



Flächennutzungsmonitoring V Methodik – Analyseergebnisse – Flächenmanagement

IÖR Schriften Band 61 · 2013

ISBN: 978-3-944101-18-7

Automatisierte Baublockabgrenzung in Topographischen Karten

*Sebastian Muhs, Gotthard Meinel, Dirk Burghardt,
Hendrik Herold*

Muhs, S.; Meinel, G.; Burghardt, D.; Herold, H. (2013):
Automatisierte Baublockabgrenzung in Topographischen
Karten. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.):
Flächennutzungsmonitoring V. Methodik – Analyseergeb-
nisse – Flächenmanagement. Berlin: Rhombos, IÖR Schrif-
ten 61, S. 211-219.

Automatisierte Baublockabgrenzung in Topographischen Karten

Sebastian Muhs, Gotthard Meinel, Dirk Burghardt, Hendrik Herold

Zusammenfassung

Der Bestand an analysierbaren, digitalen Daten vergangener Zeitstände zur Siedungsflächenausdehnung, die für eine kleinräumige Analyse der Siedlungsdynamik notwendig sind, steht in einem klaren Widerspruch zu seiner Nachfrage. Topographische Karten im Maßstab 1:25 000 enthalten implizit Grundrissinformationen zu den Elementarobjekten der Siedlungsstruktur – Baublock, Straße und Gebäude – und stellen dafür eine geeignete Datenquelle dar. Das hier vorgestellte automatisierte Verfahren zeigt, wie diese Information für Baublöcke mittels Methoden der digitalen Bildanalyse explizit verfügbar gemacht werden kann.

1 Einführung

Die ex-post-Analyse der Siedungsflächendynamik besitzt einen hohen Stellenwert für raumplanerische Entscheidungsträger, sei es um aktuelle Entwicklungen hinsichtlich der Erreichung siedlungspolitischer Ziele zu evaluieren (Jaeger et al. 2010) oder um aus einer Beobachtung heraus Aussagen über zukünftige Entwicklungen treffen zu können (Herold et al. 2005). Dabei ist der Baublock als gliederndes Elementarobjekt der Siedlungsstruktur die optimale Referenz- und Aggregationsebene (Wolfram 2011, 31 f.) für aus Gebäudedaten abgeleitete siedlungsstrukturelle Kennzahlen (Meinel et al. 2009).

Der Bestand an analysierbaren, digitalen Daten historischer Zeitstände zur Siedungsflächenausdehnung steht jedoch im Widerspruch zur seiner Nachfrage. Für Deutschland liegt die Geometrie der Baublöcke erst seit etwa Mitte der 90er Jahre mit dem ATKIS® Basis-DLM in digitaler Form vor. Neben Luft- und Satellitenbilddaten eignen sich vor allem gescannte topographische Karten als kostengünstige und flächendeckende Basis für die Erhebung historischer Daten der Siedlungsstruktur, da Informationen dazu in den Karten implizit dargestellt sind und es sich hierbei um fortschreibungspflichtige amtliche Geobasisdaten handelt (Meinel et al. 2007, 816). Um den manuellen Aufwand der Wissenserschließung zu minimieren, ist eine Automation der Siedungsflächenabgrenzung durch Anwendung von Methoden der Bildanalyse und Mustererkennung essentiell.

Ein solches automatisiertes Verfahren zur Baublockabgrenzung aus topographischen Karten im Maßstab 1:25 000 soll hier vorgestellt werden. Dieses Verfahren ist Be-

standteil eines Konzepts zum Aufbau einer Zeitreihe der Siedlungsflächenentwicklung, der eine Verknüpfung der abgegrenzten Baublockflächen mit aktuellen Daten der baulich geprägten Fläche erfordert (vgl. Abb. 1).

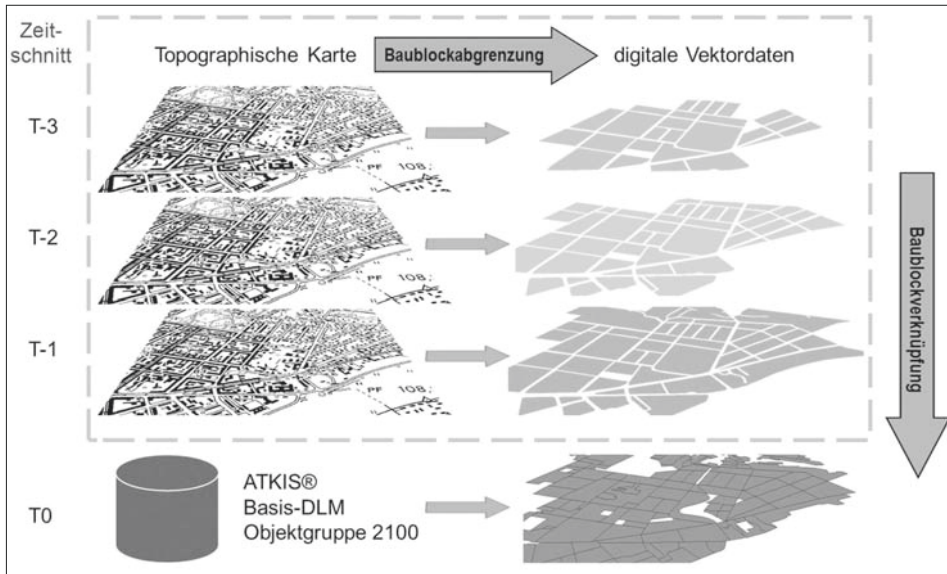


Abb. 1: Konzept zum Aufbau einer Zeitreihe der Siedlungsflächenentwicklung (Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: DTK25(-V) und ATKIS® Basis-DLM ©Landesvermessungsamt Sachsen 2008)

2 Abgrenzung baulich geprägter Fläche aus topographischen Karten

2.1 Vorüberlegungen

Luft & Bender (1998) definieren einen Baublock als von topographischen Grenzlinien eingeschlossene, bebaute Fläche. Im folgend beschriebenen Ansatz werden diese Grenzlinien vorwiegend durch das Straßennetz definiert. Damit folgt der Ansatz weitestgehend der anglo-amerikanischen Definition eines Baublocks nach Conzen (1960, 5) als kleinster, von Straßen umrandeter Verbund von Grundstücken. Der Vorteil dieser Definition ist die wechselseitige Beziehung von Baublock und Straßennetz. Allerdings wird die Definition lediglich innerstädtischen Situationen gerecht. Andere Grenzlinien im Sinne von Luft & Bender (1998) sind beispielsweise Schienentrassen, Flüsse oder Flurstücksgrenzen. Besonders in städtischen Randlagen oder ländlichen Gebieten (z. B. Straßendörfer) schließen häufig Flurstücksgrenzen den Baublock ab. Abbildung 2 stellt die unterschiedlichen Abgrenzungsmöglichkeiten der Baublöcke schematisch dar:

- Abgrenzung ausschließlich alleine über das Straßennetz bei Vernachlässigung der tatsächlichen Überbauung, weiterer topographischer Grenzen oder Nutzungsänderungen (vgl. Abb. 2a);
- Abgrenzung unter Berücksichtigung überbauter Flächen und Landnutzungswechsel. Zudem führen die Eisenbahntrasse und der Fluss zu einer Teilung der Baublockflächen (vgl. Abb. 2b).

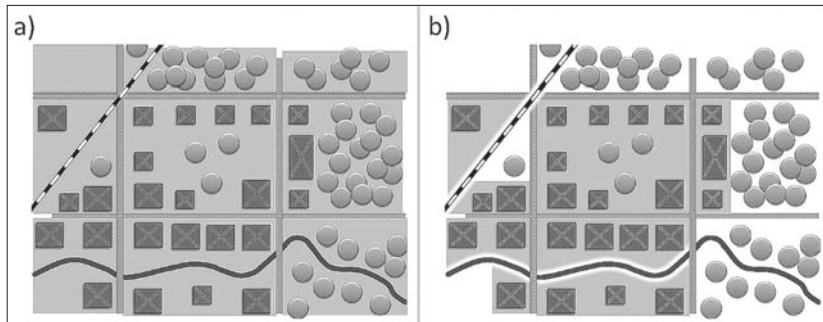


Abb. 2: Abgrenzungsmöglichkeiten für Baublöcke (hellgraue Fläche) (Quelle: eigene Darstellung)

2.2 Datengrundlage

Als Datengrundlage zur Abgrenzung der Baublockstruktur wird der binäre Grundrisslayer der Digitalen Topographischen Karte (Vorläufige Version) DTK25 (-V) (entspricht der gescannten analogen Topographischen Karte) in einer Scanauflösung von 200 Linien/cm gewählt. Darin werden durch die Überlagerung mehrerer Inhaltsebenen neben den Elementarobjekten der Siedlungsstruktur – Gebäude in Vollton- und Straßen in Doppelliniendarstellung – auch Signaturen für Infrastruktur, Vegetation und besondere topographische Orte, weitere gliedernde Objekte (z. B. administrative Grenzen, Landnutzungsgrenzen) und Schriften dargestellt. Die Topographischen Karten im Maßstab 1:25 000 sind nur geringfügig generalisiert und daher für quantitative Analysen der Stadtstruktur sehr gut geeignet. Zudem werden sie in regelmäßigen Zeitabständen aktualisiert (ca. fünf Jahre) und datieren für große Teile Deutschlands zurück bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts, was sie für Zeitreihenanalysen prädestiniert.

Allerdings stellen länder- und zeitspezifische Unterschiede zwischen den topographischen Kartenwerken hinsichtlich der Kartengrafik und Datenstruktur (z. B. in Gebrauch und Form von Signaturen, Schraffuren und der Integration des Schriftenlayers) (Meinel et al. 2008, 36) eine Herausforderung für die automatisierte Analyse dar. Zudem erschwert die binäre Kartenausprägung des Grundrisslayers durch die fehlende Farbinformation und der damit einhergehenden reduzierten Informationsdichte die Analyse. Gleichzeitig ist sie aber auch die allgemeingültigste und häufigste Kartenform.

2.3 Baublockdarstellung in der Topographischen Karte

Die Abgrenzung der Baublöcke lässt sich einerseits aus der Darstellung des Straßen- (vgl. Abb. 3a/b), Gewässer- und Schienennetzes ableiten, andererseits aus der Darstellung von Gebäuden und Flurstücksgrenzen (vgl. Abb. 3b/c), sofern diese in der Karte eingetragen sind. Bezogen auf die Abgrenzung durch das Straßennetz wird durch die Straßensignatur (Doppelliniendarstellung) ein Baublock geometrisch als geschlossene Kontur dargestellt. Das ermöglicht die Identifizierung der Baublöcke durch die bildanalytische Methode Boundary Fill der geschlossenen Konturen. Für die Anwendung dieser Methodik ist eine korrekte und saubere Darstellung der Baublöcke jedoch unabdingbar. Das heißt, die Konturen müssen geschlossen sein und unverbunden mit den Konturen anderer Baublöcke vorliegen.

Im Zusammenspiel mit ungünstigen Scanbedingungen hat die Konkurrenz der hierarchisch überlagerten Inhaltsebenen im Grundrisslayer jedoch zur Folge, dass diese Bedingung gewöhnlich für große Teile der Karte nicht erfüllt wird. Einerseits kann es durch die Überlagerung des Layers, der die Elementarobjekte der Siedlungsstruktur darstellt, mit einem Layer gleichen Rangs zu einer Verknüpfung der Baublockobjekte kommen (z. B. verbinden von Baublockgrenzen durch Straßenbahnsignatur – vgl. Abb. 3e). Andererseits kann die Überlagerung mit einem Layer höheren Rangs zur Freistellung des darunterliegenden Layers und damit zu einer Fragmentierung der Baublockgrenzen führen (z. B. durch den Schriftenlayer – vgl. Abb. 3d). Daher ist es notwendig, verknüpfende und freistellende Kartenobjekte und Signaturen zu erkennen, zu entfernen und die fragmentierten Baublockgrenzen zu rekonstruieren.

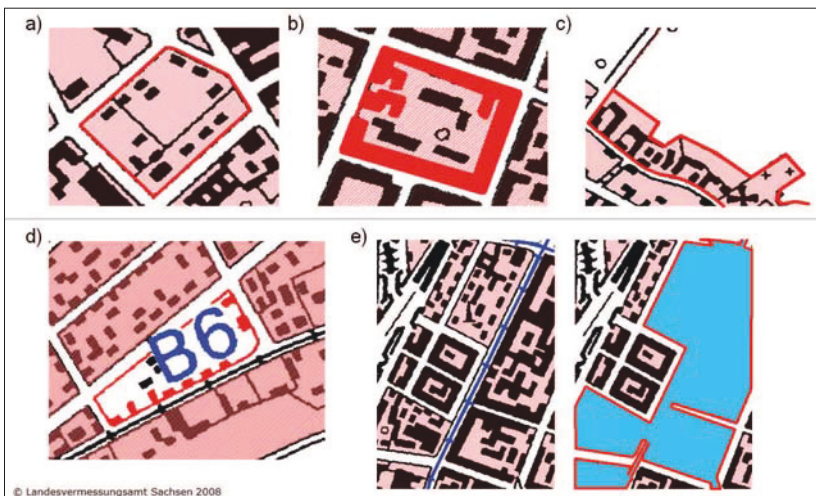


Abb. 3: Identifikation von Baublöcken in topographischen Karten (a-c) und Fragmentierung (d) bzw. Verknüpfung (e) der Baublockgrenzen (jeweils in Rot hervorgehoben) als Folge der Überlagerung mehrerer Inhaltsebenen im Grundrisslayer. In dunklem Blau sind fragmentierende und verknüpfende Objekte (d-e), in hellem Blau das Gesamtelement der verknüpften Baublockgrenzen dargestellt (e) (Quelle: eigene Darstellung)

3 Prozess der Baublockabgrenzung

Ausgehend von den Vorüberlegungen ergibt sich ein modular aufgebautes Konzept zur Baublockabgrenzung. In einem ersten Schritt wird versucht, aus dem Kartenbild alle Kartenobjekte zu extrahieren (vgl. Abb. 4, Modul Kartenobjekte), die eine Baublockabgrenzung entweder behindern (z. B. Beschriftung, Straßenbahnsignatur, andere Punktsignaturen) oder unterstützen (z. B. Gebäude, Eisenbahnsignatur, Schraffur für Wohnraumnutzung). Die Methodik zur Segmentation von Gebäuden und Schriften wird bei Meinel et al. (2009, 471 f.), die zur Abgrenzung von linienhaften Signaturen bei Muhs et al. (2012, 147 f.) dargestellt.

Im Modul Baublockabgrenzung (vgl. Abb. 4), dem zentralen Modul des Verfahrens, werden die Baublöcke aus der bereinigten Karte nach der Baublockdefinition von Conzen (1960, 5) iterativ und unter Zuhilfenahme des im Modul Kartenobjekte segmentierten Schienennetzes abgegrenzt. In der ersten Iteration werden alle korrekt dargestellten Baublockobjekte abgeleitet. In den weiteren zwei Iterationen werden die durch die Fragmentierung entstandenen kartographischen Lücken beseitigt und die Außengrenzen der Baublöcke rekonstruiert. Nach jeder Iteration wird dabei aus den erzeugten Baublöcken das Straßennetz abgeleitet und aktualisiert. Dieses Netzwerk dient einerseits als Rückkopplung für den Abgrenzungsprozess und andererseits als Grundlage für die Evaluierung der Baublöcke hinsichtlich fehlerhaft abgeleiteter Baublockgrenzen. Bereiche der Karte, für die eine Abgrenzung nicht zweifelsfrei möglich war, werden zur manuellen Nachbearbeitung markiert. Im Ergebnis liegen in einem Layer sämtliche durch das Straßennetz eingeschlossenen (vgl. Muhs et al. 2012) und durch das Schienennetz modifizierten Blöcke vor.

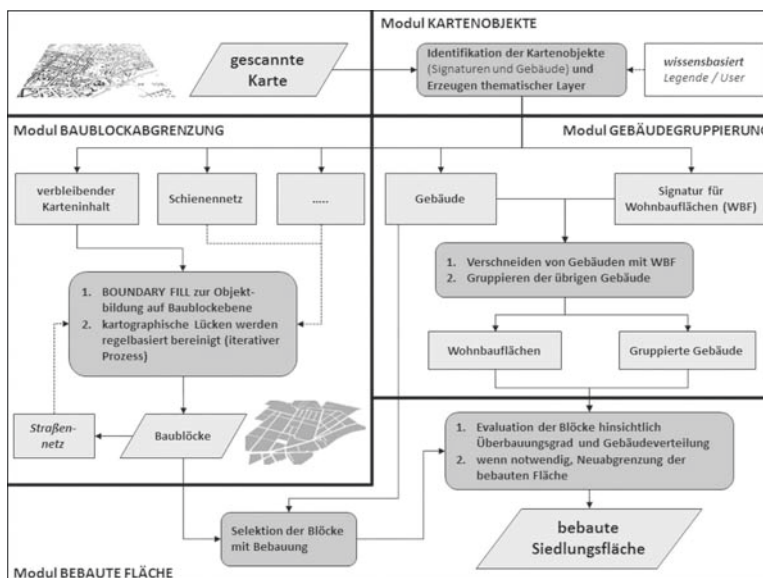


Abb. 4: Modulares Konzept zur automatischen Baublockabgrenzung (Quelle: eigene Darstellung)

Dieses Ergebnis schließt allerdings auch Blöcke der Karte ein, die nicht baulich geprägt sind wie Parks, Wasser- oder Waldflächen. Um Baublöcke im Sinne von Luft/Bender (1998) abzugrenzen, wurde das bei Muhs et al. (2012) vorgestellte Konzept um die Module Gebäudegruppierung und Bebaute Fläche erweitert.

Das Modul Gebäudegruppierung (vgl. Abb. 4) verfolgt das Ziel, Gebäude unter Beachtung der Baublockgeometrie zu gruppieren. Dabei wird ein iterativer Gravitations-Ansatz verfolgt; je mehr Fläche ein Gebäude oder eine Gebäudegruppe einnimmt, desto größer ist auch der Fangradius für angrenzende Gebäude, die der Gruppe zugewiesen werden. In Karten einiger Bundesländer werden Wohnbauflächen durch eine Schraffur oder Signatur ausgewiesen. Für diesen Fall wird diese Schraffur mit den Gebäuden verschnitten um die Gruppierung zu unterstützen.

Im finalen Modul Bebaute Fläche (vgl. Abb. 4) werden alle Blöcke, die Gebäude enthalten, hinsichtlich ihrem Überbauungsgrad und der Gebäudeverteilung evaluiert. Bei räumlich ungleicher Verteilung oder geringer Überbauung werden die bebauten „Blockflächen“ neu abgegrenzt. Dazu werden ausgehend von einer Gebäudegruppe entweder in der Karte enthaltene Grenzlinien genutzt oder eine Hülle (konkav/konvex) so um die Gruppe konstruiert, dass sie die Gebäude einschließt und die Verbindung zum Straßennetz gewährleistet wird. Das Ergebnis ist ein Baublocklayer im Sinne von Luft/Bender (1998).

4 Ergebnisse

Die Methodik wurde an Testkacheln der Topographischen Karte 1:25 000, Blatt Dresden aus dem Jahr 2008 entwickelt. Um die Leistungsfähigkeit zu beurteilen, wurde die Methodik an zwei weiteren Untersuchungsgebieten in Hannover und Krefeld getestet. Neben Unterschieden in der Verwendung von Signaturen für Kartenobjekte wie Straßen- und Eisenbahn weisen die topographischen Karten der Untersuchungsgebiete auch unterschiedliche Qualitäten auf. Basierend auf Kriterien von Meinel et al. (2008) besitzt die Karte von Hannover eine sehr gute Eignung, da sie direkt aus Daten des ATKIS® Basis-DLM abgeleitet wurde. Die Karten guter bis mäßiger Qualität von Dresden und Krefeld basieren auf gescannten Kartenfolien, wobei die Karte von Dresden noch eine leicht bessere Qualität hat als die Karte von Krefeld, was auf unterschiedliche Scanqualitäten zurückzuführen ist (insbesondere Binarisierungsschwellwert).

Als Referenz zur Beurteilung der Abgrenzungsergebnisse wurde die Objektgruppe Baulich geprägte Fläche (2100) des ATKIS® Basis-DLM (AdV 2003) aus dem Jahr 2008 genommen. Obwohl den Autoren bewusst ist, dass die Darstellungen in der Topographischen Karte und dem Basis-DLM nicht deckungsgleich sind, bietet sich das Basis-DLM als Referenz an, da dieses den aktuellsten Zeitschnitt T0 der Zeitreihe der Siedlungsflächenentwicklung repräsentiert (vgl. Abb. 1).

Tab. 1: Vergleich der Abgrenzungsergebnisse baulich geprägter Fläche in der DTK25(-V) mit dem Basis-DLM als Referenz (Quelle: eigene Analyse)

Unter- suchungs- gebiet	Bebaute Fläche (km ²)		Match	Mismatch	
	DTK25	DLM		überschätzt	unterschätzt
Hannover	48,51	47,87	0,965	0,025 (2,47 km ²)	0,010 (0,99 km ²)
Dresden	22,01	22,67	0,933	0,035 (1,66 km ²)	0,032 (1,54 km ²)
Krefeld	37,99	38,92	0,937	0,027 (2,16 km ²)	0,036 (2,88 km ²)

Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der Baublockabgrenzung zusammen. Die Angaben zu Match (Übereinstimmung von automatischer Abgrenzung mit dem Basis-DLM) und Mismatch beziehen sich dabei immer auf die Gesamtgröße des Kartenausschnitts des Untersuchungsgebietes (Hannover: 100 km²; Dresden: 48 km²; Krefeld: 80 km²). Die relativen Werte spiegeln das gute Abgrenzungsergebnis wider. Auch die Kartenqualität spiegelt sich in den Ergebnissen wider, wenn auch nicht so klar, wie das zu erwarten gewesen wäre. Das liegt in erster Linie daran, dass die flächenhaft dargestellten Gebäude als dominantes Abgrenzungsobjekt in den Modulen Gebäudegruppierung und Bebaute Fläche (vgl. Abb. 4) fungieren und damit Schwachstellen in der größtenteils linienhaften Abgrenzung der Baublöcke ausgleichen können. Beispiele für Überschätzung der Abgrenzung aus Karten sind Innenhöfe bei dichter Blockrandbebauung, die im Basis-DLM teilweise als Friedhöfe oder Parks ausgewiesen sind. Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt aus dem Untersuchungsgebiet Hannover.

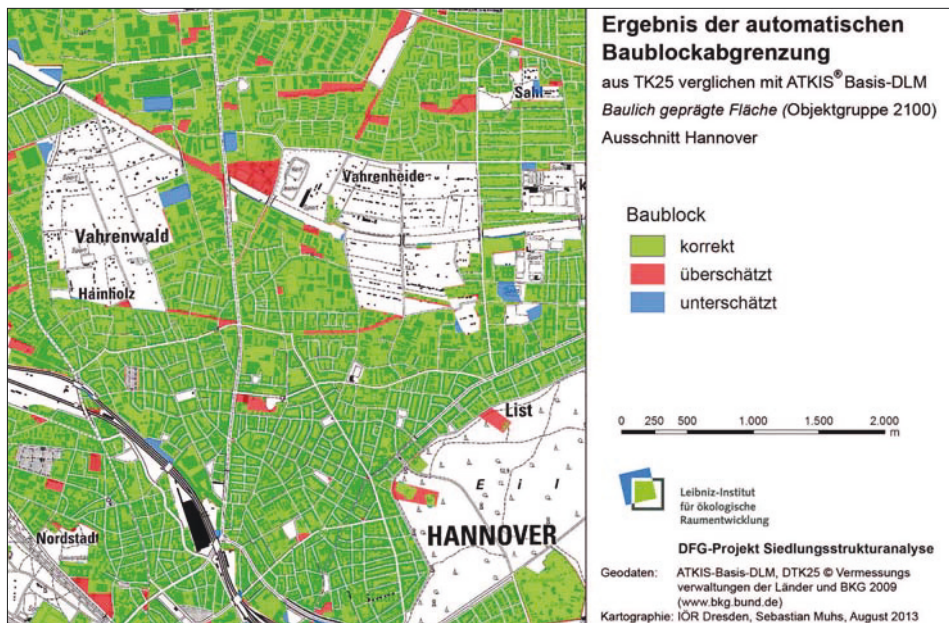


Abb. 5: Evaluierung des Ergebnisses der automatischen Baublockabgrenzung für einen Ausschnitt des UG Hannover (Quelle: siehe Karte)

5 Fazit

Das Verfahren zur Abgrenzung von Baublockflächen auf Basis der TK25 liefert gute Ergebnisse. Diese sind mit den auf Grundlage hochauflösender Fernerkundungsdaten erzielten Ergebnissen vergleichbar. Beispielsweise berichten Esch et al. (2010) von einer Abgrenzungsgenauigkeit von 0,94, die sie mit Radardaten des TerraSAR-X-Systems erreichten. Ob das hier vorgestellte Konzept und die entwickelte Methodik einen Beitrag zu einer hochaufgelösten Analyse der vergangenen Siedlungsflächenentwicklung leisten kann und eine Ergänzung zur amtlichen Flächenstatistik darstellt, müssen weitere Untersuchungen und Analysen zeigen.

6 Danksagung

Die hier vorgestellte Arbeit wird durch die DFG gefördert (ME 1592/3-1, ME 1592/32), wofür sich die Autoren recht herzlich bedanken möchten. Die zum Testen der entwickelten Methodik genutzten Daten wurden dankenswerterweise durch das BKG bereitgestellt.

7 Literatur

- Adv – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2003): ATKIS-Objektartenkatalog Basis-DLM: Version 3.2. www.adv-online.de/Adv-Produkte/Landschafts-und-Gelaendemodelle/Downloadbereich-DLM/binarywriterservlet?imgUid=ed670c94-62f8-1ffb-8f3350376a112976&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111 (Zugriff: 06.12.2011).
- Conzen, M. (1960): Alnwick, Northumberland: A Study in Town-Plan Analysis. Transactions and Papers. Institute of British Geographers 27/1960, London.
- Esch, T.; Thiel, M.; Schenk, A.; Roth, A.; Muller, A.; Dech, S. (2010): Delineation of Urban Footprints From TerraSAR-X Data by Analyzing Speckle Characteristics and Intensity Information. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 48(2)/2010, 905-916.
- Herold, M.; Couclelis, H.; Clarke, K. (2005): The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. Computers, Environment and Urban Systems 29(4)/2005, 369-399.
- Jaeger, J.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Cavens, D.; Kienast, F. (2010): Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl. Ecological Indicators 10(2)/2010, 427-441.
- Luft, H.; Bender, G. (1998): Fachwörterbuch, Benennungen und Definitionen im deutschen Vermessungswesen mit englischen und französischen Äquivalenten: Stadtplanung, Raumordnung. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.

- Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H. (2009): Analyzing building stock using topographic maps and GIS. *Building Research & Information* 37(5-6)/2009, 468-482.
- Meinel, G.; Herold, H.; Hecht, R. (2007): Gebäudebasierte, vollautomatische Erhebung und Analyse der Siedlungsstruktur – Grundlage für ein Monitoring und die Bewertung der Siedlungsstruktur. In: Schenk, M.; Popovich, V.; Benedikt, J. (Hrsg.): REAL CORP 2007, May 20-23, 2007, Vienna. *Proceedings*. Wien, 815-824.
- Meinel, G.; Knop, M.; Hecht, R. (2008): Qualitätsaspekte und Verfügbarkeit digitaler Geobasisdaten in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung des ATKIS® Basis-DLM und der DTK25(-V). *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* 1/2008, 29-40.
- Muhs, S.; Meinel, G.; Burghardt, D. (2012): Konzept und Ergebnisse einer automatisierten Baublockabgrenzung aus topographischen Kartenwerken. *Kartographische Nachrichten* 62(3)/2012, 145-150.
- Wolfram, M. (2011): Nutzung von Geoinformation in der Stadtplanung: Stand und Perspektiven – Ergebnisse einer Online-Befragung unter deutschen Groß- und Mittelstädten. *Endbericht*, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, IÖR Texte 163, Dresden.