



Flächennutzungsmonitoring VIII Flächensparen – Ökosystemleistungen – Handlungsstrategien

IÖR Schriften Band 69 · 2016

ISBN: 978-3-944101-69-9

Hochwasserrisiko und Bodenversiegelung: neue Ergebnisse des IÖR-Monitors

*Tobias Krüger, Gotthard Meinel, Martin Behnisch,
Martin Schorcht*

Krüger, T.; Meinel, G.; Behnisch, M.; Schorcht, M. (2016): Hochwasserrisiko und Bodenversiegelung: neue Ergebnisse des IÖR-Monitors. In: Meinel, G.; Förtsch, D.; Schwarz, S.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VIII. Flächensparen – Ökosystemleistungen – Handlungsstrategien. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 69, S. 193-201.

Hochwasserrisiko und Bodenversiegelung: neue Ergebnisse des IÖR-Monitors

Tobias Krüger, Gotthard Meinel, Martin Behnisch, Martin Schorcht

Zusammenfassung

Der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) informiert seit 2010 deutschlandweit, indikatorbasiert, flächendeckend und hochauflösend zur Flächennutzungsstruktur Deutschlands. Mit mehr als 70 Indikatoren und zehn Zeitschnitten zwischen 2000 und 2015 lassen sich Aussagen insbesondere auch zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung ableiten. Mittels spezieller georäumlicher Analyseverfahren auf Grundlage geotopographischer, katasterbasierter und geofachlicher Eingangsdaten (u. a. ATKIS Basis-DLM, HU/HK-DE, Bodenversiegelungsdaten der EEA) lassen sich vertiefte Aussagen zum Versiegelungsgrad der deutschen Städte und Gemeinden als auch zur Siedlungsentwicklung innerhalb von Überschwemmungsgebieten treffen.

1 Einführung

Der IÖR-Monitor ist ein Fachinformationssystem zu Fragen der Flächennutzungsstruktur und ihrer Entwicklung. Indikatorbasiert werden räumlich hochauflösend in der Regel jährlich aktualisierte flächendeckende Daten für die Bundesrepublik Deutschland berechnet und bereitgestellt. Im Fokus stehen dabei die Anteile unterschiedlicher Flächennutzungsarten an der Gesamtfläche, aber auch Dichtewerte zu Verkehrswegen, Bevölkerung, Gebäudebestand und Landschaftsstrukturelementen (Ökotone). Darüber hinaus werden Indikatoren zur Landschaftsqualität (effektive Maschenweite, Hemerobieindex), zu Umweltrisiken (Hochwasser) oder Ökosystemleistungen bereitgestellt.

Damit werden Grundlageninformationen für die Bewertung der Raumstruktur und ihrer Veränderung geboten, um die Messung des Erreichungsgrades von quantitativen Zielen einer leitbildorientierten nachhaltigen Entwicklung zu ermöglichen. Hintergrund ist u. a. die angestrebte Begrenzung des Zuwachses von Siedlungs- und Verkehrsflächen auf 30 Hektar pro Tag für die Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2020 und deren schrittweise Reduzierung auf ein Nullwachstum bis 2030 (Bundesrat 2011; SRU 2016). Dafür sind sichere und räumlich hochauflösende Informationen in kontinuierlicher zeitlicher Abfolge (Monitoring) nötig, um problematische Entwicklungen erkennen, lokalisieren, quantifizieren und ihnen gegensteuern zu können.

2 IÖR-Monitor

Wesentliche Merkmale der dauerhaften wissenschaftlichen Dienstleistung des IÖR-Monitors sind seine hochauflösenden, flächendeckenden sowie räumlich und zeitlich vergleichbaren Informationen zur Flächennutzung und deren Struktur und Entwicklung für Deutschland.

Das Indikatorensystem des IÖR-Monitors umfasst derzeit zehn Kategorien mit insgesamt 78 Indikatoren (Stand: 5/2016). Dabei wird in der Indikatorenauswahl der Fokus auf Aspekte der Nachhaltigkeit der Siedlungsentwicklung gelegt (Tab. 1).

Tab. 1: Indikatorkategorien mit Anzahl und typischem Charakter der Indikatoren
(Quelle: eigene Erarbeitung)

Indikatorkategorie	Anzahl	Indikatorencharakteristik	Vektor	Raster
Siedlung	17	Flächenanteile Siedlungskörperdichte Flächenneuinanspruchnahme	x x x	x
Gebäude	13	Überbauungsgrad Gebäudedichte	x x	
Freiraum	6	Flächenanteile	x	x
Verkehr	10	Flächenanteile Netzdichten Nutzungsdichten	x x x	x x
Bevölkerung	10	Einwohnerdichte Siedlungsdichte Nutzungseffizienz	x x x	x x
Landschafts- und Naturschutz	3	Flächenanteile	x	x
Landschaftsqualität	8	Landschaftszerschneidung Hemerobie	x	x
Ökosystemleistungen	6	Erreichbarkeit und Ausstattung urbaner Grünflächen Holzzuwachs Waldflächenanteil	x x x	x
Risiko	3	Flächen- und Gebäudeanteile Siedlungsdichte in Überschwemmungsgebieten	x x	(x)
Relief	2	Geophysische Merkmale	x	x

Die Indikatoren werden grundsätzlich für die administrativen Gebietseinheiten und daraus abgeleiteter Verwaltungsgliederungen (Gemeinden, Kreise, Länder, Bund, Raumordnungsregionen) sowie von INSPIRE-konformen geographischen Rastern mit Gitterzellgrößen von 100 m bis 10 km bereitgestellt.

In wenigen Ausnahmefällen können einzelne Indikatoren nicht für alle Gebietseinheiten berechnet werden. Die Gründe hierfür sind die fehlende Verfügbarkeit von Daten in einzelnen Bundesländern (z. B. Überschwemmungsgebiete) oder die Erfordernisse nach einer geeigneten Gebietskulisse (z. B. effektive Maschenweite, Ökosystemleistungen). Die Aktualisierungszyklen der Eingangsdaten bestimmen die Intervalle der Zeitschnitte im Monitoring. So können alle Indikatorwerte, die auf dem Landbedeckungsmodell LBM-DE beruhen (z. B. Hemerobie), entsprechend dessen dreijährigen Fortführungsintervalls auch nur in diesem berechnet und bereitgestellt werden. In aller Regel erfolgt aber eine jährliche Bereitstellung der Indikatorwerte.

Die Veröffentlichung der Indikatoren erfolgt in einem interaktiven Web-Portal mittels Karten, Tabellen, Diagrammen und Statistiken sowie als WMS-Dienst. Derzeit werden ergänzende Web Coverage Services (WCS) und Web Feature Services (WFS) aufgebaut.

2.1 Datenprozessierung

Das ATKIS Basis-DLM als wichtigster Eingangsdatensatz wird jährlich ausgewertet, um aktuelle Informationen bereitzustellen und Veränderungen frühzeitig zu erfassen. Es zeichnet sich durch eine hohe geometrische und semantische Genauigkeit aus und wird von den Landesvermessungsverwaltungen als geotopographischer Basisdatensatz nach einer einheitlichen Modelldefinition erfasst und in definierten Zyklen laufend gehalten. Als weitere Eingangsdaten sind das Landbedeckungsmodell LBM-DE, welches auf Grundlage von Satellitenbilddaten und dem Basis-DLM vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) dreijährlich aktualisiert wird, die jährlich vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) herausgegebenen Schutzgebiete, Rasterdaten zur Bodenversiegelung der Europäischen Umweltagentur (EEA), Einwohnerzahlen der Gemeinden und das zensusbasierte Wohnerraster mit 100 m Gitterweite (Destatis) oder die amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiete der Bundesländer zu nennen.

Die Prozessierung erfolgt skriptbasiert in einer Desktop-GIS-Umgebung (derzeit Esri ArcGIS 10.4 (64 Bit) mit Python 2.7.10). Der Geometrieerzeugung schließt sich die statistische Auswertung und Berechnung der gebietsbezogenen Indikatoren an, die in einer Datenbank gespeichert und anschließend visualisiert werden (Abb. 1).

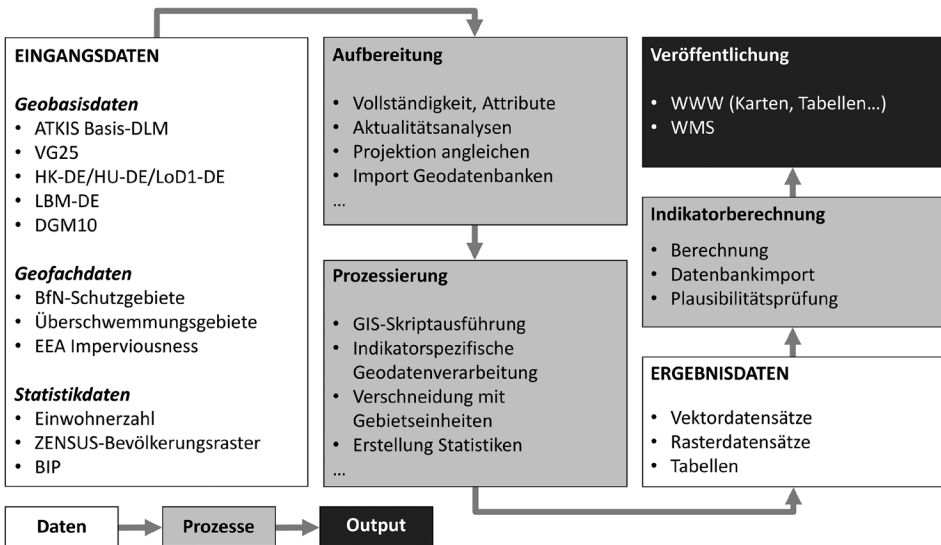


Abb. 1: Prinzipieller Ablauf der Datenprozessierung im IÖR-Monitor (Quelle: eigene Erarbeitung)

3 Neue Entwicklungen im IÖR-Monitor

Mit der Prozessierung der neuen Zeitschnitte 2000 und 2015 konnte die Zeitreihe sowohl auf den aktuellen Stand gebracht als auch retrospektiv verlängert werden. Außerdem wurden für viele Indikatoren zusätzliche Zeitschnitte ergänzt bzw. neu entwickelte Indikatoren eingeführt (Tab. 2).

Tab. 2: Im Zeitraum 2015/16 analysierte neue Eingangsdaten, ergänzte Zeitschnitte und neu entwickelte Indikatoren im IÖR-Monitor (Quelle: eigene Erarbeitung)

Eingangsdaten	Zeitschnittergänzungen	Indikatoren
Basis-DLM 2015, 2000 LBM-DE 2012 Imperviousness 2012 (EEA) VG25-EW 2014	Flächennutzung 2015, 2011, 2000 Landschaftszerschneidung 2014 Hochwasserrisiko 2000-2015 Hemerobie 2012 Bodenversiegelung 2012	Kategorie Ökosystemleistungen mit sechs Indikatoren Flächenneuinanspruchnahme in Kategorie Siedlung mit vier Indikatoren

3.1 Risikoindikator Hochwasser

Amtlich festgesetzte Hochwassergebiete dienen der Freihaltung hochwassergefährdeter Gebiete von einer baulichen Nutzung. Für das Jahr 2014 liegen für 15 Bundesländer Überschwemmungsgebiete vor; sie wurden von den zuständigen Landesbehörden bereitgestellt und zur Berechnung von Risikoindikatoren für den IÖR-Monitor aufbereitet

(Neubert et al. 2015). Die Indikatorkategorie Risiko wird derzeit durch die folgenden Indikatoren zum Thema Hochwasser abgedeckt:

Überschwemmungsgebiet: Dieser Indikator gibt den Anteil an der Bezugsfläche (z. B. einer Gemeinde) an, der als Überschwemmungsgebiet amtlich festgesetzt wurde. Somit kann die flächenmäßige Exposition der Gemeinden (oder Landkreise) gegenüber Hochwassergefahren insgesamt quantifiziert werden.

Siedlungsfläche im Überschwemmungsgebiet: Hier wird der Teil der baulich geprägten Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) innerhalb einer Gebietseinheit ausgewiesen, der in der amtlich festgesetzten Überschwemmungsfläche liegt. Höhere Indikatorwerte weisen hier auf eine größere relative Vulnerabilität durch Hochwassergefahren hin, da insbesondere in baulich geprägten Flächen die Schadenspotenziale hoch sind.

Bebautes Überschwemmungsgebiet: Dieser Indikator beschreibt, welcher Anteil des amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebietes – welches von einer Neubebauung freizuhalten ist – tatsächlich durch baulich geprägte SuV-Flächen eingenommen wird. Höhere Werte weisen darauf hin, dass trotz der Vorrangigkeit bzw. des Hochwasserschutzvorbehalts eine Bebauung in der Vergangenheit erfolgte oder noch stattfindet.

Insbesondere dieser Indikator hat Bedeutung zur Beurteilung der Nachhaltigkeit der Siedlungsflächenentwicklung. So muss durch multitemporale Verschneidung mit den Flächennutzungen eine leichte aber stetige Zunahme des Bebauungsanteils der Überschwemmungsgebiete (Stand: 2014) in einigen Ländern konstatiert werden (Abb. 2).

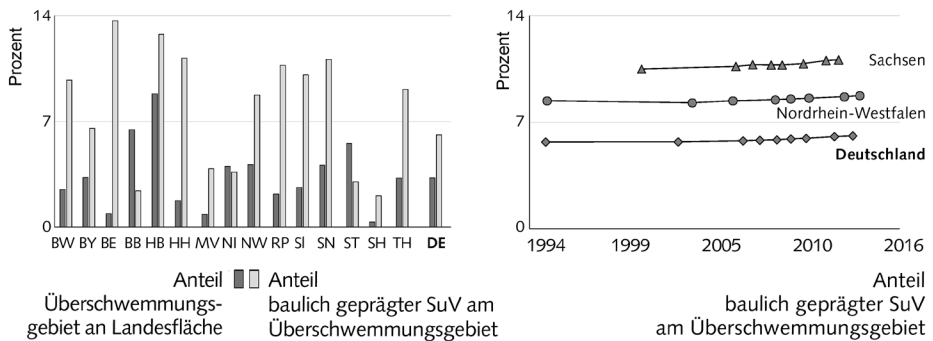


Abb. 2: Vergleich des Anteils der Überschwemmungsfläche an der Landesfläche mit dem Anteil baulich geprägter Überschwemmungsfläche für die Bundesländer (links; keine Daten für Hessen) und bauliche Entwicklung in amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten (ÜSG) am Beispiel von Sachsen und Nordrhein-Westfalen (rechts, ÜSG: Stand 2014) (Quelle: eigene Erarbeitung)

3.2 Indikator Bodenversiegelungsgrad

Daten zur Bodenversiegelung werden von der Europäischen Umweltagentur (EEA) europaweit erhoben und als ein Dienst des Copernicus-Programms zur Verfügung gestellt (EEA 2013). Die Erhebung erfolgt international mit abgestimmten Verfahren und basiert auf der Auswertung von Satellitendaten (Maucha et al. 2011, 2010). Derzeit sind die Zeitschnitte 2006, 2009 und 2012 als Rasterdaten in einer Auflösung von 20 m verfügbar. Die Pixelwerte geben die versiegelten Flächenanteile als ganzzahlige Prozentwerte (0 bis 100) an bzw. verweisen auf nicht klassifizierbare Pixel (v. a. Wolken) oder auf Gebiete außerhalb der Bearbeitungsgrenze (z. B. Seegebiete).

Um Indikatorfehlwerte aufgrund von wolkenbedeckten Flächen (in diesem Fall ist keine Bodenversiegelungsmessung möglich) zu vermeiden, sind die mittleren Versiegelungswerte von Gebietseinheiten mit hohem Wolkenanteil entsprechend gekennzeichnet („Wolkenbedeckung > 10 % der Gebietsfläche“) bzw. werden bei einer Wolkenbedeckung > 10 % innerhalb der Ortslage gar nicht angezeigt.

Der Bodenversiegelungsgrad in Deutschland im Jahr 2012 beträgt danach 5,5 %, was einer versiegelten Fläche von 19 644 km² entspricht. Legt man die Daten der EEA zugrunde, so hat sich im Zeitraum 2006 bis 2012 der Versiegelungsgrad Deutschlands um 0,7 Prozentpunkte erhöht (Tab. 3).

Tab. 3: Entwicklung der Bodenversiegelungsgrade der Bundesländer (Quelle: IÖR-Monitor)

Bundesland	Versiegelungsgrad (%)			Vers. Fläche pro Einwohner (m ²)		
	2006	2009	2012	2006	2009	2012
Baden-Württemberg	5,4	5,7	6,2	181	189	210
Bayern	4,0	4,2	4,5	223	238	254
Berlin	35,3	35,5	38,9	92	92	103
Brandenburg	3,0	3,1	3,4	346	369	415
Bremen	28,0	30,9	33,6	174	192	211
Hamburg	32,5	32,0	36,0	140	136	156
Hessen	5,3	5,5	6,2	183	193	218
Mecklenburg-Vorpommern	2,3	2,4	2,9	312	344	416
Niedersachsen	4,1	4,4	5,0	244	266	308
Nordrhein-Westfalen	9,1	9,8	10,3	172	186	201
Rheinland-Pfalz	4,3	4,6	5,0	213	228	250
Saarland	7,5	7,8	8,3	186	196	215
Sachsen	5,8	6,0	6,1	252	265	277
Sachsen-Anhalt	3,5	3,8	4,1	292	328	374
Schleswig-Holstein	4,3	4,5	5,2	242	253	294
Thüringen	3,6	3,7	4,1	251	270	306
Deutschland gesamt	4,8	5,1	5,5	208	221	245

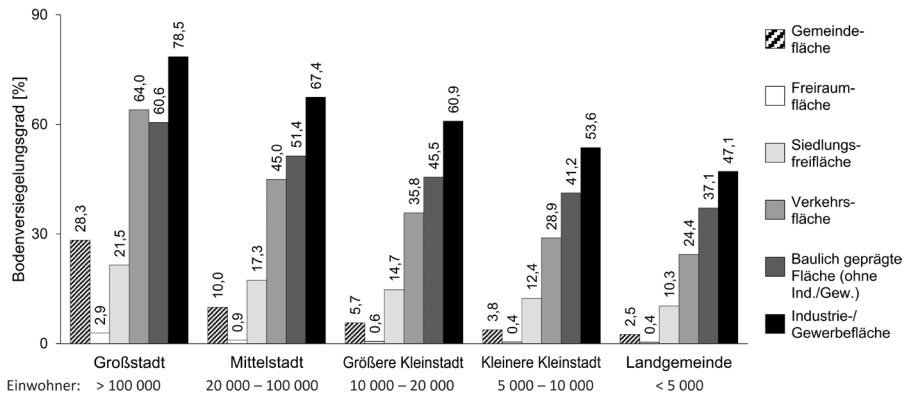


Abb. 3: Flächennutzungsspezifische Bodenversiegelungsgrade in Stadt- und Gemeindetypen (Quelle: Behnisch et al. 2015)

Im Vergleich der Flächenländer spreizen die Versiegelungsgrade zwischen 2,9 % für Mecklenburg-Vorpommern (MV) und 10,3 % für Nordrhein-Westfalen (NW). Auch im Vergleich der versiegelten Fläche pro Einwohner weisen diese Bundesländer den kleinsten (NW=201 m²/Ew) bzw. größten Indikatorwert auf (MV=416 m²/Ew).

In vertiefenden Studien zur Bodenversiegelung der deutschen Gemeinden wurden regionale Muster analysiert und einzelne Flächennutzungskategorien, gegliedert nach Stadt- und Gemeinde-Größenklassen, hinsichtlich ihres Bodenversiegelungsgrades analysiert.

Dabei konnte nachgewiesen werden, dass Ballungsräume durch eine überdurchschnittliche Bodenversiegelung gekennzeichnet sind. Andererseits weisen gleiche Flächennutzungskategorien in den verschiedenen Stadt- und Gemeindetypen teilweise stark abweichende Bodenversiegelungsgrade auf. So sinken in allen Flächenkategorien der baulich geprägten Siedlungs- und Verkehrsfläche die Versiegelungsgrade bei sinkender Einwohnerzahl (Abb. 3).

3.3 Entwicklung der Flächennutzungsstruktur

In der Gesamtschau der Indikatoren zur Flächennutzung konnten durch die Ergänzung der aktuellen Werte für den Zeitschnitt 2015 die bestehenden und bekannten Trends bestätigt werden, d. h. eine Zunahme der Flächen im Siedlungsbereich und des Verkehrs zulasten des Freiraums, wobei die jährlichen prozentualen Raten der Zu- und Abnahme bezogen auf die Gesamtfläche der Bundesrepublik gering ausfallen. Die Entwicklung im Siedlungsraum wird im Wesentlichen durch den Zuwachs der baulich geprägten SuV geprägt. Der Siedlungsfreiflächenanteil (städtische Grünflächen, Sportflächen usw.) bleibt im Verlauf relativ stabil. Der Verlust der Freiraumfläche ist maßgeblich durch den Rückgang an Landwirtschaftsfläche zu erklären, dem ein Zuwachs an Wald- und Gehölzflächen gegenübersteht (Abb. 4).

Tab. 4: Flächennutzungsstruktur in Deutschland (Quelle: IÖR-Monitor 2015)

Flächennutzung	Fläche (km ²)	Anteil (%)
Siedlungs- und Verkehrsfläche	42 817,3	12,0
... baulich geprägte Siedlungsfläche	28 384,1	7,9
... Siedlungsfreifläche	4 239,1	1,2
... Straßenverkehr	8 767,3	2,5
... sonst. Verkehr (Bahn, Flugplätze)	1 426,8	0,4
Freiraum	314 861,7	88,0
... Landwirtschaft	187 581,3	52,4
... Wald und Gehölz	113 458,5	31,7
... Wasser	6 890,8	1,9
... sonstige	6 931,1	1,9

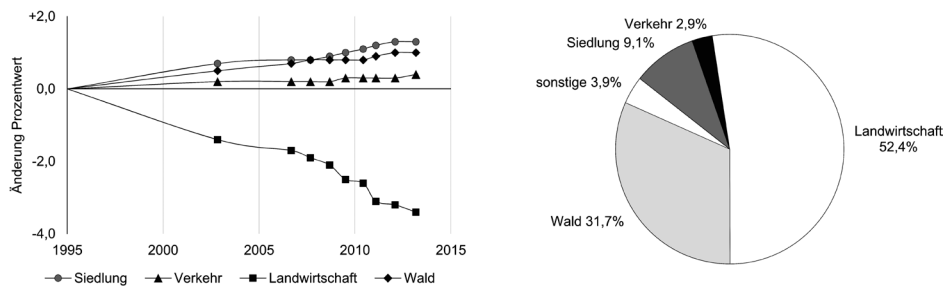


Abb. 4: Entwicklung der Flächenanteile aggregierter Flächennutzungsklassen für Deutschland auf Basis des IÖR-Monitors. Die Zuordnung der Datenpunkte zu den Jahreszahlen erfolgt durch die mittlere Grundaktualität des ATKIS Basis-DLM (Quelle: Krüger 2010)

4 Fazit und geplante Entwicklungen im IÖR-Monitor

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der IÖR-Monitor um weitere wesentliche Inhalte erweitert wurde, insbesondere bezüglich der Ausdehnung der Zeitreihe. In Kombination mit einem dritten Zeitschnitt des europäischen Datensatzes zur Bodenversiegelung lassen sich qualifizierte Aussagen zur Siedlungsentwicklung ableiten. Vertiefte Analysen zur nutzungsartenspezifischen Ausprägung der Bodenversiegelung werden Thema weiterer Studien sein.

Gebäudebasierte Indikatoren stehen derzeit im IÖR-Monitor für den Zeitschnitt 2010 zur Verfügung. Diese werden durch die Prozessierung amtlicher Hausumringe (HU-DE) sowie von 3D-Gebäudemodellen (LoD1) in Kürze um die Zeitschnitte 2011 bis 2015 ergänzt und erlauben dann weiterführende Analysen zur Struktur und der Entwicklung des Gebäudebestands in Deutschland.

5 Literatur

- Behnisch, M.; Poglitsch, H.; Krüger, T. (2016): Soil sealing and the complex bundle of influential factors: Germany as a case study. In: ISPRS International Journal of Geo-Information 5 (2016) 8, Nr. 132, 23.
<http://dx.doi.org/10.3390/ijgi5080132> (Zugriff: 29.08.2016).
- Bundesrat (2011): Beschluss des Bundesrates. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa. KOM(2011) 571 endg.; Ratsdok. 14632/11. Berlin: Bundesrat. Bundesratsdrucksache 590/11, (Beschluss).
- EEA – European Economic Area (2013): GIO land High Resolution Layers (HRLs) – summary of product specifications.
<http://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness> (Zugriff: 29.08.2016).
- Krüger, T. (2010): Potenziale und Probleme des ATKIS Basis-DLM im Flächennutzungsmonitoring, 79-92.
- Maucha, G.; Büttner, G.; Kosztra, B. (2010): European validation of GMES FTS Soil Sealing Enhancement data. Final draft. European Environment Agency.
- Maucha, G.; Büttner, G.; Kosztra, B. (2011): European Validation of GMES FTS Soil Sealing Enhancement Data. In: Halounová, L. (Eds.): Remote Sensing and Geo-information Not Only for Scientific Cooperation. Proceedings of the 31st EARSeL Symposium Prague, 30 May-2 June 2011.
- MKRO – Ministerkonferenz für Raumordnung (2010): Flächensparen als Aufgabe der Raumordnung. Beschluss der 37. Ministerkonferenz für Raumordnung am 19. Mai 2010 in Berlin.
- Neubert, M.; Schumacher, U.; Krüger, T.; Meinel, G. (2015): Überschwemmungsgebiets-Geometrie zur Berechnung Deutschlandweiter Risikoindikatoren, in: AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 246-251.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2016): Sachverständigenrat für Umweltfragen, Umweltgutachten 2016 – Impulse für eine integrative Umweltpolitik, 268.
http://www.umweltrat.de/DE/Publikationen/Umweltgutachten/umweltgutachten_node.html (Zugriff: 29.08.2016).