

# Prognosen im Bevölkerungsraster für die interkommunale Kooperation – ein Experiment im Reallabor

## *Forecasts on Population Grids in the Context of Intercommunal Cooperation*

Sebastian Specht<sup>1</sup>, Kolja Blohm<sup>1</sup>, Thomas Handtke<sup>2</sup>, Laura Wette<sup>3</sup>

<sup>1</sup>OFFIS – Institut für Informatik, Oldenburg · sebastian.specht@offis.de

<sup>2</sup>ILS Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung, Dortmund

<sup>3</sup>Kommunalverbund Niedersachsen/Bremen, Delmenhorst

**Zusammenfassung:** Die demografische Entwicklung innerhalb von Stadtregionen bedarf der interkommunalen Kooperation. Die dafür nötigen Analysen und Prognosen fordern eine kleinräumige Dateninfrastruktur. Das Projekt WEBWiKo entwickelt nach dem Ansatz des Reallabors diese Datenbasis sowie Prognose- und Analyse-Werkzeuge. Dabei werden technische Aspekte rasterbasierter Bevölkerungsdaten und deren gesetzeskonforme Extraktion und Speicherung diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Prognose, Bevölkerungsraster, Datawarehouse, Dashboards

**Abstract:** *Demographic change within urban regions requires intercommunal cooperation. The required analyses and forecasts call for a small-scale data infrastructure. The WEBWiKo project develops this database as well as forecasting and analysis tools according to the living lab approach. Technical aspects of grid-based population data and their extraction and storage in accordance with legal requirements are discussed.*

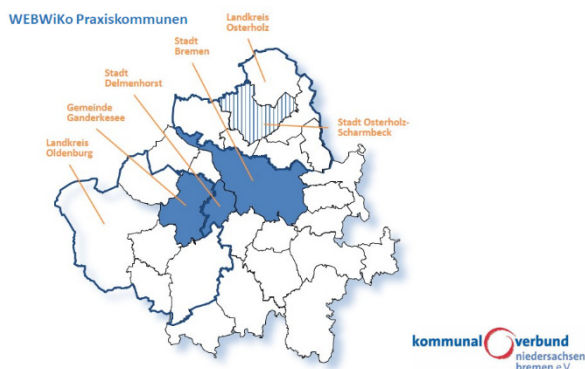
**Keywords:** *Forecast, population grid, data warehouse, dashboards*

## 1 Ziele und Methodik des Projektes

Die demografische Entwicklung innerhalb von Stadtregionen ist bundesweit von gegensätzlichen Tendenzen geprägt. Dieses kleinräumige Nebeneinander von Wachstum und Schrumpfung und der „fortlaufende[n] Wandel mit anhaltenden Auf- und Abwertungen der einzelnen Standorte“ (Wiegand et al., 2015, p. 181) stellt auch die Projektregion vor weitreichende Herausforderungen, die an Stadt- und Verwaltungsgrenzen nicht Halt machen.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördermaßnahme „Kommunen innovativ“ geförderte Projekt WEBWiKo nimmt den Anpassungsbedarf in der kommunalen Analyse- und Planungspraxis in den Blick. So besteht wachsender interkommunaler Kooperationsbedarf aufgrund der Verflechtung innerhalb der Stadtregion. Daraus resultieren erhöhte Anforderungen an die Verfügbarkeit einer kleinräumigen Datenbasis, die Analysen, Prognosen und Wirkungsszenarien über Verwaltungsgrenzen hinweg ermöglicht und gleichzeitig den erweiterten Bedürfnissen an die Informationsaufbereitung, zum Beispiel in Beteiligungsprozessen, gerecht wird. Diese kleinräumigen Raumebenen, unterhalb der Ebene der Gemeinden, müssen dabei sowohl den innerkommunalen Erfordernissen der Planung als auch den Anforderungen der interkommunalen Kooperation entsprechen.

Ziel des Projektes ist es, neue methodische Ansätze und Lösungen für die Grundlagen planerischen Handelns in der kommunalen Daseinsvorsorge punktuell zu erproben. Der Projektverbund aus kommunalen Praxispartnern und Institutionen, Forschungspartnern und einem IT-Unternehmen entwickelt dazu Werkzeuge nach dem Forschungskonzept des Reallabors (Schneidewind, 2014). Im Zentrum stehen dabei mehrere Beispielkommunen in der Stadtregion Bremen (Abb. 1), für die unter der Leitung des Kommunalverbunds Niedersachsen/Bremen e. V. eine kleinräumige Dateninfrastruktur aufgebaut wird. Auf dieser Grundlage werden Planer der Kommunen mittels eines im Projekt entwickelten kollaborativen Prognose- und Szenariowerkzeugs in die Lage versetzt, die demografische Entwicklung mit ihren Wirkungsbeziehungen mit veränderbaren Annahmen zu prognostizieren. Die Prognoseergebnisse stehen anschließend für alle Bereiche der kommunalen Planungspraxis in einem Datawarehouse zur Verfügung und werden in spezifisch zugeschnittenen Dashboards interaktiv präsentiert.



**Abb. 1:** Die Praxiskommunen des Projektes innerhalb des Kommunalverbunds Niedersachsen/Bremen

Von besonderem Interesse für die angewandte Geoinformatik ist die Zusammenführung von OLAP-Technologien (Online Analytical Processing) mit dem Geomonitoring (Fina et al., 2018) sowie die parallele Handhabung der zwei kleinräumigen Geodaten-Hierarchien in einem mehrdimensional strukturierten Datawarehouse.

## 2 Bevölkerungsraster in der kommunalen Praxis

Die Unterschiedlichkeit kleinräumiger Ebenen von Städten und Kommunen behindert eine Reihe von analytischen Fragestellungen in der interkommunalen Kooperation. Flächengleiche kartographische Gitterzellen (Raster) versuchen eine bessere Basis für Analysen zu bieten (Kaup & Riefel, 2013). In Deutschland ist erst mit dem Zensus 2011 eine Demografie im Raster verfügbar (Neutze, 2015). Es handelt sich also in der Kommunalstatistik um eine noch wenig etablierte, jedoch sehr vielversprechende Methode. Die Neuartigkeit erklärt, warum unter den Praxispartnern ambivalente Einstellungen dem Raster gegenüber deutlich wurden. Dabei zeigte sich in Experteninterviews, wie wenig bekannt das Raster als räumliche Basis und dementsprechend auch dessen Vorzüge sind. Tabelle 1 führt die häufig genannten Vor-

und Nachteile auf. Vor allem die umfangreichen neuen Anwendungsgebiete haben letztendlich zur Beibehaltung des Rasters als eine Zielstellung des Projektes geführt. Die Möglichkeiten reichen von der Planung zu öffentlichen Spielplätzen bis hin zur verbesserten Planung eines Evakuierungsfalls beim Bombenfund. Auch die Betrachtung einzelner Straßenteilabschnitte beispielweise für Lärmschutzplanungen oder die Verschneidung mit ökologischen Datensätzen ist durch das Raster möglich.

**Tabelle 1:** Wiederkehrende Kommentare der befragten kommunalen Nutzenden zu Gitterzellen-basierten Auswertung demografischer Einheiten.

Vorteile	Nachteile / Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertungen unterhalb der üblichen räumlichen Einheit der Ortsteile</li> <li>• Verschneidung der kommunalen Auswertungen mit Zensus-Ergebnissen</li> <li>• Ortsteilgrenzen für zahlreiche Anwendungsfälle nicht fein genug</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiedererkennungswert fehlt, räumliche Orientierung nicht möglich</li> <li>• verwaltungsimern wird teils ohne harten Geodatenbezug gearbeitet (Straßenverzeichnisse u. Ä.).</li> <li>• Gesetzlichen Vorgaben fordern Gemeinden bzw. Ortschaften</li> <li>• mit vergangenen Analysen nicht vergleichbar</li> </ul>

### 3 Räumliche Aspekte der Datenbasis für Analyse und Prognose

Die statistischen Ämter der Länder und des Bundes liefern eine Vielzahl von standardisierten demographischen Daten auf der Ebene der Gemeinden oder Gemeindeverbände. Für Fragen, die räumlich differenzierte Antworten innerhalb einer Gemeinde benötigen, sind diese Daten nicht angemessen. Solche Daten können nur innerhalb von Kommunen in einer Weise aufbereitet werden, die diese Daten für die Nutzung in der interkommunalen Kooperation tauglich macht. Tabelle 2 führt die im Datawarehouse des WEBWiKo-Projekts angelegten Gebietshierarchien auf, in welche die in den Kommunen gewonnenen Bevölkerungsdaten überführt werden.

**Tabelle 2:** Übersicht über die im WEBWiKo-Projekt etablierten Gebietshierarchien

kleinräumige Gebiete	Raster	Gebiete Außenwanderung
<i>Gesamt</i>	<i>Gesamt</i>	<i>Gesamt</i>
Bundesland	10 km	Kontinent
(Land-)Kreis	5 km	Land
Verwaltungseinheit	1 km	Bundesland
Gemeinde	500 m	(Land-)Kreis
Kleinräumige Struktur 1	500 m (Verschnitten mit	
Kleinräumige Struktur 2	„Kleinräumiger Struktur	
Kleinräumige Struktur 3	3“)	

### 3.1 Gewinnung kleinräumiger Bevölkerungsdaten aus den Melderegistern

Kleinräumige Daten werden in der kommunalen Praxis in der Regel auf Anfragen der Fachabteilungen hin aus der Einwohnermeldestatistik in einer kleinräumigen Gebietsstruktur extrahiert. Diese Datenquelle wird auch in WEBWiKo gewählt. Für Analysen und Bevölkerungsprognosen ist neben dem räumlichen Detail zusätzlich eine Differenzierung der Bevölkerung (inkl. Wanderung, Geburten, Sterbefälle) nach Altersjahren, Geschlecht und Nationalität nötig. Nach Vorgabe der Geheimhaltungsvorschriften des Bundesstatistik- und des Bundesdatenschutzgesetzes hat nicht jede Kommune die nötigen administrativen Voraussetzungen mit Individualdaten umzugehen. Im Rahmen des Projektes fungiert das Statistische Landesamt Bremen daher als abgeschottete Statistikstelle. Stichtagsbezogene Auszüge aus den Melderegistern werden dort im Rahmen des ETL-Prozesses (Extract, Transform, Load; der Prozess der Informationsintegration beim Aufbau eines Datawarehouse) von einer durch die regio GmbH entwickelten Software verarbeitet. Das Programm arbeitet dabei folgende Schritte ab:

- 1) Die Auszüge aus dem Melderegister werden eingelesen und auf Eintragsfehler bzw. -unreinheiten überprüft. Die Ergebnisse dieses Schrittes können den Kommunen zukünftig zur Bereinigung des kommunalen Melderegisters dienen.
- 2) Die Einzelfälle werden anhand der Adresse geocodiert und den kleinräumigen Gebieten bzw. den 500 m Rasterzellen zugeordnet.
- 3) Um gesetzliche Regelungen einzuhalten, muss ein Rückschluss auf Einzelpersonen oder Personenpaare verhindert werden (Höhne, 2010). Daher wird noch vor der Übertragung der Daten in das Datawarehouse das SAFE-Verfahren („Sichere Anonymisierung Für Einzeldaten“), das auch im Zensus 2011 verwendet wurde, angewendet.

### 3.2 Auswirkungen der Anonymisierung auf die Datenhaltung

Kern der Datenhaltung bildet das Datenbank-Managementsystem Postgres. Der Zugang zur Datenbasis und die mehrdimensionale Strukturierung der gespeicherten Daten wird durch den Open-Source-OLAP-Server Mondrian realisiert. Anfragen können in der Abfragesprache MDX über eine XMLA-Schnittstelle gestellt werden. Diese XMLA-Schnittstelle ist der zentrale Zugang für alle Analyse- und Visualisierungswerkzeuge des Projektes (Mustang, Dashboards).

Kennzahlen werden im OLAP-Server auf der detailliertesten Merkmalsebene gespeichert und aus unteren Ebenen heraus aggregiert. Diese Baumstrukturen werden in Dimensionshierarchien organisiert. Im WEBWiKo Datawarehouse gibt es zwei Arten räumlicher Hierarchien, eine Gebiets- und eine Rasterhierarchie, wobei zur einfacheren Navigation in den Datenräumen zwischen (internationalen) Außenwanderungen und (kleinräumigen) Binnenwanderungen unterschieden wird.

Bei dem SAFE-Verfahren handelt es sich um ein Daten veränderndes Geheimhaltungsverfahren. Zur Anonymisierung werden dabei Werte von 1 zu 0 und 2er-Werte in eine 3 umgewandelt. Deshalb kann es zu Differenzen zwischen den kleinräumigen Ebenen kommen, die in Korrekturknoten gespeichert werden. Diese künstlichen Knoten gliedern sich in die Gebiete- oder Rasterhierarchie ein, haben jedoch keinen eigenen Raumbezug. Auf diese Weise

kann auch nachträglich der Effekt des Geheimhaltungsverfahrens für einzelne Gebiete transparent gemacht werden.

### 3.3 Analyse- und Visualisierungswerkzeuge

Das Datawarehouse ist die zentrale Quelle für alle Analysen auf Bevölkerungsdaten und Prognoseergebnissen. Der Zugang erfolgt mit auf die verschiedenen Anwendergruppen angepassten Werkzeugen.

Stadt- und Regionalplaner, mit Bedarf an spezifischen Analysen auf altersstrukturierten Bevölkerungsbestands- und Mobilitätsdaten, erhalten direkten Zugriff auf das Datawarehouse. Hierzu wurde in den Praxiskommunen MUSTANG eingeführt. MUSTANG ist ein OLAP-Client, der den Zugriff auf XMLA-fähige OLAP-Datenbanken ermöglicht. MUSTANG wird am OFFIS in enger Zusammenarbeit mit dem epidemiologischen Krebsregister Niedersachsen entwickelt. Es ermöglicht Nutzern, die keine Datenbankexperten sind, explorative Analysen und Berichte zu erstellen. Mehrere Analysen lassen sich in einer Arbeitsmappe zusammenfassen. Diese kann abgespeichert und miteinander geteilt werden. Zur Visualisierung der Daten können verschiedene Diagramme, Tabellen oder Karten genutzt werden (Abb. 2). Die Analyse-Ergebnisse lassen sich zur Weiterverarbeitung in gängigen Formaten (CSV, Excel, PNG, SVG) exportieren.



**Abb. 2:** Screenshot aus dem Analyse-Werkzeug MUSTANG (Verglichen werden die Bevölkerungsdichten von 2008 und 2018 auf Basis des 500 m Rasters zweier benachbarter Kommunen aus dem Projektgebiet)

Für kommunale Fachexperten, deren Analysen sehr generisch sind und routinemäßig wiederholt werden, wird der Zugang zu den benötigten Daten über einfach zu bedienende Dashboards angeboten. Im Projekt wird eine solche Browser-Anwendung zurzeit exemplarisch für die Kinderbetreuungsplanung erstellt. Allgemeiner Dashboards, zum Beispiel zu Fragen der Demographie (Abb. 3), entstehen auch für breitere Nutzerschichten in kommunaler Verwaltung und Öffentlichkeit.

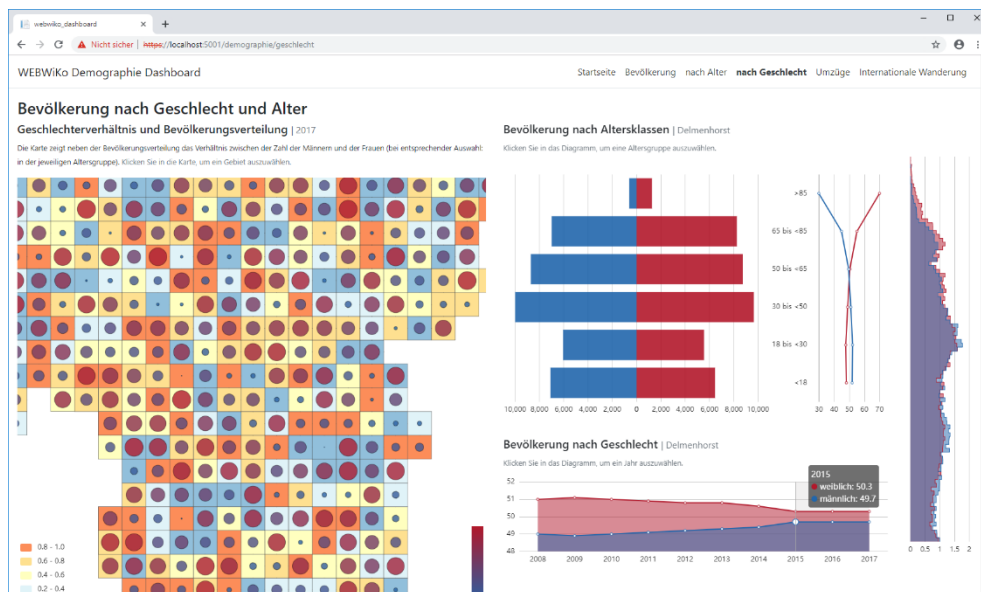


Abb. 3: Screenshot aus dem Prototyp zum Demographie-Dashboard (keine Realdaten)

## 4 Bevölkerungsprognosen als Basis kommunaler Bedarfsplanung

Ein weiteres Expertenwerkzeug für Stadt- und Regionalplaner entsteht mit dem kollaborativen Prognose-Editor. Zu den analytisch ermittelten oder zentral voreingestellten Prognoseparametern können diese Fachanwender ihr lokales Wissen in eine regional abgestimmte Prognose einbringen. Dabei geht es um die Beurteilung vergangener Entwicklungen von kleinräumigen Gebieten oder die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen.

### 4.1 Gründe für die Methodenwahl

Die methodische Grundlage für die Bevölkerungsprognose in WEBWiKo bildet die Kohorten-Komponenten-Methode. Dieses Verfahren wurde u. a. in den 1930er-Jahren entwickelt (Whelpton, 1936) und hat sich seitdem bei kommunalen und bundesweiten Vorausberechnungen als weit genutztes Prognosemethode etabliert (Mäding & Schmitz-Veltin, 2018; Statistisches Bundesamt, 2014).

Bei dieser deterministischen Methode wird die Ausgangsbevölkerung in mehrere Gruppen (Komponenten) zerlegt und für jede der resultierenden Subgruppen (Alter, Geschlecht, Nationalität) eigene Annahmen zu deren Entwicklungsparametern getroffen. Die Fortschreibung erfolgt über einen definierten Zeitraum Jahr für Jahr mittels der Anwendung gruppenspezifischer Übergangsraten für die einzelnen demographischen Prozesse.

Ausschlaggebend für die Wahl der Kohorten-Komponenten-Methode waren die Faktoren Datenbedarf, Rechenaufwand und Interpretierbarkeit. In neuerer Zeit werden probabilistische Ansätze (Bohk, 2011) bzw. Mikrosimulationen (Li et al., 2014) diskutiert. Den durchaus vorhandenen Vorteilen solcher Ansätze stehen jedoch praktische Hürden entgegen. Der anfallende Bedarf an Individual- und Haushaltsdaten kann durch die Einwohnermeldeämter nicht im Detail geheimhaltungskonform gedeckt werden. Zudem ist die Rechenzeit für solche Modelle sehr hoch, wodurch die Praxistauglichkeit in WEBWiKo-Projekt erheblich eingeschränkt wäre. Ebenso sind die Eindeutigkeit der Interpretation und die eingeschränkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse über verschiedene Prognoseszenarien hinweg für kommunale Nutzer problematisch.

## 4.2 Modifikation des Ansatzes

Während bei kommunalen Vorausberechnungen üblicherweise eine einzelne Kommune mit ihren kleinräumigen Gebieten dargestellt wird, erweitert WEBWiKo den Kohorten-Komponenten-Ansatz um Wanderungspools. Dieses Konstrukt ermöglicht es regionale Interdependenzen bei der Entwicklung der Wanderungen besser zu berücksichtigen. Dafür werden mehrere Kommunen zusammen betrachtet und die Fortschreibung ihrer Außen- und Binnenwanderungen simultan auf die einzelnen Kommunen in der Region verteilt.

Der Mehrwert, der sich durch die Modellierung von Wanderungspools ergibt, wird im Zusammenhang mit dem kollaborativen Ansatz der Prognose deutlich. Kommunale Experten können auf Basis der bisherigen Entwicklung für die kleinräumigen Gebiete Annahmen zur Entwicklung der zukünftigen demographischen Bewegungen treffen. Dies soll es ermöglichen, spezifisches Wissen der Nutzer, etwa über zukünftige Wandertrends, angemessen zu berücksichtigen und die Prognoseergebnisse auf kleinräumiger Ebene zu verbessern. Zusammen mit den Wanderungspools sollen die Nutzer dadurch gleichzeitig für die möglichen Effekte von Wandertrends in andere Kommunen innerhalb der Region sensibilisiert werden. Diese regionale Betrachtung stellt ein Vorteil gegenüber bisherigen kommunalen Bevölkerungsprognosen dar.

Um die Unsicherheiten, welche mit Bevölkerungsprognosen prinzipiell einhergehen, angemessen berücksichtigen zu können, werden mittels der Kohorten-Komponenten-Methode stets drei verschiedene Prognose-Szenarien berechnet. Je nach Szenario wird eine unterschiedliche Entwicklung der Außenwanderungen angenommen und so eine mögliche Spannweite der zu erwartenden kleinräumigen Bevölkerungsentwicklung aufgezeigt.

Bei der Bevölkerungsprognose sind zwei verschiedene Raum-Ebenen von Relevanz: Die kleinräumige Gebietsebene und die Rasterebene. Die Berechnung der Bevölkerungsprognose basiert auf den Daten der kleinräumigen Gebietsebene und ist für das Ergebnis der Prognose maßgeblich. Die Anwendung der Bevölkerungsentwicklung auf die Rasterebene ist hingegen ein nachgelagerter Schritt der Verteilung: Die Veränderungen der Bevölkerungsstruktur auf kleinräumiger Ebene, welche sich durch die jährliche Fortschreibung ergeben, werden mit-

tels Iterative Proportional Fitting (Fienberg, 1970), einem deterministischen Kalibrierungsverfahren, auf die zugehörigen Rasterzellen disaggregiert. Die kleinteilige Datenstruktur im Data Warehouse stellt dabei sicher, dass auch auf Rasterebene die administrativen Grenzen der kleinräumigen Gebiete berücksichtigt werden und entsprechende Analysen durchgeführt werden können.

## 5 Ausblick

Schon zum jetzigen Stand des Projektes ist absehbar, dass die verwendeten Ansätze zum Datawarehousing, zu Prognosen und Bevölkerungsrastern den kommunalen Stadt- und Regionalplaner, vor allem kleiner Kommunen, nützliche Werkzeuge an die Hand geben. Im weiteren Verlauf wird geprüft werden, ob durch Visualisierungsorientierte Dashboards auch breitere Anwenderkreise der Verwaltung davon profitieren können und ob die kollaborative Prognose ein Mehrwert für die interkommunale Kooperation darstellt.

## Literatur

- Bohk, C. (2011). *Entwicklung, Implementierung und beispielhafte Anwendung eines neuartigen probabilistischen Bevölkerungsprognosemodells* (Diss.). Universität Rostock.
- Fina, S., Gerten, C., Gehrig-Fitting, K., & Rönsch, J. (2018). Was leistet Geomonitoring für die Stadtforschung? Das Monitoring StadtRegionen und das Kommunalpanel als aktuelle Anwendungsbeispiele. *ILS-TRENDS [extra]*, (7). Dortmund.
- Fienberg, S. E. (1970). An Iterative Procedure for Estimation in Contingency Tables. *The Annals of Mathematical Statistics*, 41, 907–917.
- Höhne, J. (2010). Verfahren zur Anonymisierung von Einzeldaten. *Statistik und Wissenschaft*, 16.
- Li, J., O'Donoghue, C., & Dekkers, G. (2014). Dynamic Models. In: C. O'Donoghue (Ed.), *Handbook of Microsimulation Modelling. Contributions to Economic Analysis* (pp. 305–343). Bingley: Emerald Group Publishing.
- Kaup, S., & Rieffel, P. (2013). Rasterbasierte Regionalstatistik. *ILS-TRENDS*, (2). Dortmund.
- Mäding, A., & Schmitz-Veltin, A. (2018). Kommunale Bevölkerungsvorausberechnungen. *Informationen zur Raumentwicklung*, 45, 50–59.
- Nuetze, M. (2015). Gitterbasierte Auswertungen des Zensus 2011. *Stadtforschung und Statistik*, (2), 64–67.
- Schneidewind, U. (2014). Urbane Reallabore – ein Blick in die aktuelle Forschungswerkstatt. *pnd online III/2014*. Retrieved Jan 28, 2018, from <http://www.planung-neudenken.de/texte-mainmenu-41/302-schneidewind>.
- Statistisches Bundesamt (2014). *Modell der Bevölkerungsvorausberechnungen 2010*. Wiesbaden.
- Whelpton, P. K. (1936). An empirical method of calculating future population. *Journal of the American Statistical Association*, 31, 457–473.
- Wiegandt, C.-C., Osterhage, F., & Haunstein, S. (2015) Polyzentralität in Deutschland – Eine vergleichende Untersuchung für drei Stadtregionen. *Raumforschung und Raumordnung, Band 73* (3), 167–183.