahme rechtfertigen könnte. Für diese Flächenneuanspruchnahme ist die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) ein wichtiger Indikator. Die erste Erhebung erfolgte 1979 und seit 1992 existieren gesamtdeutsche Daten (BBSR 2015), bei denen eine stetige Zunahme zu erkennen ist. Derzeitig beträgt der SuV-Zuwachs täglich 73 Hektar (UBA 2014). Um dieser Entwicklung entgegenzusteuern, verfolgt die Bundesregierung im Rahmen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel, bis zum Jahr 2020 die Neuanspruchnahme von Flächen für Siedlung und Verkehr auf 30 Hektar pro Tag zu reduzieren. Zur Erreichung dieser Vorgaben ist die genaue Beobachtung, Quantifizierung und das Monitoring der Flächennutzung nötig (MEINEL 2013).

2 Datengrundlage

Grundlage des im Folgenden vorgestellten Verfahrens zur Bilanzierung des Flächennutzungswandels ist das ATKIS Basis-DLM. Für ganz Deutschland ist das ATKIS Basis-DLM der aktuellste und genaueste topographische flächendeckend verfügbare Datensatz (RÖBER et al. 2009). Mit diesem liegt ein amtlicher, deutschlandweiter, weitestgehend homogener und in

¹ Technische Universität Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften: Fachrichtung Geowissenschaften, Institut für Kartographie, Helmholtzstr. 10, D-01062 Dresden, E-Mail: m.schorcht@ioer.de

seinem Aufbau genau dokumentierter Geobasisdatensatz vor, welcher die wichtigsten Voraussetzungen für ein Flächennutzungsmonitoring hinsichtlich der Datenkonsistenz und Aktualität erfüllt (KRÜGER 2011). Darin sind topographische Erscheinungsformen und Sachverhalte objektstrukturiert und attribuiert im Vektorformat (Punkte, Linien und Polygone) modelliert. Grundlegende Eigenschaften zur Bildung aller Objekte sind in der GeoInfoDok 6.0 (ADV 2008a) geregelt, welche das von der AdV und den Ländern entwickelte AAA-Anwendungsschema beschreibt. Das Basis-DLM wird jeweils von den einzelnen Bundesländern nach diesen einheitlichen Grundsätzen erarbeitet und bereitgestellt, wodurch diese Daten für räumliche Vergleiche in ganz Deutschland geeignet sind. Sämtliche Definitionen und Deklarationen zum Inhalt der Daten sind im Objektartenkatalog (OK) des Basis-DLM festgelegt (ADV 2008b). Eine der Hauptobjektkategorien ist die „Tatsächliche Nutzung“ (TN), welche die Nutzungsarten der Erdoberfläche flächendeckend und überlagerungsfrei beschreibt. Aus diesen Flächennutzungsdaten ist am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden eine für Nutzungsartenanalyse übersichtlichere Nomenklatur abgewandelt worden.

Die in ATKIS als Linien modellierten Objekte des Verkehrs- und Gewässernetzes werden im Laufe eines Preprocessings anhand von Objektbreitenangaben gepuffert, wodurch Flächenobjekte gebildet werden. Die dadurch entstehenden Überlagerungen zu benachbarten bereits vorhandenen Flächenobjekten werden entfernt, damit wiederum eine überlagerungsfreie Abdeckung erreicht wird (MEINEL & KRÜGER 2014). Diese vorprozessierten Datensätze sind die Datengrundlage, welche für diese Arbeit verwendet worden ist.

Im IÖR-Flächenschema (Abb. 1) wird zwischen 35 einzelnen Nutzungsarten und 13 Oberklassen unterschieden. Diese Nomenklatur ist sowohl für das alte als auch das neue ATKIS-Modell (GeoInfoDok 6.0) gültig, sodass sich Flächennutzungsdaten unabhängig vom Migrationszeitpunkt vergleichen lassen. Die Migration in das neue ATKIS-Modell erfolgte in den Bundesländern zu unterschiedlichen Zeitpunkten zwischen 2008 und 2013 (ADV 2014). Dieser Zeitraum ist von besonderem Interesse, um neben dem Flächenwandel selbst auch den Einfluss der ATKIS-Migration zu untersuchen.

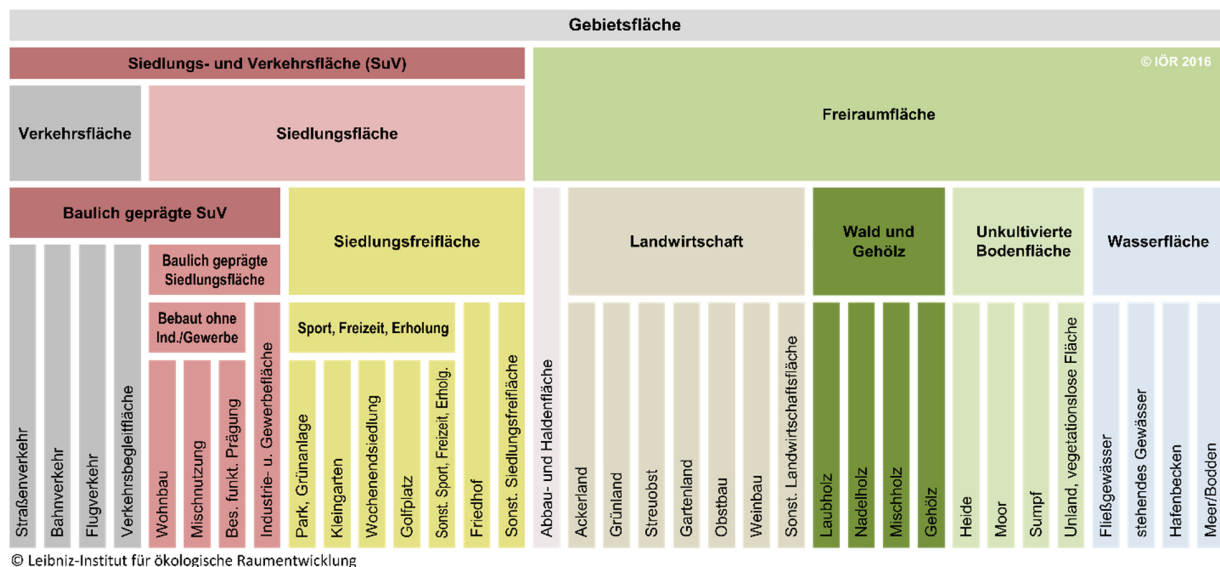


Abb. 1: Nomenklatur des IÖR Monitor (IÖR-MONITOR 2014)

3 Methode zur Ermittlung von Flächennutzungsänderungen

Das Verfahren zur Bilanzierung von Flächennutzungsänderungen erkennt im ersten Schritt durch Verschneidung der Datensätze verschiedener Zeitpunkte die Änderungen von Flächenobjekten. Diese ermittelten Änderungen werden anschließend bezüglich geringer geometrischer Verschiebungen der Polygonränder bereinigt, sodass diese geringen Verschiebungen sich nicht mehr auf die Bilanzierung auswirken. In einem weiteren Schritt werden migrationsbedingte Objektneuordnungen, denen keine reale Nutzungsänderung zugrunde liegt, berücksichtigt.

3.1 Verschneiden der Vektordaten

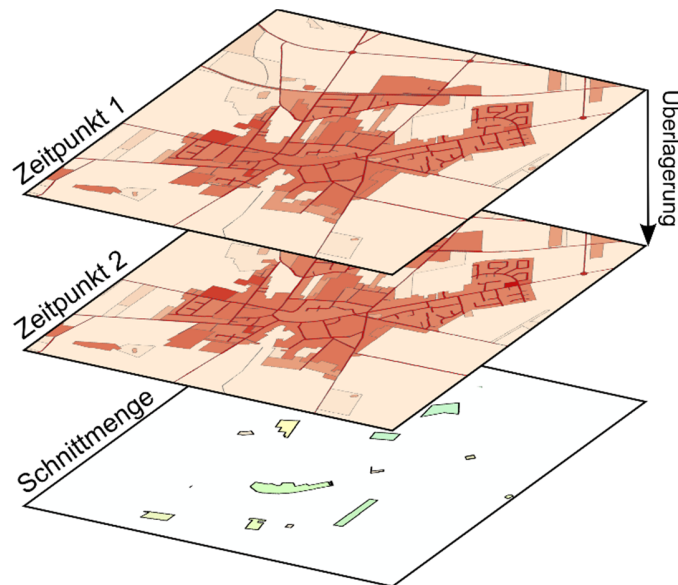


Abb. 2: Flächennutzungsänderungen zwischen zwei Zeitschnitten mittels Schnittmengenbildung (Quelle: eigene Darstellung)

Die Polygone der Datensätze zweier Zeitschnitte werden übereinandergelegt und die sich ändernden Schnittmengen erfasst (Abb. 2). Der Flächenzugang einer Nutzungsart führt notwendigerweise zu einem Flächenabgang einer anderen Nutzungsart. Dementsprechend bildet sich die Nettobilanz einer jeden Nutzungsart aus der Summe des ermittelten Flächenzugangs und -abgangs. Ist der Flächenzugang gleich des -abgangs, führt dies zu einer ausgewogenen Nettobilanz (= 0).

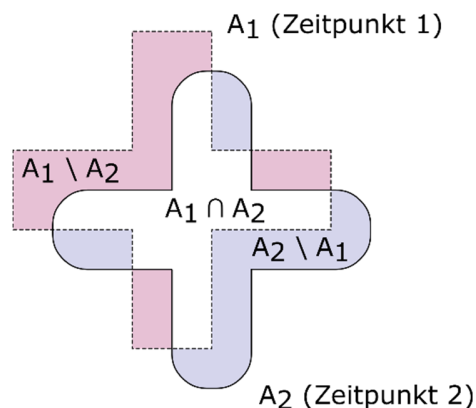


Abb. 3: Überlagerung eines sich ändernden Objektes; $A_1 \setminus A_2$: abgehende Fläche (A1 ohne A2); $A_1 \cap A_2$: sich nicht ändernde Fläche (A1 gleich A2); $A_2 \setminus A_1$: hinzukommende Fläche (A2 ohne A1) (abgewandelte Abbildung nach HAGEDORN & VELTKAMP (2001))

In Abb. 3 wird eine Überlagerung eines sich ändernden Objektes derselben Nutzungsart zweier unterschiedlicher Zeitpunkte dargestellt. Dabei entstehen sich überlagernde Bereiche, welche für eine unveränderte Nutzungsart stehen ($A_1 \cap A_2$), sowie sich nicht überlagernde Bereiche, welche für einen Rückgang ($A_1 \setminus A_2$), bzw. für einen Zugang ($A_2 \setminus A_1$) stehen. Die sich ändernden Objektbereiche gehen entweder in eine andere Nutzungsart (B) über ($\cong A_1 \cap B_2$), oder kommen aus einer anderen Nutzungsart her ($\cong B_1 \cap A_2$), welche der Vor- und Nachnutzung von A entsprechen. Die Differenz aus hinzukommenden und rückläufigen Flächen entspricht der Nettobilanz einer Nutzungsartenänderung von A:

$$\text{Netto}(A) = \text{area}(A_2 \setminus A_1) - \text{area}(A_1 \setminus A_2) \cong \text{area}(A_2 \cap B_1) - \text{area}(A_1 \cap B_2)$$

Allein bei einer Kombination der 35 Nutzungsarten des Flächenschemas (IÖR-MONITOR 2014) ergeben sich insgesamt 1190 ($= 35 \cdot 34$) mögliche Nutzungsänderungen. Zudem können je nach Fragestellung diese Kategorien zu Obergruppen aggregiert werden (z. B. SuV), wodurch sich noch weitere Kombinationsmöglichkeiten ergeben. Die Selektion und Analyse der Nutzungsänderung wurde durch eine automatisierte Datenbankabfrage realisiert.

3.2 Detektieren geometrischer Verschiebungen

Untersuchungen haben gezeigt, dass zwischen den Zeitpunkten der Datensätze häufig geringe geometrische Lageverschiebungen von Objektgrenzen bzw. Linienobjekten auftreten. Mögliche Gründe dafür können Lagekorrekturen, Änderungen von Erfassungsunterlagen, sich ändernde Generalisierungsmethoden, Koordinatentransformationen oder Stützpunktausdünnung sein. Besonders bei Linienobjekten können diese geringen Verschiebungen, auch wenn sie im Rahmen der Lagegenauigkeit geschehen (± 3 m), zu erheblichen Abweichungen der Wechselbilanzen führen. Aufgrund unterschiedlicher geometrischer Gegebenheiten sind für Linien- und Flächenobjekte jeweils ein Verfahren zur Beachtung von Lageverschiebungen entwickelt worden.

3.2.1 Behandlung von Flächenobjektverschiebungen



Abb. 4: Beispiel einer Objektänderung inklusive minimaler Verschiebung beteiligter Grenzen: (a) Situation Zeitpunkt 1; (b) Situation Zeitpunkt 2 (graue Linien stellen Situation des Zeitpunkt 1 dar); (c) Fläche der sich ändernden Nutzungsart (eigene Darstellung)

Geringe Verschiebungen von zwei benachbarten Objekten unterschiedlicher Objektarten führen zu Splitterflächen. In Abb. 4 sind die Auswirkungen geringer Verschiebungen anhand von zwei Objektarten beispielhaft dargestellt. Datensätze zweier unterschiedlicher Zeitpunkte werden überlagert und die Schnittmenge der sich ändernden Nutzungsart gebildet (Abb. 4c). Es ergibt sich generell der Grundsatz, dass nach einer Schnittmengenbildung die Änderungen kompletter Objekte in ihrem ganzen Ausmaß erfasst werden (große Objekte). Geringe Verschiebungen von Grenzlagen zeigen sich dagegen durch sehr schmale Objekte (Splitterpolygone; engl.: Sliver Polygons). Diese beiden Situationen treten sehr häufig in Kombination auf, da bei Objektänderungen oft auch festgestellte Abweichungen berichtigt werden. Abb. 4c zeigt deutlich, dass sich bei der Überlagerung der beiden Datensätze ein einzelnes Objekt bildet, welches der Änderung von grün zu beige entspricht. Dieses Objekt besteht aus größeren und unerwünschten schmalen Bereichen, welche voneinander getrennt betrachtet werden sollen.

Diese Splitterpolygone werden mit Hilfe von morphologischen Operatoren (Opening) nach GONZALEZ & WOODS (2008) eliminiert. Ein Problem dabei ist jedoch, dass sich die Ecken aller Objekte abrunden, was zu einer generellen Unterschätzung führen würde. Um diesem Problem entgegenzutreten, ist ein Korrekturschritt entwickelt worden:

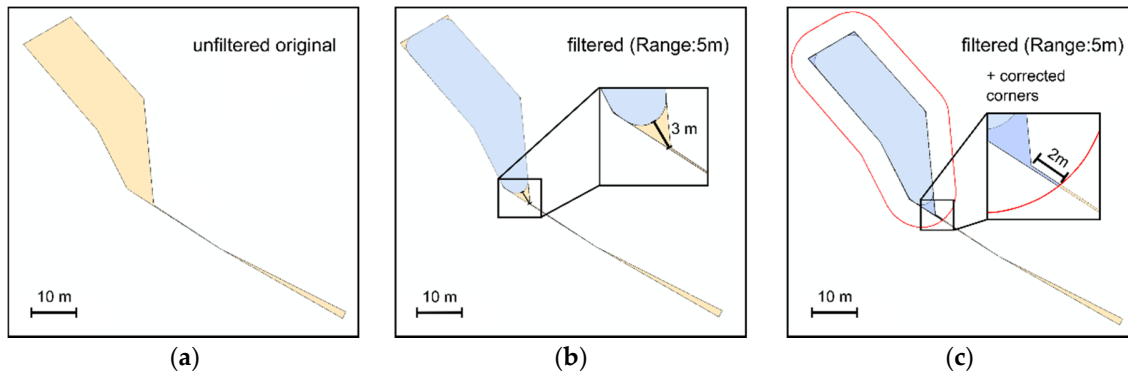


Abb. 5 Korrigiertes Opening: (a) originales Objekt; (b) Objekt nach Opening; (c) Objekt nach Opening und Korrektur der 'runden Ecken' (= korrigiertes Opening) (Quelle: eigene Darstellung)

In Abb. 5 werden ein ungefiltertes (a) und ein mit 5m mittels Opening gefiltertes Objekt (b) verglichen. Zu erkennen ist, dass zwar die schmale Fläche verschwunden ist, jedoch die Ecken des gefilterten Objekts (blau) abgerundet sind. Abb. 5c zeigt den Korrekturschritt. Wird dieses Objekt nochmals durch eine Dilatation erweitert (rote Linie) und anschließend mit dem originalen Objekt wiederum eine Schnittmenge (violett und blau) gebildet, entspricht diese bis auf einen zu vernachlässigbaren Fortsatz der gewünschten Fläche. Formal lässt sich dieses korrigierte Objekt wie folgendermaßen beschreiben:

Korrigiertes Opening:

$$uk = ((u \circ B) \oplus B) \cap u$$

Wird ein Objekt gefiltert, bedeutet das, dass in den entfernten Bereichen keine Änderung mehr stattfindet, weder eine Zu- noch Abnahme. So ist das korrigierte Opening ein geeignetes Verfahren zum Entfernen der Splitterflächen der gebildeten Schnittmengen. Damit können stabilere Ergebnisse von Wanderbewegungen erreicht werden:

3.2.2 Behandlung von Linienobjektverschiebungen

Bei Linienobjekten kann keine morphologische Filterung angewendet werden, da diese häufig schmäler als die zu filternden Splitterpolygone selbst sind. Hier wurde die von GOODCHILD & HUNTER (1997) vorgestellte Methode "A simple positional accuracy measure for linear features" zur Prüfung der Lageübereinstimmung von Linienobjekten herangezogen (Abb. 6). Dabei werden die zu vergleichenden Linienobjekte jeweils als Referenz betrachtet und gepuffert. Die Pufferbreite entspricht dabei der maximalen Lageabweichung, die zwischen zwei Linienpaaren toleriert werden soll. Die Linienobjekte des zweiten Datensatzes werden über die gepufferten Referenzobjekte gelegt und geprüft, welche sich innerhalb dieses Toleranzbereiches befinden. Diese Methode ist auf die Bilanzierung des Flächennutzungswandels übertragen worden. Somit kann eine innerhalb der Lagegenauigkeit liegende Straßen- bzw. Gewässerachse von einer tatsächlichen neuen oder nicht mehr vorhandenen Achse unterschieden werden. Um jeweils eine separate auswertbare Menge der zu- und abgehenden Linienobjekte zu erhalten, muss diese Pufferung jeweils um die Alt- und Neudaten erfolgen:

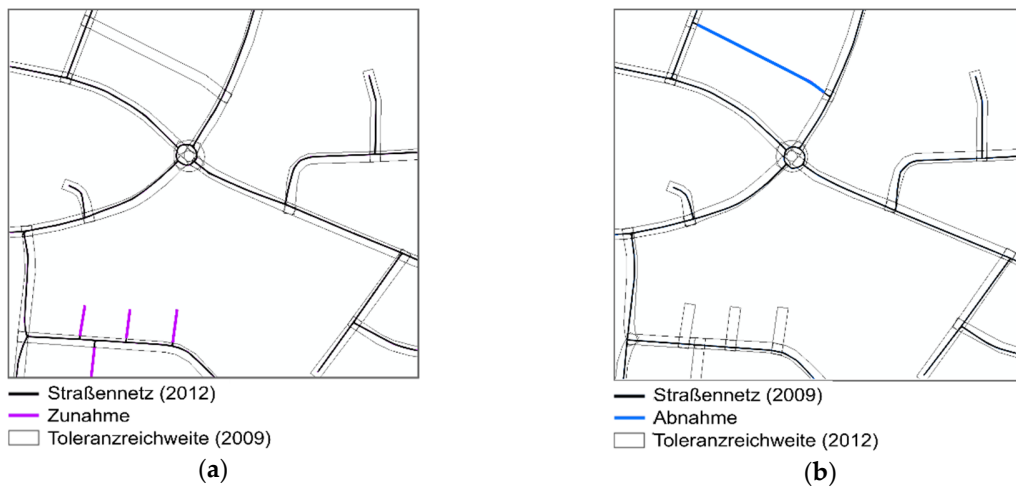


Abb. 6: Anwendung des Verfahrens von GOODCHILD & HUNTER auf die Überprüfung der Veränderung linienhaft modellierter Straßennetze mit einer Toleranzreichweite von 5 m: (a) Zunahme des Straßennetzes; (b) Abnahme des Straßennetzes (Quelle: eigene Darstellung)

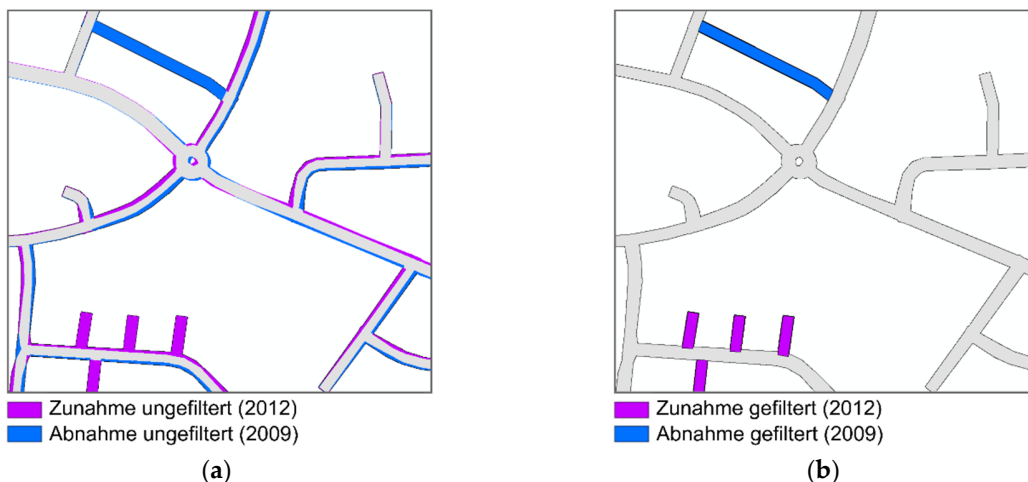


Abb. 7: Vergleich der ungefilterten (a) und gefilterten (b) Änderungen des Straßennetzes (Quelle: eigene Darstellung)

Als Input für die Bilanzierung des Flächenwandels werden hier die noch nicht gepufferten Linienobjekte des ATKIS Basis-DLM verwendet. Nur die außerhalb des Toleranzbereiches liegenden Liniensegmente werden anhand ihrer Objektbreitenangaben gepuffert. Die dadurch gebildete Fläche wird der Verschneidung zur Änderungsdetektion zugeführt. In Abb. 7 werden exemplarisch die Änderungen des Straßennetzes der ungefilterten Variante mit denen der gefilterten verglichen. Da nur Straßen außerhalb des Toleranzbereiches mit anderen Objektarten bei der Schnittmengenbildung verarbeitet werden, ergeben sich in den gefilterten Bereichen keine Änderungen. Die eben vorgestellten Verfahren zur Filterung von geringen Verschiebungen von Flächen- und Linienobjekten sind durch ein Regelwerk miteinander kombiniert. Das Verfahren zur Behandlung von Linienobjekten ist zudem erweitert worden, indem weitere Eigenschaften untersucht werden. Neben minimal verschobenen Objekten werden auch sich in der Art und Breite ändernde Linienobjekte beachtet (z. B. Umwidmung von Straßen oder nachträglich eingetragene Breitenangaben).

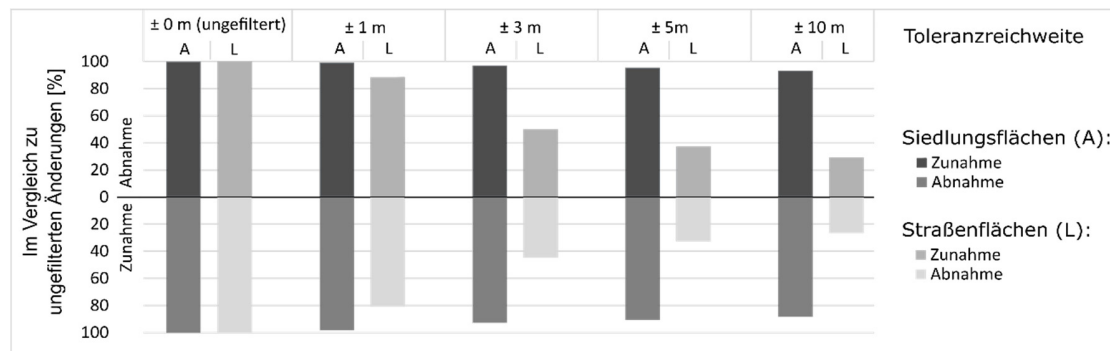


Abb. 8: Vergleich der Zu- und Abgänge von ungefilterten und gefilterten Linien (L)- und Flächenobjekten (A) in Abhängigkeit von der Filterbreite am Beispiel Schleswig-Holsteins (Quelle: eigene Berechnungen)

In Abb. 8 ist die Wirkung einer Filterung am Beispiel einer Änderungsanalyse zwischen 2009 und 2012 für Schleswig-Holstein dargestellt. Verglichen werden Siedlungsflächen mit den linienhaft modellierten Straßenflächen (gepuffert). Je schmaler ein Objekt, umso größer ist die Abweichung im Falle einer geringen Verschiebung. Bei einer Filterweite von ± 3 m wird bereits über die Hälfte der zu- und abgehenden Straßenflächen aus der Bilanz des Flächennutzungswandels ausgeschlossen. Die hohe Filterwirkung bei Linienobjekten bis ± 3 m lässt sich mit deren Lagegenauigkeit (± 3 m) erklären. Dem hingegen nehmen die Änderungen von Objekten der Siedlungsfläche nur um 10 % ab. Im Vergleich der Bundesländer ist zu beobachten, dass jeweils unterschiedlich häufig Lagekorrekturen durchgeführt werden, wobei das obige Beispiel eher als Ausnahmefall mit besonders häufigen Anpassungen betrachtet werden muss. Ist die gefilterte abnehmende Fläche gleich der hinzugehenden, ändert sich das Gesamtwachstum (Netto) nicht, jedoch sind Aussagen zu Vor- und Nachnutzungen dadurch präziser.

3.3 Beachtung modellbedingter Einflüsse

Eine Weiterentwicklung des Datenmodells kann im Falle einer Objektneuzuordnung zu Änderungen des Datenbestandes führen, welche nicht den tatsächlichen Änderungen entsprechen. Auch andere nicht nur auf das Datenmodell beruhende Einflüsse können die Modellierung bzw. den Datenbestand beeinflussen. Daher ist es besonders wichtig, die Effekte der Änderungen des Datenmodells und zusätzlicher Einflüsse der Modellierung zu beachten, um zuverlässigere Aussagen über Flächennutzungsänderungen ermitteln zu können. Die Ursache einer Objektänderung ist in den Daten des ATKIS Basis-DLM nicht enthalten. Die Migration in das neue ATKIS-Modell (*GeoInfoDok 6*) erfolgte in den Bundesländern zu unterschiedlichen Zeitpunkten zwischen 2008 und 2013 (ADV 2014). Um abzuschätzen, wie groß in diesem Zeitraum der Einfluss der Modelländerung auf die SuV-Entwicklung ist, wurden bereits bekannte Nomenklaturänderungen (KRÜGER et al. 2015) untersucht: Eine bekannte Neuzuordnung betrifft Industrie- bzw. Gewerbeflächen zu Halden. Im alten ATKIS-Modell sind Halden noch nicht als Grundflächenart geführt gewesen, sodass sich jene Flächen häufig mit Industrie- und Gewerbeflächen überlagerten. Im neuen Modell hingegen gehören Halden zu den Grundflächenarten, was wiederum eine Überlagerung mit anderen ausschließt. Dadurch sind viele Nutzungsänderungen von Industrie- bzw. Gewerbeflächen zu Halden detektiert worden, welche keiner tatsächlichen Änderung entsprechen. Des Weiteren ist bekannt, dass im zukünftigen

Datenmodell keine unbestimmten Flächen mehr erlaubt sein werden (KURSTEDT 2014), sodass schon jetzt eine deutliche Abnahme jener unbestimmten Flächen festzustellen ist. Eine weitere Modelländerung betrifft die Verkehrsbegleitflächen. So sind im alten Modell keine Verkehrsbegleitflächen definiert gewesen, während diese im neuen Modell durch ein Attribut beschrieben sind. Auffällig häufig sind daher Änderungen von Grünland zu Verkehrsbegleitflächen. Kleingärten waren ebenfalls im alten Modell noch nicht definiert und wurden dort als Gartenland geführt. Seitdem im neuen Modell Kleingärten definiert sind, werden zwischen diesen Nutzungsarten Neuzuordnungen durchgeführt.

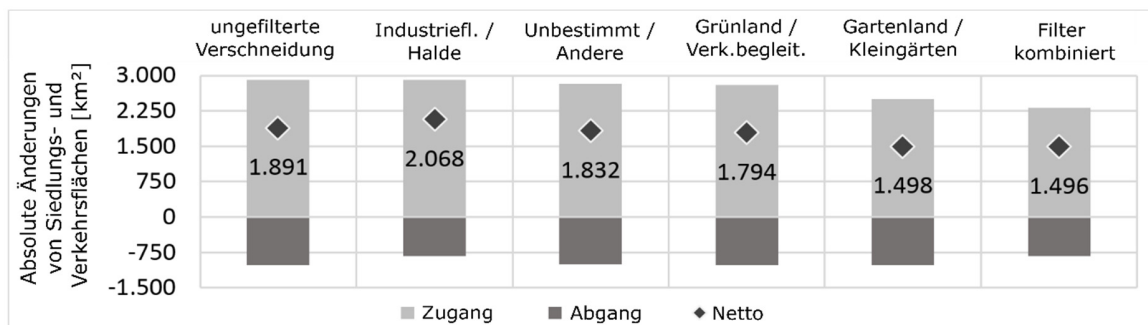


Abb. 9: Einfluss verschiedener Migrationseffekte auf die Entwicklung der SuV-Fläche Deutschlands während der ATKIS-Migrationsphase zwischen 2008 – 2013 (Quelle: eigene Berechnungen)

In Abb. 9 sind die Auswirkungen der eben beschriebenen modellbedingten Änderungen auf die Bilanz der SuV-Flächen veranschaulicht. Den größten Einfluss hat die Modelländerung von Gartenland zu Kleingärten. Allein 20 % des Gesamtwachstums der SuV-Flächen beruht auf derartigen Modelländerungen, was im Vergleich zu Untersuchungen von älteren nicht belasteten Änderungsraten ein extrem unwahrscheinlich hoher Wert ist. Um eine deutliche Überschätzung der SuV-Entwicklung im Migrationszeitraum zu vermeiden, sollten diese Flächen bei der Wechselbilanzierung nicht einbezogen werden. Nach Abschluss der Migration, d.h. mit den ATKIS-Daten nach 2013, sind diese Effekte nicht mehr in diesem Umfang zu erwarten.

4 Fazit

Das Verfahren zur Bilanzierung des Flächennutzungswandels ermöglicht Aussagen zu Vor- und Nachnutzungen einzelner Nutzungsarten. Dies hilft Rückschlüsse auf die Triebkräfte des Flächennutzungswandels zu identifizieren. Bei der Bilanzierung werden verschiedene Verfahren verwendet, um Effekte durch geometrisch leicht verschobene Objekte und modellbedingte Objektart- und Attributänderungen auszufiltern. Ohne Berücksichtigung von Modelländerungen und von immer wieder auftretenden geringen Lagekorrekturen der Geobasisdaten werden die Bilanzen des Flächenwandels teilweise erheblich verfälscht. Insbesondere betrifft dies Wechselbilanzen im Zeitraum des ATKIS-Modellwechsels. So liegt die tägliche Flächenneuanspruchnahme von nicht bereinigten Bilanzen der SuV-Flächen nach dem IÖR-Monitor bei 105 ha/d. Unter Beachtung der Migrationseffekte liegt diese immer noch bei 84 ha/d. Das Verfahren wird wegen zukünftig noch erfolgenden Veränderungen des Basis-DLM im Zuge der Harmonisierung von ATKIS und ALKIS ein großes Einsatzpotenzial im Flächennutzungsmonitoring haben.

5 Literaturverzeichnis

- ADV, 2008a: 'Hauptdokument GeoInfoDok 6.0: Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens', GeoInfoDok 6.0, Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
- ADV, 2008b: ATKIS-Objektartenkatalog Basis-DLM: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, 129.
- ADV, 2014: Sachstand der Migration: AAA-Umfrage zum Sachstand der Migration in den Ländern. www.adv-online.de/AAA-Modell/Sachstand-der-Migration, Zugriff 28.09.2014.
- BBSR, 2015: Datengrundlagen zur Beobachtung der Flächenentwicklungen in Deutschland. <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumentwicklung/Flaechenpolitik/Projekte/Archiv/FlaechenmonitoringDetail/FlaechenmonitoringDetail.html?nn=391978>, Zugriff 15.11.2014.
- GONZALEZ, R.C. & WOODS, R.E., 2008: Digital image processing. 3rd ed., Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, ISBN: 978-0-13-168728-8.
- GOODCHILD, M. & HUNTER, G., 1997: A simple positional accuracy measure for linear features. *International Journal of Geographical Information Science*, Taylor and Francis Ltd., 299-306.
- HAGEDORN, M. & VELTKAMP, R.C., 2001: State of the Art in Shape Matching. *Principles of Visual Information Retrieval*, Springer, London, 87-119.
- IÖR-MONITOR, 2014: Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung (IÖR). www.ioer-monitor.de, Zugriff 12.08.2014.
- KRÜGER, T., 2011: Aktuelle Ergebnisse des IÖR-Monitors zur Flächennutzung in Deutschland: Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung – Analyse – Bewertung. Publikation des Instituts für ökologische Raumentwicklung, Meinel, G. & Schumacher, U. (Hrsg.), Berlin: Rhombos, IÖR Schriften Band **58**, 23-35.
- KRÜGER, T., HENNERSDORF, J., MEINEL, G. & BEHNISCH, M., 2015: Migration des ATKIS-Basis-DLM – Auswirkungen auf die Nutzung für das Flächenmonitoring: Kartographische Nachrichten **65** (2), 59-66.
- KURSTEDT, R., 2014: TOP Neues in der GeoInfoDok 7.0. 51. Tagung AG: Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS, Hannover, 8.-9.9.2014.
- MEINEL, G., 2013: Aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen im IÖR-Monitor -Anforderungen an ein Flächennutzungsmonitoring: Flächennutzungsmonitoring V. Methodik – Analyseergebnisse – Flächenmanagement, Meinel, G., Schumacher, U. & Behnisch, M. (Hrsg.), Berlin, Rhombos, IÖR Schriften **61**, 117-118.
- MEINEL, G. & KRÜGER, T., 2014: Methodik eines Flächennutzungsmonitorings auf Grundlage des ATKIS-Basis-DLM: Kartographische Nachrichten **64** (6), 324-331.
- RÖBER, B., HEINRICH, U. & ZÖLITZ, R., 2009: Über die Eignung von ATKIS als topographischer Basisdatensatz für numerische Modelle. *GIS Science* 2009, 12-18.
- UBA, 2014: Flächensparen – Böden und Landschaften erhalten. www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boedenlandschaften-erhalten, Zugriff 24.08.2014.