Flächennutzungsmonitoring VI
Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz

IÖR Schriften Band 65 · 2014

ISBN: 978-3-944101-65-1

Erdbeobachtung als Instrument zur Ableitung räumlicher Kontextmerkmale für kleinräumige sozialwissenschaftliche Analysen

Michael Wurm, Jan Goebel, Hannes Taubenböck, Gert G. Wagner

Wurm, Michael; Goebel, Jan; Taubenböck, Hannes; Wagner Gert G. (2014): Erdbeobachtung als Instrument zur Ableitung räumlicher Kontextmerkmale für kleinräumige sozialwissenschaftliche Analysen. In: Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VI. Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz. Berlin: Rhombos-Verlag, 2014, (IÖR-Schriften; 65), S. 189-197

Erdbeobachtung als Instrument zur Ableitung räumlicher Kontextmerkmale für kleinräumige sozialwissenschaftliche Analysen

Michael Wurm, Jan Goebel, Hannes Taubenböck, Gert G. Wagner

Zusammenfassung

Der Mensch ist in seinem Handeln mit der ihn umgebenden Umwelt verwoben. Neue Möglichkeiten der räumlichen Datenerhebung durch die Erdbeobachtung ermöglichen vor diesem Hintergrund eine neue Betrachtung und Berechnung der Umwelt. Mittels computergestützter, automatisierter Bildanalyseverfahren ist es möglich über große Bereiche der Erdoberfläche Informationen sehr rasch und kostengünstig zu erheben. Auch durch technische Innovationen in der sozialwissenschaftlichen Forschung ist es heutzutage möglich, sowohl kleinräumige personen- und haushaltsbezogene Informationen mit raumstrukturierenden Kontextmerkmalen aus der Erdbeobachtung zu verknüpfen. Im vorliegenden Beitrag wird exemplarisch die technische Verknüpfung von Haushaltsbefragungen des Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) mit abgeleiteten Kontextmerkmalen aus Erdbeobachtungsdaten dargestellt.

1 Einführung

Zwischen dem Menschen und seiner Umwelt besteht eine wechselseitige Beziehung. Durch sein Handeln verändert der Mensch seine Umwelt und er wird durch die Umgebung in seinem Verhalten im Raum beeinflusst. Deshalb stellt der Raum für die Erforschung von sozialen Fragestellungen eine bedeutende Rolle dar. Für die physische Erfassung des Raumes und seiner Merkmale hat sich die Erdbeobachtung als effizientes Werkzeug etabliert, da daraus räumliche Informationen entstehen. Auch die raumbezogene Sozialforschung hat in den vergangenen Jahrzehnten einen erheblichen Bedeutungszuwachs erfahren, da immer mehr sozialwissenschaftliche Daten geographisch verortet werden um sie mit räumlichen Daten, wie sie zum Beispiel die Erdbeobachtung zur Verfügung stellen, zu verknüpfen.

Vor diesem Hintergrund ist das übergeordnete Ziel dieses Beitrages räumliche Merkmale aus Erdbeobachtungsdaten abzuleiten und zur Beantwortung sozialwissenschaftlicher Fragestellungen mit sozialen Daten zu verknüpfen. Dabei wird der Fokus auf Anwendungsbeispiele mit unterschiedlichen räumlichen und thematischen Anforderungen gelegt. Für die Erarbeitung dieses Ziels wird zunächst ein konzeptioneller Rahmen vorgestellt, der die Verknüpfung von Erdbeobachtungsdaten und sozialwissenschaftlichen Daten der sozioökonomischen Langzeitstudien SOEP und BASE-II beschreibt. Die

Adressdaten der Teilnehmer können zum ersten Mal räumlich verarbeitet werden, ohne dabei den Datenschutz zu verletzen.

Die physische Charakterisierung des Raumes erfolgt auf Basis von Luft- und Satellitenbilddaten, die sich zur Erfassung der Landbedeckung eignen. Digitale Oberflächenmodelle dienen hier zusätzlich zur Ableitung von Einzelgebäuden, welche die Bebauungsstruktur beschreiben und für die physische Beschreibung der lokalen Nachbarschaft herangezogen werden können. Des Weiteren kann die Ausstattung des Raumes mit physischen Merkmalen wie Versiegelungsanteilen oder Vegetationsanteilen beschrieben und für beliebige Raumeinheiten erhoben werden. Räumliche Bezüge innerhalb des Stadtgebietes lassen sich über geographische Abfragen und die Verknüpfung von zusätzlichen Daten herstellen (z. B. Grünanlagen, Verkehrseinrichtungen). Nachbarschaftsmerkmale können mit den Daten sozialwissenschaftlicher Surveys verknüpft werden, wodurch im erstellten Datensatz sowohl die sozioökonomischen Merkmale als auch die räumlichen Kontextmerkmale aus den Erdbeobachtungsdaten zur Verfügung stehen. Durch die Analyse beider Informationen werden die unterschiedlichen räumlichen Bezüge der Surveydaten und der räumlichen Kontextmerkmale untersucht.

2 Hintergrund: Sozialforschung und Erdbeobachtung

2.1 Vorüberlegungen

Spätestens seit den Studien der Stadtsoziologen der Chicagoer Schule wurden Zusammenhänge zwischen den Bewohnern einer Stadt und der städtischen Struktur in einem wissenschaftlichen Kontext betrachtet (z. B. Burgess 1925; Hoyt 1939). Diese grundlegenden Arbeiten haben für viele Bereiche der Stadtforschung wichtige Impulse gesetzt. Die datentechnische Ausgangssituation hat sich allerdings in den folgenden Jahrzehnten aus Forschungssicht erheblich verbessert. Heutzutage ist es möglich, für viele Bereiche der Erde hochgenaue räumliche Datengrundlagen zu schaffen. Diese Daten sind einerseits das Ergebnis jahrelanger traditioneller Geodatenakquise, andererseits wesentlichen technischen Neuerungen zu verdanken. Mit dem Aufkommen der kommerziellen Erdbeobachtung sowohl im Sinne einer flugzeuggetragenen Datenerhebung als auch im Sinne neuartiger Sensoren, welche von satellitengestützten Systemen nahezu jeden Quadratmeter unserer Erde in einer noch nie dagewesenen Detailschärfe abbilden können, eröffnen sich auch für klassische Forschungsfragen neue Wege der Hypothesenüberprüfung und Theoriebildung. Arbeiten im Umfeld von Fernerkundung und Sozialwissenschaften beschreiben die Verwendung von Erdbeobachtungsdaten für die Herleitung von sozialrelevantem Wissen zum Beispiel in den Themenbereichen Klimatologie (Small 2006), Naturgefahren (Taubenböck et al. 2011), Ernteabschätzungen (Fritsch 2011), und für gesundheitsrelevanten Fragestellungen (Maxwell et al. 2010). Im Gegensatz zu diesen allgemeinen, sozialrelevanten Anwendungen, stehen

einige wenige Arbeiten, welche sich im wissenschaftlichen Kontext mit der Verknüpfung der beiden Forschungsdisziplinen beschäftigen. Pionierarbeiten in diesem Zusammenhang wurden in sogenannten Metastudien geleistet (vgl. Rindfuss, Stern 1998; De Sherbinin et al. 2006; Liverman, Cuesta 2008; Hall 2010).

Ein verbreiteter Weg zur integrativen Analyse von sozialen Daten und Fernerkundungsdaten stellt die Verwendung von Fernerkundungsdaten für die Ableitung von räumlichen Proxyinformationen im Sinne von siedlungsstrukturellen Raumeinheiten wie Siedlungsgebiete oder Einzelgebäude dar (z. B. Jensen, Cowen 1999; Wurm et al. 2009; Wurm et al. 2011; Wurm, Taubenböck 2011) bzw. für ganze Kontinente (Sutton et al. 2001). Ein exemplarisches Beispiel für eine kleinräumige Bevölkerungsverteilung auf Basis von geometrisch hoch aufgelösten Erdbeobachtungsdaten ist in Abbildung 1 für einen Ausschnitt der Stadt Berlin dargestellt.

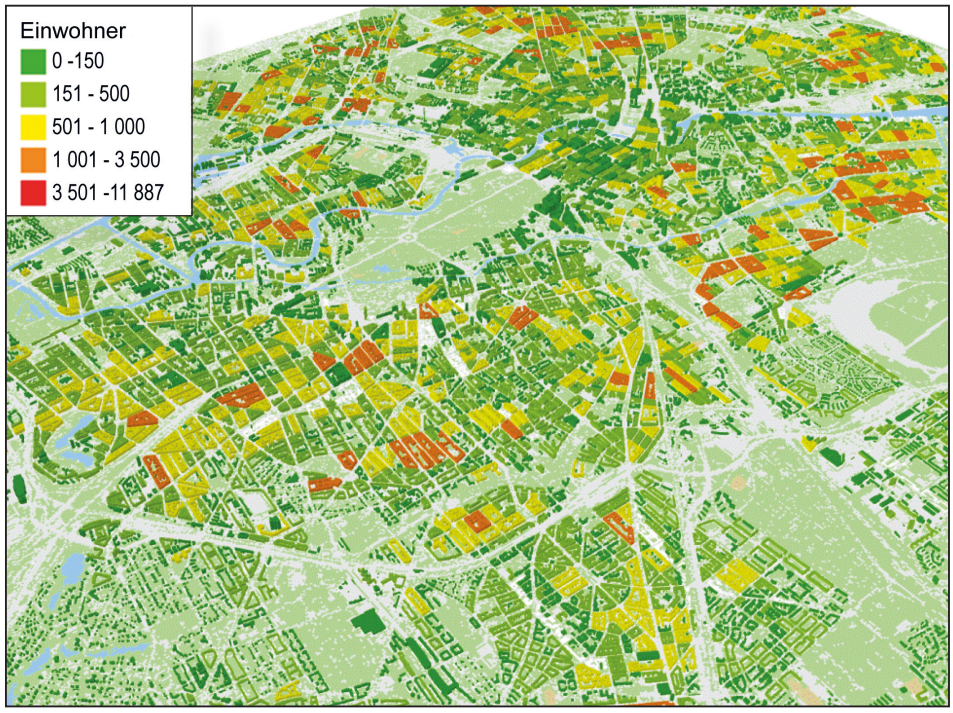

Abb. 1: Disaggregation von Bevölkerungsdaten am Beispiel der Stadt Berlin auf Basis von kleinräumig abgeleiteten Siedlungsstrukturen (Quelle: eigene Bearbeitung)

2.2 Verbindung von Rauminformation mit sozialwissenschaftlichen Längsschnittdaten

Ein deutlicher Mehrwert in der Interpretation von sozialwissenschaftlichen Theorien kann durch die Einbeziehung des Raumes gewonnen werden (Goodchild und Janelle, 2004). Bereits die Berücksichtigung der Lage im Sinne der relativen Distanz zu bestimm-

ten Positionen im Raum kann einen bedeutenden Erkenntnisgewinn erzielen. Aus der Verknüpfung von haushaltsbezogenen Einkommensverhältnissen und der relativen Lage der Haushalte zum nächsten Großstadtzentrum kann ein Zusammenhang zwischen sozialen Merkmalen und der Raumstruktur abgelesen werden. Im folgenden Fall wurden thematische Landbedeckungsklassifikationen verwendet, um das Stadtgebiet vom Umland zu trennen – dies auf Grundlage von Erdbeobachtungsdaten, die über eine mittlere geometrische Auflösung verfügen (z. B. Landsat, Referenzjahr 2006). Die alternative Trennung über die administrativen Raumeinheiten würden nicht den physischen Siedlungskörper repräsentieren, weshalb für jede Großstadt in Deutschland die relative Lage der Haushalte zum Stadtzentrum berechnet wurde und die Distanz zwischen 0 und 1 innerhalb des Stadtgebietes normalisiert wurde (siehe Abb. 2). Die Auswertung zeigt deutlich, dass sich das mittlere Armutsrisiko in Deutschland in Abhängigkeit der Distanz zum Stadtzentrum verändert. Während in den umliegenden Lagen der Großstadtzentren die Armutswahrscheinlichkeit noch sehr hoch ist, nimmt sie kontinuierlich zum Stadtrand hin ab, und erreicht ihr Minimum direkt außerhalb des Stadtgebietes. Diese Bereiche werden gemeinhin auch als „Speckgürtel" um die Großstädte bezeichnet und beschreiben ökonomisch besser gestellte Haushalte in den Vororten. Mit zunehmender Distanz zum Stadtzentrum wächst das Armutsrisiko wieder an (siehe für Details dieser Untersuchung in Goebel, Wurm 2010).

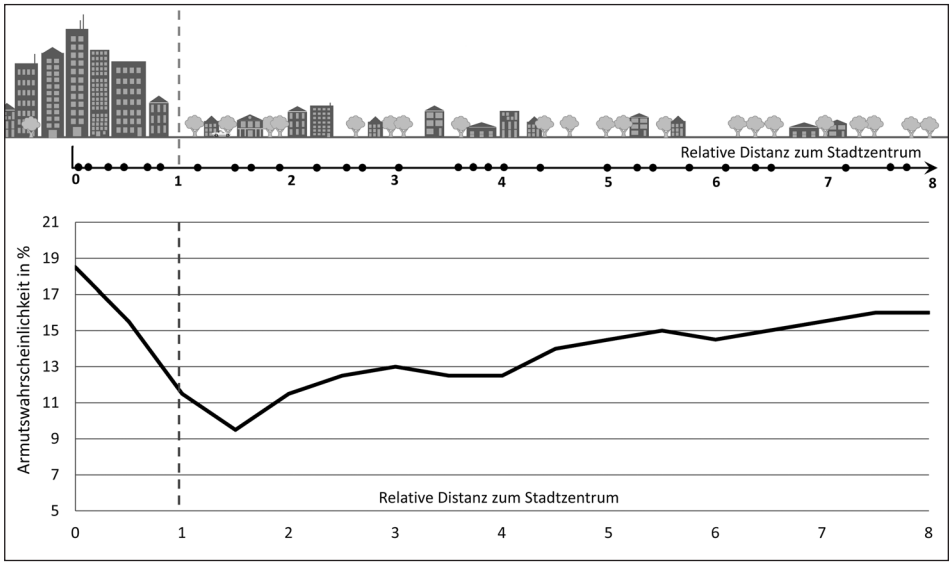

Abb. 2: Veränderung der Armutswahrscheinlichkeit in Deutschland in Abhängigkeit der Distanz des Haushaltes zum nächsten Großstadtzentrum. (Quelle: eigene Bearbeitung)

3 Exemplarische Verknüpfung kleinräumiger Kontextmerkmale aus der Fernerkundung mit sozialwissenschaftlichen Daten

Im aktuellen Kapitel wird anhand eines konkreten Beispiels das Potenzial für die Verwendung von Erdbeobachtungsdaten für die Ableitung von kleinräumigen Kontextmerkmalen beleuchtet, um sozialwissenschaftliche Theorien in einem räumlichen Kontext zu überprüfen.

3.1 Ausgangsüberlegung

Wie Eingangs bereits beschrieben, besteht die Überlegung darin, dass das soziale Verhalten des Menschen in einen Zusammenhang mit seiner ihn umgebenden (Stadt) Umwelt gebracht werden kann. Im folgenden Beispiel wird anhand von geometrisch hochaufgelösten Erdbeobachtungsdaten sowie haushalts- und personenbezogenen Daten aus der Studie des Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) der Versuch unternommen, statistische Korrelationen zwischen „Raum" und „Mensch" herzustellen. Ausgangspunkt für diese Überlegungen bildet die Annahme, dass das Siedlungsverhalten des Menschen durch seine ökonomischen Möglichkeiten determiniert wird. Konkret bedeutet dies: Ein Haushalt mit einem höheren Monatseinkommen kann es sich auch leisten, in einer Nachbarschaft mit höheren Mietpreisen zu leben. Höhere Mietpreise gehen neben der Ausstattung der Wohnung vor allem auf die Lage zurück. Die Lage beinhaltet neben der geographischen Verortung im Siedlungsgebiet vor allem auch die Ausstattung der Nachbarschaft, z. B. mit Grünflächen.

3.2 Das Sozio-oekonomische Panel

Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung Berlin (DIW) führt seit 1984 eine fortlaufende, repräsentative Wiederholungsbefragung an deutschen Privathaushalten durch. In der Studie werden 23 000 Personen in 12 000 Haushalten zu subjektiven (z. B. persönliche Zufriedenheit) und objektiven Lebensbedingungen (z. B. Einkommen) befragt (Wagner et al. 2008). Durch den Wiederholungscharakter der Befragung kann ein Bild über den Wandel der Gesellschaft gezeichnet werden. Die Themengebiete decken unterschiedliche Bereiche in den einzelnen Lebensabschnitten der Teilnehmer ab. Dies beinhaltet Themen wie die Haushaltszusammensetzung, die Erwerbs- und Familienbiographie, die Erwerbsbeteiligung und die berufliche Mobilität, individuelle Einkommensverläufe, die Gesundheit und Lebenszufriedenheit u. v. m. Somit gibt der Datensatz Auskunft über viele objektive Lebensbedingungen, Persönlichkeitsmerkmale, Wertvorstellungen, Risikoeinstellungen und über Abhängigkeiten zwischen diesen Bereichen und deren Veränderungen. Die Daten beinhalten über vier Millionen Beobachtungen und über 37 000 Variablen (Goebel et al. 2008). Anhand des SOEP kann eine Vielzahl an Theorien aus den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften sowie der Psychologie

einem Test unterzogen werden (Wagner et al. 2008, 303). Mithilfe eines mehrfach gesicherten Datenschutzkonzepts lassen sich die räumlichen Lagen der Befragungsteilnehmer mit zusätzlichen räumlichen Daten verknüpfen. Der Schutz der persönlichen Daten der Teilnehmer bleibt dabei ständig gewährt (Wurm 2013).

3.3 Erdbeobachtungsdaten

Zur Ableitung kleinräumiger Kontextmerkmale werden geometrisch hoch aufgelöste Erdbeobachtungsdaten (Abstand zwischen den Bildmittelpunkten ≤ 1 m) verwendet. Als Quelle für die Spektralinformation, welche für die Ableitung der Landbedeckung in den Städten dient, wurden Satellitenbildaufnahmen der Sensoren Ikonos und Quickbird verwendet. Zur Ableitung der physischen Bebauungsstruktur wurden digitale Oberflächenmodelle (DOM) aus stereoskopischen Aufnahmen über photogrammetrische Verfahren hergestellt. Grundlage hierfür bilden digitale Luftbilder der Kameras HRSC-AX und UltraCam-X. Die Datensätze eignen sich, um eine Landbedeckungsklassifikation für die beiden Städte München und Berlin herzustellen (vgl. Abb. 3). Diese Informationen werden im Folgenden als kleinräumige Nachbarschaftsmerkmale für die empirische Analyse mit den SOEP Daten verknüpft um mögliche Zusammenhänge zu quantifizieren.

Abb. 3: Landbedeckungsklassifikation auf Basis eines hochaufgelösten Satellitenbildes und eines digitalen Oberflächenmodells für einen Ausschnitt vom Zentrum Berlins (Quelle Klassifikation: eigene Bearbeitung, Quelle Satellitenbild: Quickbird © European Space Imaging/DigitalGlobe)

3.4 Empirische Analyse

Die statistische Analyse der abgeleiteten kleinräumigen Kontextmerkmale aus den Erdbeobachtungsdaten mit den Informationen über die Einkommenssituation der Befragungshaushalte zeigt, dass neben den persönlichen Merkmalen der Bewohner auch die Kontextmerkmale Korrelationen mit dem Haushaltseinkommen aufweisen. In Tabelle 1 ist ein Auszug aus der linearen Regressionsschätzung dargestellt. Dieser zeigt ausschließlich räumliche Merkmale. Insgesamt kann ein Anteil von mehr als 8 % der Varianz des Haushaltseinkommens alleine auf Basis der räumlichen Merkmale erklärt werden. Dieser Anteil steigt natürlich mit der Hinzunahme von weiteren persönlichen Merkmalen aus der SOEP Studie (z. B. Alter, Bildungszeit, Familienstand etc.).

Tab. 1: Regressionsschätzung zum Nettoäquivalenzeinkommen nur auf Basis der Nachbarschaftsmerkmale aus Fernerkundungsdaten (Quelle: eigene Bearbeitung)

	Koeffizient	Std. Fehler	t Wert	Pr(>|t|)	Signifi-cance
Vegetationsanteil	505,140	470,450	1,074	0,284	0.1
Versiegelungsanteil (4er)	184,470	707,840	0,261	0,795	0.1
GFD	73,370	80,240	0,914	0,361	0.1
Lage > 1 < 2,5 km	944,120	628,550	1,502	0,134	0.1
Lage > 2,5 < 5 km	235,810	611,040	0,386	0,700	0.1
Lage > 5 < 7,5 km	295,580	626,660	0,472	0,637	0.1
Lage > 7,5 km	175,820	627,760	0,280	0,780	0.1
Bebauung (Block) Zeile	390,470	264,220	1,478	0,140	0.1
Bebauung (Block) Block	173,070	308,410	0,561	0,575	0.1
Bebauung (Block) Hochhaus	-1016,870	561,500	-1,811	0,071	0.05
Bebauung (Block) Sonstige	-161,900	360,660	-0,449	0,654	0.1
Bebauung (4er Block) Zeile	-652,330	285,420	-2,285	0,023	0.01
0.1Bebauung (4er Block) Block	-624,790	336,370	-1,857	0,064	0.05
Bebauung (4er Block) Hochhaus	-184,450	491,950	-0,375	0,708	0.1
Bebauung (4er Block) Sonstige	832,240	388,510	2,142	0,033	0.01
Stadt: München	445,500	144,130	3,091	0,002	0.001

1 N=1197 adj. R^2: 0,08502

4 Fazit

In diesem Beitrag wurden Möglichkeiten vorgestellt, hochaufgelöste Fernerkundungsdaten mit Daten der sozialwissenschaftlichen Längsschnittstudie des Sozio-oekonomischen Panels zu verknüpfen. Dabei wurden die Fernerkundungsdaten verwendet um kleinräumige Kontextmerkmale abzuleiten, welche die physische Struktur in den un-

tersuchten Städten quantitativ beschreiben. Die Möglichkeiten einer synergetischen Analyse von räumlicher Information und sozialer Information sind bei weitem noch nicht ausgereizt. Es kann aber anhand des gezeigten Beispiels festgehalten werden, dass zusätzliche räumliche Daten aus der Fernerkundung einen Mehrwert in der Überprüfung von sozialwissenschaftlichen Theorien bieten. Auf Basis des vorgestellten Konzeptes muss die Forschung im Spannungsfeld zwischen der Fernerkundung und den Sozialwissenschaften in Zukunft vor allem auf die Integration von sehr großräumigen Fernerkundungsdaten ausgelegt werden. In weiterer Folge sollte der Fokus auch darauf gelegt werden, das Potenzial der Fernerkundung zur multitemporalen Datenauswertung zu nutzen. Dabei werden vor allem zukünftige Satellitenmissionen eine große Rolle spielen, wie beispielsweise die beiden Sentinel-2A und 2B-Satelliten, welche eine hohe temporale wie auch spektrale und geometrische Auflösung haben.

Aus Sicht der Sozialwissenschaften kann bei der Möglichkeit der räumlichen Auswertung der Survey-Daten von einer ganz entscheidenden Innovation gesprochen werden, welche in ihrem Ausmaß noch erhebliches Analysepotenzial bietet.

5 Literatur

Burgess, E. W. (1925): The growth of the city: an introduction to a research project. In: Park, R. E.; Burgess, E. W.; McKenzie, R. D. (eds.): The city, Chicago. Univ. of Chicago Press.

De Sherbinin, A.; Balk, D.; Yager, K.; Jaiteh, M.; Pozzi, F.; Giri, G.; Wannebo, A. (2006): A CIESIN thematic guide of social science applications of remote sensing. CIESIN – Center for International Earth Science Information Network. Palisades, NY, USA, 68 S.

Fritsch, S.; Conrad, C.; Dech, S. (2011): A MODIS-based approach for crop yield prediction in irrigated areas of Central Asia using light-use efficiency modeling. In: Proceedings of the ESA Living Planet Symposium 2010. ESA Living Planet Symposium. Bergen, Norway, 1-7.

Goebel, J.; Grabka, M. M.; Krause, P.; Kroh, M.; Pischner, R.; Sieber, I. (2008): Mikrodaten, Gewichtung und Datenstruktur der Längsschnittstudie Sozio-oekonomisches Panel (SOEP). Vierteljahrshefte zu Wirtschaftsforschung, 77(3)/2008, 77-109.

Goebel, J.; Wurm, M. (2010): Räumliche Unterschiede im Armutsrisiko in Ost- und Westdeutschland. In: Krause, P.; Ostner, I. (eds.): Leben in Ost- und Westdeutschland. Campus, 673-692.

Goodchild, M. F.; Janelle, D. G. (2004): Spatially integrated social science. Oxford University Press, 450 S.

Hall, O. (2010): Remote Sensing in Social Science Research. The Open Remote Sensing Journal, 1-16.

Hoyt, H. (1939): The structure and growth of residential neighborhoods in American cities. Washington: Federal Housing Association.

Jensen, J. R.; Cowen, D. C. (1999): Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and Socio-Economic Attributes. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 65(5)/1999, 611-622.

Liverman, D. M.; Cuesta, R. M. R. (2008): Human interactions with the Earth system: people and pixels revisited. Earth Surface Processes and Landforms, 33(9)/2008, 1458-1471.

Maxwell, S. K.; Airola, M.; Nuckols, J. R. (2010): Using Landsat satellite data to support pesticide exposure assessment in California. International Journal of Health Geographics, 9/2010, 46.

Rindfuss, R. R.; Stern, P. C. (1998): Linking remote sensing and social science: the need and the challenges. In: Liverman, D.; Moran, E. F.; Rindfuss, R. R.; Stern, P. C. (eds.): People and Pixels: Linking remote sensing and social science, Washington, D.C.: National Academy Press, 1-27.

Small, C. (2006): Comparative analysis of urban reflectance and surface temperature, Remote Sensing of Environment, 104(2)/2006, 168-189.

Sutton, P.; Roberts, D.; Elvidge, C.; Baugh, K. (2001): Census from Heaven: an estimate of the global human population using night-time satellite imagery. International Journal of Remote Sensing, 22(16)/2001, 3061-3076.

Taubenböck, H.; Wurm, M.; Netzband, M.; Zwenzner, H.; Roth, A.; Rahman, A.; Dech, S. (2011): Flood risks in urbanized areas – multi-sensoral approaches using remotely sensed data for risk assessment. Natural Hazards and Earth Systems Sciences, 11/2011, 431-444.

Wagner, G. G.; Goebel, J.; Krause, P.; Pischner, R.; Sieber, I. (2008): Das Sozio-oekonomische Panel (SOEP): Multidisziplinäres Haushaltspanel und Kohortenstudie für Deutschland – Eine Einführung (für neue Datennutzer) mit einem Ausblick (für erfahrene Anwender). AStA – Wirschafts- und Sozialstatistisches Archiv, 2(4)/2008, 301-328.

Wurm, M. (2013): Verknüpfung von Fernerkundungsdaten und Survey-Daten (SOEP und BASE-II) in städtischen Räumen für sozialwissenschaftliche Analysen. Dissertation, Technische Universität Graz, 229 S.

Wurm, M.; Taubenböck, H. (2010): Abschätzung der Bevölkerungsverteilung mit Methoden der Fernerkundung. In: Taubenböck, H.; Dech, S. (Hrsg.): Fernerkundung im urbanen Raum. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 143-152.

Wurm, M.; Taubenböck, H.; Goebel, J.; Esch, T.; Wagner, G. G. (2011): Zensus der Zukunft? Erdbeobachtung zur räumlichen Abschätzung der Bevölkerungsverteilung. Standort – Zeitschrift für angewandte Geographie, 35(4)/2011, 169-175.

Wurm, M.; Taubenböck, H.; Krings, S.; Birkmann, J.; Roth, A.; Dech, S. (2009): Derivation of population distribution for vulnerability assessment in flood-prone German cities using multisensoral remote sensing data. In: Proceedings of the SPIE Europe.