

Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990

Behnisch, Martin; Krüger, Tobias; Jaeger, Jochen A. G.

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Behnisch, M., Krüger, T., & Jaeger, J. A. G. (2021). Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990. In *Flächennutzungsmonitoring XIII: Flächenpolitik - Konzepte - Analysen - Tools* (S. 113-126). Berlin: Rhombos-Verlag. <https://doi.org/10.26084/13dfns-p011>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY Lizenz (Namensnennung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY Licence (Attribution). For more information see: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Flächennutzungsmonitoring XIII
Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools

IÖR Schriften Band 79 · 2021

ISBN: 978-3-944101-79-8

Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990

Martin Behnisch, Tobias Krüger, Jochen Jaeger

Behnisch, M.; Krüger, T.; Jaeger, J. A. G. (2021): Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79, S. 113-126.

DOI: <https://doi.org/10.26084/13dfns-p011>

Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990

Martin Behnisch, Tobias Krüger, Jochen Jaeger

Zusammenfassung

Deutschland zählt laut einer globalen Studie zur Zersiedelung der Landschaft sowohl in Bezug auf den Status quo als auch in Bezug auf die Dynamik seit 1990 zu den Staaten, die mit am stärksten zur weltweiten Zersiedelung beitragen. Dieser Beitrag stellt weitere quantitative Resultate zur Zersiedelung in Deutschland aus der globalen Studie zur Diskussion. Auf Ebene regelmäßiger Gitter (Zellgrößen: 1 km x 1 km und 10 km x 10 km) werden die Ausprägungen der Zersiedelung für das Jahr 2014 flächendeckend visualisiert. Darüber hinaus werden die Veränderungen der Zersiedelung im Zeitraum 1990 bis 2014 dargestellt und die mittlere jährliche Zersiedelungsdynamik zwischen den 111 Planungsregionen bzw. mit äquivalenten Aufgaben betrauten Gebietskörperschaften verglichen.

Schlagwörter: Zersiedelung, Siedlungsflächenentwicklung, Fernerkundungsdaten, Global Human Settlement Layer, Planungsregionen

1 Einführung

Der Mensch hat in nur 40 Jahren zwischen 1975 und 2014 mehr Landfläche für Siedlungen in Anspruch genommen als in allen Jahrtausenden zuvor in der Geschichte seit der Entstehung der ersten Siedlungen auf der Erde (Pesaresi et al. 2016: 35). Eine disperse Entwicklung mit geringer Dichte wird als Zersiedelung bezeichnet (Jaeger et al. 2010; Siedentop, Fina 2012). Sie führt zu einer erhöhten Flächenneuanspruchnahme im Vergleich zu kompakten Siedlungsmustern mit hoher Dichte und ist durch viele nachteilige ökologische, wirtschaftliche und soziale Folgen gekennzeichnet (vgl. u. a. OECD 2018; EEA, FOEN 2016). Die Zersiedelung stellt eine enorme Bedrohung für die langfristige Verfügbarkeit vieler lebenswichtiger Ökosystemleistungen und anderer Ressourcen dar, verschärft den Klimawandel und widerspricht den Grundsätzen einer nachhaltigen Landnutzung als einem der wichtigsten Schlüssel für die Große Transformation (WBGU 2021).

Die Verfügbarkeit offener und vergleichbarer Geodaten mit hoher Auflösung wurde im Atlas of the Human Planet als „Datenrevolution“ bezeichnet (Pesaresi et al. 2016: 6). Der Global Human Settlement Layer (GHSL), der vom Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission bereitgestellt wird, ist hier ein eindrucksvolles Beispiel (siehe Abschnitt 2.1). Eine von den Autoren dieses Beitrags durchgeführte globale Studie zur

Zersiedelung dokumentierte kürzlich auf Basis von Daten des GHSL die Ausprägungen der Zersiedelung auf der Erde für den Zeitraum 1990-2014 (Behnisch, Krüger, Jaeger et al.). Die Studie stellte mit Hilfe eines weltweit einheitlich angewendeten Messkonzepts (siehe Abschnitt 3) fest, dass Europa der am stärksten zersiedelte Kontinent ist – und gleichzeitig der Kontinent mit der höchsten Zersiedelungsdynamik (relative Zunahme seit 1990 um 51 %). Auch die Zersiedelung pro Kopf hat in Europa seit 1990 rapide zugenommen (um 47 %), wohingegen Ozeanien und Nordamerika als Kontinente mit der höchsten Zersiedelung pro Kopf seit 1990 leicht rückläufige Tendenzen aufweisen. Sechs Maßstabsebenen wurden untersucht: Kontinente, UN-Regionen, Länder, subnationale Einheiten und zwei regelmäßige Raster. Die meisten Zellen mit einer Größe von 1 km x 1 km, in denen die Zersiedelung stark oder sehr stark zunahm, entfallen auf die UN-Regionen Nordamerika, Ostasien und Westeuropa. Im Nationenvergleich zählt Deutschland neben den USA, China und Russland zu den 10 Ländern mit besonders gravierenden Ausprägungen, d. h. von allen 1-km²-Zellen mit hoher oder sehr hoher Zersiedelung entfallen 23 % auf die USA, 11 % auf China, 5% jeweils auf Deutschland und Frankreich sowie 4 % auf Russland. Im Rahmen der Studie wurde ferner für Länder mit einer Mindestgröße von 1 000 km² deutlich, dass Deutschland sowohl in Bezug auf den Status quo der Zersiedelung (Rang 6: $WUP_P = 3,494$ UPU/m²) als auch in Bezug auf ihre Veränderung (Rang 7: $\Delta WUP_P = +0,953$ UPU/m²) zu den 10 Staaten mit den höchsten Wertausprägungen gehört. In Bezug auf die Zersiedelung pro Kopf belegt Deutschland weltweit den 10. Rang. In diesem Beitrag werden die Daten des GHSL nun genutzt, um ergänzend zu den empirischen Befunden auf globaler Ebene weitere Messwerte zur Zersiedelung innerhalb Deutschlands zu generieren und zur Diskussion zu stellen. Der Fokus liegt auf der Quantifizierung der Zersiedelung im Jahr 2014 sowie auf der Dynamik (1990-2014) in den Planungsregionen.

2 Datengrundlage

2.1 Multitemporale Besiedelungsdaten GHSL

Beim Global Human Settlement Layer (GHSL) handelt es sich um einen multitemporalen weltweiten Siedlungsdatensatz, der vom Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission (EC) herausgegeben wird. Er basiert auf der konsolidierten Auswertung der von 1975 bis 2014 von den verschiedenen Aufnahmesystemen der Landsat-Satelliten (MSS-, TM-, ETM-Sensoren) gesammelt wurden. Für die Zeitschnitte 1975, 1990, 2000 und 2014 sind sowohl Daten zur Bebauung mit einer Auflösung von 38 Metern¹ als auch zur Bevölkerungsverteilung mit einer räumlichen Auflösung von 250 Metern verfügbar.

¹ Die derzeit angebotene aktuelle Version des GHSL wird mit einer Auflösung von 30 Metern zum Download angeboten. Eine zwischenzeitlich ebenfalls erstellte Version für 2017/18 basiert auf Sentinel-2-Daten und hat eine noch höhere Auflösung von 10 Metern.

Während sich frühere Studien zur Kartierung von Siedlungsgebieten und zur Messung der Zersiedelung aus konzeptionellen Gründen oder aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeit auf bestimmte verstärkte Gebiete, Städte (Liu et al. 2020; Steurer, Bayr 2020; Gerten et al. 2019), Länder (Stomp 2013), Regionen oder ganze Kontinente (EEA, FOEN 2016; Siedentop, Fina 2012) konzentriert haben, ermöglicht der GHSL die multiskalige und multitemporale Analyse der Zersiedelung weltweit bzw. vergleichend für unterschiedliche Regionen basierend auf einheitlichen Daten. Die GHSL-Daten bilden die Grundlage für den seit 2016 jährlich erscheinenden Atlas of the Human Planet (Pesaresi et al. 2016; EC 2017, 2018, 2020, 2021).

2.2 Planungsregionen

Die Planungsregionen definieren regionale Planungsräume unterhalb der Landesebene, für die üblicherweise jeweils ein Regionalplan aufgestellt wird. In den meisten Fällen werden Planungsregionen aus mehreren Landkreisen und kreisfreien Städten gebildet. In Niedersachsen wird die Regionalplanung unmittelbar auf der Ebene der Landkreise vorgenommen. In den niedersächsischen Städten Delmenhorst, Oldenburg, Wilhelmshaven, Osnabrück, Emden und Göttingen sowie den Ländern Berlin, Hamburg, Bremen und Saarland existiert die Ebene der Regionalplanung nicht. Um Flächendeckung für das gesamte Bundesgebiet zu erreichen, sind diese Gebietskörperschaften für die Regionalplanung im verwendeten Grenzdatsatz in diesem Beitrag mit enthalten. Die regionale Differenzierung auf Ebene der Planungsregionen wurde durch Aggregation der jeweils angehörenden Gebietseinheiten (Gemeinden, Kreise) aus der VG25 (BKG 2021) gebildet.

Eine Besonderheit bildet die Region Rhein-Neckar, die sich einerseits mit der Region Rheinhessen-Nahe auf dem Gebiet der Stadt Worms und andererseits mit der Region Südhessen auf dem Gebiet des Kreises Bergstraße überschneidet. Um Redundanzfreiheit zu gewährleisten, wurden die beiden Überlappungsbereiche jeweils nur für die Region Rhein-Neckar einbezogen. Auf diese Weise wird das Bundesgebiet durch 111 Planungsregionen (PR) bzw. mit äquivalenten Aufgaben betrauten Gebietskörperschaften abgedeckt. Die Größenordnungen hinsichtlich Flächengröße, Einwohnerzahl und Bevölkerungsdichte reichen dabei von 62,5 km² (Stadt Delmenhorst) bis 8 290 km² (PR Nordhessen, entspricht Regierungsbezirk Kassel), von ca. 48 400 Einwohnern (Landkreis Lüchow-Dannenberg) bis über 5,1 Millionen Einwohnern (Regionalverband Ruhr) und von 39 Ew./km² (LK Lüchow-Dannenberg) bis 4 118 Ew./km² (Berlin) (Stand: Dez. 2019).

2.3 Ein-Quadratkilometer- und 100-Quadratkilometer-Gitter

Zwei regelmäßige geographische Gitter wurden definiert – eines mit einer Kantenlänge von einem Kilometer, welches für die globale Studie basierend auf der flächentreuen Mollweide-Projektion definiert wurde und ein weiteres mit einer Kantenlänge von 10 km. Letzteres entspricht der INSPIRE-Spezifikation für geographische Gittersysteme für statistische Zwecke, basierend auf der flächentreuen Lambertschen Azimutalprojektion (INSPIRE 2014). Für beide wurden die Zersiedlungsmessgrößen und ihre Komponenten (Überbauungsgrad, Dispersion, Flächenbedarf pro Einwohner) aus den GHSL-Daten errechnet.

3 Messkonzept

Zwei Messgrößen werden in diesem Beitrag in Analogie zur globalen Studie angewandt: Weighted Urban Proliferation (Jaeger, Schwick 2014; Hennig et al. 2015) (WUP_p , Einheit: Durchsiedlungseinheiten pro Quadratmeter [DSE/m²], engl.: urban permeation units per square metre, [UPU/m²]) ist die landschaftsorientierte Metrik zur Quantifizierung der Zersiedelung, während Weighted Sprawl per Capita ($WSPC$, Einheit: [DSE/Einwohner], engl.: [UPU/inhabitant]) den durchschnittlichen Beitrag jedes Einwohners zur Zersiedelung bemisst. Abbildung 1 zeigt die Messgrößen und ihre Komponenten.

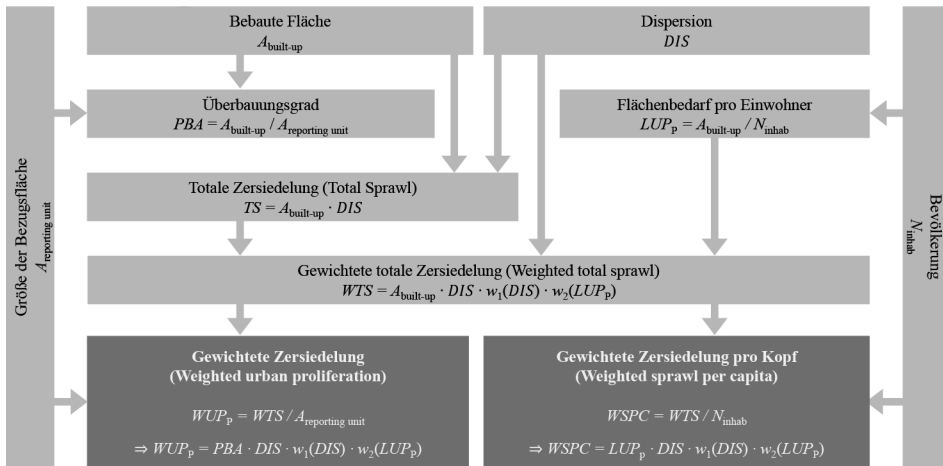


Abb. 1: Übersichtstafel zu den Messgrößen der Zersiedelung und ihrer Komponenten (Quelle: eigene Bearbeitung in Anlehnung an Behnisch, Krüger, Jaeger (einger.); siehe für weitere Details Jaeger, Schwick 2014 und Hennig et al. 2015)

Der Überbauungsgrad (Percentage of built-up area, PBA) bezeichnet den Anteil der bebauten Flächen ($A_{built-up}$) an der Gesamtfläche der Untersuchungseinheit ($A_{reporting\ unit}$) und wird in Prozent angegeben. Die Berechnung des Flächenbedarfs pro Person (Land uptake per person, LUP) in diesem Beitrag basiert ausschließlich auf Einwohnerzahlen (Number of inhabitants, N_{inhab}) und wird deshalb mit LUP_p überschrieben. Die

ursprüngliche Definition schließt auch die Zahl der Erwerbstätigen ein. Es ist allerdings oft schwierig, konsistente kleinräumige Daten über die Erwerbstätigen zu beschaffen – insbesondere bei multinationalen Studien. Größere Regionen sind gemäß früherer Studien (EEA, FOEN 2016) auch ohne die Berücksichtigung von Erwerbstätigen vergleichbar,

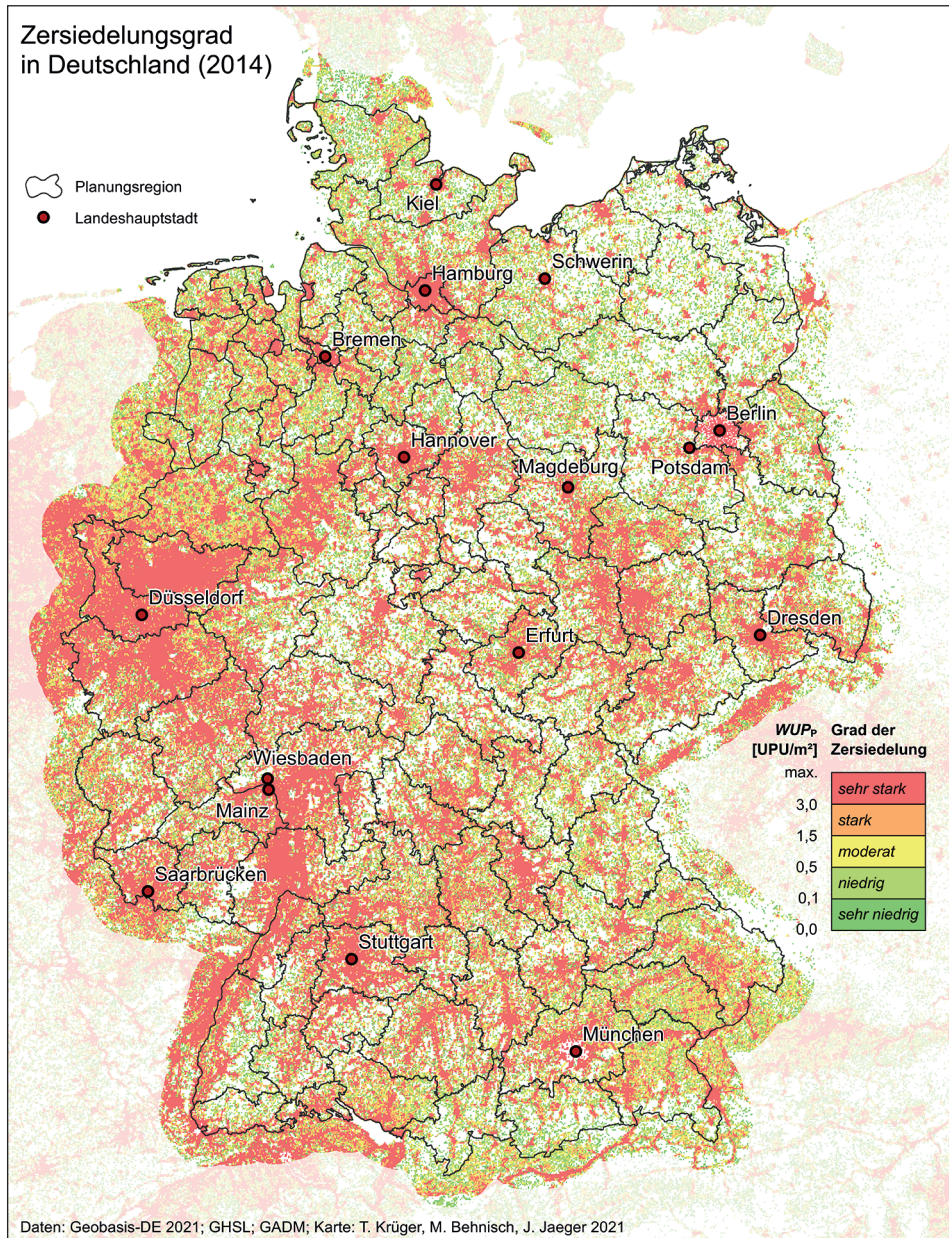


Abb. 2: Grad der Zersiedelung (WUP_p) in Deutschland auf Rasterebene 2014 (1 km x 1 km) (Quelle: eigene Bearbeitung)

da das Verhältnis zwischen Einwohnern und Erwerbstätigen weniger schwankt als in kleinen Untersuchungseinheiten und Probleme aufgrund fehlender Daten zu Erwerbstätigen daher nur für sehr kleine Einheiten relevant werden. Die Werte von DIS und LUP_P unterliegen spezifischen Gewichtungsfunktionen, um Landschaftsteile, in denen die Bebauung stärker gestreut ist, deutlicher wahrzunehmen ($0,5 < w_1(DIS) < 1,5$), und um das Verständnis widerzuspiegeln, dass Orte hoher Dichte wie Innenstadtlagen nicht als zersiedelt angesehen werden ($0 < w_2(LUP_P) < 1$) (Jaeger, Schwick 2014).

4 Ergebnisse

Im weltweiten Vergleich zeigte sich, dass bei Betrachtung eines regelmäßigen Gitters (Zellgröße: 1 km x 1 km) weltweit ca. 5 % aller Zellen mit hohen bis sehr hohen Zersiedelungsausprägungen auf Deutschland entfallen. Abbildung 2 zeigt aus diesem weltweiten Datensatz einen Ausschnitt, der die Werte in den deutschen Planungsregionen für das Jahr 2014 darstellt. In großen Teilen des Landes werden charakteristische Ausprägungen der Zersiedelung angezeigt. In den Stadtregionen, in den erweiterten Pendlerverflechtungsräumen sowie auch in vielen relativ dünn besiedelten ländlichen Gebieten ist Zersiedelung zu finden. Erhöhte Ausprägungen resultieren erstens aus der Tendenz hin zu einer relativ starken Überbauung der Landschaft in Deutschland (Behnisch et al. 2019), zweitens aus eher gering ausgelasteten bebauten Flächen – wie zum Beispiel typischen Einfamilienhausgebieten – und drittens aus einer dispersen Bebauungsstruktur.

Abbildung 3 gibt einen Eindruck vom Grad der Zersiedelung pro Einwohner ($WSPC$) und ergänzt die Betrachtungen zur Zersiedelung der landschaftsorientierten Messung der Zersiedelung (WUP_P). In vielen Planungsregionen wird ein differenziertes Muster aus hoher Zersiedelung pro Einwohner im Umland vieler Groß- und Mittelstädte sichtbar, während die Kernbereiche durch moderate bis sehr geringe Wertausprägungen gekennzeichnet sind (z. B. Planungsregion Stuttgart, München, Hamburg und Berlin). In vielen eher ländlich geprägten Planungsregionen werden besonders hohe Zersiedelungswerte pro Einwohner gemessen (z. B. in den Planungsregionen Trier, Mittelrhein-Westerwald, Würzburg, Westmittelfranken oder Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg). In den Planungsregionen des bevölkerungsreichsten Bundeslandes Nordrhein-Westfalen zeichnet sich vielfach aufgrund der im Bundesvergleich eher hohen Dichten eine eher moderate Zersiedelung pro Kopf trotz grundsätzlich hoher Zersiedelung der Landschaft ab (WUP_P).

Abbildung 4 zeigt ergänzend zu den bisher gezeigten Karten die Werte der Zersiedelung der Landschaft (WUP_P) in Bezug zu den Werten der Zersiedelung pro Kopf ($WSPC$) auf der Ebene von INSPIRE-konformen Quadratgitterzellen mit einer Kantenlänge von 10 km. Es können nun charakteristische Zonen innerhalb der Bundesländer identifiziert werden, die hohe Ausprägungen der landschaftsorientierten Messgröße WUP_P aufweisen, jedoch nur geringe oder moderate Ausprägungen der einwohnerorientierten

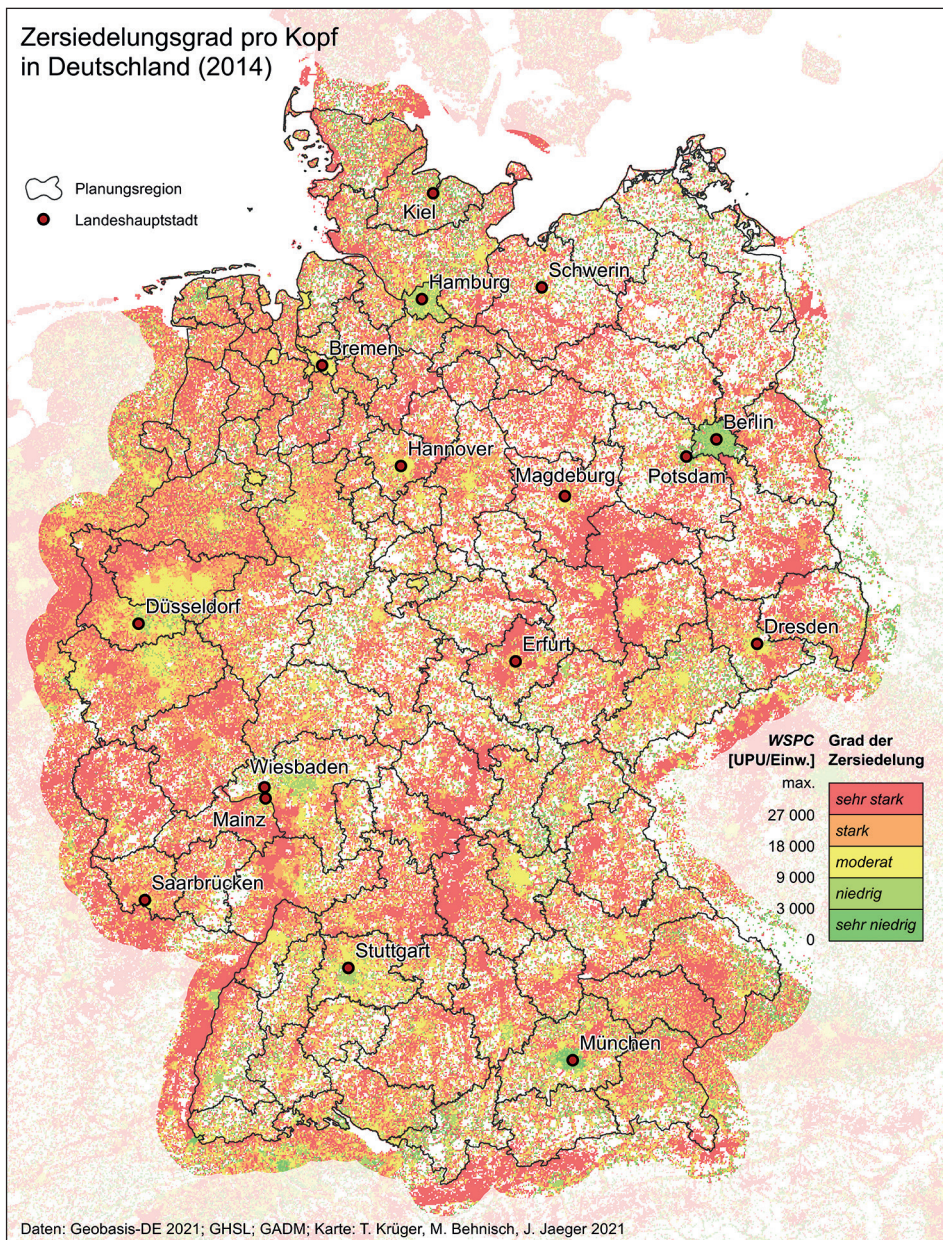


Abb. 3: Grad der Zersiedelung pro Einwohner (WSPC) in Deutschland auf Rasterebene 2014 (1 km x 1 km) (Quelle: eigene Bearbeitung)

Messgröße WSPC zeigen. Beispiele finden sich prominent in der Region um Stuttgart und in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens. Auch in einigen Großstädten (z. B. Berlin, Hamburg, München) fällt die Zersiedelung pro Einwohner im Kernstadtbereich gering aus,

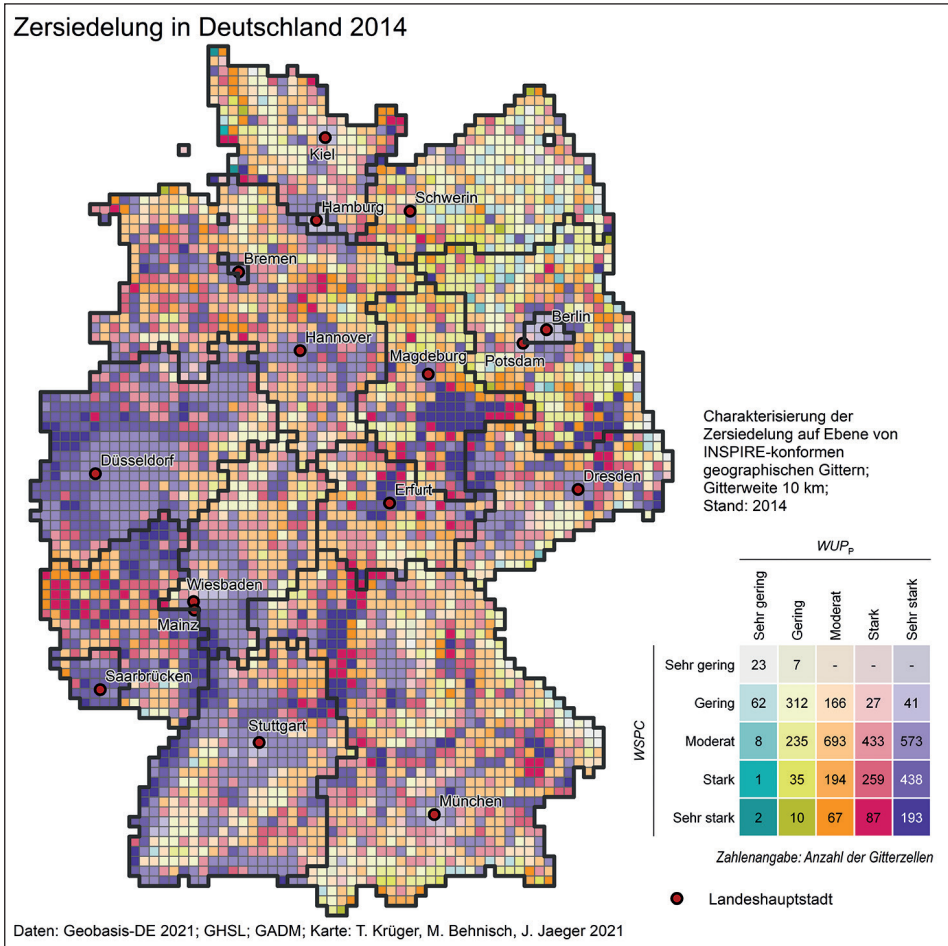


Abb. 4: Grad der Zersiedelung und Zersiedelung pro Einwohner in Deutschland 2014 auf Ebene von INSPIRE-konformen Gitterzellen (10 km x 10 km) (Quelle: eigene Bearbeitung)

während im Umland erhöhte Zersiedelungswerte pro Kopf vorliegen. Besonders konzentriert treten hohe sowohl landschaftsorientierte als auch einwohnerbezogene Zersiedelungswerte entlang des Oberrheins, in nordwestlichen Regionen Bayerns, im südöstlichen Sachsen-Anhalt, im zentralen Teil Thüringens und im südlichen Brandenburg auf (dunkelviolett markierte Gitterzellen). Hier deuten sich gering verdichtete Wohnstandorte bzw. Siedlungsgefüge an. Ein weiteres interessantes Beispiel ist das divergierende Muster der beiden Zersiedelungsgrößen für viele Stadt-Umland-Beziehungen in Mecklenburg-Vorpommern.

In Ergänzung zu den multinationalen Ergebnissen zur Veränderung der Zersiedelung seit 1990 (Behnisch et al., einger.) zeigt Abbildung 5 eine jede Planungsregion bzw. mit äquivalenten Aufgaben betraute Gebietskörperschaft in ihrer Dynamik.

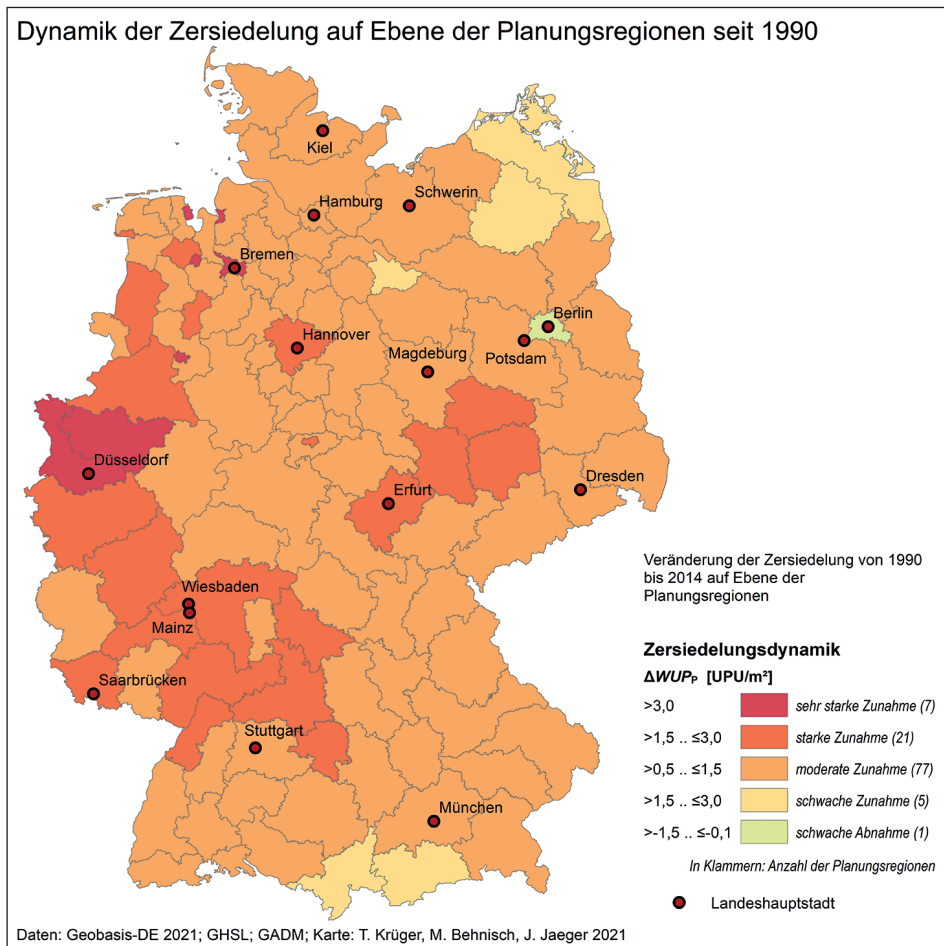


Abb. 5: Empirische Befunde zur Veränderung der Zersiedelung seit 1990 in den 111 deutschen Planungsregionen (Quelle: eigene Bearbeitung)

Von den 111 dargestellten Planungsregionen (PR) weisen 28 eine starke bis sehr starke Zunahme der Zersiedelung auf (rot bzw. tieforange markiert): 35 Planungsregionen wurden im Jahr 1990 als sehr stark zersiedelt indiziert und 63 Planungsregionen im Jahr 2014.

Im Zeitraum 1990 bis 2014 wird die mittlere Dynamik der Zersiedelung der Landschaft wie folgt beziffert: ΔWUP_P 1990-2014 = +1,3 UPU/m² (Median: +1,1 UPU/m²). Die mittlere relative Veränderung der Zersiedelung im Zeitraum 1990 bis 2014 beträgt: ΔWUP_P 1990-2014 = +53,1 % (Median: +51,5 %).

Die mittlere Dynamik der Zersiedelung pro Einwohner bemisst sich zu: $\Delta WSPC$ 1990-2014 = + 6 921 UPU/inhabitant (Median: + 6 202 UPU/inhabitant). Die

mittlere relative Veränderung von $WSPC$ zeigt ähnlich starke Zunahmen wie ΔWUP_P im Zeitraum von 24 Jahren und liegt bei $\Delta WSPC_{1990-2014} = +55,4 \%$ (Median: $+46,6 \%$).

Planungsregionen sowohl mit den größten relativen Änderungen von WUP_P als auch $WSPC$ sind die PR Südwestthüringen ($\Delta WUP_P_{1990-2014} = +147,6 \%$, $\Delta WSPC_{1990-2014} = +294,2 \%$), PR Mecklenburgische Seenplatte ($\Delta WUP_P_{1990-2014} = +115,7 \%$, $\Delta WSPC_{1990-2014} = +208,4 \%$) und die PR Nordthüringen ($\Delta WUP_P_{1990-2014} = +110,6 \%$, $\Delta WSPC_{1990-2014} = +166,8 \%$).

Nachfolgend werden einige auffällige Entwicklungen in einigen Komponenten der Zersiedelung dargestellt. Besonders deutliche Zunahmen des Flächenbedarfs pro Person sind u. a. in Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg, Südwestthüringen, Altmark, Lausitz-Spreewald sowie Nordthüringen sichtbar. Eine besondere Verstärkung der dispersen Sied-

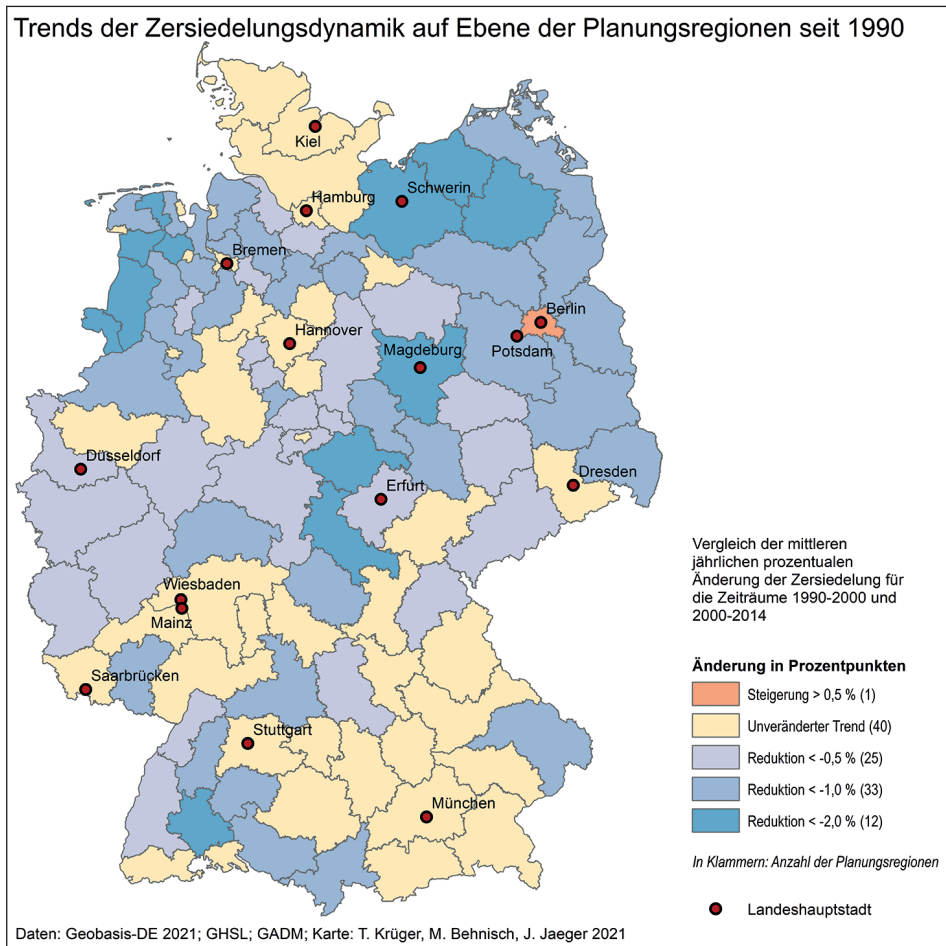


Abb. 6: Vergleich der mittleren jährlichen prozentualen Änderung der Zersiedelung in den Zeiträumen 1990 bis 2000 und 2000 bis 2014 (Quelle: eigene Bearbeitung)

lungsstruktur wird z. B. in den Regionen Altmark, Nordthüringen, Harz, Mecklenburgische Seenplatte und Prignitz-Oberhavel beobachtet.

Überdurchschnittliche Überbauung erfolgte u. a. in Oldenburg, im Regionalverband Ruhr (RVR), im Regierungsbezirk Düsseldorf (außerhalb des RVR), in Bremen und Delmenhorst.

Abbildung 6 illustriert die Frage, ob die Zersiedelung in den Planungsregionen in den Jahren 2000 bis 2014 in ihren Trends eine deutlich andere Dynamik aufwies als in den 1990er Jahren. Verglichen wird dazu die mittlere jährliche prozentuale Änderung der Zersiedelung zwischen den beiden Zeiträumen.

In 40 von 111 Planungsregionen war der Trend der Landschaftszersiedelung in beiden Zeiträumen praktisch unverändert (z. B. Region München, Region Stuttgart, PR Südhessen, PR Augsburg, Planungsraum II Schleswig-Holstein, PR Südhessen). Ein abgeschwächter Entwicklungstrend der Zersiedelung findet sich vor allem in den Regionen Mecklenburgische Seenplatte, Südwest- sowie Nordthüringen, Rostock, Magdeburg, Leer, Schwarzwald-Baar-Heuberg und Landkreis Emsland (dunkelblaue Markierung).

In Berlin hat nach einer leichten Abnahme der Zersiedelung 1990 bis 2000 ($\Delta WUP_P_{1990-2000} = -1,105 \text{ UPU/m}^2$) die Zersiedelung seit 2000 wieder zugenommen ($\Delta WUP_P_{2000-2014} = +0,661 \text{ UPU/m}^2$), wobei insgesamt das Niveau der Zersiedelung als sehr hoch einzuschätzen ist.

5 Fazit und Ausblick

Deutschland ist ähnlich wie viele andere Länder seit geraumer Zeit mit den Herausforderungen um eine nachhaltige Landnutzung bzw. flächenschonende Siedlungsentwicklung konfrontiert. Durch die Verfügbarkeit neuer georeferenzierter Datenquellen (z. B. Global Urban Footprint, Global Human Settlement Layer, Copernicus High Resolution Layer Imperviousness Density, Geobasisdaten) haben sich die Möglichkeiten zur Beobachtung und Bewertung physisch-struktureller Eigenschaften von Stadt und Landschaft deutlich verbessert. Das Messkonzept nach Jaeger & Schwick (2014) ist eine adäquate Methode zur Quantifizierung der Zersiedelung und hat in vielen Regionen eine breite Anwendung erfahren (z. B. Hennig et al. 2015; EEA, FOEN 2016; Nazarnia et al. 2016; Torres et al. 2016; Schwick et al. 2018; Jaeger et al. 2018; Xie et al. 2020).

Die in diesem Beitrag vorgestellten empirischen Befunde bilden eine wichtige Grundlage für Folgeuntersuchungen, die darauf abzielen, differenzierte Aussagen zu treffen, wie die derzeitigen Ausprägungen und Entwicklungen im Kontext planerischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Bedingungen begründet sind. Messergebnisse dieser Art können helfen, bestehende Strategien und Instrumente im Umfeld der Flächenneuanspruchnahme zu überprüfen bzw. fortzuentwickeln, z. B. um die Wirksamkeit von Grüngürteln

aus dem quantitativen Vergleich von Entwicklungstrends in Städten mit und ohne Grüngürtel zu untersuchen (Xie et al. 2020 sowie Pourtaherian und Jaeger, in Vorb.).

Für einen sparsameren Umgang mit Grund und Boden, für die Verringerung des ökologischen Fußabdrucks in den Industrieländern und für die Verbesserung der Lebensqualität in den Entwicklungsländern im Sinne der Sustainable Development Goals sind aus Sicht der Autoren dieses Beitrags wesentlich höhere Anstrengungen erforderlich als bisher. Das raumbezogene Monitoring der Zersiedelung schafft auch in der Zukunft wichtige empirische Grundlagen für evidenzbasierte Lösungsvorschläge, z. B. die Festlegung von Zielvorgaben und Grenzwerten (s. Beitrag von Jaeger und Schwick in diesem Band), sowie die Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen und Instrumenten zur Eindämmung der Zersiedelung.

6 Literatur

- Behnisch, M.; Krüger, T.; Jaeger, J. A. G. (einger.): Urban sprawl on the rise: Global hot-spots and trends since 1990. *PLOS Sustainability and Transformation*, eingereicht.
- Behnisch, M.; Schorcht, M.; Kriewald, S.; Rybski, D. (2019): Settlement percolation: A study of building connectivity and poles of inaccessibility. In: *Landscape and Urban Planning*, Volume 191, 103631.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103631>.
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2021): Dokumentation Verwaltungsgebiete 1: 25 000 – VG25. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.
https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/vg25.pdf
 (Zugriff: 13.10.2021).
- EEA – European Environment Agency; FOEN – Swiss Federal Office for the Environment (2016): Urban sprawl in Europe. Joint EEA-FOEN report, Vol. 11/2016, EEA Report. Copenhagen, Denmark: European Environment Agency.
<http://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe>
 (Zugriff: 03.07.2021).
- EC – European Commission. Joint Research Centre (2017): Atlas of the human planet 2017: Global exposure to natural hazards. LU: Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/19837>
- EC – European Commission. Joint Research Centre (2018): Atlas of the Human Planet 2018: A world of cities. LU: Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/124503>
- EC – European Commission. Joint Research Centre (2020): Atlas of the Human Planet 2019: A compendium of urbanisation dynamics in 239 countries. LU: Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/014159>
- EC – European Commission. Joint Research Centre (2021): Atlas of the human planet 2020: Open geoinformation for research, policy, and action. LU: Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/16432>

- Gerten, C.; Fina, S.; Rusche, K. (2019): The sprawling planet: Simplifying the measurement of global urbanization trends. *Frontiers in Environmental Science* 7: 1-20, doi:10.3389/fenvs.2019.00140
- Hennig, E. I.; Schwick, C.; Soukup, T.; Orlitová, E.; Kienast, F.; Jaeger, J. A. G. (2015): Multi-scale analysis of urban sprawl in Europe: Towards a European de-sprawling strategy. *Land Use Policy* 49: 483-498. doi:10.1016/j.landusepol.2015.08.001
- INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in the European Community (2014): D2.8.I.2 Data Specification on Geographical Grid Systems – Guidelines. http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_GG_v3.1.pdf (Zugriff: 25.10.2021).
- Jaeger, J. A. G.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Kienast, F. (2010): Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, 10(2): 397-406. doi:10.1016/j.ecolind.2009.07.007
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C.; Hennig, E. I.; Schwarzak, M.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Soukup, T.; Orlitova, E.; Nazarnia, N.; Kienast, F. (2018): Messung der Zersiedelung ermöglicht Monitoring und stärkere Berücksichtigung in der Planung. In: Behnisch M.; Kretschmer O.; Meinel G. (Hrsg.): *Flächeninanspruchnahme in Deutschland*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 245-267. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8_14
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C. (2014): Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland. *Ecological Indicators* 38: 294-308. doi:10.1016/j.ecolind.2013.11.022
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C. (2021): Zielwerte und Grenzwerte für die Zersiedelung. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79.
- Liu, X.; Huang, Y.; Xu, X. et al (2020): High-spatiotemporal-resolution mapping of global urban change from 1985 to 2015. *Nat Sustain* 3: 564-570. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0521-x>
- Nazarnia, N.; Schwick, C.; Jaeger, J. A. G. (2016): Accelerated urban sprawl in Montreal, Quebec City, and Zurich: Investigating the differences using time series 1951-2011. *Ecological Indicators* 60: 1229-1251.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2018): *Rethinking urban sprawl moving towards sustainable cities*. OECD Publishing. doi:10.1787/9789264189881-en
- Pesaresi, M.; Melchiorri, M.; Siragusa, A.; Kemper, T. (2016): *Atlas of the Human Planet 2016. Mapping Human Presence on Earth with the Global Human Settlement Layer*. Ispra: Publications Office of the European Union. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC103150> (Zugriff: 03.07.2021)

- Pourtaherian, P.; Jaeger, J. A. G. (in Vorb.): How do greenbelts affect urban sprawl in European cities? In Vorb.
- Schwick, C.; Jaeger, J.; Hersperger, A.; Cathomas, G.; Muggli, R. (2018): Zersiedelung messen und begrenzen. Massnahmen und Zielvorgaben für die Schweiz, ihre Kantone und Gemeinden. ISBN 978-3-258-08086-4. Bristol-Stiftung, Zürich. Haupt-Verlag, Bern. 238 S.
- Sidentop, S.; Fina, S. (2012): Who Sprawls Most? Exploring the Patterns of Urban Growth across 26 European Countries. *Environment and Planning A: Economy and Space* 44(11): 2765-2784. doi:10.1068/a4580
- Steurer, M.; Bayr, C. (2020): Measuring urban sprawl using land use data. *Land Use Policy*, 97, 104799. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104799
- Stomp, A. (2013): An international Survey of Urban Sprawl Case Studies. *Geography Compass* 7: 504-516.
- Torres, A.; Jaeger, J. A. G.; Alonso, J. C. (2016): Multi-scale mismatches between urban sprawl and landscape fragmentation create windows of opportunity for conservation development. *Landscape Ecology* 31(10): 2291-2305.
- WBGU – German Advisory Council on Global Change (2021): *Rethinking Land in the Anthropocene: from Separation to Integration*. Berlin: WBGU.
- Xie, X.; Kang, H.; Behnisch, M.; Baildon, M.; Krüger, T. (2020): To what extent can the green belts prevent urban sprawl? – A comparative study of Frankfurt am Main, London and Seoul. *Sustainability* 12(2): 679. <https://doi.org/10.3390/su12020679>