

Zusatzmaterial zu:

Wie hoch zersiedelt sind die deutschen Planungsregionen?
Räumliche Analyse und Trends 1990–2014

Supplement to:

What is the extent of urban sprawl in Germany's planning regions?
Spatial analysis and trends 1990–2014

Martin Behnisch, Tobias Krüger und Jochen Jaeger

Natur und Landschaft — 97. Jahrgang (2022) — Ausgabe 12: 551–560

Zusammenfassung

Die hohe Flächenneuinanspruchnahme in Deutschland wurde kürzlich vom Sachverständigenrat für Umweltfragen als persistentes Umweltproblem benannt. Zur Bewertung der räumlichen Anordnung und der Ausnutzung der neu in Anspruch genommenen Flächen eignen sich multidimensionale Indikatoren. Hierfür hat sich die Messgröße der landschaftsorientierten Zersiedelung (WUP_p) international etabliert. Erst über längere Zeiträume (Jahrzehnte) und mit Trendfortschreibungen in die Zukunft werden die ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen sowie irreversible Schäden infolge der Zersiedelung sichtbar. Neue innovative Produkte der Fernerkundung wie der Global Human Settlement Layer (GHSL) haben die Möglichkeiten zur Beobachtung und Bewertung von Prozessen der Zersiedelung über lange Zeiträume verbessert. Der Beitrag zeigt eine räumliche Analyse der deutschen Planungsregionen hinsichtlich deren Zersiedelung in den Jahren 1990, 2000 und 2014 sowie hinsichtlich von Trends und Trendänderungen der Zersiedelung. Zwischen 1990 und 2014 hat die Zersiedelung in Deutschland jährlich um durchschnittlich 1,45 % zugenommen. Viele Planungsregionen in Deutschland sind von hohen Werten der Zersiedelung betroffen. Im Zeitraum 1990–2000 betrug die jährliche prozentuale Zunahme von WUP_p im Durchschnitt 1,81 % und im Zeitraum 2000–2014 noch immer 1,20 %. Bezogen auf die einwohnerorientierte Zersiedelung (WSPC) lag die jährliche prozentuale Zunahme im Durchschnitt im zweiten Zeitraum auf ähnlichem Niveau wie im ersten Zeitraum (1990–2000: 1,44 % p. a. und 2000–2014: 1,31 %; insgesamt 1990–2014: 1,36 %). Von einer grundlegenden Trendumkehr hin zu weniger Zersiedelung kann auf Basis der empirischen Befunde nicht gesprochen werden. Es besteht dringender Handlungsbedarf zur Eindämmung des Problems mit dem Ziel einer nachhaltigen Landnutzung als einem der wichtigsten Schlüssel für die Große Transformation.

Zersiedelung – Siedlungsflächenentwicklung – Fernerkundungsdaten – Global Human Settlement Layer – Planungsregionen

Abstract

The German Advisory Council on the Environment recently identified the high level of land take as a persistent environmental problem. Multi-dimensional indicators are suitable for assessing the spatial arrangement and degree of utilisation of newly taken-up areas. For this purpose, the measure of weighted urban proliferation (WUP_p) is an internationally established approach. The ecological, economic and social consequences of urban sprawl and irreversible damage can be detected only over long periods of time (decades) and by extrapolating current trends into the future. New innovative remote sensing products such as the Global Human Settlement Layer (GHSL) have improved the possibilities for observing and evaluating urban sprawl over long periods of time. This paper presents a spatial analysis of the German planning regions with regard to their degree of urban sprawl in the years 1990, 2000 and 2014 as well as their trends and changes in trends of urban sprawl. Between 1990 and 2014, urban sprawl in Germany increased on average by 1.45 % per year. Many planning regions in Germany are affected by high levels of sprawl. In the period from 1990 to 2000, the average annual percentage increase in WUP_p was 1.81 %. In the period from 2000 to 2014 it was still 1.20 %. In terms of inhabitant-oriented sprawl (WSPC), the average annual percentage increase in the second period was at a level similar to that in the first period (1990–2000: 1.44 % p. a.; 2000–2014: 1.31 %; overall 1990–2014: 1.36 %). Based on the empirical findings presented here, we can not speak of a trend reversal towards lower levels of urban sprawl. There is an urgent need for action to mitigate this issue, considering that sustainable land use is one of the most important keys for a comprehensive sustainability transformation.

Urban sprawl – Settlement development – Remote sensing data – Global Human Settlement Layer – Planning regions

Manuskripteinreichung: 11.2.2022, Annahme: 14.9.2022

DOI: 10.19217/NuL2022-12-02

Inhalt

1. Folgen der Zersiedelung
2. Zusammenhänge der Zersiedelung zwischen den Messzeitpunkten
3. Ansatz zur Messung der Differenzen der jährlichen prozentualen Änderung der Zersiedelung zwischen den Zeiträumen 1990–2000 und 2000–2014
4. Vergleich der GHSL-basierten Flächen- und Einwohnerdaten mit korrespondierenden Daten der amtlichen Statistik
5. Verschiebung der Klassenzugehörigkeit von Gemeindeverbänden auf die Klassen der Zersiedelung bei Verwendung der neuesten Revision der GHSL-Daten im Vergleich zur Vorgängerversion
6. Verschiebung der Klassenzugehörigkeit von Gemeindeverbänden auf die Klassen der Zersiedelung bei Verwendung amtlicher zensusbereinigter Einwohnerzahlen
7. Weitere Abbildungen und Tabellen

1 Folgen der Zersiedelung

Disperse Siedlungsentwicklung mit geringer Dichte – die meist mit dem Begriff der Zersiedelung der Landschaft gemeint ist (Jaeger et al. 2010; Siedentop, Fina 2012) – widerspricht den Grundsätzen einer nachhaltigen Landnutzung als einem der wichtigsten Schlüssel für die Große Transformation hin zu einer nachhaltigen Entwicklung (WBGU 2020). Viele Folgen der Zersiedelung sind langfristig problematisch und umfassen ökologische, ökonomische und soziale Aspekte, die in der Literatur ausführlich dokumentiert sind (EEA, FOEN 2016). Beispiele sind die Bodenversiegelung und der Verlust wertvoller Böden und wichtiger ökologischer Bodenfunktionen. Die Umwandlung von Freiflächen zu bebauten Flächen reduziert die verbliebenen Habitate von Pflanzen und Tieren, erhöht die Landschaftsfragmentierung und befördert die Ausbreitung invasiver Arten. Weitere Folgen sind höhere Treibhausgasemissionen (Jones

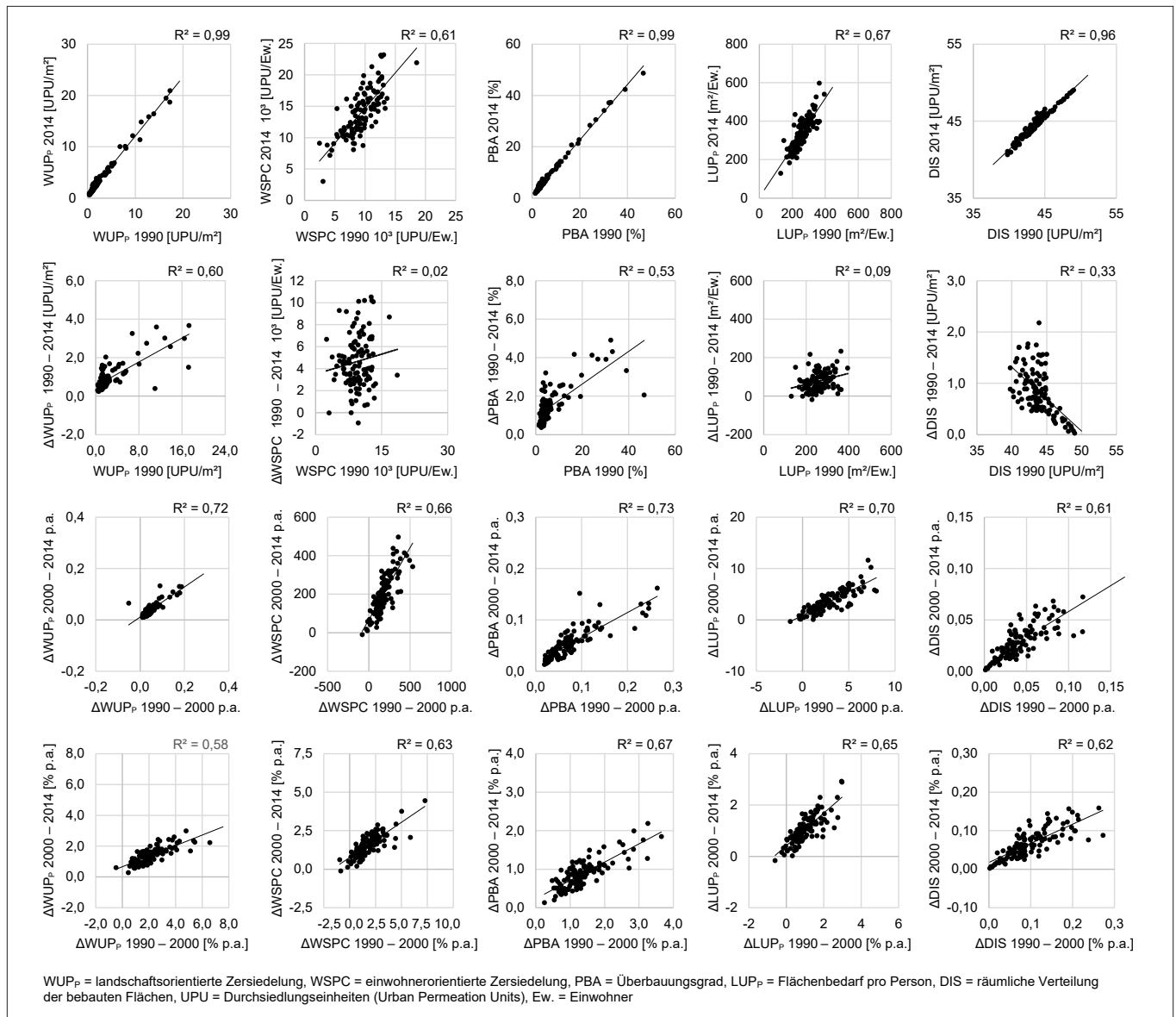


Abb. A: Zusammenhänge (Streudiagramme und Bestimmtheitsmaße) von Messgrößen der Zersiedelung auf Ebene der deutschen Planungsregionen zwischen den Zuständen 1990 und 2014 (erste Reihe), zwischen dem Zustand 1990 und den Veränderungen 1990–2014 (zweite Reihe), zwischen den Veränderungen in den beiden Zeiträumen 1990–2000 und 2000–2014, die einmal als jährliche absolute Veränderung (dritte Reihe) dargestellt sind und einmal als jährliche prozentuale Veränderung (vierte Reihe). Wenn nicht anders angegeben, sind die Einheiten auf den y-Achsen identisch zu denen der x-Achsen.

Fig. A: Correlations (scatter plots and coefficients of determination) of measures of urban sprawl at the level of planning regions in Germany between the states in 1990 and 2014 (first row), between state in 1990 and changes from 1990 to 2014 (second row), between changes in the two time periods 1990–2000 and 2000–2014, shown once as annual absolute change (third row) and once as annual percentage change (fourth row). Unless otherwise stated, the units on the y-axes are identical to those on the x-axes.

und Kammern 2014; Seto et al. 2014), höhere Infrastrukturkosten für Verkehr, Wasser und Strom (Speir, Stephenson 2002; Burchell, Mukherji 2003; BBR 2006; Malburg-Graf 2018) sowie der Verlust offener Landschaften (EEA, FOEN 2016). Viele lebenswichtige Ökosystemleistungen und andere Ressourcen sind durch die fortschreitende Zersiedelung bedroht (Cumming et al. 2014; Dupras, Alam 2015). Die kumulativen Wirkungen der Zersiedelung haben irreversible Konsequenzen für künftige Generationen und sind daher hinsichtlich intergenerationaler Gerechtigkeit höchst relevant.

2 Zusammenhänge der Zersiedelung zwischen den Messzeitpunkten

Um Zusammenhänge der Zersiedelung zwischen den drei Zeitpunkten zu analysieren, wurden Streudiagramme und das Be-

stimmtheitsmaß (R^2) linearer Regressionen verwendet (Abb. A). Es war zu vermuten, dass Planungsregionen, die im Jahr 1990 bestimmte Aspekte von Zersiedelung aufwiesen, auch in den Jahrzehnten danach durch Zersiedelungsprozesse gekennzeichnet waren. Gerade in solchen Regionen könnte sich die Zersiedelung verstärkt haben, in denen bereits zuvor ein hohes Siedlungswachstum stattfand. Die Gründe für ein fortgesetztes Siedlungswachstum können bspw. in einer hohen Attraktivität der Region bestehen, in den sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen als Wohn- und Arbeitsstandort sowie im Pendlerverhalten ins erweiterte Umland aufgrund hoher Miet- und Grundstückspreise im Kernstadtbereich. Alternativ hätte aufgrund verstärkter Bemühungen um eine nachhaltige Siedlungsentwicklung in den vergangenen Jahren eine deutliche Trendabschwächung stattfinden können. Dann wäre zu erwarten, dass die Messgrößen im ersten Untersuchungszeitraum 1990–2000 deutlich stärker zugenommen hätten als in der

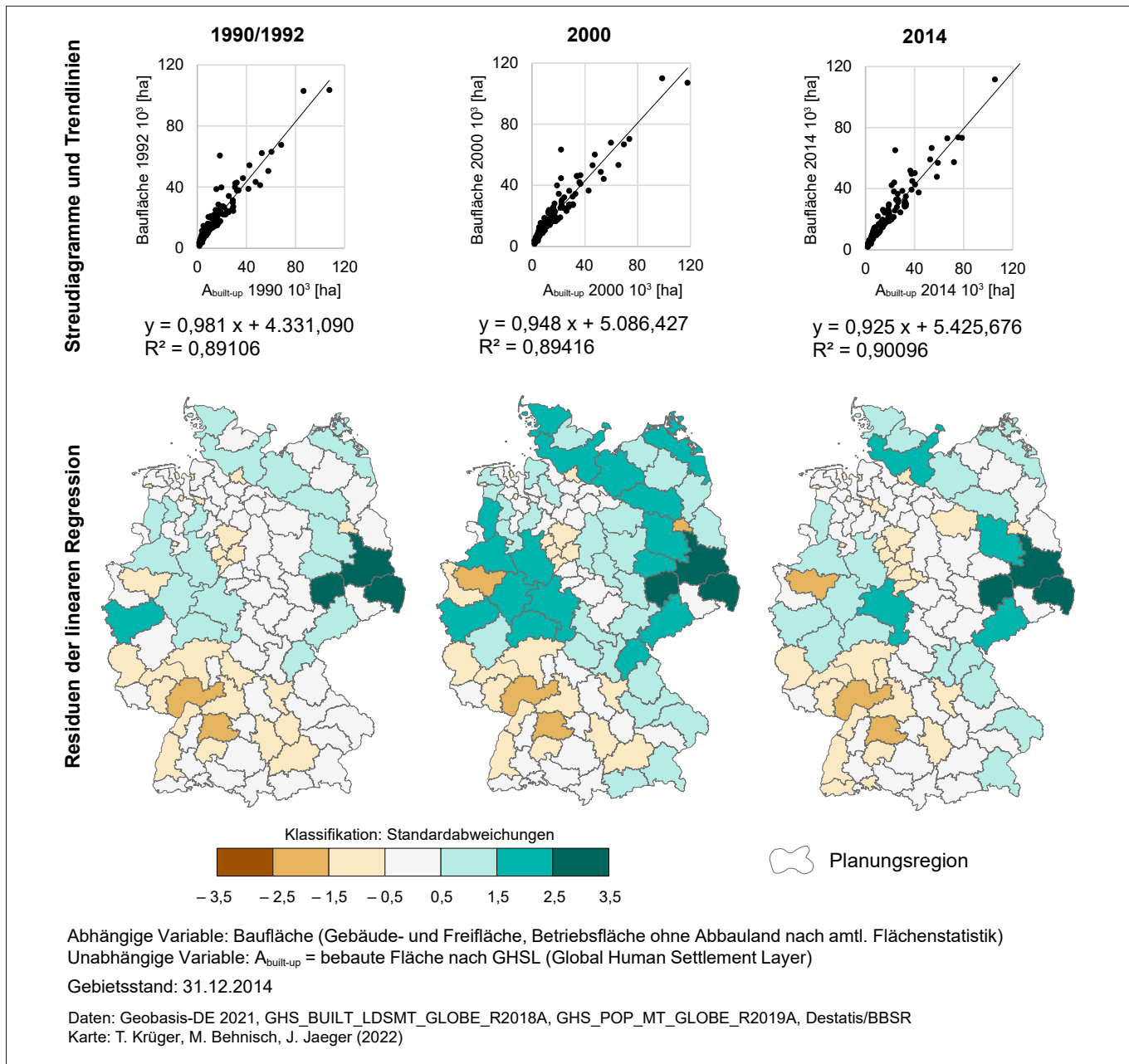


Abb. B: Linearer Zusammenhang zwischen bebauter Fläche (basierend auf Daten des Global Human Settlement Layer – GHSL) und baulich geprägter Siedlungs- und Verkehrsfläche (basierend auf Daten von Destatis/BBSR) für die Planungsregionen in Deutschland.

Fig. B: Linear relationship between built-up area (based on data of the Global Human Settlement Layer – GHSL) and built-up settlement and transport area (based on data from Destatis/BBSR) for the planning regions in Germany.

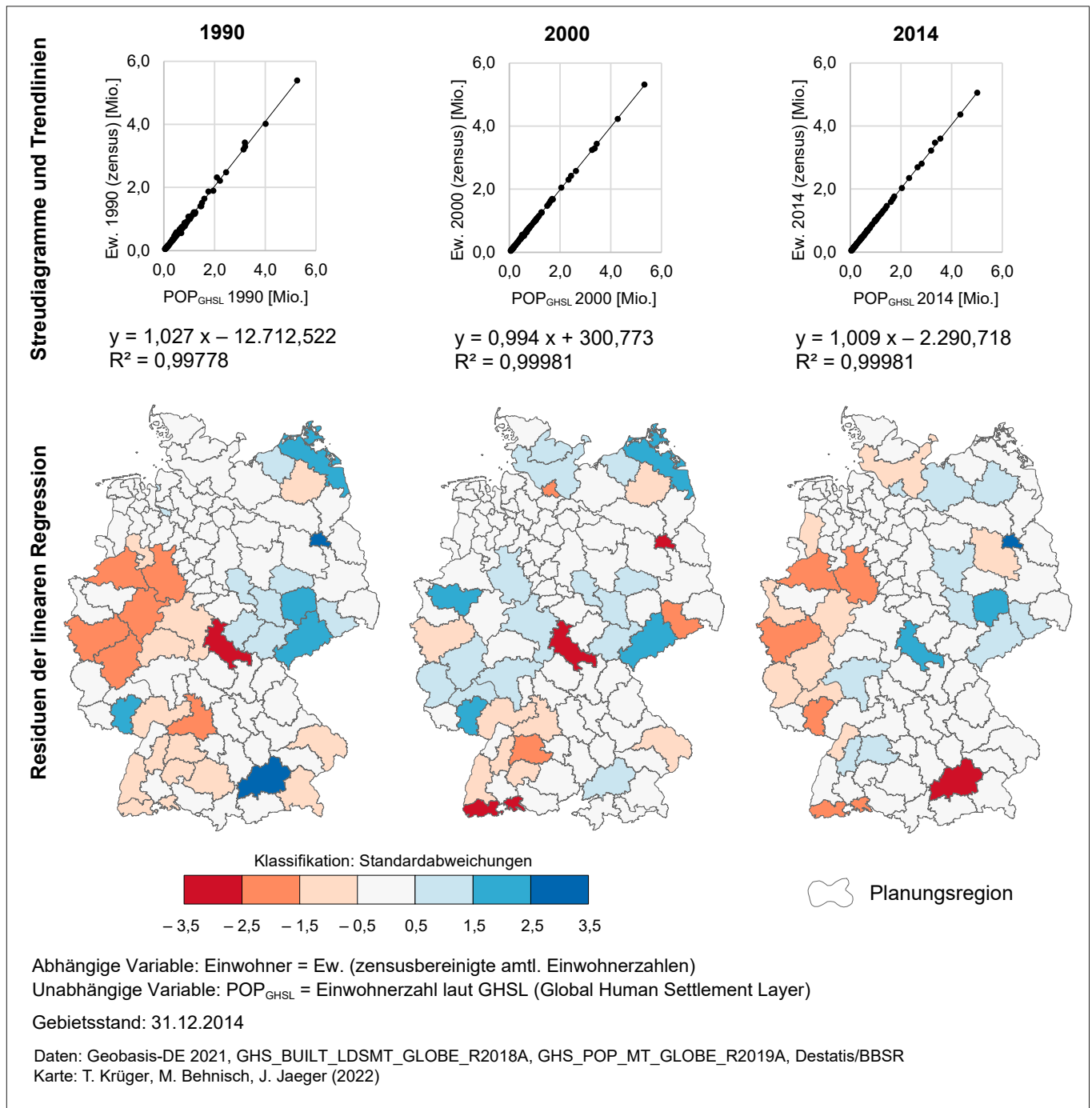


Abb. C: Linearer Zusammenhang zwischen der Einwohnerzahl, die auf Daten des Global Human Settlement Layer basiert, und der zensus- und gebietsstandsbereinigten amtlichen Einwohnerzahl (basierend auf Daten von Destatis/BBSR) für die Planungsregionen in Deutschland.

Fig. C: Linear relationship between inhabitant number based on data of the Global Human Settlement Layer (GHSL) and census- and area-adjusted official numbers of inhabitants (based on data from Destatis/BBSR) for the planning regions in Germany.

Folgezeit 2000–2014. Eine Abnahme der Flächeninanspruchnahme pro Person würde dann in einer Abschwächung der Veränderungen oder sogar einem Rückgang der Zersiedelungswerte WUP_p und WSPC sichtbar sein.

Es zeigt sich ein bemerkenswertes Bild, wenn man die Veränderungen der Messgrößen der Zersiedelung für die beiden Untersuchungszeiträume gegeneinander aufträgt (Abb. A, S. 2). Für keine der fünf betrachteten Messgrößen (WUP_p, WSPC, DIS, PBA, LUP_p) sind Anzeichen einer Trendumkehr erkennbar. Die Zusammenhänge zwischen den Werten zur Veränderung der Messgrößen sind weitgehend linear, sowohl bei den absoluten wie auch bei den

relativen mittleren jährlichen Änderungen der Werte. Bei der landschaftsorientierten Zersiedelung bestand ein sehr starker linearer Zusammenhang ($R^2 = 0,99$) zwischen den Jahren 1990 und 2014. Bei der einwohnerorientierten Zersiedelung fällt der Zusammenhang weniger deutlich aus ($R^2 = 0,61$). Mögliche Ursachen könnten im eingangs geschilderten Phänomen liegen, dass gerade Regionen, die durch Schrumpfungstendenzen der Bevölkerung gekennzeichnet waren, sich besonders großzügig bei der weiteren Siedlungsflächenausweisung zeigten.

Klare lineare Zusammenhänge bestanden für den Überbauungsgrad und die Dispersion zwischen den Werten der Jahre 1990 und

Tab. A: Verschiebung der Klassenzugehörigkeit der Gemeindeverbände nach Aktualisierung der Daten des Global Human Settlement Layers (GHSL). Vergleich der resultierenden Werte zur a) landschaftsorientierten und b) einwohnerorientierten Zersiedelung.

Table A: Shift in class membership of municipality associations after updating Global Human Settlement Layer (GHSL) data. Comparison of the resulting values for a) landscape-oriented and b) inhabitant-oriented sprawl.

	Verschiebung der Klassenzugehörigkeit GHSL[2016] → GHSL[2019]								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
a) Änderung WUP_p:									
WUP _p 1990	0	1	64	1.060	3.090	252	3	0	0
WUP _p 2000	0	4	62	881	3.206	311	6	0	0
WUP _p 2014	1	7	105	883	3.064	397	13	0	0
b) Änderung WSPC:									
WSPC 1990	0	7	28	996	3.236	198	5	0	0
WSPC 2000	2	4	17	890	3.271	283	3	0	0
WSPC 2014	0	10	8	740	3.442	265	5	0	0

2014. Ein schwacher negativer Zusammenhang ($R^2 = 0,33$) konnte nur zwischen den Werten der Dispersion im Jahr 1990 und der Veränderung im Zeitraum 1990–2014 beobachtet werden. Stärkere Zunahmen der Dispersion erfolgten in den Regionen, die zuvor durch relativ niedrige Dispersionswerte gekennzeichnet waren. Es trat ab einem gewissen Punkt (knapp unter $50,0 \text{ UPU/m}^2$) eine Sättigung ein, ab dem Siedlungserweiterungen zu keiner weiteren Erhöhung der Dispersion führten. Dieser Wert liegt nahe am Wert maximaler Streuung ($49,7 \text{ UPU/m}^2$); noch höhere Werte sind nur in extremen Ausnahmefällen möglich (EEA, FOEN 2016: 39; Schwick et al. 2018: 29).

Eine Verringerung der Dispersion wurde in keiner einzigen Planungsregion ermittelt. Sowohl für WSPC ($R^2 = 0,02$) als auch für den Flächenbedarf ($R^2 = 0,09$) ließen sich keine linearen Zusammenhänge zwischen dem Zustand 1990 und den Veränderungen 1990–2014 ablesen. Die linearen Zusammenhänge zwischen den Veränderungen 1990–2000 und den Veränderungen 2000–2014 (dritte und vierte Reihe in Abb. A, S. 2) hatten aber allesamt Bestimmtheitsmaße zwischen 0,61 und 0,73 (für die Absolutwerte) bzw. zwischen 0,58 und 0,67 (für die relativen Werte).

3 Ansatz zur Messung der Differenzen der jährlichen prozentualen Änderung der Zersiedelung zwischen den Zeiträumen 1990–2000 und 2000–2014

Gemessen wurden dafür die Differenzen der jährlichen prozentualen Änderung der Zersiedelung (WUP_p und WSPC) zwischen den beiden Zeiträumen. Dazu wurden zunächst über die nachfolgenden Formeln die jährlichen relativen Änderungen r_1 und r_2 für die Zeiträume $n_1 = 10$ Jahre (1990–2000) und $n_2 = 14$ Jahre (2000–2014) jeweils für die beiden Größen WUP_p und WSPC berechnet und deren Differenz Δr bestimmt:

- $WUP_{p,2000} = WUP_{p,1990} \cdot (1 + r_{WUPp,1990-2000})^{10}$
- $WUP_{p,2014} = WUP_{p,2000} \cdot (1 + r_{WUPp,2000-2014})^{14}$
- $WSPC_{2000} = WSPC_{1990} \cdot (1 + r_{WSPC,1990-2000})^{10}$
- $WSPC_{2014} = WSPC_{2000} \cdot (1 + r_{WSPC,2000-2014})^{14}$

Daraus wurden die Unterschiede Δr der Wachstumsraten r_1 und r_2 berechnet:

- $\Delta r_{WUPp} = r_{WUPp,2000-2014} - r_{WUPp,1990-2000}$
- $\Delta r_{WSPC} = r_{WSPC,2000-2014} - r_{WSPC,1990-2000}$

Als „gleichbleibender Trend“ wurde für beide Messgrößen ein Intervall der Differenz der mittleren jährlichen Veränderungsraten von $-0,5$ bis $+0,5$ Prozentpunkten definiert. Sechs weitere Klassen zeigen die Steigerungen oder Verringerungen der jährlichen Änderungsraten im Vergleich der beiden Zeiträume 1990–2000 und 2000–2014.

4 Vergleich der GHSL-basierten Flächen- und Einwohnerdaten mit korrespondierenden Daten der amtlichen Statistik

Mithilfe von Streudiagrammen wurde zunächst der Zusammenhang der auf dem Global Human Settlement Layer (GHSL) basierenden Flächendaten mit korrespondierenden Daten der amtlichen Statistik untersucht (Abb. B, S. 3). Da die amtliche Flächenstatistik zu Beginn nur alle vier Jahre erhoben wurde, musste für das Jahr 1990 als Vergleichsdatensatz der Zeitpunkt 1992 herangezogen werden.

Es konnte ein deutlicher linearer Zusammenhang festgestellt werden. Die amtliche Fläche wurde auf Grundlage der GHSL-basierten Flächendaten geschätzt. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression ist bei allen drei Zeitschnitten 1990, 2000 und 2014 größer als 0,89. Die Abweichungen (Residuen) sind in den dargestellten Karten unter Verwendung einer Klassifizierung mit Standardabweichung dokumentiert. Überschätzungen zeigen sich bspw. in den drei ostdeutschen Planungsregionen Leipzig-West Sachsen, Lausitz-Spreewald und Oberlausitz-Niederschlesien in allen drei Zeitschnitten. Größere Abweichungen können durch die Inhomogenität des Liegenschaftskatasters erklärt werden, das die Grundlage für die amtliche Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung (FETN) bildet. Aufgrund der homogenen satellitenbasierten Erfassungsmethodik der GHSL-Datenserie gibt es in dieser Zeitreihe keine Datenmigrationseffekte, wie sie bei Geobasisdaten bzw. der FETN anzutreffen sind.

Weiterhin wurde mithilfe von Streudiagrammen auch der Zusammenhang der GHSL-basierten Einwohnerdaten mit korrespondierenden zensus- und gebietsstandsbereinigten Einwohnerzahlen der amtlichen Statistik untersucht (Abb. C). Auch hier konnte ein linearer Zusammenhang festgestellt werden. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression ist bei allen drei Zeitschnitten größer als 0,99. Die Abweichungen (Residuen) sind ebenfalls kartographisch unter Verwendung einer Klassifizierung mit Standardabweichung abgebildet.

5 Verschiebung der Klassenzugehörigkeit von Gemeindeverbänden auf die Klassen der Zersiedelung bei Verwendung der neuesten Revision der GHSL-Daten im Vergleich zur Vorgängerversion

Zur Validierung der verwendeten Eingangsdaten (hier: Siedlungsfläche und Bevölkerungszahlen basierend auf Daten des GHSL) wurden die landschafts- und einwohnerorientierten Zersiedelungseigenschaften (landschaftsorientierte Zersiedelung – WUP_p und einwohnerorientierte Zersiedelung WSPC) unter Verwendung sowohl einer revidierten Version der GHSL-Daten (Data Package 2019) als auch der Vorgängerversion (Data Package 2016) berechnet.

Tab. A und Abb. D, S. 6, zeigen für die Gemeindeverbände die resultierenden Verschiebungen bezüglich ihrer Zugehörigkeiten zu

den definierten Klassen der Zersiedelung. Es konnten keine wesentlichen Abweichungen festgestellt werden, die die empirischen Befunde auch früherer Untersuchungen, die auf dem älteren Datenstand basieren, in Frage stellen.

Die Versionsnummern der Siedlungs- und Bevölkerungsdaten des GHSL lauten wie folgt:

- GHSL Data Package 2016: a) Siedlungsdaten: GHS-BU R2016A; b) Bevölkerungsdaten: GHS-POP R2015A;
- GHSL Data Package 2019: a) Siedlungsdaten: GHS-BU R2018A; b) Bevölkerungsdaten: GHS-POP R2019A.

6 Verschiebung der Klassenzugehörigkeit von Gemeindeverbänden auf die Klassen der Zersiedelung bei Verwendung amtlicher zensusbereinigter Einwohnerzahlen

Zur Validierung der verwendeten Eingangsdaten (hier: Bevölkerungszahlen basierend auf Daten des GHSL) wurden die landschafts- und einwohnerorientierten Zersiedelungseigenschaften unter Verwendung zensusbereinigter Einwohnerzahlen berechnet, die gebietsstandsberichtigt vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) zur Verfügung gestellt wurden.

Tab.B und Abb.E zeigen für die Verbandsgemeinden die resultierenden Verschiebungen bezüglich ihrer Zugehörigkeiten zu den definierten Klassen der Zersiedelung. Es konnten keine wesentlichen Abweichungen festgestellt werden, die die empirischen Befunde auf Basis der GHSL-Daten grundlegend in Frage stellen.

7 Weitere Abbildungen und Tabellen

Abb.F, Abb.G, Abb.H, Abb.I, Tab.C

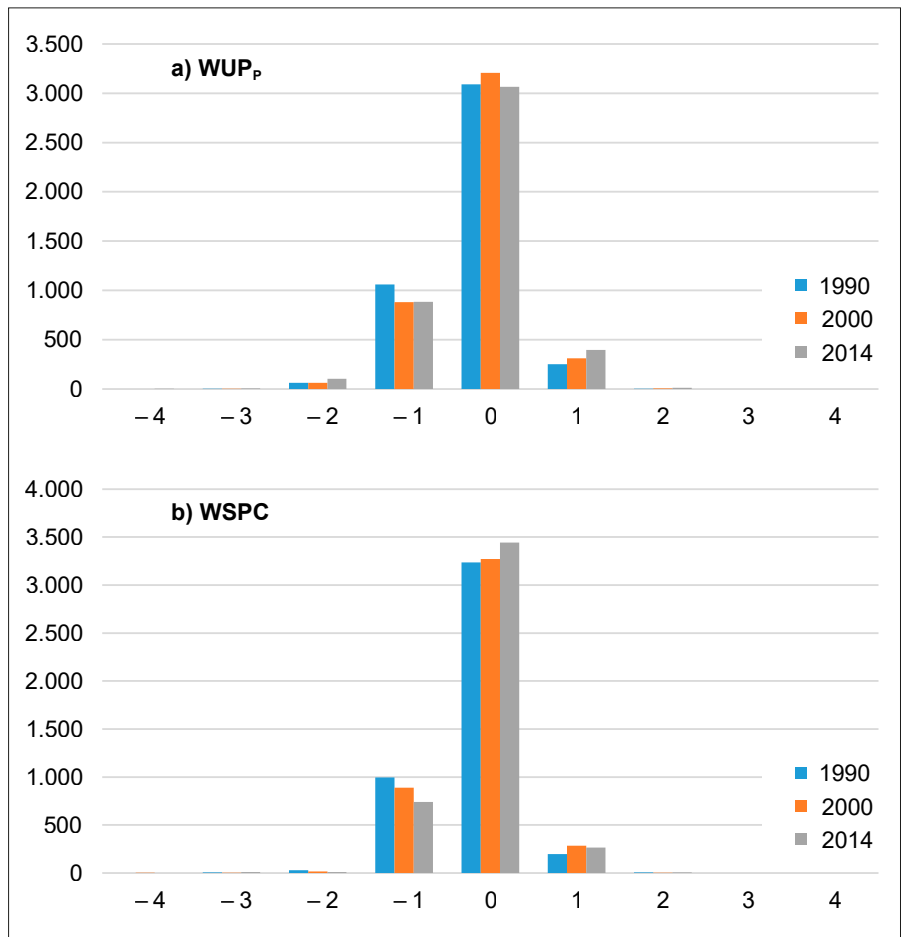


Abb. D: a) Verschiebung der Klassenzugehörigkeit der landschaftsorientierten Zersiedelung (WUP_p) und b) Verschiebung der Klassenzugehörigkeit der einwohnerorientierten Zersiedelung (WSPC) der Gemeindeverbände nach Aktualisierungen der Daten des Global Human Settlement Layer (GHSL).

Fig. D: a) Shift in class membership of municipality associations for landscape-oriented sprawl (WUP_p) and b) for inhabitant-oriented sprawl (WSPC) after updates of the Global Human Settlement Layer (GHSL).

Tab. B: Verschiebung der Klassenzugehörigkeit der Gemeindeverbände bei Verwendung amtlicher zensusbereinigter Einwohnerzahlen. Vergleich der resultierenden Werte zur a) landschaftsorientierten und b) einwohnerorientierten Zersiedelung.

Table B: Shift in class membership of municipality associations using official census-adjusted population figures. Comparison of resulting values for a) landscape-oriented and b) inhabitant-oriented sprawl.

	Verschiebung der Klassenzugehörigkeit									
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	
a) Änderung WUP_p:										
WUP _p -Klasse 1990	0	0	0	58	4.286	123	3	0	0	
WUP _p -Klasse 2000	0	0	0	30	4.405	34	1	0	0	
WUP _p -Klasse 2014	0	0	0	6	4.458	6	0	0	0	
b) Änderung WSPC:										
WSPC-Klasse 1990	0	0	0	119	4.045	305	1	0	0	
WSPC-Klasse 2000	0	0	0	72	4.306	92	0	0	0	
WSPC-Klasse 2014	0	0	0	50	4.367	53	0	0	0	

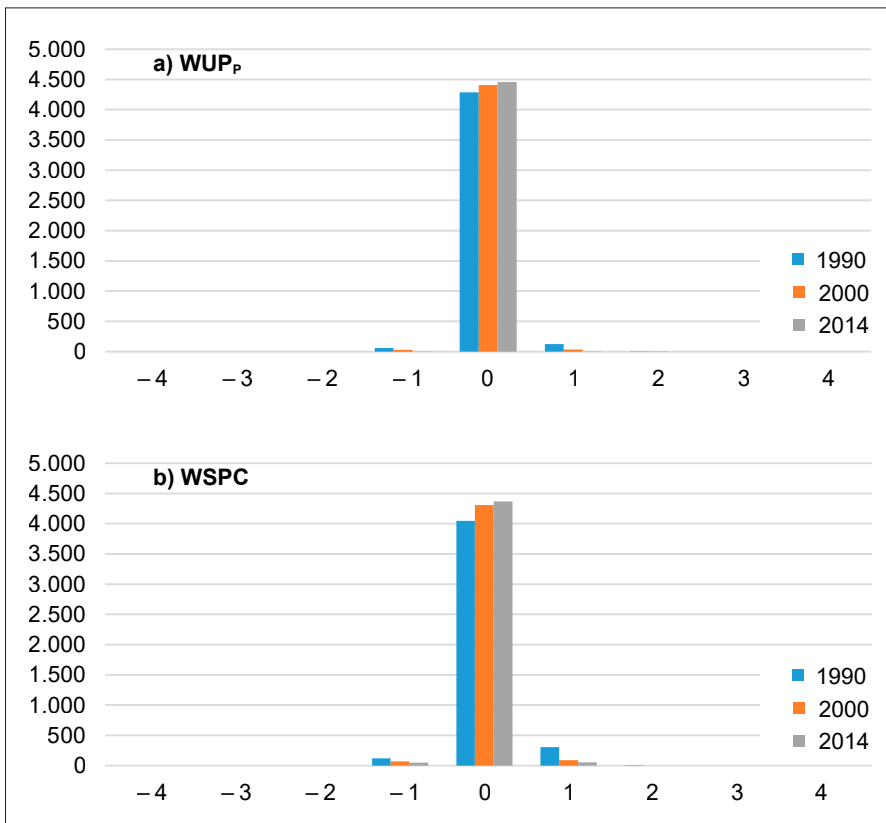


Abb. E: a) Verschiebung der Klassenzugehörigkeit der landschaftsorientierten Zersiedelung (WUP_p) und b) Verschiebung der Klassenzugehörigkeit der einwohnerorientierten Zersiedelung (WSPC) der Gemeindeverbände in Deutschland bei Verwendung amtlicher zensusbereinigter Einwohnerzahlen.

Fig. E: a) Shift in class membership of municipality associations in Germany for landscape-oriented sprawl (WUP_p) and b) for inhabitant-oriented sprawl (WSPC) based on official census-adjusted inhabitant numbers.

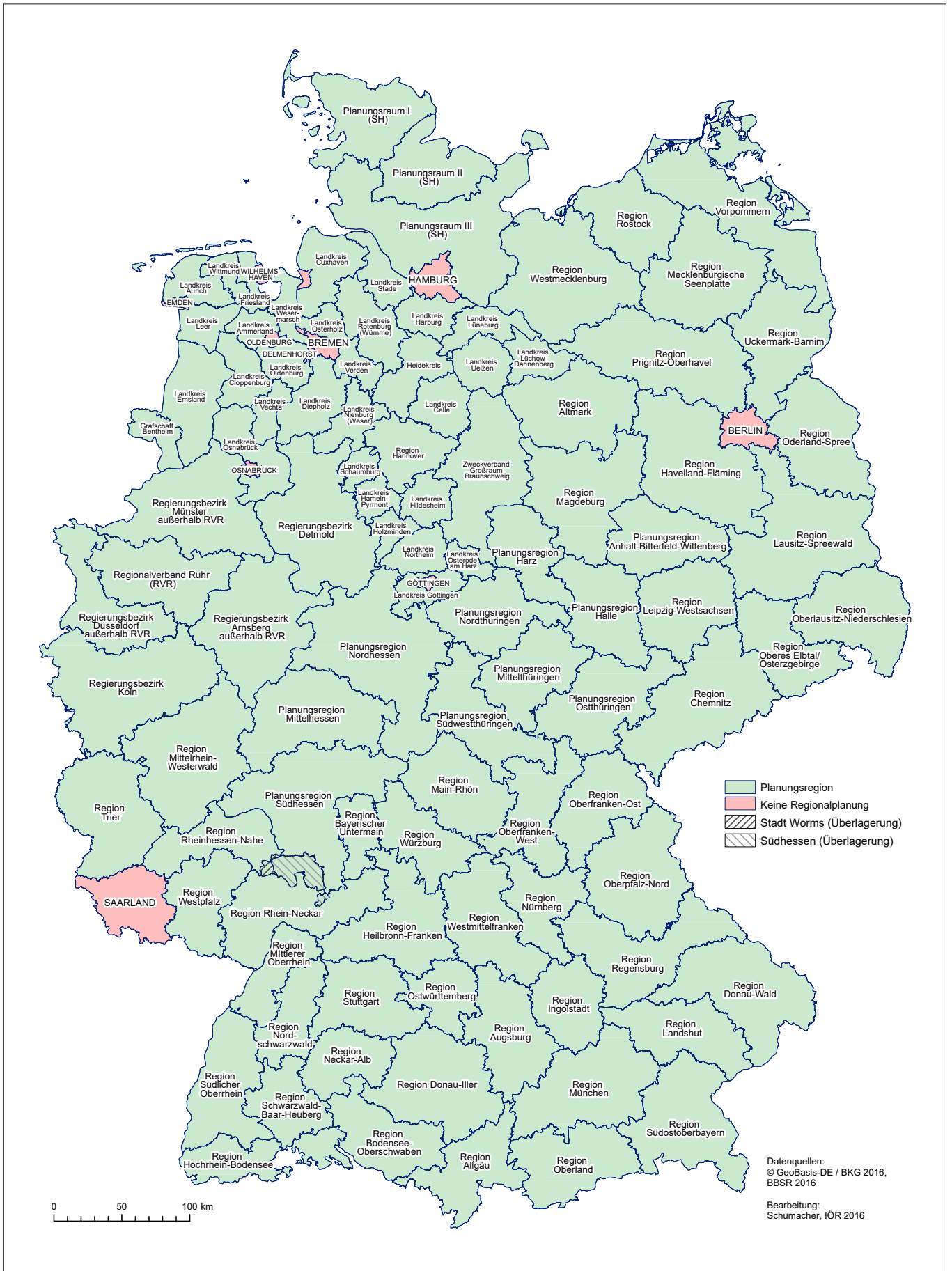


Abb. F: Karte der Planungsregionen in Deutschland im Jahr 2015.

Fig. F: Map of the planning regions in Germany in 2015.

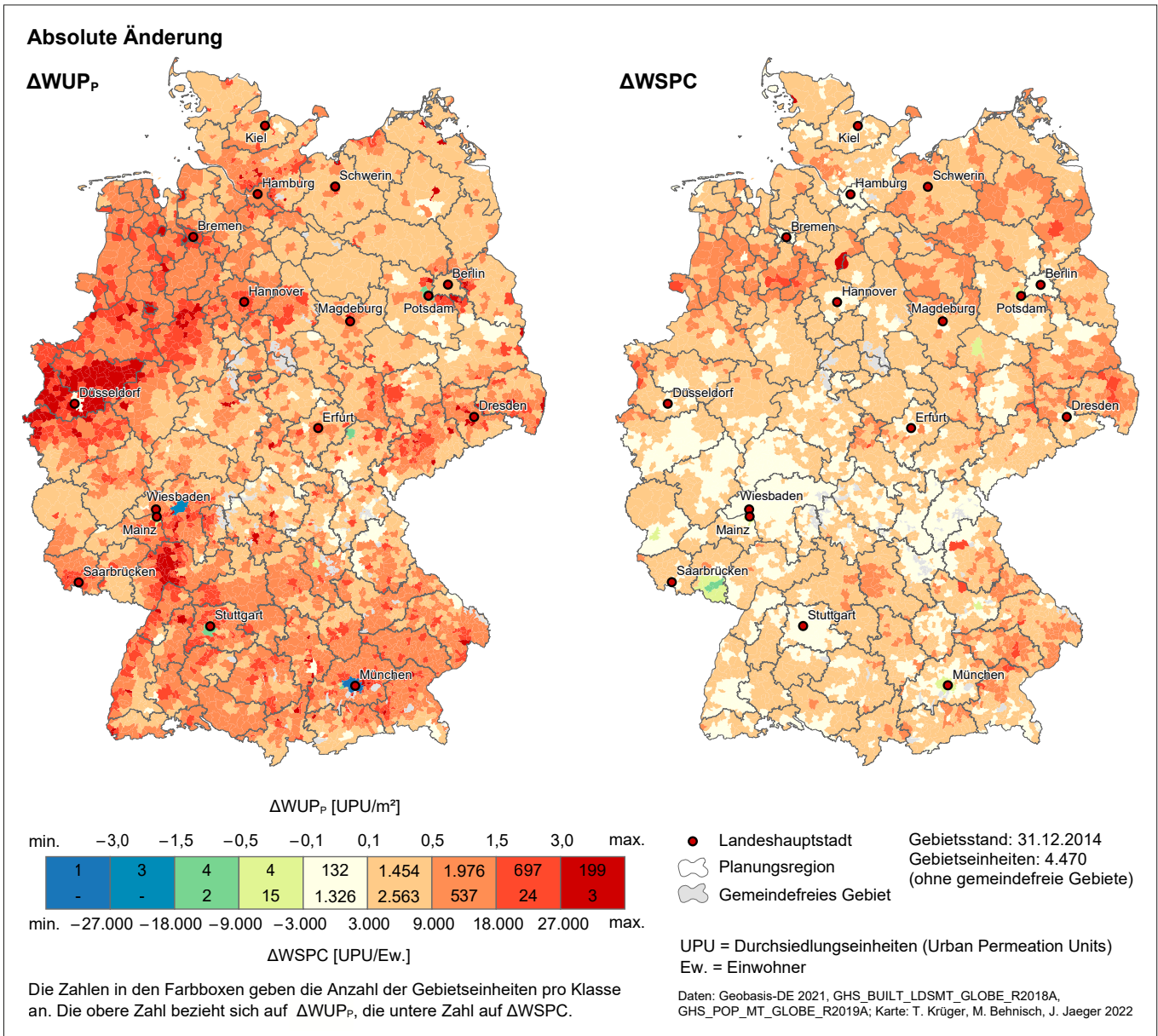


Abb. G: Absolute Veränderung der landschaftsorientierten Zersiedelung (WUP_p) und der einwohnerorientierten Zersiedelung (WSPC) 1990 – 2014 innerhalb der deutschen Planungsregionen.

Fig. G: Absolute change in landscape-oriented sprawl (WUP_p) and inhabitant-oriented sprawl (WSPC) 1990–2014 within the German planning regions.

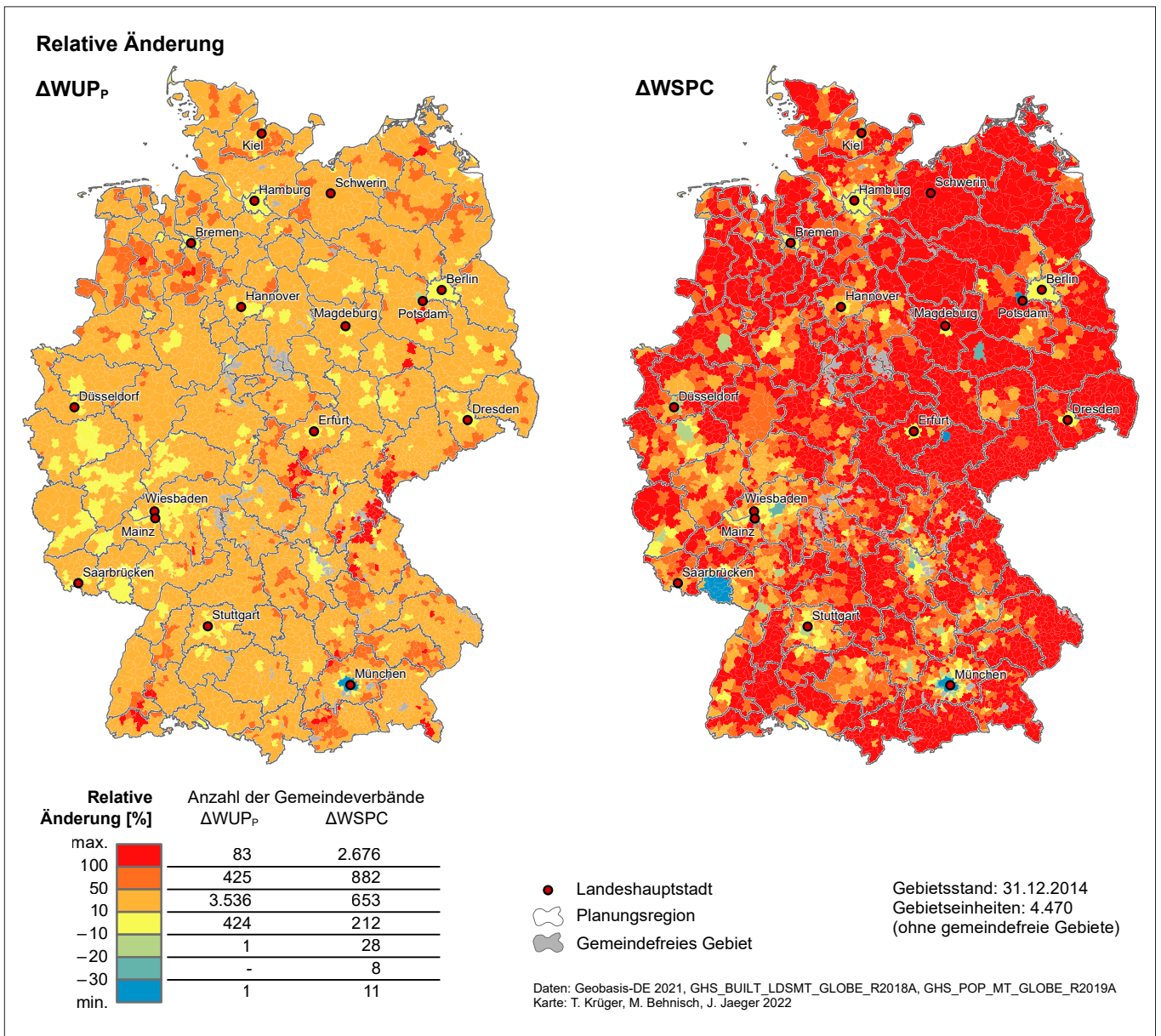


Abb. H: Relative Veränderung der landschaftsorientierten Zersiedelung (WUP_p) und der einwohnerorientierten Zersiedelung (WSPC) 1990–2014 innerhalb der deutschen Planungsregionen.

Fig. H: Relative change in landscape-oriented sprawl (WUP_p) and inhabitant-oriented sprawl (WSPC) 1990–2014 within the German planning regions.

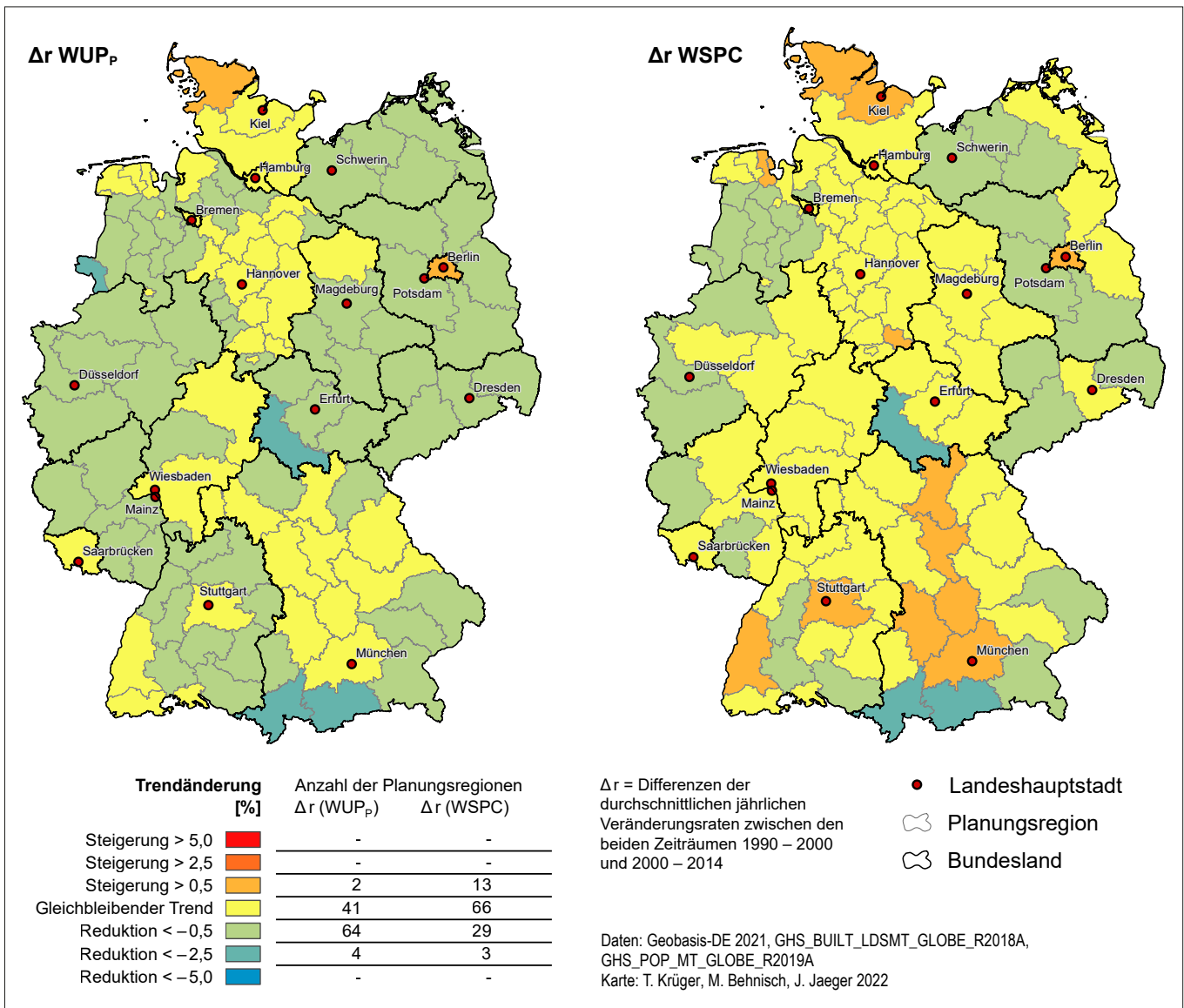


Abb. I: Veränderungen der landschaftsorientierten Zersiedelung (WUP_p) und der einwohnerorientierten Zersiedelung (WSPC) in den zwei Zeiträumen 1990 – 2000 und 2000 – 2014 auf Ebene der deutschen Planungsregionen. Gezeigt sind die Differenzen zwischen den durchschnittlichen jährlichen Veränderungsrate (Δr).

Fig. I: Changes in landscape-oriented sprawl (WUP_p) and inhabitant-oriented sprawl (WSPC) in the two time periods 1990 – 2000 and 2000 – 2014 at the level of the German planning regions. The differences between the average annual rates of change (Δr) are shown.

Tab. C: Werte der landschaftsorientierten Zersiedelung (WUP_p) und der einwohnerorientierten Zersiedelung (WSPC) in Deutschland, den Bundesländern und den Planungsregionen.

Table C: Values of landscape-oriented sprawl (WUP_p) and inhabitant-oriented sprawl (WSPC) in Germany, its regional states (Länder) and planning regions.

Gebietseinheiten (Bund, Länder, Planungsregionen)	WUP _p in UPU/m ²			WSPC in UPU/Ew.		
	1990	2000	2014	1990	2000	2014
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND	2,0151	2,4113	2,8490	9.123,4	10.526,1	12.622,2
Berlin	10,9764	10,4574	11,3688	3.060,7	2.776,3	3.026,2
Hamburg	17,2172	18,0105	18,7137	8.083,4	7.930,1	8.077,5
Bremen	13,8419	15,1772	16,4151	9.177,4	9.553,7	10.279,2
Baden-Württemberg	2,3524	2,7981	3,3591	8.409,3	9.470,0	11.284,0
Region Bodensee-Oberschwaben	1,3700	1,7709	2,1614	8.469,4	10.329,4	12.453,6
Region Donau-Iller	1,7637	2,1458	2,6330	10.976,2	12.462,2	14.874,6
Region Heilbronn-Franken	1,7484	2,1680	2,6540	10.011,1	11.831,9	14.540,0
Region Hochrhein-Bodensee	1,8855	2,2112	2,6777	8.144,9	9.032,6	10.773,6
Region Mittlerer Oberrhein	4,1815	4,9702	5,7101	9.924,4	10.936,3	12.093,4
Region Neckar-Alb	2,0185	2,4305	2,8928	7.845,0	9.028,3	10.830,9
Region Nordschwarzwald	1,1906	1,6892	2,2097	4.803,8	6.649,7	9.039,2
Region Ostwürttemberg	1,3225	1,6853	2,1026	6.410,6	7.989,4	10.397,9
Region Schwarzwald-Baar-Heuberg	1,2182	1,6290	2,0939	6.566,7	8.492,1	11.203,0
Region Stuttgart	5,4210	5,8328	6,6290	8.049,3	8.146,4	9.110,6
Region Südlicher Oberrhein	2,3186	2,6804	3,3623	10.115,3	10.835,9	13.083,5
Bayern	1,5801	1,8901	2,3141	9.826,6	10.927,4	12.876,2
Region Allgäu	0,6916	1,1385	1,4389	5.458,9	8.336,6	10.153,7
Region Augsburg	2,3430	2,6915	3,2961	12.273,8	13.062,2	15.375,8
Region Bayerischer Untermain	2,0866	2,4455	2,9781	8.727,9	9.731,4	11.866,7
Region Donau-Wald	1,1705	1,6190	2,0421	10.445,7	13.924,7	17.888,0
Region Ingolstadt	1,8883	2,1721	2,6897	13.628,8	14.171,1	16.259,0
Region Landshut	1,3590	1,7619	2,3503	12.794,8	15.374,7	19.710,3
Region Main-Rhön	0,7323	0,9005	1,0910	6.530,9	7.910,7	10.107,3
Region München	3,6730	3,9181	4,4843	9.678,5	8.882,1	8.736,9
Region Nürnberg	4,4935	4,7477	5,2298	11.137,7	10.996,8	11.803,1
Region Oberfranken-Ost	0,6000	0,7397	0,9257	4.198,1	5.239,7	7.193,3
Region Oberfranken-West	1,2499	1,3863	1,6087	7.957,5	8.463,7	9.931,3
Region Oberland	0,3741	0,7068	0,9622	3.737,1	6.611,3	8.794,5
Region Oberpfalz-Nord	0,9926	1,1905	1,5118	10.462,4	12.249,8	16.176,1
Region Regensburg	1,4752	1,7501	2,2050	12.834,3	14.075,2	16.955,7
Region Südostoberbayern	1,2997	1,7396	2,1984	9.263,3	11.644,1	14.439,6
Region Westmittelfranken	0,9282	1,1960	1,6018	9.996,9	12.388,3	16.891,1
Region Würzburg	1,4485	1,6853	2,0528	9.027,7	10.130,1	12.604,1
Brandenburg	0,8601	1,0877	1,3008	9.858,6	12.441,0	15.697,2
Region Havelland-Fläming	0,9059	1,1352	1,3625	9.300,4	10.767,7	12.189,9
Region Lausitz-Spreewald	0,8615	1,1546	1,3462	8.387,6	11.961,7	16.240,4
Region Oderland-Spree	1,2329	1,4921	1,7531	12.220,3	14.877,8	18.934,6
Region Prignitz-Oberhavel	0,5346	0,6911	0,8538	8.782,2	11.243,7	14.565,1
Region Uckermark-Barnim	0,8698	1,0607	1,3031	12.208,9	15.154,1	20.317,0
Hessen	2,2296	2,5329	2,8932	8.227,0	8.876,4	10.101,8
Planungsregion Nordhessen	1,1703	1,3607	1,6281	7.833,5	8.958,4	11.264,8
Planungsregion Mittelhessen	1,5220	1,7730	1,9939	7.944,2	9.002,2	10.473,4
Planungsregion Südhessen	3,9314	4,3230	4,7944	8.249,5	8.440,3	9.051,4
Mecklenburg-Vorpommern	0,5718	0,7535	0,9483	7.425,2	10.025,8	14.035,9
Region Mecklenburgische Seenplatte	0,3575	0,5158	0,6674	5.354,4	8.728,3	14.630,4
Region Rostock	0,8743	1,1335	1,4017	7.713,3	9.654,0	12.224,6
Region Vorpommern	0,5842	0,7412	0,9211	8.408,3	10.695,3	14.358,8
Region Westmecklenburg	0,5707	0,7571	0,9604	7.711,2	10.518,3	15.005,8
Niedersachsen	1,7265	2,1349	2,6372	10.837,3	12.867,9	16.098,8
Grafschaft Bentheim	1,2083	2,0344	2,8128	9.771,7	15.075,7	19.882,5
Heidekreis	1,2322	1,4826	1,8330	16.744,9	19.706,9	25.433,9
Landkreis Ammerland	1,6790	2,4725	3,2270	12.470,2	16.335,4	19.326,9
Landkreis Aurich	1,3372	1,6079	2,0507	9.848,3	11.172,0	14.096,2
Landkreis Celle	1,3677	1,5987	1,9624	12.095,7	13.688,9	17.281,8
Landkreis Cloppenburg	1,0291	1,6416	2,4754	11.115,7	15.702,3	21.308,0
Landkreis Cuxhaven	0,9414	1,1569	1,5258	9.642,0	11.536,6	15.789,4
Landkreis Diepholz	0,9424	1,3613	1,8929	9.324,6	12.817,4	17.865,4
Landkreis Emsland	1,2287	1,8687	2,5744	12.757,0	17.694,0	22.949,5
Landkreis Friesland	1,8483	2,1650	2,7266	11.659,7	13.264,3	17.254,9
Landkreis Göttingen	0,6358	0,8108	1,0377	4.511,3	5.766,5	7.987,0
Landkreis Hameln-Pyrmont	1,7404	2,1042	2,4826	8.411,3	10.341,9	13.505,8

Tab. C: Fortsetzung.

Table C: Continued.

Gebietseinheiten (Bund, Länder, Planungsregionen)	WUP _p in UPU/m ²			WSPC in UPU/Ew.		
	1990	2000	2014	1990	2000	2014
Landkreis Harburg	2,0663	2,5162	2,9841	11.982,5	13.455,5	15.250,1
Landkreis Hildesheim	2,1484	2,4927	2,9840	8.925,8	10.292,3	13.175,5
Landkreis Holzminden	0,9099	1,0902	1,2756	7.577,5	9.379,6	12.430,6
Landkreis Leer	1,2799	1,9075	2,4327	9.040,9	12.567,1	15.522,5
Landkreis Lüchow-Dannenberg	0,4093	0,5317	0,6788	9.846,3	12.637,9	17.098,6
Landkreis Lüneburg	1,0032	1,2160	1,5224	8.667,0	9.589,1	11.299,6
Landkreis Nienburg (Weser)	1,0984	1,4493	2,0026	12.618,7	16.187,2	23.142,8
Landkreis Northeim	0,7828	0,9467	1,1679	6.425,9	7.996,6	11.118,6
Landkreis Oldenburg	1,1391	1,6047	2,2453	10.860,8	14.052,4	18.674,6
Landkreis Osnabrück	1,3840	2,0713	2,8115	8.759,6	12.447,1	16.885,2
Landkreis Osterholz	1,1462	1,5800	2,0126	7.260,7	9.407,5	11.801,6
Landkreis Osterode am Harz	0,8702	0,9884	1,1926	6.316,0	7.451,8	10.270,2
Landkreis Rotenburg (Wümme)	0,7170	0,9356	1,2112	9.801,5	12.020,2	15.299,8
Landkreis Schaumburg	3,1294	3,8160	4,4700	12.752,6	15.489,8	19.453,2
Landkreis Stade	1,5944	1,9552	2,3724	11.452,8	12.961,1	15.055,6
Landkreis Uelzen	0,7050	0,8419	1,0355	10.867,5	12.693,4	16.298,3
Landkreis Vechta	1,8563	2,7182	3,8885	13.097,6	17.392,1	23.186,4
Landkreis Verden	2,0566	2,4997	3,0926	13.028,0	14.969,1	18.369,4
Landkreis Wesermarsch	1,2132	1,5311	1,9254	10.904,5	13.568,1	18.028,0
Landkreis Wittmund	0,7171	0,9339	1,3069	8.734,0	10.811,3	15.125,6
Region Hannover	5,5992	6,2324	6,8911	12.147,2	12.845,7	14.198,9
Zweckverband Großraum Braunschweig	2,5592	2,8799	3,3501	11.425,9	12.623,8	15.359,8
Stadt Delmenhorst	12,8215	14,4884	15,844	10.952,2	11.995,1	13.513,8
Stadt Emden	8,0556	8,7873	9,7245	18.525,4	19.450,8	21.939,1
Stadt Göttingen	7,8603	8,8432	10,0906	7.400,6	8.338,6	10.299,1
Stadt Oldenburg (Oldb)	16,4564	17,9365	19,4579	11.775,8	11.931,9	12.509,1
Stadt Osnabrück	17,2889	19,1477	20,9570	12.650,5	13.998,1	16.507,0
Stadt Wilhelmshaven	9,4284	10,3213	12,1728	11.442,3	13.002,6	17.488,9
Nordrhein-Westfalen	4,7908	5,8031	6,6983	9.449,0	11.038,9	12.986,9
Regierungsbezirk Detmold	3,5870	4,2641	5,0038	11.979,5	13.582,3	15.998,0
Regierungsbezirk Köln	5,0325	6,0598	6,7357	9.229,9	10.454,3	11.411,7
Regionalverband Ruhr (RVR)	11,2619	13,0346	14,8583	9.507,7	10.879,9	13.147,2
Regierungsbezirk Arnsberg außerhalb RVR	1,8262	2,2776	2,7157	7.660,3	9.518,8	12.178,2
Regierungsbezirk Düsseldorf außerhalb RVR	6,7707	8,5628	10,0285	7.835,6	9.556,8	11.409,1
Regierungsbezirk Münster außerhalb RVR	2,5567	3,4483	4,2405	10.503,6	13.189,5	15.664,6
Rheinland-Pfalz	2,2054	2,6022	2,9144	11.743,9	13.046,7	14.297,8
Region Mittelrhein-Westerwald	1,9125	2,2333	2,4595	10.074,1	11.324,4	12.705,7
Region Rheinhessen-Nahe	2,3202	2,7514	3,0769	9.867,9	10.820,0	11.546,7
Region Rhein-Neckar	4,3428	5,1484	5,9976	11.053,8	12.465,5	14.520,9
Region Trier	1,2429	1,4931	1,6729	13.163,3	14.598,3	15.608,6
Region Westpfalz	1,9848	2,3038	2,5720	13.321,2	14.267,6	14.645,1
Saarland	5,0912	5,5696	6,2460	12.278,4	13.455,0	16.317,3
Sachsen	1,6230	2,0855	2,4752	6.690,7	8.754,4	11.441,1
Region Chemnitz	1,4346	1,8777	2,3261	5.327,1	7.320,0	10.515,0
Region Leipzig-Westsachsen	1,6773	2,0707	2,3449	6.881,8	8.247,2	9.595,6
Region Oberes Elbtal/Ost erzgebirge	2,5233	3,0289	3,4209	8.585,0	10.014,9	11.616,1
Region Oberlausitz-Niederschlesien	1,1399	1,6322	2,0186	6.964,0	10.779,9	16.157,2
Sachsen-Anhalt	1,1322	1,3485	1,5588	8.497,5	10.752,3	14.542,9
Region Altmark	0,5293	0,6367	0,7767	9.636,0	12.578,5	18.713,7
Region Magdeburg	1,1850	1,4578	1,7146	7.975,3	10.366,8	14.096,7
Planungsregion Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg	1,1220	1,2914	1,4550	8.293,9	10.448,3	14.229,8
Planungsregion Halle	2,1444	2,4922	2,7927	9.800,6	11.908,5	15.325,0
Planungsregion Harz	0,7756	0,9411	1,1148	6.529,5	8.365,1	11.589,8
Schleswig-Holstein	1,7617	2,0019	2,4109	10.708,4	11.407,8	13.436,0
Planungsraum I (SH)	0,9703	1,0841	1,3605	9.728,6	10.327,0	12.949,3
Planungsraum II (SH)	1,8121	1,9498	2,3008	9.339,1	9.498,3	11.099,4
Planungsraum III (SH)	2,1442	2,4907	2,9928	11.561,7	12.499,0	14.524,9
Thüringen	0,8759	1,1135	1,3494	5.397,0	7.319,3	10.337,8
Planungsregion Nordthüringen	0,7256	0,8965	1,0908	5.971,6	7.790,5	11.096,2
Planungsregion Mittelthüringen	1,2872	1,5695	1,8442	6.966,7	8.412,4	10.463,5
Planungsregion Ostthüringen	1,0707	1,2931	1,5147	6.224,2	7.903,9	10.666,7
Planungsregion Südwestthüringen	0,4110	0,6979	0,9532	2.458,2	4.957,3	9.120,6

UPU = Urban Permeation Units, Ew. = Einwohner

Dr. Martin Behnisch

Korrespondierender Autor

**Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
Forschungsbereich Raumbezogene Information
und Modellierung**

Weberplatz 1

01217 Dresden

E-Mail: m.Behnisch@ioer.de



Der Autor ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) im Forschungsbereich Raumbezogene Information und Modellierung. Er studierte Architektur am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und Geographical Information Science and Systems mit Auszeichnung an der Paris Lodron Universität Salzburg. Er promovierte zum Dr.-Ing. (summa cum laude) zur Thematik des Urban Data Mining am KIT. Forschungsfelder sind u. a. Flächenneuinanspruchnahme,

Erneuerbare Energien, Nachhaltige Gebäudebestands- und Siedlungsentwicklung.

Dr. Tobias Krüger

**Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
Forschungsbereich Raumbezogene Information
und Modellierung**

Weberplatz 1

01217 Dresden

E-Mail: t.krueger@ioer.de

Dr. sc. nat. Jochen Jaeger, Associate Professor

Concordia University Montreal

Department of Geography, Planning and Environment

1455 de Maisonneuve Blvd. West, Suite H1255

Montréal, Québec, H3G 1M8

KANADA

E-Mail: jochen.jaeger@concordia.ca