



Flächennutzungsmonitoring VII Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien

IÖR Schriften Band 67 · 2015

ISBN: 978-3-944101-67-5

Projektion und räumliche Allokation des Wohnbauflächenbedarfs

Axel Sauer, Marco Schwarzak, Odette Kretschmer, Jochen Schanze

Sauer, Axel; Schwarzak, Marco; Kretschmer, Odette; Schanze, Jochen (2015): Projektion und räumliche Allokation des Wohnbauflächenbedarfs. In: Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Berlin: Rhombos-Verlag, 2015, (IÖR-Schriften; 67), S. 311-319

Projektion und räumliche Allokation des Wohnbauflächenbedarfs

Axel Sauer, Marco Schwarzak, Odette Kretschmer, Jochen Schanze

Zusammenfassung

Projektionen des Flächennutzungswandels haben eine hohe Bedeutung als Grundlage für die räumlich differenzierte Analyse zukünftiger Zustände stadtreionaler Mensch-Umwelt-Systeme. Relevant ist dies beispielsweise im Rahmen der integrierten Erforschung von Folgen des Klimawandels sowie des Flächennutzungswandels, etwa für das Regionalklima, den Wasserhaushalt, das Hochwasserrisiko oder die Wassererosionsgefährdung. In diesem Zusammenhang soll der vorgestellte Ansatz auf Basis von Szenarien (= Annahmensets auf Basis von Storylines) die flächendifferenzierte Abschätzung zukünftiger Raumnutzungsmuster ermöglichen. Hierbei wird ein Fokus auf den Wandel hin zu Wohnbausiedlungsflächen gelegt. Der Ansatz besteht aus drei aufeinander aufbauenden Modulen: der Projektion der zukünftigen Bevölkerung als Haupttriebkraft der Wohnungsnachfrage, der Projektion des Neubaubedarfs und des daraus abgeleiteten (Brutto-)Wohnbauflächenbedarfs sowie der räumlich expliziten Allokation der neuen Wohnbauflächen. Getestet wurde das Vorgehen beispielhaft im Rahmen eines Projektes zur Anpassung an den Klimawandel (REGKLAM). Das Untersuchungsgebiet umfasste dabei rund ein Drittel des Freistaates Sachsen mit 138 Kommunen um die Landeshauptstadt Dresden (Modellregion). Die Bevölkerungsentwicklung und der Wohnbauflächenbedarf wurden gemeindegerecht bis zum Jahr 2025 projiziert. Hierauf aufbauend wurde die zukünftige räumliche Verteilung von Wohnbauflächen mit dem zellulären Automatenmodell DINAMICA für ein 25-Meter-Raster simuliert.

1 Einführung und Forschungsstand

Integrierte Folgenabschätzungen des Klimawandels erfordern sowohl die Berücksichtigung klimatischer und klimaabhängiger Größen als auch des gesellschaftlichen Wandels mit dem Flächennutzungswandel als spezifischem Aspekt. Da unterschiedliche Szenarien des gesellschaftlichen Wandels denkbar sind, ergibt sich die Notwendigkeit, aus diesen Szenarien unterschiedliche Varianten des Flächennutzungswandels abzuleiten. Ausschließlich auf Fortschreibungen basierende Projektionen der Transformation von Flächennutzungen sind hierzu nicht geeignet, da mit ihnen die Änderungen von Triebkräften und Einflussgrößen nur bedingt berücksichtigt werden können.

Für die Simulation von Land- bzw. Flächennutzungsänderungen existiert bereits eine Vielzahl an Methoden bzw. Modellen, deren Anwendungsbereiche sowie Vor- und

Nachteile bei Batty (2003), Verburg et al. (2004) und van Schrojenstein Lantman et al. (2011) ausführlich dargestellt werden. Die Abbildung des Wandelprozesses reicht bei diesen Ansätzen von einfachen Trendextrapolationen beobachteter Flächennutzungs-transformationen über multiple Regressionsansätze unter Einbeziehung mutmaßlicher Determinanten wie Bevölkerungswachstum bzw. Wirtschaftswachstum bis hin zu stark prozessbasierten Modellen (Paegelow, Olmedo 2008; Sante et al. 2010). Von der räumlichen Auflösung reicht die Darstellung bzw. Berechnungseinheit von Landnutzungsanteilen in Aggregaten (z. B. Landkreisen) bis hin zu Einzelnutzungen in Rasterzellen (Soares et al. 2002; Hagoort 2006). Einige Ansätze arbeiten mehrstufig und trennen die Triebkräfte des Wandels mit Änderungsraten/Transformationsmatrix von den räumlichen Determinanten für die konkrete Lokalisierung (Li, Yeh 2000; Ströbl et al. 2003).

2 Gesamtansatz

Um die Auswirkungen quantitativer Änderungen von Triebkräften des Flächennutzungswandels darzustellen, wurde ein szenariobasierter Ansatz zur Erstellung alternativer Projektionen der Flächennutzung entwickelt, der auf Siedlungsflächen für Wohnbebauung (Wohnbauflächen) fokussiert. Der Ansatz besteht aus drei aufeinander aufbauenden Modulen (vgl. Abb. 1):

1. der Projektion der zukünftigen Bevölkerung als Haupttriebkraft der Wohnungsnachfrage,
2. der Projektion des Neubaubedarfs und des daraus abgeleiteten (Brutto-)Wohnbauflächenbedarfs sowie
3. der räumlich expliziten Allokation der Standorte möglicher neuer Wohnbauflächen.

Die Grundannahmen, notwendigen Daten und die Bearbeitungsschritte der einzelnen Module werden in den folgenden Abschnitten übersichtsartig dargestellt. Details finden sich in Kretschmer (2012), Schwarzak (2012) sowie Sauer et al. (2011). Grundsätzlich ist zu beachten, dass im Rahmen der Methode für das Fallstudiengebiet gegenwärtig baurechtliche Ausweisungen vernachlässigt werden, weshalb bewusst auf die Verwendung der Begriffe Bauland bzw. Baugebiet verzichtet wird.

2.1 Projektion der Bevölkerung

Grundlage zur Abschätzung des Wohnbauflächenbedarfs stellt eine kleinräumliche Projektion der Bevölkerungsentwicklung dar. Für alle Gemeinden des Untersuchungsgebietes ($n = 138$) wird die zu erwartende Gesamtbevölkerungszahl sowie die zu erwartende Altersstruktur in 16 Alterskohorten zu je 5 Altersjahren für die Jahre 2015, 2020 und 2025 berechnet.

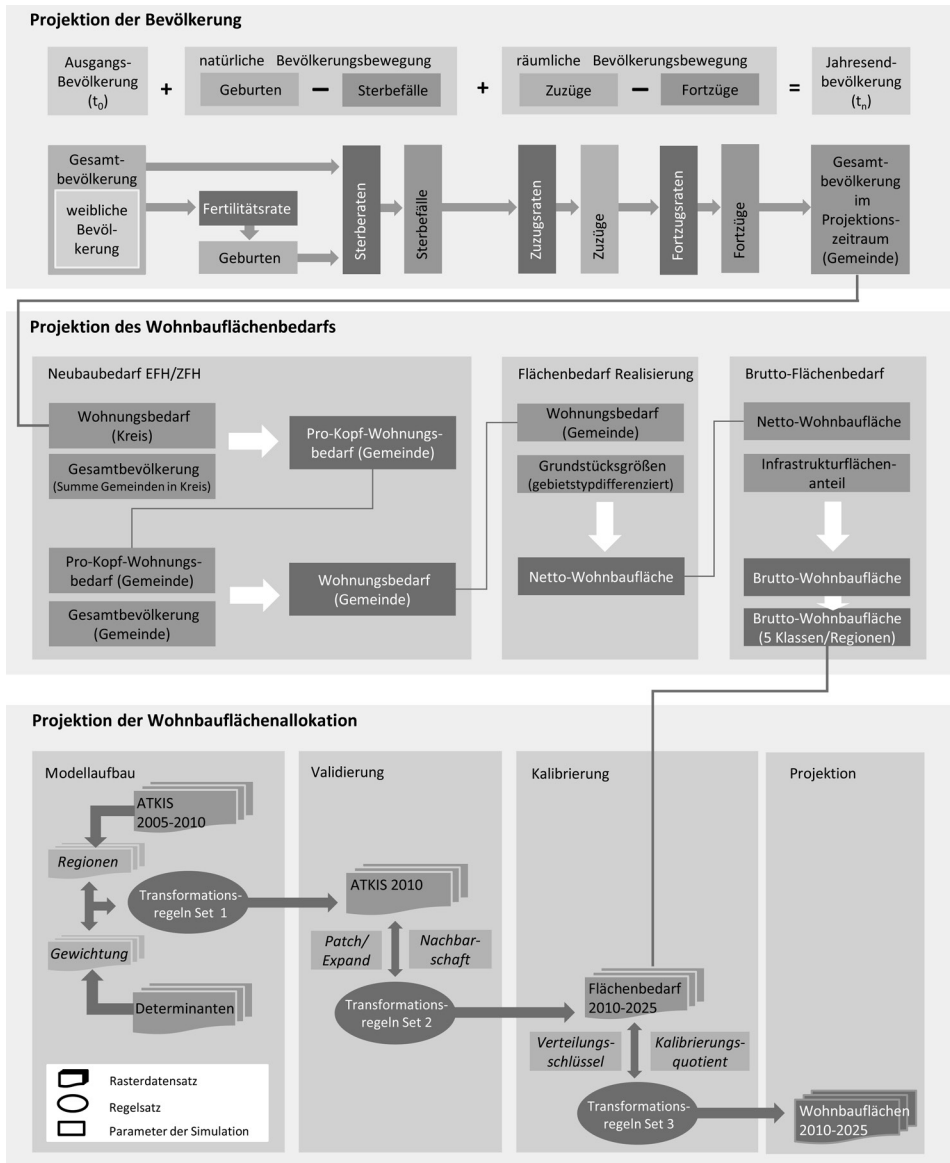


Abb. 1: Ansatz zur Projektion und räumlichen Allokation des Wohnbauflächenbedarfs (Quelle: eigene Bearbeitung)

Ausgangspunkt der Bevölkerungsprojektion bildet eine gemeindescharfe Analyse der demographischen Veränderungen der Jahre 2000 bis 2010. Datengrundlage ist eine Sonderauswertung des Statistischen Landesamtes Sachsen, welches gebietsstandsbereinigte Daten der Jahre 2000 bis 2010 (teilweise auch 1990 bis 2010) zur Verfügung stellt.

Es werden spezifische Kennzahlen zur Fruchtbarkeit und Mortalität sowie Zu- und Fortzügen für alle Alterskohorten erstellt. Aus den jährlichen Kennzahlen jeder Gemeinde werden die zeitlichen Veränderungsdaten aufgezeichnet und untersucht. In Fällen, in denen Sondereinflüsse identifiziert werden können (Senioreneinrichtungen, Haftanstalten, Militärstandorte), wurden diese korrigiert. Im Anschluss wurden Trends der Kennzahlenentwicklung unter Rückgriff auf Szenarienannahmen in die Zukunft (2010 bis 2025) fortgeschrieben. Für die Vorausberechnung der Wanderungsannahmen wurden altersspezifische Wanderungsraten über zwei verschiedene Beobachtungszeiträume abgeleitet. Diese spezifischen Wanderungsmuster repräsentieren zum einen die Variante „Status quo“ (Beobachtungszeitraum 2000 bis 2010) sowie eine Variante „jüngste Wanderungstendenz“ (Beobachtungszeitraum 2005 bis 2010).

Die Berechnung der Bevölkerungszahlen erfolgt für alle Altersklassen und Gemeinden nach der Kohorten-Komponenten-Methode. Diese verrechnet nach der demographischen Grundgleichung die natürliche und räumliche Bevölkerungsbewegung zu einer zukünftigen, altersdifferenzierten Bevölkerung. Die Berechnung stützt sich dabei auf das Prognosemodell des IÖR (Eichhorn, Iwanow 2008), welches in der automatisierten Form (Schwarzak 2012) eingesetzt wurde.

2.2 Projektion des Wohnbauflächenbedarfs

Die Projektion des Wohnbauflächenbedarfs setzt sich aus drei Teilschritten zusammen: 1.) der Ermittlung des gemeindespezifischen (Neubau)-Bedarfs an Wohneinheiten im Bereich Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH/ZFH) und 2.) der Abschätzung des Flächenbedarfs für die bauliche Realisierung (Grundstücksgrößen) sowie 3.) der Bestimmung und Addition der zugehörigen Gemeinbedarfs- bzw. Infrastrukturflächen.

Dem Ansatz liegen die folgenden Annahmen zugrunde: Die Flächeninanspruchnahme durch Neubau im EFH/ZFH-Sektor ist die Folge der Realisierung von Wohnbedürfnissen. Eine Abschätzung über komplexe Modelle unter Berücksichtigung von Bevölkerungsstruktur, Haushaltsbildung und spezifischem Nachfrageverhalten ist zwar möglich, aber mit einem hohem Aufwand verbunden, insbesondere bei einer räumlichen Differenzierung auf kommunaler Ebene. Die räumliche Verteilung der Bevölkerung ist der dominante Prädiktor der Flächenbedarfsverteilung. Ein aufwandsärmerer, hier verfolgter Ansatz zur Abschätzung der Wohnbauflächenbedarfsverteilung ergibt sich durch die Kombination der kleinräumig differenzierenden Bevölkerungsprojektion des vorhergehenden Moduls mit existierenden Prognosen/Projektionen zum Wohnungsmarkt auf einer höheren räumlichen Ebene. Ausgangspunkt ist die auf einem komplexen Modell mit Bevölkerungsvorausberechnung, Haushaltsbildung und spezifischer Wohnungsnachfrage basierende Wohnungsmarktprognose des BBSR (Scharmanski et al. 2011) bis 2025 für die Kreise und kreisfreien Städte Deutschlands in zwei Varianten („obere

Variante“ oV und „untere Variante“ uV nach Scharmanski et al. 2011, 8 ff.). Unter der vereinfachten Annahme ähnlicher Strukturen und Prozesse in den Gemeinden wird eine Verteilung des kreisweiten Neubaubedarfs in EFH/ZFH über die Gesamtbevölkerung vorgenommen. Hierzu wird kreisbezogen für die einzelnen Jahres-Zeitschritte der BBSR-Prognose ein Pro-Kopf-Bedarf ermittelt. Dieser wird als Mittel auf die 5-Jahres-Zeitschritte der kleinräumigen Bevölkerungsprojektion umgelegt und über die dort errechnete Gesamtbevölkerung auf die einzelnen Kommunen bezogen. Über die im Rahmen der BBSR-Prognose sowie durch Untersuchungen des IÖR ermittelten regionsspezifisch differenzierten Grundstücksgrößen wird durch Multiplikation mit dem Wohnungsbedarf (hier jeweils gleich einem Gebäude) die Wohnbaufläche berechnet. Um auf die durch den Ansatz des nachfolgenden Moduls räumlich zu verteilende (Brutto-)Wohnbaufläche für das Jahr 2025 zu kommen, wird ein auf Basis von Literatúrauswertungen ermittelter Anteil von 25 % für Gemeinflächen der grünen und grauen Infrastruktur hinzuaddiert. Für die Weiterverarbeitung ergab sich die Notwendigkeit der Zusammenfassung der gemeindespezifischen Ergebnisse zu fünf Bedarfsklassen.

2.3 Projektion der Wohnbauflächenallokation

Basierend auf den Projektionsergebnissen der Bevölkerungsentwicklung sowie der Projektion des Wohnbauflächenbedarfs für den Zeitraum 2010 bis 2025 (vgl. Abschnitt 2.1 sowie 2.2) war es das Ziel des dritten Moduls, mögliche räumliche Verteilungsmuster zukünftiger Wohnbauflächen in der Modellregion zu projizieren. Die zugrundeliegenden Geobasisdaten (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem ATKIS® Basis-DLM) wurden in ein Raster (25 Meter Rasterweite) umgewandelt. Ein Testaufbau des Modells auf Basis von CORINE Land Cover-Daten (u. a. Keil et al. 2002) erwies sich aufgrund der sehr geringen räumlichen Auflösung als ungeeignet für Projektionen kleinräumiger Wohnbauflächenentwicklungen unterhalb der Gemeindeebene.

Unter Verwendung des zellulären Automatenmodells DINAMICA (vgl. Soares-Filho et al. 2002) wurde zunächst die Umwidmung von acht Nutzungskategorien der Nichtwohnbauflächen in Wohnbauflächen zwischen 2005 und 2010 hinsichtlich der Einflussnahme ausgewählter räumlicher Determinanten und benachbarter Flächennutzungen analysiert. Die exemplarische Auswahl der Determinanten umfasste Erreichbarkeitsfaktoren (z. B. Entfernung zu Autobahnauffahrten, S-Bahnhaltepunkte, Hauptstraßen) sowie naturräumliche und administrative/rechtliche Eigenschaften (z. B. Hangneigung, amtliche Überschwemmungsgebiete, (Natur-)Schutzgebiete). Zur Ableitung eines Sets an Transformationsregeln innerhalb des Analysezeitraumes wurden Signifikanzen sowie Gewichtungsfaktoren mittels der „weights of evidence“-Methode (vgl. Bonham-Carter 1994) für alle Determinanten berechnet. Die abgeleiteten Regelhaftigkeiten wurden in einem weiteren Schritt anhand der modellinternen „Exponential Decay“-Funktion (vgl. Soares-Filho et al. 2009) validiert und weitere Modellparameter, wie beispielsweise die

Größe sich erweiternder Wohnbauflächen („patch“/„expand“), so angepasst, dass die projizierte Verortung von Umwidmungen im Bereich der Wohnbebauung bestmöglich der tatsächlichen Allokation neuer Wohnbauflächen entsprach. Weiterhin wurde der gesamte Modellaufbau im Hinblick auf die Übereinstimmung berechneter und projizierter Quantitäten des Wohnbauflächenbedarfs validiert. Mittels Fortschreibungen des identifizierten Sets an Regelmäßigkeiten des Zeitraumes 2005 bis 2010 konnten für die fünf abgeleiteten Bedarfsklassen des Wohnbauflächenbedarfs (vgl. Abschnitt 2.2) Verteilungsmuster der Wohnbauflächenentwicklung von 2010 bis 2025 projiziert werden. Entsprechend der zur Berechnung des Wohnbauflächenbedarfs verwendeten Annahmen wurden insgesamt vier Varianten (Status quo mit uV, Status quo mit oV, jüngste Wanderungstendenz mit uV, jüngste Wanderungstendenz mit oV) von Verteilungsmustern der Wohnbauflächenentwicklung für die Modellregion berechnet.

3 Ergebnisse

Ausgehend von dem Bestand und der Struktur der Bevölkerung in der Untersuchungsregion im Jahr 2010 wurde die Bevölkerung differenziert nach 16 Altersklassen bis zum Jahr 2025 vorausberechnet. Die Bevölkerung im Untersuchungsgebiet wird je nach Variante um 6,6 % (Status quo) beziehungsweise 6,1 % (jüngste Wanderungstendenz) abnehmen. Dies bedeutet einen Einwohnerverlust von rund 86 000 Einwohnern in der Variante Status quo (-80 000 Einwohner, Variante jüngste Wanderungstendenz). Beide Varianten unterscheiden sich zudem in der unterschiedlichen Verteilung des Bevölkerungsrückgangs im Untersuchungsgebiet. Die Landeshauptstadt Dresden kann in beiden Varianten einen leichten Anstieg der Bevölkerung verzeichnen, während im Umland eine stetige Abnahme der Bevölkerung vorausberechnet wird. Die Variante jüngste Wanderungstendenz zeigt im Vergleich mit der Variante Status quo eine stärkere Polarisierung der Bevölkerungsentwicklung mit einer höheren Bevölkerungszunahme in Dresden und einem stärkeren Bevölkerungsrückgang in den übrigen Gemeinden des Untersuchungsgebiets.

Die Ergebnisse der Projektion des Neubaubedarfs und des daraus abgeleiteten (Brutto-) Wohnbauflächenbedarfs zeigen auf Basis eines durch Aggregation zurück auf Kreisebene gezogenen Vergleichs eine hohe Plausibilität in der Summe auf dieser Raumebene. Die Disaggregation liefert kleinräumige, gemeindespezifische Informationen, wobei szenariobasierte Annahmen nur auf Ebene der zugrundeliegenden Bevölkerungsprojektion sowie der Grundstücksgrößen und des Anteils an Infrastrukturflächen einfließen können.

Im Verlauf der Analysen vergangener Wohnbauflächenentwicklungen der Jahre 2005 bis 2010 hat sich gezeigt, dass sich der Entwicklungsverlauf der Stadt Dresden und deren Umlandgemeinden (inklusive einer 5 km-Pufferzone) wesentlich von der erwei-

terten Peripherieregion unterscheidet. Wie zu erwarten, fand die jährliche Wohnbauflächenzunahme in Dresden und umliegenden Gemeinden zwar mit abnehmender Tendenz, aber dennoch intensiver statt, als in peripheren Gemeinden. Als Gunstfaktoren der Wohnbauflächenentwicklung konnten u. a. die Nähe zu Wasserflächen sowie städtischen Grünflächen als auch kurze Entfernungen zu Landschaftsschutzgebieten, FFH-Gebieten sowie zu Anbindungen der Verkehrsinfrastruktur aufgezeigt werden. Weiterhin war zu beobachten, dass neue Wohnbauflächen im Zeitraum 2005-2010 vorrangig in unmittelbarer Nähe zu bereits bestehenden Wohnbauflächen entstanden. Basierend auf diesen Regelmäßigkeiten wurden mittels des zellulären Automatenmodells DINAMI-CA 1 728 ha Wohnbaufläche für die obere Variante im Status quo-Szenario für das Jahr 2025 verortet bzw. 1 397 ha für die untere Variante. Die Modellberechnungen lassen vor allem am südlichen Stadtrand Dresdens umfangreiche Wohnbauflächenentwicklungen auf Kosten von Agrarflächen erwarten. Weitere Umwidmungen werden vor allem in der oberen Variante innerhalb von Klein- und Mittelstädten der Modellregion, wie beispielsweise Freiberg oder Freital, projiziert. Wie der Abbildung 2 zu entnehmen ist, zeigt diese Variante eine umfangreiche Flächenneuanspruchnahme insbesondere in peripher gelegenen städtischen Gemeinden (vgl. Abschnitt 2.2) bis zum Jahr 2025 auf (vgl. Kretschmer 2012).

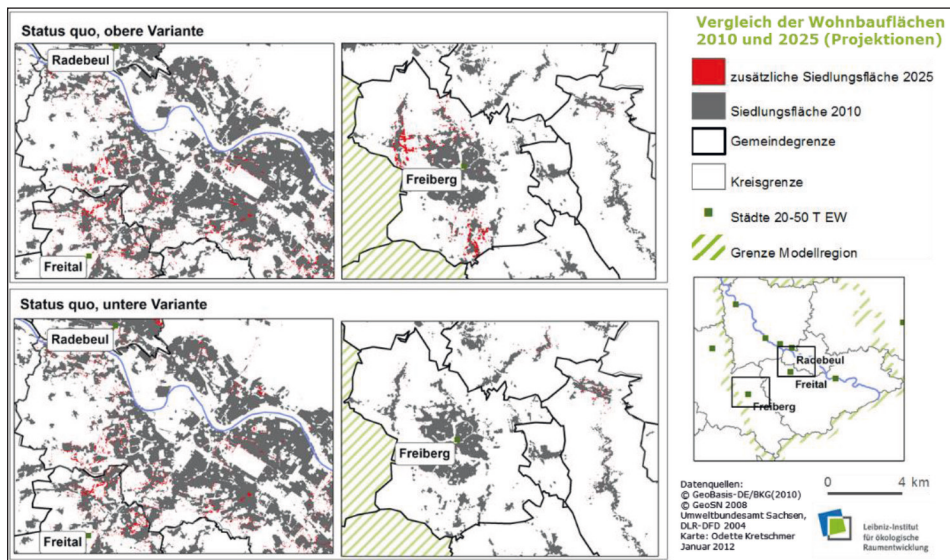


Abb. 2: Projektionsergebnisse der Wohnbausiedlungsflächenentwicklung 2010-2025 (Status quo-Varianten) für einen Ausschnitt der REGKLAM-Modellregion (Quelle: eigene Bearbeitung)

4 Diskussion

Der mehrstufige Ansatz ermöglicht prinzipiell differenzierte quantitative Annahmensetzungen auf Basis von Szenarien bzw. Storylines. Trotz seiner methodischen Vereinfachungen benötigt der Ansatz einen relativ hohen Aufwand, der sowohl im Bereich der Datenerhebung/-akquise und -aufbereitung als auch der Einarbeitung in die Modellwerkzeuge/Berechnungsmethoden der Teilschritte begründet liegt. Die im Rahmen der Fallstudie getroffenen Annahmen zur Region Dresden sind als vorläufig anzusehen und bedürfen im Rahmen eines partizipativen Szenarioprozesses eines Abgleiches und einer Konsentierung durch Experten. Die für die differenzierte Allokation notwendige Klassifizierung des Bedarfs führt zu einem Informationsverlust bzw. zu einer räumlichen Verzerrung, was aber nur durch einen deutlich erhöhten Parametrisierungsaufwand in DINAMICA behebbar wäre. Der modulare Aufbau erlaubt grundsätzlich den Austausch von Modulen, z. B. durch verfeinerte Ansätze zum Wohnungsbedarf (mit entsprechendem Mehraufwand), aber auch durch einfachere Ansätze und auch bestehende Daten, etwa einer bereits existierenden Bevölkerungsprojektion. Die Ergebnisse sowohl der aggregierten als auch der räumlich differenzierten Ergebnisse erscheinen visuell sinnvoll, eine fundierte räumliche Plausibilisierung stellt allerdings eine größere methodische Herausforderung dar, insbesondere vor dem Hintergrund, dass es um zukünftige Zustände geht.

5 Literatur

- Batty, M. (2003): Agents, Cells and Cities: New Representational Models for Simulating Multi-Scale Urban Dynamics. In: *Environment and Planning A* 37, 1373-1394.
- Bonham-Carter, G. (1994): *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Pergamon, New York.
- Eichhorn, D.; Iwanow, I. (2008): Interaktives Rechenprogramm „Kommunale Wohnungsnachfrageprognose“. In: Iwanow, I. (Hrsg.): *Struktureller Wandel der Wohnungsnachfrage in schrumpfenden Städten und Regionen. Analyse und Prognose von Wohnpräferenzen, Neubaupotenzialen und Wohnungsleerständen*. LIT-Verlag, Berlin, 172-192.
- Hagoort, M. (2006): *The Neighbourhood Rules – Land-Use interactions, urban dynamics and cellular automata modelling*. Faculteit Geowetenschappen, Universiteit Utrecht, Utrecht. (=Nederlandse Geografische Studies 334).
- Keil, M.; Mohaupt-Jahr, B.; Kiefl, R.; Strunz, G. (2002): Das Projekt CORINE Land Cover 2000 in Deutschland. In: Dech, S. (Hrsg.): *Tagungsband 19. DFD Nutzerseminar, 15.-16. Oktober 2002*, 95-104.
- Kretschmer, O. (2012): *GIS-basierte Projektionen der Siedlungsflächenentwicklung mittels multikriterieller Bewertungsfaktoren und zellulärem Automatenmodell DINAMICA*. Philipps-Universität Marburg, FB 19 Geographie (Diplomarbeit, unveröffentlicht).

- Li, X.; Yeh, A. G. O. (2000): Modelling sustainable urban development by the interaction of constrained cellular automata and GIS. In: *International Journal of Geographical Information Science* 14(2)/2000, 131-152.
- Paegelow, M.; Olmedo, M. T. C. (2008): Advances in geomatic simulations for environmental dynamics. In: Paegelow, M.; Olmedo, M. T. C. (Hrsg.): *Modelling Environmental Dynamics. Advances in Geomatic Solutions*. Springer, Berlin, Heidelberg, 3-54.
- Sante, I.; Garcia, A. M.; Miranda, D.; Crecente, R. (2010): Cellular Automata Modells for the simulation of real-world urban processes: A review and analysis. In: *Landscape and Urban Planning* 96, 108-122.
- Sauer, A.; Schwarzak, M.; Kretschmer, O.; Schanze, J. (2011): Methode/Modell zur Projektion von Raumnutzungsänderungen bzw. Änderungen des Flächenbedarfs. Bericht zum REGKLAM-Produkt 2.4e (unveröffentlicht).
- Scharmanski, A.; Waltersbacher, M.; Nielsen, J. (2011): Wohnungsmarktprognose 2025. Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn. (=Analysen Bau.Stadt.Raum 4).
- Schwarzak, M. (2012): Vorausrechnungen der kleinräumlichen Bevölkerungsentwicklung – am Beispiel der Modellregion Dresden. TU Dresden. (Diplomarbeit, unveröffentlicht).
- Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Pennachin, C. L. (2002): DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonialization frontier. In: *Ecological Modelling* 154, 217-235.
- Soares-Filho, B. S.; Rodrigues, H. O.; Costa, W. L. (2009): Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO. www.csr.ufmg.br/dinamica/tutorial/Dinamica_EGO_guidebook.pdf (Zugriff: 15.06.2015).
- Ströbl, B.; Wenzel, V.; Pfützner, B. (2003): Simulation der Siedlungsflächenentwicklung als Teil des Globalen Wandels und ihr Einfluss auf den Wasserhaushalt im Großraum Berlin. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam. (=PIK Report 82).
- van Schrojenstein Lantman, J.; Verburg, P. H.; Bregt, A.; Geertman, S. (2011): Core Principles and Concepts in Land-Use Modelling: A Literature Review. In: Koomen, E.; Borsboom-van Beurden, J. (Hrsg.) *Land-Use Modelling in Planning Practice*. Springer, Berlin, Heidelberg. 35-57. (=The GeoJournal Library 101).
- Verburg, P. H.; Schot, P. P.; Dijst, M. D.; Veldkamp, A. (2004): Land use change modeling: current practice and research priorities. In: *GeoJournal* 61, 309-324.