



Flächennutzungsmonitoring III Erhebung – Analyse – Bewertung

IÖR Schriften Band 58 · 2011

ISBN: 978-3-941216-68-6

Siedlungsflächenmonitoring in Rasterkarten

Markus Dießelmann, Gotthard Meinel, Robert Hecht

Dießelmann, M.; Meinel, G.; Hecht, R. (2011): Siedlungsflächenmonitoring in Rasterkarten. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung – Analyse – Bewertung. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 58, S. 61-69.

Siedlungsflächenmonitoring in Rasterkarten

Markus Dießelmann, Gotthard Meinel, Robert Hecht

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse der Überführung qualitativer vektorbasierter Flächennutzungsinformationen in Rasterkarten vorgestellt. Dazu wird insbesondere auf die Überführung der baulich geprägten Siedlungsfläche (im Folgenden Siedlungsfläche genannt) und deren Abbildung im Raster samt den damit einhergehenden Transformationseffekten eingegangen. Neben der monotemporären Darstellung ist auch das Monitoring für die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung von Bedeutung.

1 Einführung

Eine möglichst objektive und genaue Beschreibung der Siedlungsstruktur erfährt durch die Herausforderungen des demographischen Wandels und die Ansprüche der Ressourceneffizienz von Siedlungen eine wachsende Bedeutung. In diesem Zusammenhang sollen siedlungsstrukturelle Kennzahlen auf Rasterbasis erzeugt werden, da die Nutzung von Rasterkarten eine Vielzahl an Vorteilen bietet. Neben der räumlich-zeitlichen Vergleichbarkeit ohne aufwendige Umrechnungen und Vorteilen gegenüber der ausschließlichen Nutzung administrativer Gebietseinheiten als Bezugsgrundlage (Wonka 2009), ist die zunehmende Bedeutung von Rasterkarten durch Eurostat-Vorgaben (European Commission – EUROSTAT 2005) und INSPIRE-Richtlinien (INSPIRE Thematic Working Group 2010) hervor zu heben.

Das Rasterkonzept kann in unterschiedlichen Feldern Anwendung finden, so z. B. zur Modellierung sozioökonomischer Daten (u. a. Tammilehto-Luode, Becker 1999; Avellar et al. 2009), Vulnerabilitätsmodellierung (Roy, Blaschke 2011), die Anwendung in zellulären Automaten (Thin, Vogel 2005) oder für Generalisierungsprozesse (Peter, Weibel 1999). Die rasterbezogene Abbildung der baulich geprägten Siedlungsfläche und siedlungsstruktureller Kennzahlen wie Geschossflächenzahl bzw. -dichte, Gebäudevolumen bzw. -dichte oder einwohnerbezogene Kennzahlen, pro Gebäudeverband oder Baublock, findet bisher wenig Beachtung in der Literatur. Bei der Überführung eines flächenhaften Merkmales wie der Siedlungsfläche in eine Rasterzelle wird meist nach dem Kriterium der Flächendominanz vorgegangen und ab einem Wert von 50 % Flächenanteil eine Zuordnung getroffen (bspw. Milego, Ramos 2011). In diesem Beitrag wird gezeigt, dass ein sinnvoller Schwellwert des Rasterzellenanteiles, ab dem eine Rasterzelle als Siedlungsfläche anzusehen ist, je nach Eingangsdaten und Methode variieren kann.

2 Datengrundlagen

Für die folgenden Untersuchungen wurde auf Datensätze des am Leibniz- Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) bearbeiteten Verbundprojektes REFINA-DoRif¹ (Meinel, et. al. 2011) zurückgegriffen. Die Ausgangsdaten sind Ergebnis einer automatischen Auswertung mit dem Programm SEMENTA[®]-CHANGE (*SettlementAnalyzer*). Damit ist es möglich, auf Grundlage des ATKIS-Basis DLM (Objektgruppe: *Baulich geprägte Fläche*) und analoger Topographischer Karten, die bebaute Siedlungsfläche in hoher Auflösung automatisiert auszuwerten. Zu diesem Zweck wurde, basierend auf der Gebäudestruktur (abgeleitet aus Topographischen Karten), die Siedlungsfläche früherer Zeitschnitte durch Rückprojektion abgeleitet (Meinel et al. 2009; Hecht et al. 2010; Meinel et al. 2011). Dieser Ausgangsdatensatz enthält 66 Gemeinden bzw. Städte des Regierungsbezirkes Düsseldorf zu fünf verschiedenen Zeitschnitten und wurde für die Untersuchungen zur Siedlungsfläche und deren Monitoring in Rasterkarten entsprechend aufbereitet. Die fünf Zeitschnitte variieren, da sie von den Veröffentlichungsjahren der Topographischen Karten abhängig sind, aus denen sie rückprojiziert wurden. Der erste Zeitschnitt enthält die Siedlungsfläche für die jeweiligen Gemeinden bzw. Städte zu einem Zeitpunkt, welcher zwischen 1982 und 1986 liegt. Die folgenden vier Zeitschnitte liegen in einem vier bis sechs Jahresintervall bis zum aktuellsten Zeitpunkt 2004 bis 2006. Für die Siedlungsflächendatensätze wurde, basierend auf ihrer Ausdehnung ein vektorbasiertes Raster mit einer Zellgröße von 125 m x 125 m erstellt. Anschließend wurde dieser mit den Vektordatensätzen verschnitten, um die Bezugsgrundlage für die Rasterzellenzuweisung für den finalen Rasterdatensatz zu schaffen. An diesen vorerst attributlosen Rasterdatensatz werden die im Folgenden erläuterten Berechnungsergebnisse in Form von Attributen angehängen. Der Siedlungsflächenanteil pro Rasterzelle wird jeweils errechnet und in den finalen Rasterdatensatz übernommen.

3 Darstellung der Siedlungsfläche in Rasterkarten

Wird die im Vektorformat vorliegende Siedlungsfläche in Rasterkarten überführt, so werden die qualitativen Ausprägungen in quantitative Ausprägungen (Flächenanteile) transformiert. Für räumliche Analysen liegen dann Flächenanteile pro Rasterzelle vor. Möchte man allerdings die Siedlungsfläche kartographisch visualisieren (qualitative Unterscheidung zwischen Siedlung und Nicht-Siedlung), so muss ein Generalisierungsprozess erfolgen. Für diese Wandlung stehen mehrere Ansätze zu Verfügung. Die generalisierte Abbildung der Siedlungsfläche kann unter verschiedenen Optimierungskriterien erfolgen, so z. B. möglichst flächen- oder formtreu. In diesem Beitrag wird auf die Optimierungsstrategie einer flächentreuen Transformation, im Folgenden kurz Flächensum-

¹ „Designoption und Implementation von Raumordnungsinstrumenten zur Flächenverbrauchsreduktion“ (DORIF) ist ein Verbundprojekt des Förderschwerpunktes „Forschung für der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement“ (REFINA).

menwahrung genannt, eingegangen. Allerdings kann es vorkommen, dass kleine Siedlungskörper, deren Fläche deutlich unterhalb einer Rasterzellengröße liegen und die eine entsprechende Distanz zu anderen Siedlungsflächen haben, nicht mit in die Rasterkarte übernommen werden, wenn das Kriterium der flächentreuen Transformation angewendet wird. Ausnahmeregeln bzw. der Einbezug des Optimierungskriteriums Formtreue können für diesen Fall Abhilfe schaffen.

Die Flächensummenwahrung zielt darauf ab, dass die in der Rasterkarte dargestellte Siedlungsfläche der aufsummierten Siedlungsflächen des vektorbasierten Eingangsdatensatzes möglichst nahe kommt. Mit den vorgestellten Methoden erhalten die Rasterzellen die qualitativen Attributausprägungen für Siedlung oder Nichtsiedlung (den jeweiligen Zeitschnitt im Falle des Monitorings) nach verschiedenen Kriterien, die im Folgenden erläutert werden. Dazu wird im monotonen Fall nur der aktuellste Zeitschnitt des Eingangsdatensatzes genutzt, während für das Monitoring alle fünf Zeitschnitte benutzt werden.

3.1 Zur statischen Abbildung von Siedlungsflächen in Rasterkarten

Die Überführung der Siedlungsfläche in eine Rasterkarte nach dem Kriterium der Flächensummenwahrung basiert darauf, dass die Flächensumme der als Siedlung klassifizierten Rasterzellen der Siedlungsfläche des vektorbasierten Eingangsdatensatzes möglichst nahe kommt. Die Klassifizierung erfolgt über einen Schwellwert des Rasterzellenanteils (SRZA), der über die Zuordnung der Zelle in Siedlung und Nichtsiedlung entscheidet. Bei einer Siedlungsfläche von 100 ha und einer Rasterzellgröße von 125 m x 125 m (entspricht einer Rasterzellengröße von 1,5625 ha), sollten demnach ca. 64 Rasterzellen der Klasse Siedlung zugeordnet werden.

Für jeden der 66 Siedlungsflächendatensätze wurde nun ein individueller SRZA bestimmt und damit eine Klassifikation nach Flächensummenoptimierung vorgenommen. Um einen optimierten SRZA pro Datensatz zu bestimmen, wurde der Schwellwert beginnend bei 30 % iterativ in 0,1 %-Schritten erhöht und die resultierende Zahl von Siedlungsrasterzellen berechnet. Diese wurden jeweils mit der Siedlungsfläche des Eingangsdatensatzes verglichen und der SRZA ausgewählt, der zu einer minimalen Differenz führte. (Dieser Ansatz der Einzelberechnung für jeden Siedlungsflächendatensatz wird in weiterführenden Untersuchungen noch überdacht, da er wegen der Abhängigkeit von der Gebietsgröße bei Gebietsreformen in einem Monitoring problematisch ist.). Die Ausprägungen der Grenzwerte für die Orte des Untersuchungsgebietes reichen von 35,1 % bis 51,7 %, der Mittelwert beträgt 43,8 %. Abbildung 1 zeigt den Vergleich der Siedlungsflächen in der ursprünglichen Vektorkarte und deren Abbildung in der Rasterkarte an zwei Beispielen mit stark voneinander abweichenden Schwellwerten. Die unterschiedlichen Siedlungsstrukturen bedingen unterschiedliche SRZA. Während

die Gemeinde Wachtendonk eine sehr fragmentierte Siedlungsform besitzt, zeigt Hilden eine kompakte Siedlungsform. Dieser Zusammenhang zwischen Kompaktheit der Siedlungsform und Ausprägung des SRZA fällt auch bei anderen Gemeinden auf.

Aus diesem Grund wurde nach dem Zusammenhang zwischen der Anordnung der Siedlungsflächen und dem SRZA gesucht. Dazu wurden Siedlungsflächendatensätze mit sehr kleinen bzw. großen SRZA aufbereitet. Das sind 10 Gemeinden mit einem SRZA < 40 % bzw. 6 Gemeinden mit einem SRZA > 50 %. Dazu wurden alle aneinandergrenzende Siedlungsflächen in dem Vektordatensatz zusammengefasst.

Bei vielen miteinander verbundenen Flächen verringert sich deren Anzahl demnach stärker als bei isolierten Flächen. Wachtendonk weist 463 Siedlungsflächen auf, die sich nach der Verschmelzung auf 239 reduziert haben (Hilden: von 533 auf 38).

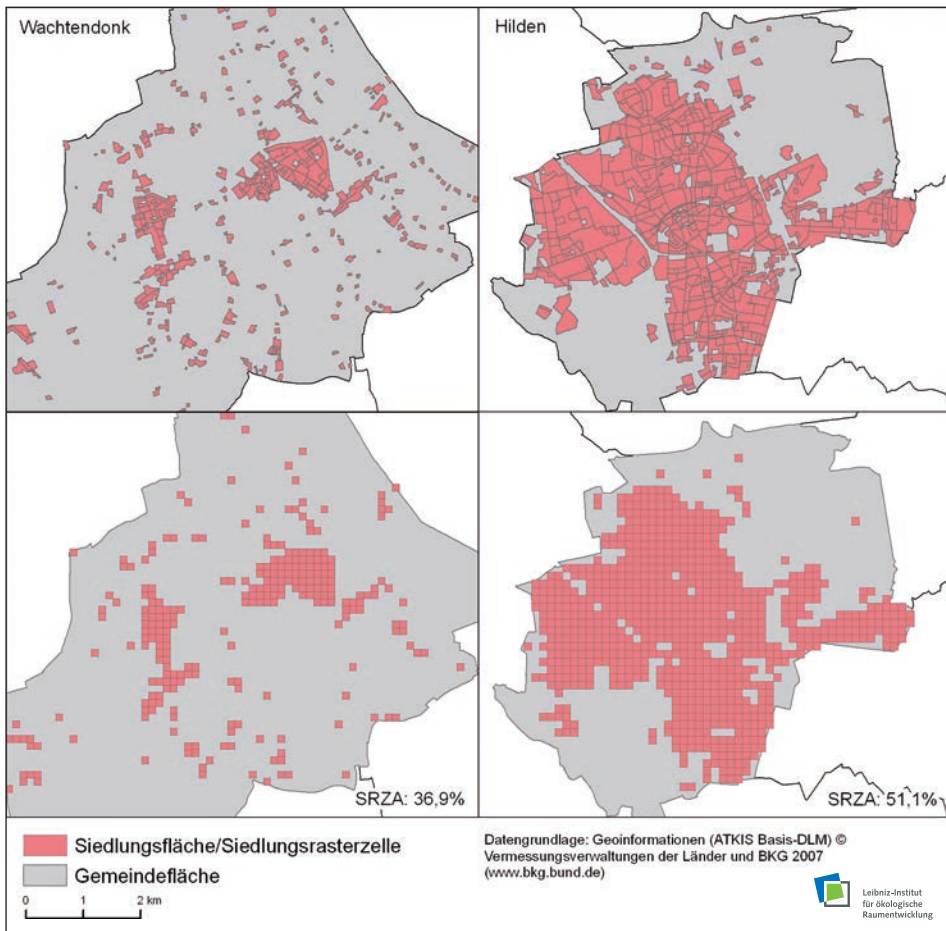


Abb. 1: Vergleich zweier Gemeinden mit unterschiedlichem Schwellwert des Rasterzellenanteils (Quelle: Eigene Untersuchungen)

Im Folgenden wurde das Verhältnis der Siedlungsflächenanzahl (VSA) als Maß für den Fragmentierungsgrad gebildet. Dazu wurde der Quotient aus der Anzahl der zusammengefassten Siedlungsflächen und der Anzahl der originalen Siedlungsflächen in der Vektorkarte errechnet. (In dem vektorbasierten ATKIS-Eingangsdatensatz werden zusammenhängende Siedlungsflächen durch Straßen in einzelne Baublöcke unterteilt.) Der Wertebereich des VSA liegt zwischen >0 und 1 (Wachtendonk 0,52, Hilden 0,07). Tabelle 1 zeigt anhand einiger Gemeinden mit hohem und niedrigem SRZA den jeweiligen VSA. Es deutet sich an, dass der VSA mit zunehmendem SRZA abnimmt. Inwiefern sich dieser Trend bestätigen lässt wird die Auswertung der Datensätze aller Gemeinden zeigen. Falls sich dieser Zusammenhang mit entsprechend großer Korrelation bestätigt, kann der SRZA direkt aus dem VSA abgeleitet werden ohne die Berechnungen für den SRZA durchzuführen.

Tab. 1: Vergleich der Ausprägungen des Schwellwertes des Rasterzellenanteils (SRZA) mit dem Verhältnis der Siedlungsflächenanzahl (VSA) für ausgewählte Gemeinden/Kreisfreie Städte

Gemeinde/Stadt	Anzahl Siedlungsflächen	Anzahl Siedlungsflächen zusammengefasst	SRZA in %	VSA
Schermbeck	836	474	35,12	0,57
Wachtendonk	463	239	36,86	0,52
Alpen	766	405	37,41	0,53
Kranenburg	606	262	39,25	0,43
Mönchengladbach	3 763	346	50,55	0,09
Duisburg	4 545	400	50,6	0,09
Hilden	533	38	51,13	0,07

3.2 Zum Monitoring von Siedlungsflächenentwicklungen in Rasterkarten

Auch auf Rasterkartenbasis soll ein Monitoring von Siedlungsflächenentwicklungen ermöglicht werden. Das erfordert die Differenzierung von Rasterzellen hinsichtlich ihrer Entwicklung des Siedlungsflächenanteils. Demnach müssen Kriterien gefunden werden, nach denen eine Rasterzelle eine Siedlungsflächenänderung erfährt. Die Untersuchungen wurden für die Stadt Krefeld und Daten der fünf Zeitschnitte 1983, 1989, 1995, 1999 und 2006 durchgeführt.

Pro Rasterzelle wurde zunächst der Anteil der Siedlungsfläche für jeden einzelnen Zeitschnitt errechnet. Aus n Zeitschnitten ergeben sich somit n Anteile pro Zelle, die sich ändern oder konstant bleiben können. Für die vorliegenden fünf Zeitschnitte von Krefeld liegen die Attribute j_1 (Anteil Siedlungsfläche Zeitschnitt 1983) bis j_5 (Zeitschnitt 2006) vor. Es werden zusätzlich die absoluten Änderungen c_1 bis c_4 zwischen den Zeitschnitten berechnet. In dieser Form sind sowohl positive als auch negative Änderungen möglich.

Das Siedlungsflächenmonitoring erfordert die Ableitung von Informationen über die Dynamik (Konstanz oder Änderung) der Siedlungsfläche sowie den Zeitraum, in dem eine Änderung stattfand. Die zeitliche Änderung soll über die Attributausprägungen *konstant* oder *nicht konstant* mit den jeweils $n-1$ Zeiträumen zwischen den n Zeitschnitten abgespeichert werden. Wenn keine Änderung über die Zeit stattgefunden ist $c_1=c_2=c_3=c_4=0$. Aber auch, wenn j_2, j_3, j_4 oder j_5 kleiner j_1 ist (s. Abb. 2, Links, j_1 ist größer als der neue Zeitschnitt j_2 und damit wird j_1 übernommen). Allerdings führt diese Regel zu einer starken Unterschätzung der konstanten Siedlungsfläche in der Rasterkarte. Für eine bessere Abbildung der Siedlungsflächen wurden darum folgende Regeln untersucht: Finden in einer Rasterzelle eine oder mehrere Änderungen der Siedlungsfläche über die Zeiträume statt, muss entschieden werden, welcher Zeitraum als Entstehung der neuen Siedlungsfläche übernommen werden soll. So kann beispielsweise der Zeitraum mit der flächengrößten Änderung pro Rasterzelle übernommen werden. Entweder wenn diese größer als die vorhandene Siedlungsfläche im Zeitschnitt j_1 (s. Abb. 2 Mitte, j_2 ist größer als j_1 und damit erfolgt die Übernahme von j_2) ist oder auch ohne dieser Einschränkung.

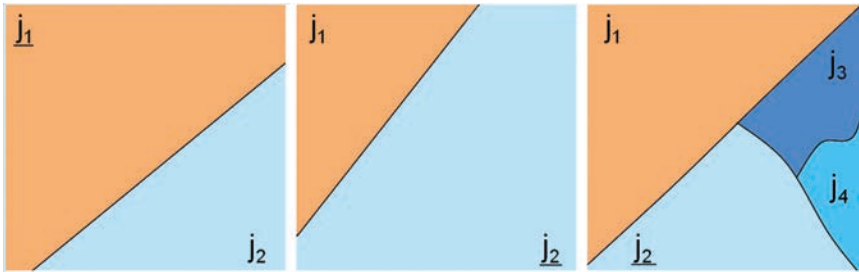


Abb. 2: Siedlungsflächenentwicklungen innerhalb einer Rasterzelle und deren Zuordnung (unterstrichene Indizes)

Weiterhin können die neuen Siedlungsflächen pro Rasterzelle in ihrer Gesamtheit und nicht nur die größte neue Siedlungsfläche als Bezugsbasis genutzt werden. So besteht die Möglichkeit auch dann den Zeitraum der flächengrößten Änderung zu übernehmen, wenn diese kleiner als die Siedlungsfläche j_1 ist, die Flächensumme der neuen Siedlungsflächen aber größer als j_1 ist (s. Abb. 2 Rechts, j_2 als größte neue Siedlungsfläche ist kleiner als j_1 , aber die Summe der neuen Siedlungsflächen j_2, j_3 und j_4 ist größer als j_1 , woraus die Übernahme von j_2 resultiert). Zusätzlich kann der Einfluss von Nichtsiedlungsflächen pro Rasterzelle in die bisherigen Überlegungen einbezogen werden.

Erste Ergebnisse für die Methode liegen am Beispiel für Krefeld vor, welche die flächengrößte neue Siedlungsfläche pro Rasterzelle der Rasterzelle zuweist, die größer als die Siedlungsfläche j_1 ist (s. Abb. 3). Auf Grund der zu erkennenden Vergrößerung einiger Strukturen sind noch Optimierungen und die Anwendung der anderen Methoden nötig.

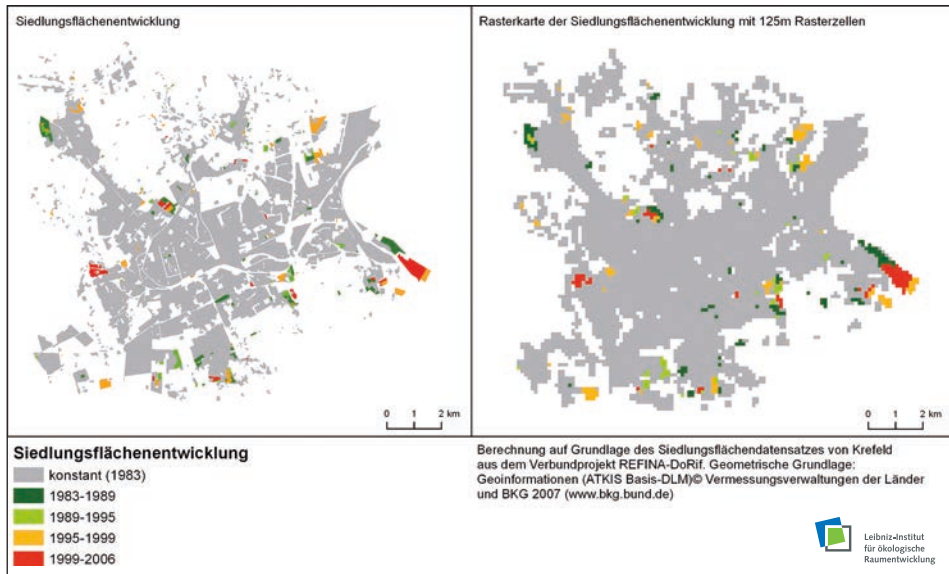


Abb. 3: Vergleichende Darstellung der Siedlungsflächenentwicklung. Links: Originaldatensatz, Rechts: Rasterkartendarstellung (Quelle: Eigene Untersuchungen)

Die Erkenntnisse, die sich durch das Monitoring der Siedlungsfläche auf Rasterzellenbasis gewinnen lassen, können auch für andere Sachverhalte genutzt werden, bei denen die Zuweisung eines Attributes zu einer Rasterzelle bei mehreren vorkommenden Attributen nötig ist. Sollen beispielsweise Flächennutzungsstrukturen wie Siedlungs-, Frei- und Verkehrsflächen in einer Rasterkarte dargestellt werden, ergeben sich ähnliche Fragestellungen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurden erste Verfahren zur Transformation vektorbasierter Siedlungsflächen in Rasterkarten vorgestellt. Damit lassen sich Informationen aus mehreren Datensätzen nach der Verschneidung mit einem quadratischen Gitternetz in ein Raster überführen. Im Ergebnis stehen eine Vielzahl von Informationen für die jeweiligen Rasterzellen mit einheitlichem Raumbezug zur Verfügung und können mit externen Daten verknüpft oder in Visualisierungen überlagert werden. Durch Filterungen mit Nachbarschaftsoperatoren („Moving Window-Methode“) lassen sich mehrere Attribute in Verbindung bringen, woraus sich ein zusätzlicher Informationsgewinn ergeben könnte. In diesem Zusammenhang sollen später Fragen nach Form und Größe der Filtermaske sowie eingehenden Parametern bzw. deren Kombination untersucht werden. Eine qualitative Darstellung der Siedlungsfläche in der Rasterkarte unter der Bedingung der Flächensummenwahrung ergab ebenfalls zufriedenstellende Ergebnisse. Weitere räumliche Musteranalysen

der Siedlungsflächen mithilfe von Landschaftsstrukturmaßen (z. B. Proximity Index) sind denkbar (McGarigal, Marks 1994)) und auch dem Zusammenhang zwischen SRZA und VSA wird weitere Beachtung geschenkt. Neben der Darstellung der bebauten Siedlungsfläche nach dem Kriterium der Flächensummenwahrung wird auch die Formwahrung untersucht werden. Mögliche Ansätze der Umsetzung sind dazu die Nutzung verschiedener Zellgrößen in der Rasterkarte, die Aufbereitung des Siedlungsflächendatensatzes oder Nachbarschaftsbeziehungen, die sich aus der Filterung ergeben können.

5 Literatur

- Avelar et al. (2009): Linking socioeconomic classes and land cover data in Lima, Peru: Assessment through the application of remote sensing and GIS. In: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 11 S. 27-37, Elsevier.
- European Commission – Eurostat (2005): Short proceedings of EuroGrid workshop: Working document for the Meeting of the Working party „Geographical Information Systems for Statistics“, Luxemburg.
- Hecht, R.; Herold, H.; Meinel, G. (2010): Analyse und Visualisierung der Siedlungsentwicklung mit SEMENTA®-CHANGE. In: Meinel G.; Schumacher, U. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring II, Konzepte – Indikatoren – Statistik*, Rhombos Verlag, Berlin, IÖR Schriften Band 52.
- INSPIRE Thematic Working Group Coordinate reference systems and Geographical grid Systems (2010): D2.8.1.2 INSPIRE Specification on Geographical Grid Systems – Guidelines.
- Jähne. B. (2005): *Digitale Bildverarbeitung*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- McGarigal, K.; Marks, B. (1994): FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure.
- Meinel, G.; Winkler, M. (2002): Spatial Analysis of settlement and open land trends in urban areas on basis of RS Data studies of five European cities over a 50-year period. *Proceedings of the 22nd Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories*: S. 539-546.
- Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H. (2009). Verfahren zur Erhebung, Analyse und Visualisierung von Gebäudebestands- und Siedlungsentwicklungen auf Grundlage Topographischer Kartenreihen, Göttingen: Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung d. Univ., 2009, S. V, 23 (Land Use Economics and Planning – Discussion Paper; 09-07).
- Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H.; Siedentop, S. (2011): Raumstrukturelle Ausgangssituation und Veränderungen der Flächennutzung in den Untersuchungsräumen. In: Bizer, K.; Einig, K.; Köck, W.; Siedentop, S. (Hrsg.): *Raumordnungsinstrumente zur Flächenverbrauchsreduktion*. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, Im Erscheinen, (Recht, Ökonomie und Umwelt; 19).
- Milego, R.; Ramos, M. J. (2011): Disaggregation of socioeconomic data into a regular grid and combination with other types of data. ESPON (Hrsg.) Technical Report, ESPON 2013 Database.

- Roy, D.T.; Blaschke T. (2011): A grid-bases approach for spatial vulnerability assessment to floods: a case study on the coastal area of Bangladesh, GI4DM conference, Antalya, Turkey.
- Peter, B.; Weibel, R. (1999): Using Vector and Raster-Based Techniques in Categorical Map Generalization, Third ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization, Ottawa.
- Tammilehto-Luode, M; Becker, L. (1999): GIS and Grid Squares in the Use of Register-based Socio-economic Data. Bulletin of the International Statistical Institute. ISI'99. 52nd Session. Proceedings. Book 1. Helsinki.
- Thin, N. X.; Vogel, R. (2005): Modelling Urban Land Use Dynamics with GIS and Cellular Automata – A Case Study of the Dresden City Region since 1780. In: Leal Filho, W.; Marx Gómez, J.; Rautenstrauch, C.: ITEE 2005 – Second International ICSC Symposium on Information Technologies in Environmental Engineering. Proceedings. Aachen: Shaker, 2005, (Magdeburger Schriften zur Wirtschaftsinformatik), S. 349-364.