



Flächennutzungsmonitoring VI Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz

IÖR Schriften Band 65 · 2014

ISBN: 978-3-944101-65-1

Simulation von Verkehr und Siedlungsentwicklung bei steigenden Energiepreisen

Max Bohnet

Bohnet, Max (2014): Simulation von Verkehr und Siedlungsentwicklung bei steigenden Energiepreisen. In: Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VI. Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz. Berlin: Rhombos-Verlag, 2014, (IÖR-Schriften; 65), S. 169-177

Simulation von Verkehr und Siedlungsentwicklung bei steigenden Energiepreisen

Max Bohnet

Zusammenfassung

Im Forschungsprojekt €LAN wurde ein integriertes Landnutzungs- und Verkehrsmodell aufgebaut, das die Siedlungs- und Verkehrsentwicklung in der Metropolregion Hamburg unter verschiedenen Energiepreisszenarien simuliert. Zudem wurde dieses Modell erstellt, um Wirkungen von raum- und verkehrsplanerischen sowie von finanz- und sozialpolitischen Maßnahmen abzuschätzen, die in einem Planspiel mit Akteuren aus Planung und Politik entwickelt wurden.

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über das €LAN-Modell und legt den Schwerpunkt auf die Generierung eines synthetischen Wohnungsbestands sowie auf die Simulation der Wohnstandortwahl und der Siedlungsflächenentwicklung.

1 Einführung

Haushalte geben 30 % bis 50 % für Wohnen und Mobilität aus (Statistisches Bundesamt 2010) und diese Felder hängen am Energiepreis (Nebenkosten, Spritkosten). Im Projekt €LAN wurde von einem Szenario weiter stark steigender Energiepreise ausgegangen, die die Haushalte an verschiedenen Standorten sehr unterschiedlich betreffen würden (Gertz et al. 2008).

Wie werden Haushalte auf diese Preisentwicklungen reagieren? Welche Auswirkungen auf die Wohnkosten, das Verkehrsverhalten, das Pendeln und den Arbeitsmarkt und damit indirekt auch auf die Standortwahl, die Immobilienpreise und die Siedlungsentwicklung sind zu erwarten? Um diese Fragen zu bearbeiten, wurde von den Projektpartnern TU Harburg, IREUS Stuttgart und FiFo Köln ein integriertes Landnutzungs- und Verkehrsmodell entwickelt. Das Modell sollte eingesetzt werden, um die Wirkung von Maßnahmen abzuschätzen, die in einem Planspiel mit Akteuren aus Politik und Verwaltung aus der Metropolregion Hamburg entwickelt wurden. Das Gesamtprojekt €LAN ist dokumentiert in Gertz et al. (2014).

In diesem Beitrag soll im Kapitel 2 ein kurzer Gesamtüberblick über das Modell und insbesondere die Generierung eines synthetischen Gebäude- und Wohnungsbestands gegeben werden. Kapitel 3 stellt die Simulation der Wohnstandortwahl und Kapitel 4 das Konzept zur Simulation der Siedlungsentwicklung ausführlicher dar.

2 Modellüberblick und synthetische Wohnungen

Makroskopische und mikroskopische Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle werden seit vielen Jahren eingesetzt, um die Wechselwirkungen zwischen Siedlungs- und Verkehrsentwicklungen zu analysieren (für einen Überblick siehe z. B. Wegener (2004); Chang (2006); Pagliara (2010)). Das €LAN-Modell ist als agentenbasierte Mikrosimulation implementiert.

2.1 Synthetische Population von Agenten

Zunächst wird für das Basisjahr der Simulation eine synthetische Population von Agenten generiert, die auf einem 1-ha-Raster der Metropolregion Hamburg verortet werden. So wurden 5,4 Mio. Personen in 2,7 Mio. Haushalten, 2,5 Mio. Jobs in rund 280 000 Betrieben sowie 2,7 Mio. Wohnungen und 160 Mio. m² gewerblicher Geschossfläche in rund 1,8 Mio. Gebäuden generiert.

2.2 Synthetische Gebäude und Wohnungen

Grundlage für die Generierung synthetischer Gebäude waren Daten des Projekts SEMENTA (Meinel et al. 2008), die vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) aufbereitet wurden. Die Geschossfläche der Gebäude insgesamt wurde dann in Wohnfläche und gewerblich genutzte Fläche aufgeteilt. Es erfolgte eine Anpassung der Wohnflächen an die Daten des Zensus 2011 auf der Ebene von Gemeinden und Stadtteilen.

In einem nächsten Schritt wurden in den Gebäuden einzelne Wohnungen generiert und dann zusammengelegt oder aufgeteilt, bis die Zahl der Wohnungen mit den Zensusdaten übereinstimmte.

Die Wohnungen wurden daraufhin mit weiteren Attributen versehen: Baujahr, Energieverbrauch, Leerstand und Miet- bzw. Kaufpreis, wofür Zensus-Daten sowie ein hedonisches Preismodell genutzt wurden. Die synthetischen Haushalte eines Wohnquartiers wurden in einem nächsten Schritt auf die dort liegenden Wohnungen verteilt. Schließlich wurden noch der Eigentumsstatus (Eigentum, Miete, Sozialmiete) sowie die bisherige Wohndauer der Haushalte als Attribute generiert.

2.3 Dynamische Simulation

Das Simulationsmodell bildet die Entwicklungen und Maßnahmenwirkungen durch verschiedene Teilmodelle ab, die nacheinander in Jahresschritten ablaufen.

Zunächst werden demographische Prozesse sowie die Unternehmensentwicklung (Firmographie) in verschiedenen Teilmodellen simuliert. In einem Arbeitsmarktmodell

werden arbeitssuchende Erwerbspersonen auf freie Jobs „vermittelt“. Ein Wohnungsmarktmodell verteilt freie Wohnungen an wohnungssuchende Haushalte (s. Kapitel 3). Ein weiteres Teilmodell wurde für die Auswirkungen auf die Siedlungsentwicklung konzipiert (Kapitel 4). Im Verkehrsmodell werden u. a. die Mobilitätskosten der Haushalte sowie Erreichbarkeiten berechnet. Ein Steuer- und Transferleistungsmodell berechnet Steuern, Abgaben und Transferleistungen und schließlich das verfügbare Nettoeinkommen der Haushalte. Zugleich werden auch die Steuereinnahmen und Sozialausgaben der Kommunen, Länder und des Bundes registriert.

2.4 Stand der Modellentwicklung

Im €LAN-Projekt hat sich gezeigt, dass die Herausforderung, ein solches Simulationsmodell in einem relativ kurzen Projektzeitraum von drei Jahren zu programmieren, die regionalen Datengrundlagen zu besorgen und aufzubereiten sowie die vielfältigen Teilmodelle empirisch zu schätzen und zu validieren, zu ambitioniert war. Daher konnten nicht alle Teilmodelle fertiggestellt werden und zur Wirkungsabschätzung der steigenden Energiepreise und der im – parallel zur Modellentwicklung durchgeführten – Planspiel entwickelten Maßnahmen eingesetzt werden. Diese Wirkungsabschätzung erfolgte daher teilweise mit vereinfachten Ansätzen.

Während viele lauffähige Teilmodelle in den Bereichen Demographie, Firmographie, Arbeitsmarkt, Verkehrsmodell und Wohnungsmarkt (Kapitel 3) entwickelt werden konnten, konnten einige Teilmodelle nur konzipiert, aber noch nicht fertig programmiert werden. Hierzu gehört insbesondere die Simulation der Siedlungsentwicklung. In diesem Beitrag zum Dresdner Flächennutzungssymposium werden vor diesem Hintergrund im Kapitel 4 lediglich die konzeptionellen Ansätze vorgestellt.

3 Simulation des Wohnungsmarktes

Die Standortentscheidungen der privaten Haushalte werden in einem mehrstufigen Prozess simuliert.

Zunächst trifft ein Haushalt die Entscheidung, dass er sich nach einer neuen Wohnung umschaun will. Dabei sucht er Wohnungen einer bestimmten Größen- und Preiskategorie in einem begrenzten Suchraum. Wohnungen, die seinen groben Suchkriterien genügen, werden vom Haushalt genauer „unter die Lupe genommen“ und der Haushalt bewirbt sich beim Vermieter bzw. Verkäufer um die für ihn beste Wohnung, im Hinblick auf Lage, Größe, Preis und sonstige Eigenschaften. Der Vermieter/Verkäufer vergibt dann die Wohnung an den zahlungskräftigsten Bewerber. Dieser Haushalt zieht im Folgemonat in die gefundene Wohnung um und macht die bisherige Wohnung frei.

Wenn ein Haushalt in einem Simulationsmonat „leer ausgeht“, wird er im nächsten Monat seine Suchkriterien anpassen. Für Wohnungen, die am Jahresende nicht vermietet bzw. verkauft wurden, passen die Anbieter die Preise an.

Diese Simulationsschritte werden im Folgenden ausführlicher dargestellt:

3.1 Umzugsentscheidung

Haushalte suchen aus unterschiedlichen Gründen eine neue Wohnung: Haushaltsgründer (z. B. erwachsene Kinder oder Personen nach der Trennung vom Partner), „Einwanderer“ in die Region sowie Haushalte, die eine neue Wohnung suchen, die z. B. näher am (neuen) Arbeitsplatz liegt, die größer ist oder die sonst Vorteile gegenüber der bisherigen Wohnung bietet. Diese Umzugsentscheidungen werden als binäres Logit-Modell abgebildet, das mit den Daten des Sozio-Ökonomischen Panels (SOEP, siehe Wagner et al. 2008) geschätzt wurde (Matthes 2013).

3.2 Suchraum und Suchkriterien

Für jeden Haushalt, der als Interessent auf dem Wohnungsmarkt aktiv wird, werden sowohl sachliche als auch räumliche Suchkriterien definiert. Dabei wird auf der Basis des Haushaltstyps festgelegt, welche minimale Wohnfläche der Haushalt zunächst sucht. Das Einkommen bestimmt die Preisobergrenze, die der Haushalt zunächst zahlen will. Zudem wird dem Haushalt zugewiesen, ob er ein Miet- oder Kaufobjekt sucht.

Der Haushalt hält in einem abgegrenzten Suchraum nach passenden Wohnungen Ausschau. Dieser hängt ab von der Lage des Arbeitsplatzes (oder der Arbeitsplätze), dem bisherigen Wohnstandort (der den Fokus der sozialen Kontakte widerspiegelt) sowie der Erreichbarkeit von sonstigen Aktivitäten. Dabei werden die Erreichbarkeiten unter Berücksichtigung der Pkw-Verfügbarkeiten im Haushalt sowie dem Verhältnis von Mobilitätskosten und Einkommen auf der Basis des Verkehrsmodells berechnet.

Für zwei Beispielhaushalte werden in der folgenden Abbildung 1 die Suchräume dargestellt.

Die schwarzen Bereiche sind dabei die Bereiche, in denen der Haushalt zunächst nach einer passenden Wohnung sucht. Diese befinden sich in der Regel im Umfeld der bisherigen Wohnung, des Arbeitsplatzes sowie entlang der Verkehrswege zwischen Wohnung und Arbeitsplatz. Im Falle des rechten Haushalts, der in Reinbek östlich von Hamburg arbeitet und bislang in Hamburg-St.-Pauli gewohnt hat, erstreckt sich der Suchraum vor allem entlang der S-Bahn-Achse zwischen der Innenstadt und Reinbek. Zudem fließen in diesen Erreichbarkeitsindikator die Erreichbarkeiten von Einkaufs-, Freizeit- und Erledigungszielen ein sowie z. B. für einen Haushalt mit kleinen Kindern die Erreichbarkeit von Kitas und Grundschulen.

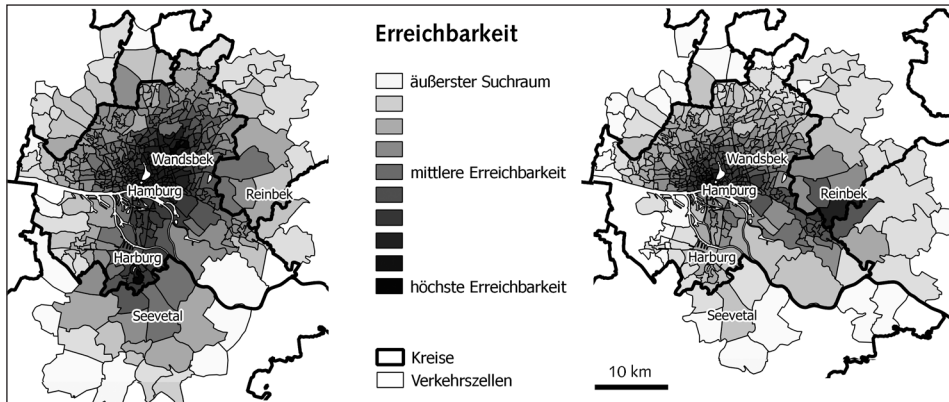


Abb. 1: Suchräume für zwei Beispielhaushalte aus Harburg (links) und Reinbek (rechts) (Quelle: eigene Darstellung)

3.3 Nutzenbewertung und Vergabe der Wohnungen

Jeder Haushalt sucht pro Simulationsmonat bis zu 10 Wohnungen, die seinen räumlichen und sachlichen Suchkriterien entsprechen. Für diese Wohnungen wird dann der individuelle „Nutzen“ für den Haushalt berechnet. In die Nutzenfunktion fließen ein:

- Die Erreichbarkeiten für den Haushalt (eine Wohnung im „schwarzen Bereich“ wird besser bewertet als eine Wohnung im „hellgrauen Bereich“).
- Größe und Preis
- Die sozio-ökonomischen Eigenschaften der Nachbarschaft: Ein reicher Rentnerhaushalt bewertet eine Wohnung in einem Quartier mit einer einkommensstarken älteren Bewohnerschaft besser als eine ansonsten gleiche Wohnung in einer ärmeren, jüngeren Nachbarschaft.
- Die Grünqualität im Umfeld der Wohnung.
- Ein Zufallsterm zur Berücksichtigung individueller, unbeobachteter Präferenzen und Eigenschaften der Wohnung.

Jeder Haushalt bewirbt sich zunächst für seine „Top-Wohnung“ mit dem höchsten Nutzenindikator. Wenn sich mehr als ein Haushalt für eine Wohnung interessiert, wird die Wohnung an den einkommensstärksten Bewerber vergeben. Haushalte, die in der ersten Runde leer ausgehen, bewerben sich dann auf die Wohnung der zweiten und dritten Wahl etc. – insgesamt pro Simulationsmonat auf bis zu 10 Wohnungen.

3.4 Anpassung von Suchkriterien und Suchraum

Haushalte, die in einem Simulationsmonat keine Wohnung gefunden haben, werden im nächsten Simulationsmonat „Abstriche“ an ihrer Wunschwohnung in Kauf nehmen. Dies wird dadurch simuliert, dass der Haushalt nach jedem Monat, in dem er leer ausgeht, seine Zahlungsbereitschaft anhebt, die minimal akzeptierte Wohnfläche senkt sowie den Suchraum ausweitet. Er sucht also nicht mehr nur in den schwarzen Verkehrszellen aus Abbildung 1, sondern auch im dunkelgrauen und schließlich im hellgrauen Bereich.

Die maximale Zahlungsbereitschaft wird aber einen gewissen Anteil des Haushalts-Nettoeinkommens niemals überschreiten. Die Wohnfläche pro Kopf wird andererseits auch einen absoluten Minimalbetrag nicht unterschreiten.

3.5 Preisanpassung in Abhängigkeit der Leerstandsquoten

Am Ende des Simulationsjahrs wird ausgewertet, welche Wohnungen nicht vermietet bzw. verkauft werden konnten und wie viele Bewerber je Wohnung sich für eine vergebene Wohnung interessiert haben. Je Wohnungssegment werden die Leerstandsquoten in der Nachbarschaft berechnet. In Wohnquartieren mit niedrigem Leerstand werden in der nächsten Simulationsperiode die Angebotspreise angehoben – und in deutlich geringerem Maße die Bestandsmieten. Bei hohem Leerstand werden Angebotspreise gesenkt, um die Immobilien auf dem Markt loswerden zu können.

4 Konzept zur Simulation der Siedlungsentwicklung

Das im Kapitel 3 beschriebene Wohnungsmarktmodell sorgt zunächst einmal nur für die Allokation des Wohnungsbestandes. In diesem Kapitel soll die Konzeption für die Simulation der Siedlungsentwicklung vorgestellt werden.

4.1 Wo kann neu gebaut werden?

In einem ersten Schritt werden Rasterzellen identifiziert, die potenziell Bauflächen für Wohn- oder Gewerbenutzung bieten könnten. Dies kann als Innenentwicklung oder aber als Außenentwicklung in bislang unbebauten Rasterzellen erfolgen.

Innenentwicklung

Für die Innenentwicklung wurden vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) Baulücken (mit vorhandener Erschließung) und Nachverdichtungspotenziale (im rückwärtigen Bereich vorhandener Bebauung) für jede 1-ha-Rasterzelle im Untersuchungsgebiet identifiziert. Die Methodik ist anschaulich in Schiller et al. (2013, 105 ff.) dargestellt.

Außenentwicklung

Außerhalb der heutigen Siedlungsfläche wurden zunächst Tabuflächen und Restriktionsflächen (z. B. Wasserflächen, Schutzgebiete, Vorranggebiete für Natur- und Landschaftsschutz) identifiziert, die nicht für eine Siedlungsentwicklung geeignet sind. Zudem wurden Flächen, die aus Gründen des Immissionsschutzes für eine Wohn- bzw. Gewerbenutzung nicht in Frage kommen, als Tabuflächen klassifiziert. Restriktionsflächen umfassen darüber hinaus auch Vorsorgegebiete und Waldflächen, deren bauliche Entwicklung langfristig zwar nicht ausgeschlossen, aber sehr unwahrscheinlich ist.

Die Siedlungsentwicklung stellt sich in der Regel als Erweiterung bisheriger Siedlungsgebiete dar (hellgraue Bereiche in der schematischen Abb. 2). Als städtebaulich geeignete Baulandpotenziale (mittelgrau) wurden daher Flächen in einem 500 m-Puffer um Siedlungsflächen mit einer Mindestgröße von 5 ha klassifiziert, die keine Tabuflächen (schwarz) oder Restriktionsflächen (dunkelgrau) darstellen.

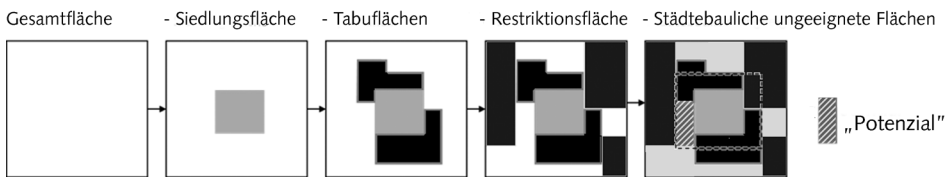


Abb. 2: Methodik zur Identifikation von Außenentwicklungspotenzialen
(Quelle: nach Gertz et al. 2014)

4.2 Wo werden Flächen erschlossen und wie viel wird gebaut?

Das „theoretische“ Baulandpotenzial, das im ersten Schritt identifiziert wurde, ist zunächst nicht erschlossen. Pro Simulationsjahr werden in Abhängigkeit der Nachfrage bestimmte Rasterzellen innerhalb der grünen Flächen „erschlossen“, so dass in diesen Rasterzellen Nettobauland entsteht, das im Folgenden genauso wie die ermittelten Baulücken im Innenbereich behandelt wird.

Eine Neubautätigkeit erfolgt vor allem dort, wo die Nachfrage nach Wohnraum oder gewerblicher Nutzfläche das Angebot übersteigt. Im Simulationsmodell wird dies gemessen mit dem Indikator „Bewerber je angebotene Wohnung“, der über alle Rasterzellen interpoliert und geglättet wird, um die Nachfrage auch für Rasterzellen zu ermitteln, in denen in der vergangenen Simulationsperiode kein Angebot auf dem Markt war. Je höher der Nachfragedruck, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Simulationsjahr Nettobauland in Neubaugebieten, Baulücken oder Nachverdichtungspotenzialen mit Wohnungen bebaut wird.

4.3 Was und wie dicht wird neu gebaut?

Im nächsten Schritt wird simuliert, welche Art und welches Maß der baulichen Nutzung dort realisiert werden. Dazu wird die realisierte GFZ und damit die gebaute Wohnfläche/Geschossfläche bei gegebenem Bruttobauland abgeschätzt und Annahmen über den realisierten Gebäudetyp gemacht. Dabei wird eine ähnliche Gebäudetypen- und Dichte-Verteilung bei jüngeren Gebäuden in den umliegenden Rasterzellen angenommen. Durch planerische Vorgaben kann eine abweichende Mindest- oder Maximaldichte gesetzt werden.

4.4 Was wird saniert, modernisiert oder abgerissen?

Der Neubau von Wohnungen umfasst nur einen Teil der Veränderungen des Siedlungsbestands. Angesichts niedriger Neubauvolumina spielt Modernisierung und energetische Sanierung von Gebäuden eine entscheidende Rolle.

Im Simulationsmodell wurde die energetische Sanierung zunächst nur anhand vorgegebener Sanierungsquoten für einzelne Gebäudetypen abgebildet. So wurde, aufbauend auf Walberg (2011), ein Prognosenullfall mit einer durchschnittlichen Sanierungsquote von jährlich 0,5 % des Gebäudebestands definiert, die zu 30 % Effizienzsteigerung führt. Diese Sanierungsquoten wurden in einem Szenario, das die politischen Entscheidungen zur Förderung energetischer Sanierungen abbildet, auf 1 % des Gebäudebestands bei 40 % Effizienzsteigerung angehoben. Eine explizite Modellierung der Entscheidungen der Eigentümer als „Agenten“ ist in Zukunft vorgesehen.

5 Fazit

Eine agentenbasierte Mikrosimulation bietet grundsätzlich große Potenziale, die komplexen Zusammenhänge der Siedlungsentwicklung, von Verkehr, Energiepreisen, Arbeitsmärkten und Wohnungsmärkten sowie die Budgets privater und öffentlicher Haushalte abzubilden. Damit können Wirkungen von politischen Strategien auch differenziert nach den betroffenen Räumen und Personengruppen bewertet werden. Allerdings ist aufgrund der Komplexität ein großer Aufwand zur Modellentwicklung und -validierung einzuplanen.

6 Literatur

- Chang, J. (2006): Models of the Relationship between Transport and Land-use: A Review. In: *Transport Reviews* 26(3)/2006, 325-350.
- Gertz, C.; Altenburg, S.; Hertel, C.; Bohnet, M. (2008): Chancen und Risiken steigender Verkehrskosten für die Stadt- und Siedlungsentwicklung unter Beachtung der Aspekte der postfossilen Mobilität. BBR.

- Gertz, C.; Siedentop, S.; Thöne, M. et al. (2014): €LAN – Energiepreisentwicklung und Landnutzung. Steigende Energiepreise und ihre Folgen für die Metropolregion Hamburg. Schlussbericht. Hrsg.: TU Hamburg Harburg, Institut für Verkehrsplanung und Logistik. Hamburg, September 2014.
- Matthes, G. (2013): Umziehen oder nicht. Eine Untersuchung der Umzugswahrscheinlichkeit von Haushalten anhand des Sozio-Ökonomischen Panels (SOEP). In: Blotevogel et al. (Hrsg.): Mobilitäten und Immobilitäten. Essen: Klartext-Verlag Dortmund. Beiträge zur Raumplanung – Blaue Reihe, Heft 142.
- Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H.; Schiller, G. (2008): Automatische Ableitung von stadtstrukturellen Grundlagendaten und Integration in einem Geographischen Informationssystem. Abschlussbericht. ein Projekt des „Forschungsprogramms Stadtverkehr (FoPS)“. Bonn: BBR, Forschungen, Heft 134.
- Pagliara, F.; Preston, J.; Simmonds, D. (2010): Residential Location Choice. Models and Applications. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Schiller, G.; Blum, A.; Hecht, R.; Meinel, G.; Oertel, H.; Ferber, U.; Petermann, E. (2013): Innenentwicklungspotenziale in Deutschland. Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage und Möglichkeiten einer automatisierten Abschätzung. BBSR. Bonn.
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2010): Wirtschaftsrechnungen. Einkommens- und Verbrauchsstichprobe. Einnahmen und Ausgaben privater Haushalte. Wiesbaden, Fachserie 15, Heft 4.
- Wegener, M. (2004): Overview of Land Use Transportation Modeling. In: Hensher et al. (Hrsg.): Handbook of transport geography and spatial systems. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 125-146.
- Wagner, G.; Göbel, J.; Krause, P.; Pischner, T.; Sieber, I. (2008): Das Sozio-oekonomische Panel (SOEP). Multidisziplinäres Haushaltspanel und Kohortenstudie für Deutschland. In: AStA Wirtschafts- und Sozialstatistisches Archiv 2(2)/2008, 301-328.
- Walberg, D.; Holz, A.; Gniechwitz, T.; Schulze, T. (2011): Wohnungsbau in Deutschland – 2011. Modernisierung und Bestandsersatz. Studie zum Zustand und der Zukunftsfähigkeit des deutschen „Kleinen Wohnungsbaus“. Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V., Kiel.