



Modellierung von urbanem Wachstum in schrumpfenden Regionen – eine komparative Studie

Andreas Rienow¹, Dirk Stenger¹ & Gunter Menz¹
Roland Goetzke², Jana Hoymann²

1 AG Fernerkundung / GIS, Geographisches Institut der Universität Bonn

2 Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR)



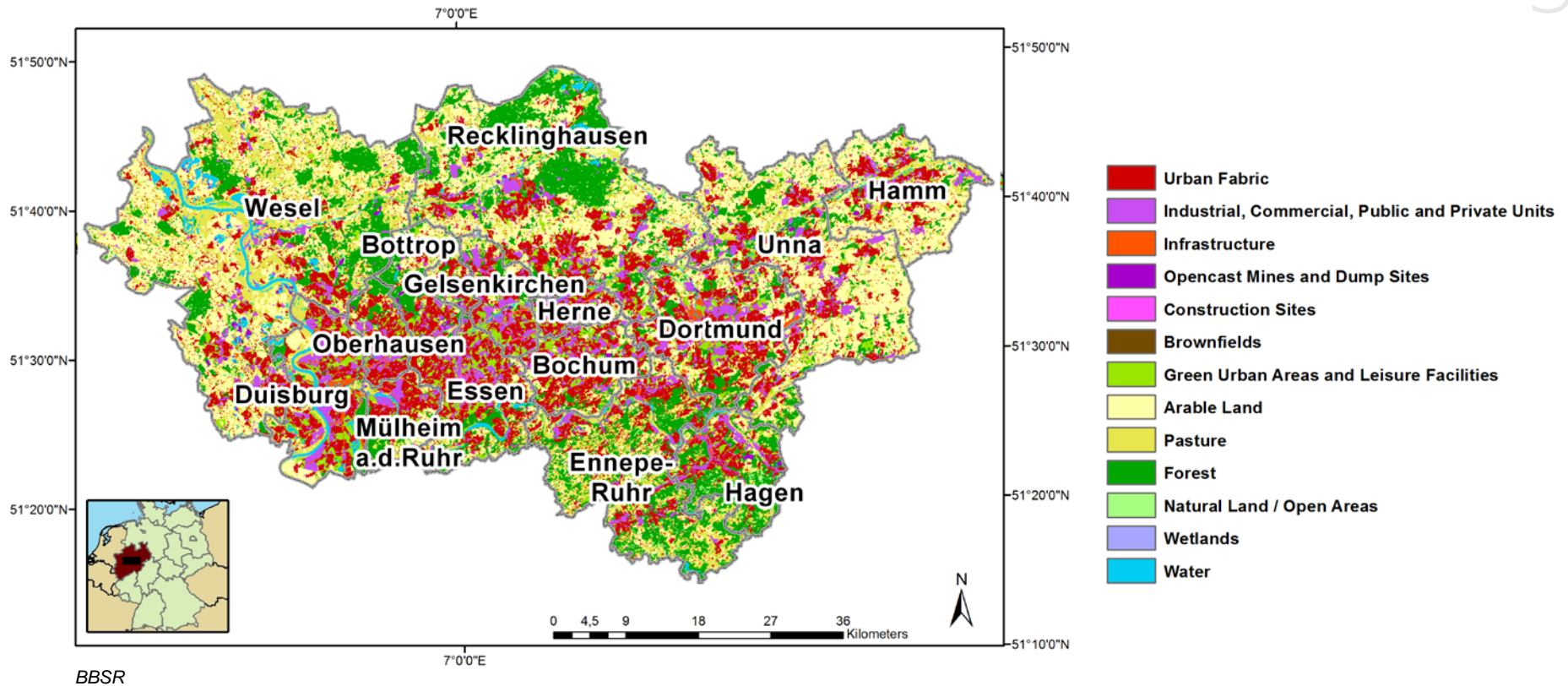
inhalt

- | **Herausforderung** – Flächenverbrauch in schrumpfenden Regionen
- | **Modellkomplex I** – SLEUTH & ReHoSh
- | **Modellkomplex II** – Land Use Scanner & PANTA RHEI REGIO
- | **Ergebnisse** – Urbane Muster 2025
- | **Ausblick** – Grenzen und Potenziale



herausforderung

Das Ruhrgebiet



BBSR



Urban Decline trifft ...

- Bevölkerungsrückgang von 5,4 Mio. auf 5.1 Mio. (1996-2010)
- 7,5 Geburten/1,000 EW (8,3 in BRD)
- Arbeitslosenquote von ca. 10% (6.8% in BRD)

herausforderung



Duisburg-Hochfeld (WAZ)

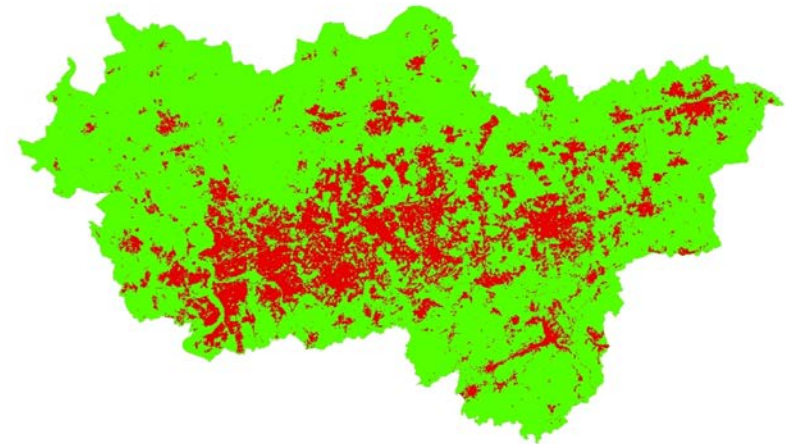


|... Urban Sprawl !

- Bevölkerungsrückgang von 5,4 Mio. auf 5.1 Mio. (1996-2010)
- 7,5 Geburten/1,000 EW (8,3 in BRD)
- Arbeitslosenquote von ca. 10% (6.8% in BRD)
- ~ 35.000 ha neue versiegelte Flächen(*NRW Pro*, 1/3 der gesamten städt. Fläche)
- Leichter Rückgang, 30 ha Vorgabe (BMU) wird so nicht erreicht

herausforderung

Urban Growth 1974-2001



urban
non-urban

NRW Pro



Ziel: Prognose 2025

herausforderung

1. Modellierung der Flächenversiegelung und der Bevölkerungsentwicklung auf Basis des Zellulären Automaten SLEUTH und des Multi-Agenten Systemes ReHoSh
2. Modellierung des Landnutzungswandels und seiner Antriebskräfte mittels des Land Use Scanners und PANTA RHEI REGIO

Basis:

Fernerkundungsbasierte Landbedeckungsdaten der Projekte „NRW Pro“ und „CC-LandStraD“

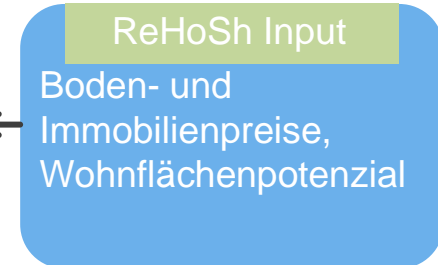
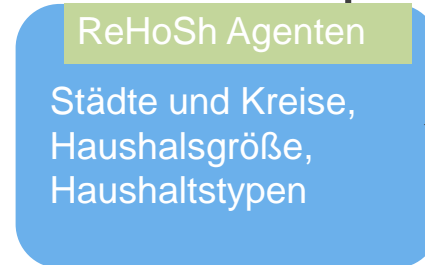
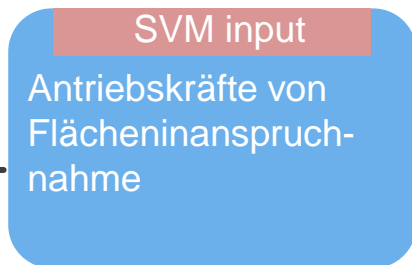
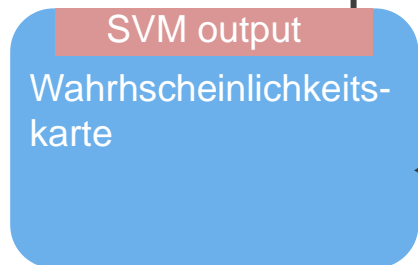
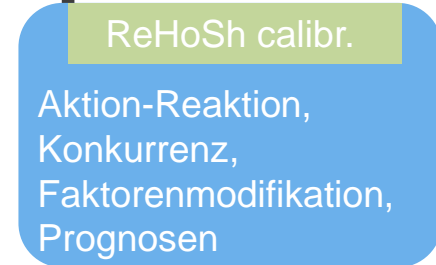
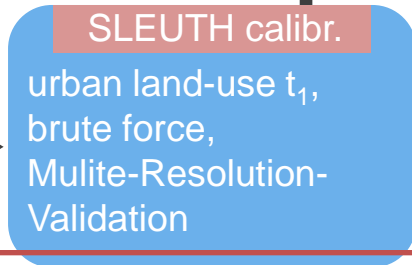
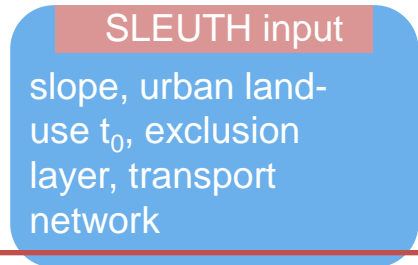
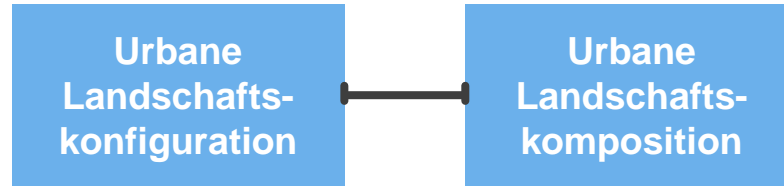


SLEUTH & ReHoSh

modellkomplex I

Zellulärer Automat

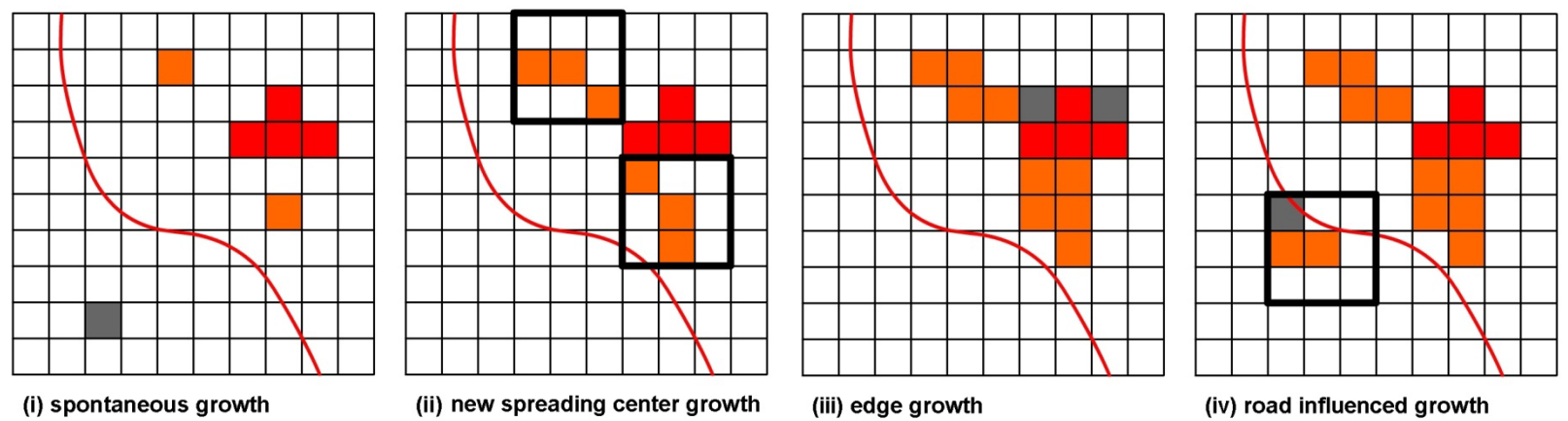
Multi-Agenten System





ISLEUTH Urban Growth Model

- Zellulärer Automat zur Modellierung von städt. Wachstum (Clarke et al. 1997)
- Vier Eingangsvariablen und fünf Wachstumskoeffizienten (brute-force Kalibrierung mittels Multi-Resolution Validation nach Goetzke 2011)

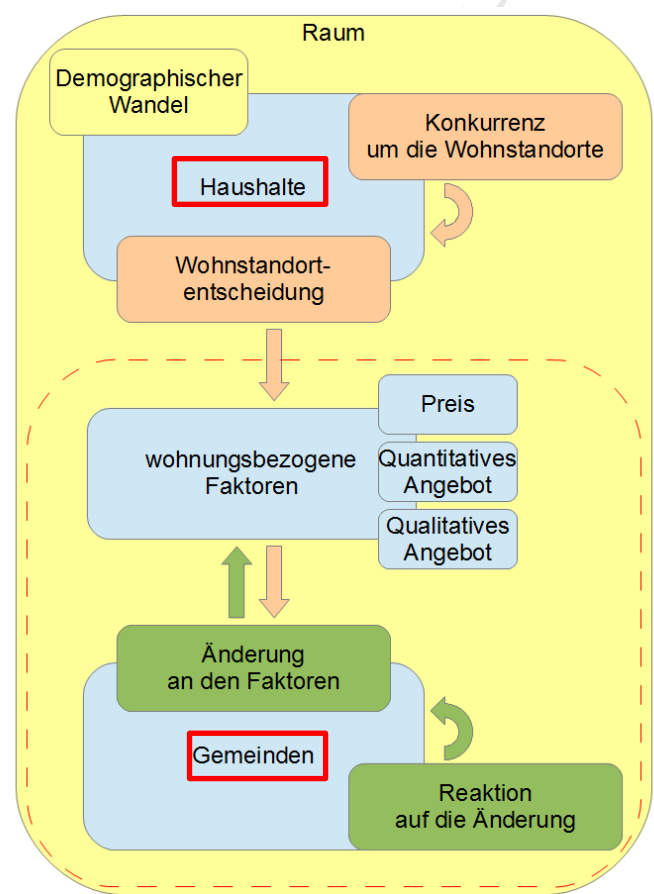


Rienow & Goetzke (accepted)

agenten

ReHoSh Multi-Agent System

- ReHoSh: Residential Mobility and the Housing Market of Shrinking City Systems
- Multi-Agenten System (Dirk Stenger, Universität Bonn)
- Dynamik von interregionalen Immobilienmärkten unter Einbezug von potenziellen Siedlungsflächenreserven (ruhrFIS)
- Simulation von Haushaltsentwicklung, Wohnbedarf und Immobilienpreisen in schrumpfenden Regionen
- Implementiert in Repast (OOP)



Rienow & Stenger (accepted)

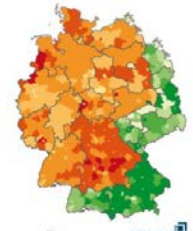


modellkomplex II

Land Use Scanner & PANTA RHEI REGIO

Extern mit **PANTA RHEI REGIO** kalkuliert

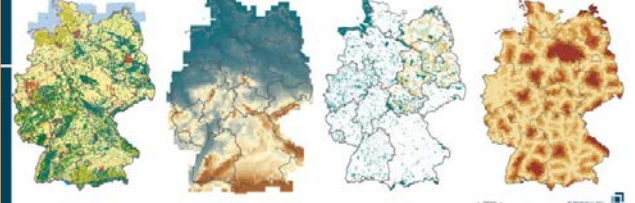
Regionale Raumanprüche aus der Modellierung



Datenbasis: Laufende Raumbeschreibung des BBSR
Geometrische Grundlage: BKG 31.12.2008

Lokale Eignung

Aktuelle Landnutzung Physische Eignung Planerische Vorgaben Erreichbarkeit



Datenbasis: Laufende Raumbeschreibung des BBSR, Corine Land Cover 2006, GLC2000, ATRSI-Bank GLM
Geometrische Grundlage: BKG 31.12.2008

Allokationsmodul:
Zukünftige Landnutzung

$$M_{c_j} = a_c * b_c * e^{(\beta * s_{c_j})}$$



Datenbasis: Corine Land Cover 2006
Geometrische Grundlage: BKG 31.12.2008

Land Use Scanner

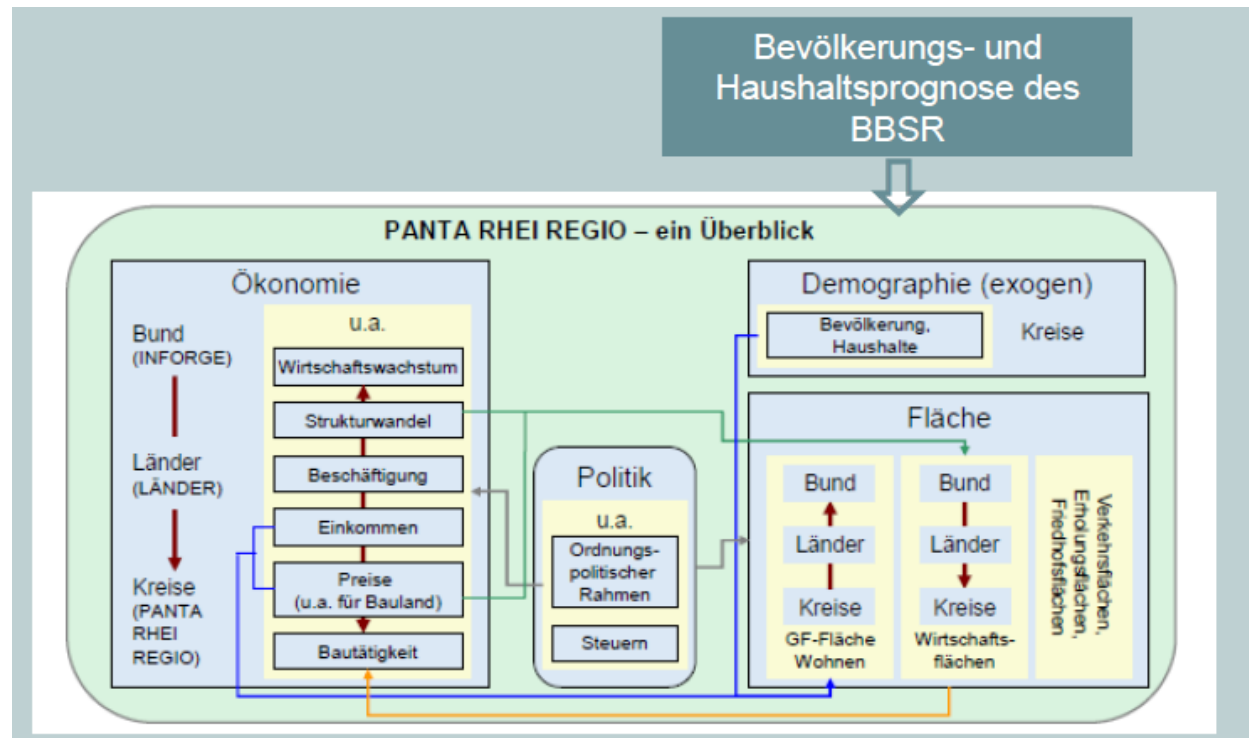




PANTA RHEI REGIO

prognosen

- Umweltökonomisches Modell zur Beratung politischer Entscheidungsträger
- Projektion der Flächeninanspruchnahme vor dem Hintergrund eines sich fortsetzenden regionalen, sektoralen und demographischen Wandels



Land Use Scanner

- Räumlich-explizites Modell zur Verortung von LUCC (entwickelt vom Planbureau voor de Leefomgeving, NL)
- Regionaler Bedarf einer LUC-Klasse wird auf Basis von lokalen Eignungskarten verortet

1. Schritt

Zusammenstellen von räumlichen Einflussfaktoren

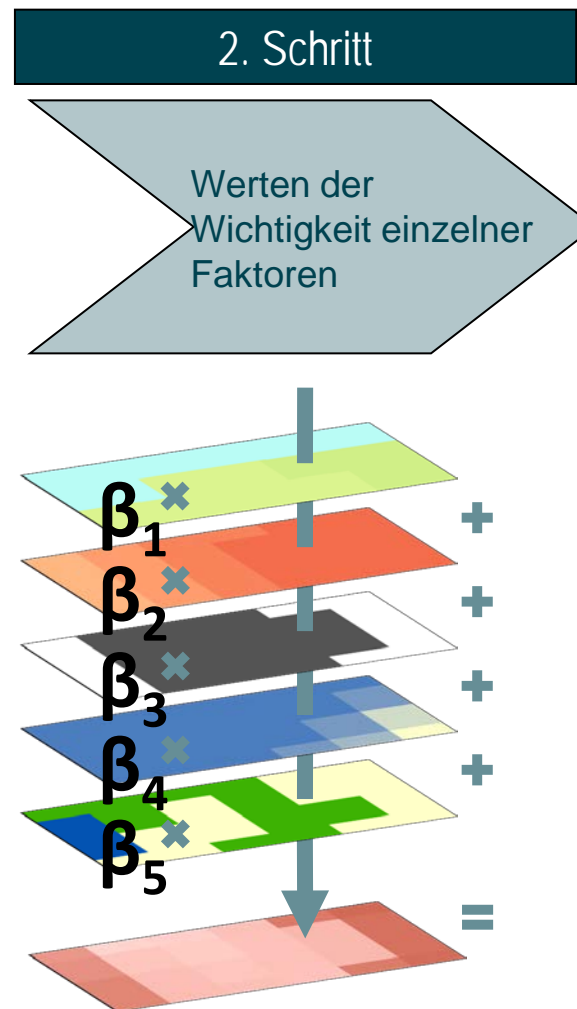
- DLM-DE, Urban Atlas
- SRTM-Daten
- Ertragspotenziale (MSQR)
- Alle Schutzgebietskategorien
- Alle flächenhaften regionalplanerischen Festlegungen (ROPLAMO)
- Erreichbarkeiten von
 - Autobahnauffahrten
 - Fernbahnhöfen
 - Flughäfen
 - Große Städte
- Urbane Attraktivität
- Weitere Eigenschaften: Freileitungen, WKA

*siehe BBSR-Analysen
KOMPAKT 09/2012



Land Use Scanner

- Räumlich-explizites Modell zur Verortung von LUCC (entwickelt vom Planbureau voor de Leefomgeving, NL)
- Regionaler Bedarf einer LUC-Klasse wird auf Basis von lokalen Eignungskarten verortet



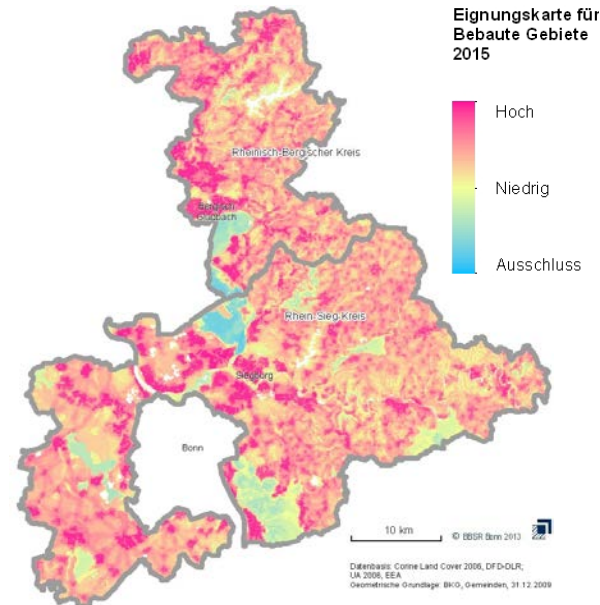
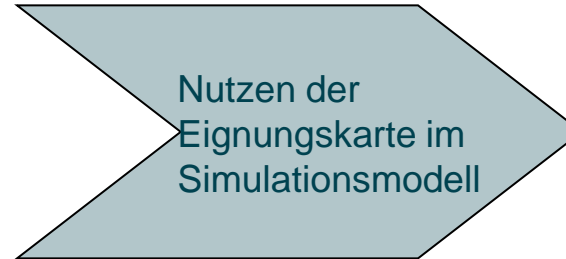
*siehe BBSR-Analysen
KOMPAKT 09/2012



Land Use Scanner

- Räumlich-explizites Modell zur Verortung von LUCC (entwickelt vom Planbureau voor de Leefomgeving, NL)
- Regionaler Bedarf einer LUC-Klasse wird auf Basis von lokalen Eignungskarten verortet

3. Schritt



*siehe BBSR-Analysen
KOMPAKT 09/2012



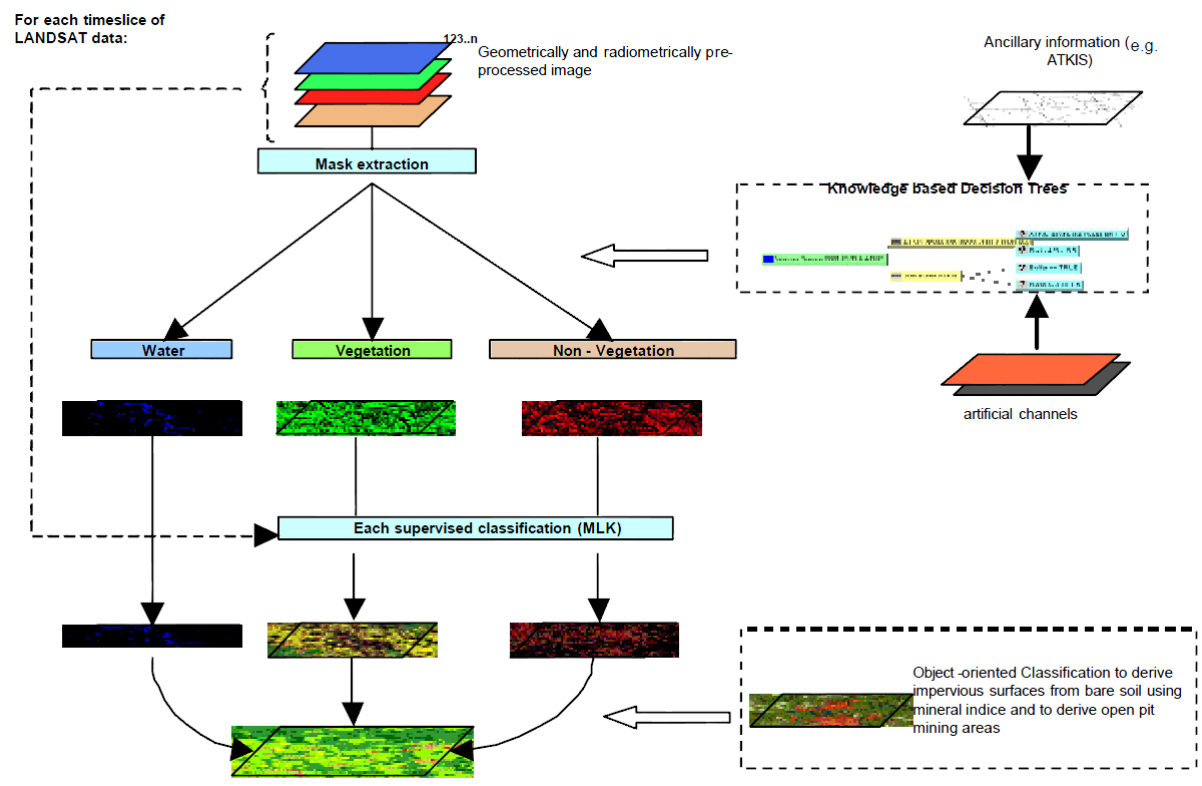


daten

Basis: Fernerkundungsdaten

Modellkomplex I:

- Landsat-MSS, -TM, -ETM+
- Mask extraction, Decision trees, MLC, Segmentierung



Schoettker, Over, Braun, Menz & Siegmund (2003)

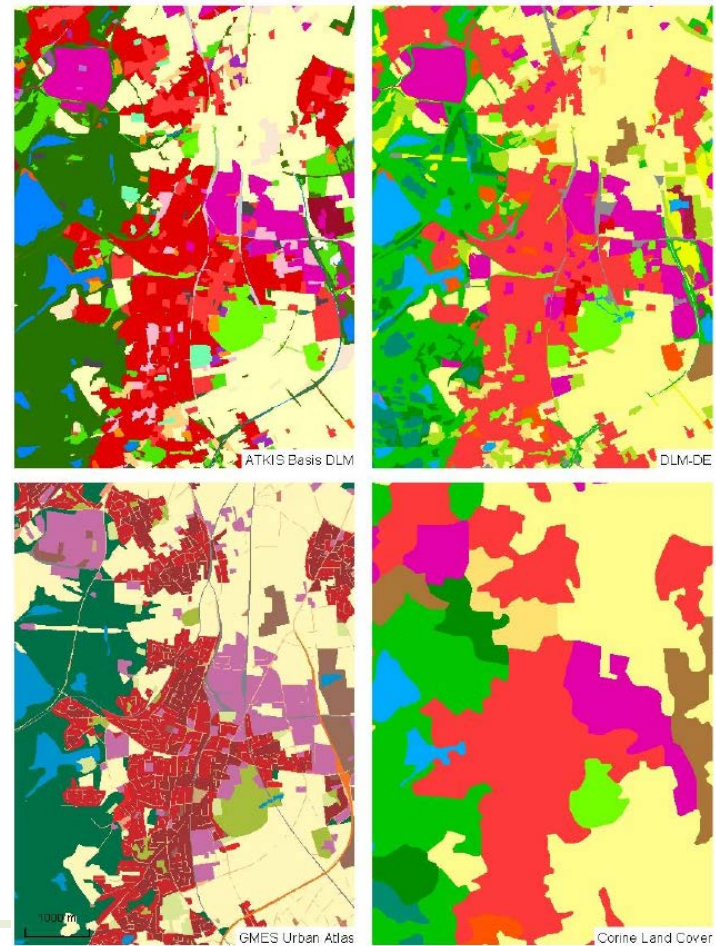


daten

Basis: Fernerkundungsdaten

Modellkomplex II:

- DLM-DE (ATKIS® Basis DLM und CLC-Nomenklatura, RapidEye und DMC-Daten)
- GMES Urban Atlas

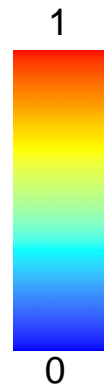
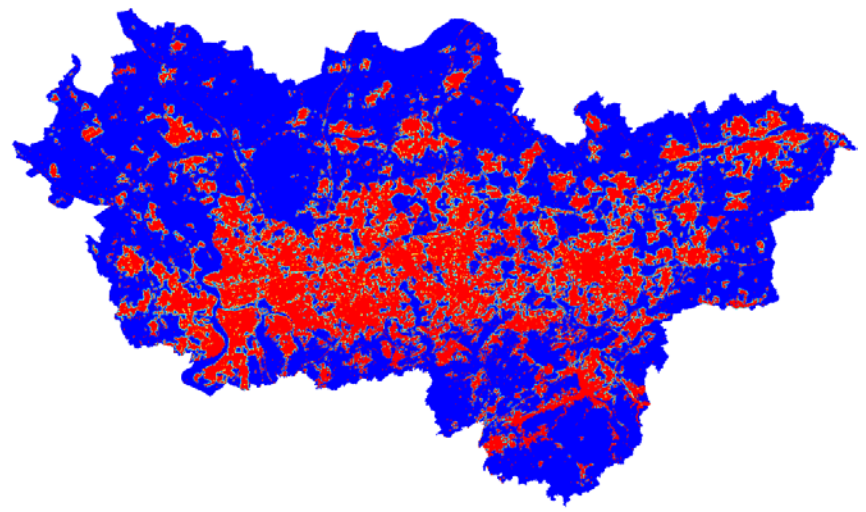




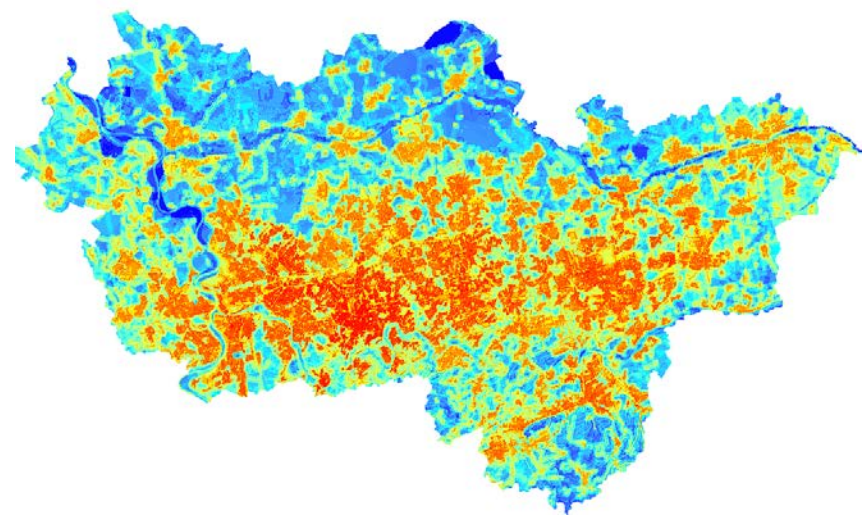
Wahrscheinlichkeiten von Flächenverbrauch

ergebnisse

SLEUTH Input& Output



Land Use Scanner Input



Wachstumsflächen 2025 (SVM-basiert)

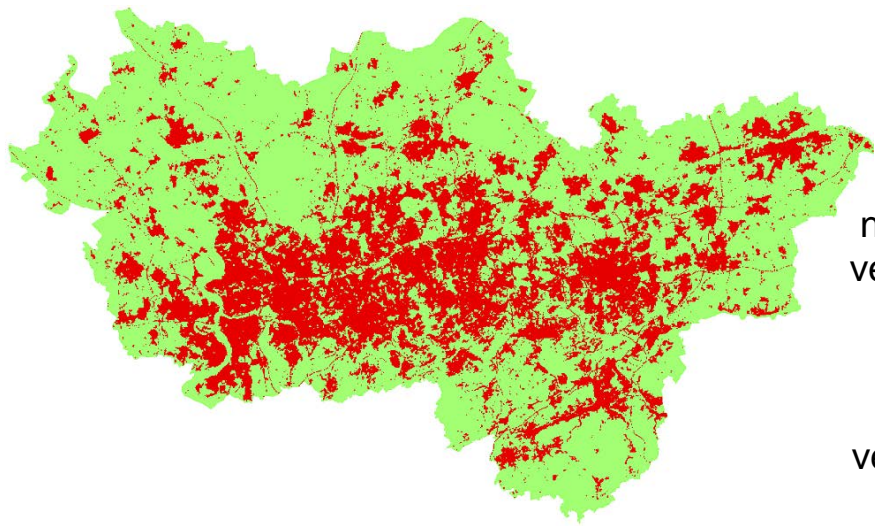
urban fabric & industrial, commercial, public units



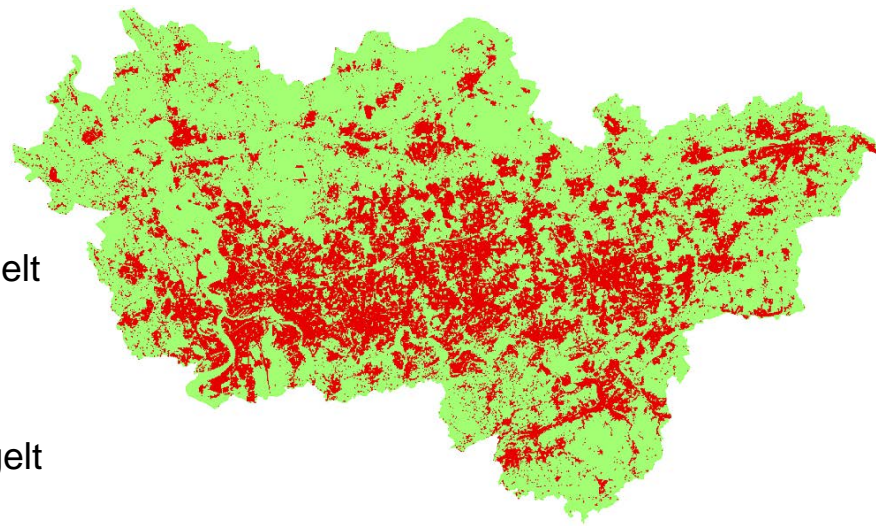
| Stadtfläche 2025

ergebnisse

SLEUTH Output



Land Use Scanner Output



nicht
versiegelt


versiegelt

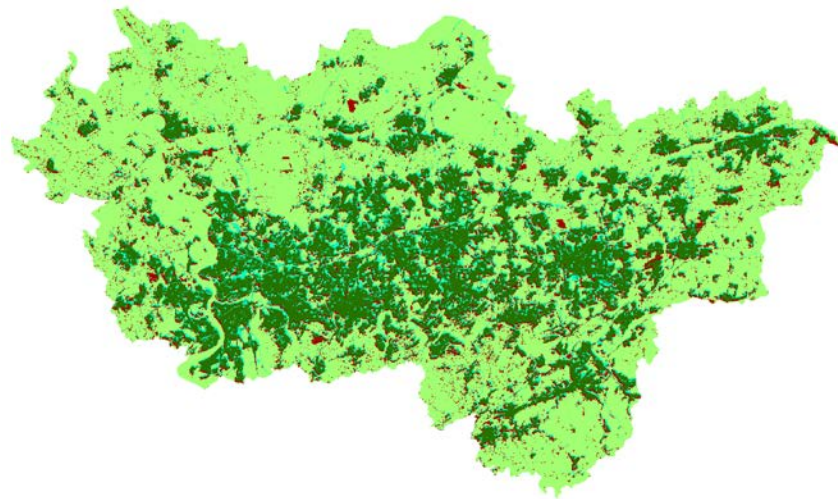
Konfiguration versiegelter Flächen 2025

Konfiguration versiegelter Flächen 2025

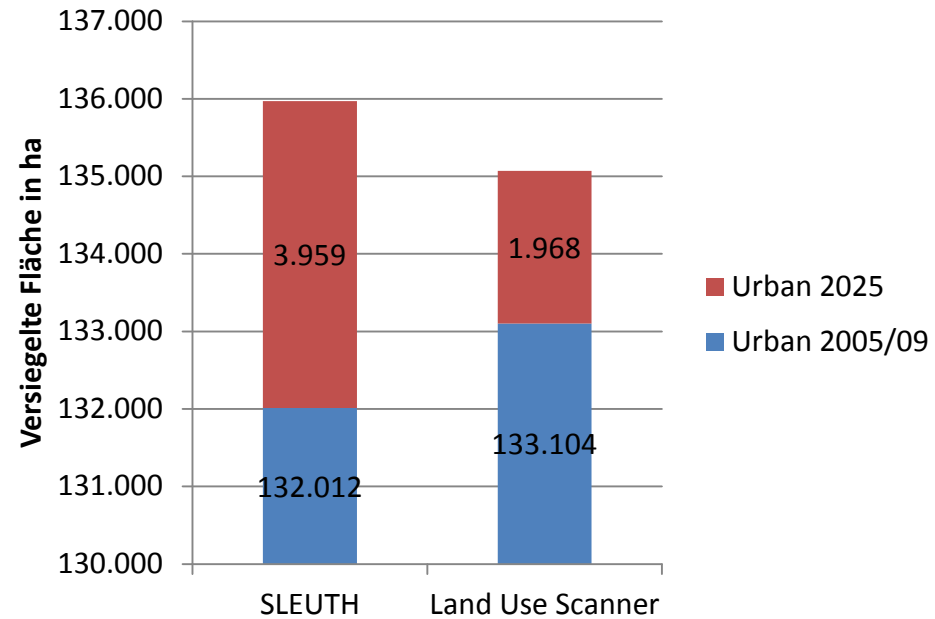


Stadtfläche 2025

ergebnisse



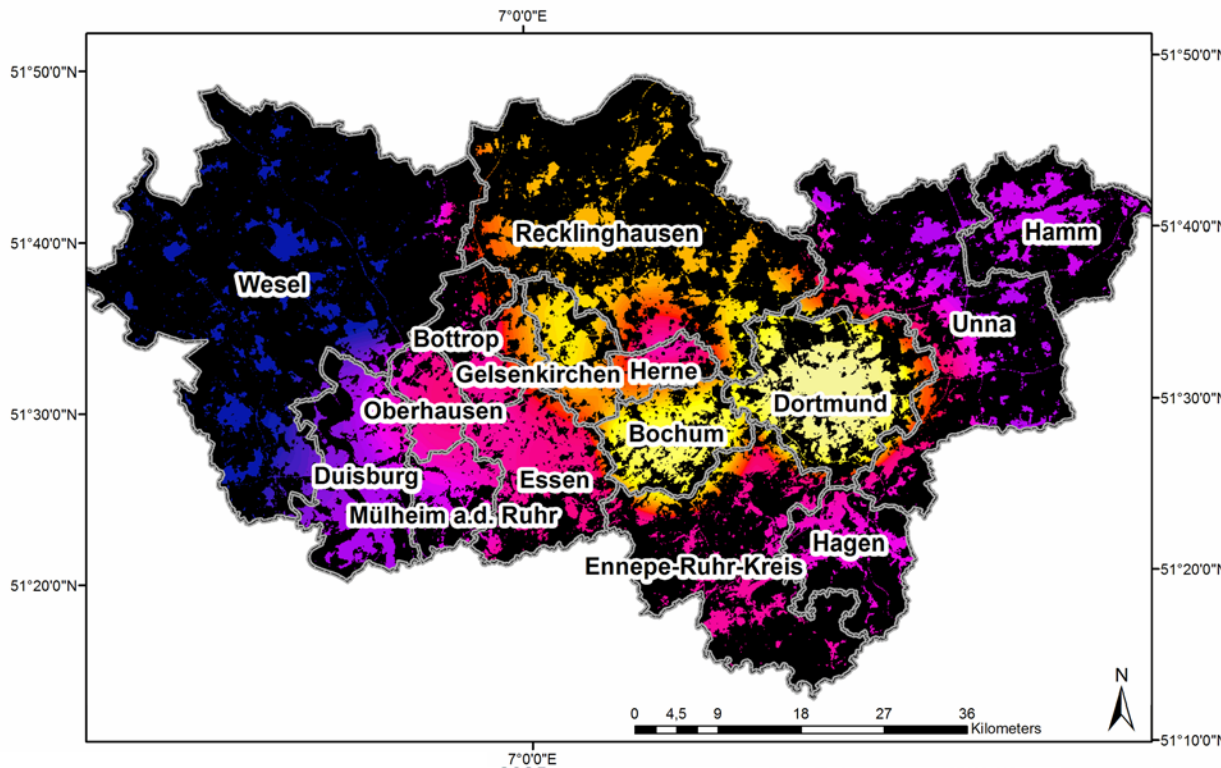
- versiegelt SLEUTH & Land Use Scanner
- unversiegelt SLEUTH & unversiegelt Land Use Scanner
- versiegelt SLEUTH, unversiegelt Land Use Scanner
- unversiegelt SLEUTH, versiegelt Land Use Scanner



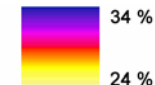


Junge vs. alte Haushalte

ergebnisse



Differenz der Anteile von jungen
1-2 Personen Haushalten im
Vergleich zu alten

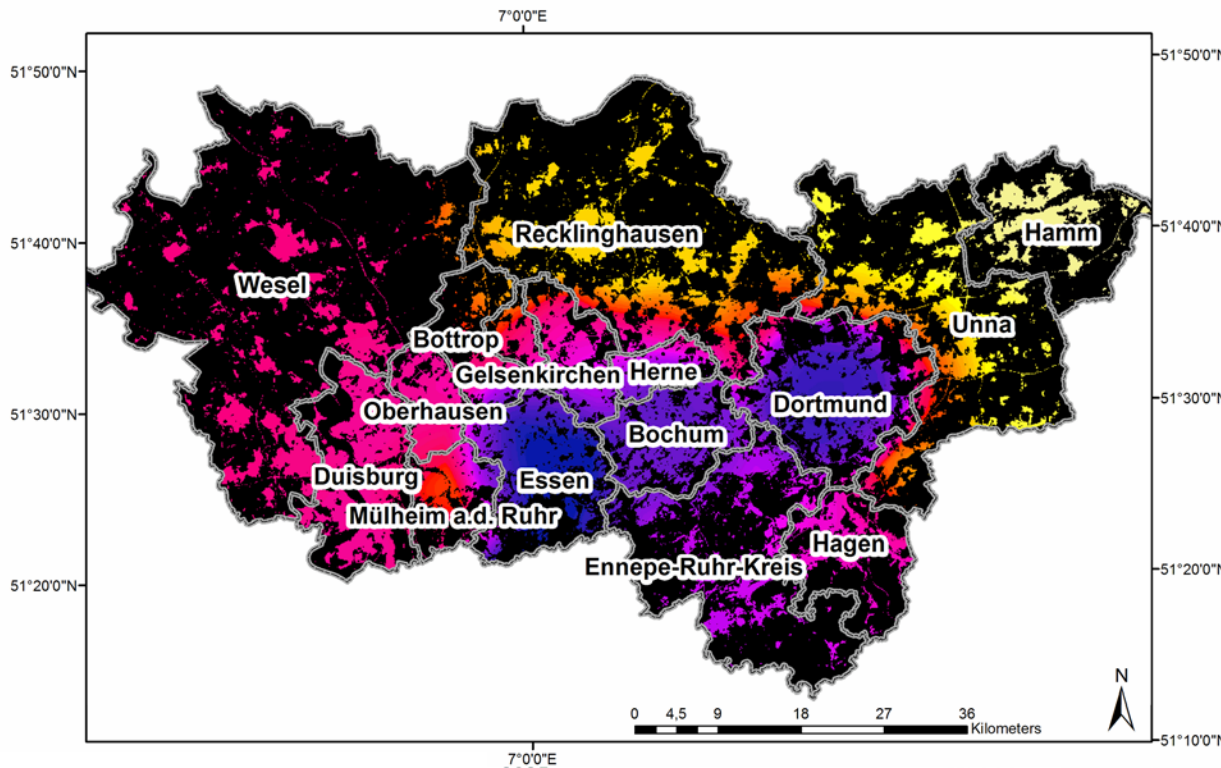


Rienow & Stenger (accepted)

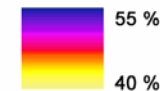


Kleine vs. große Haushalte

ergebnisse



Differenz der Anteile von kleinen (1-2 Pers.) Haushalten im Vergleich zu großen (>3 pers.)

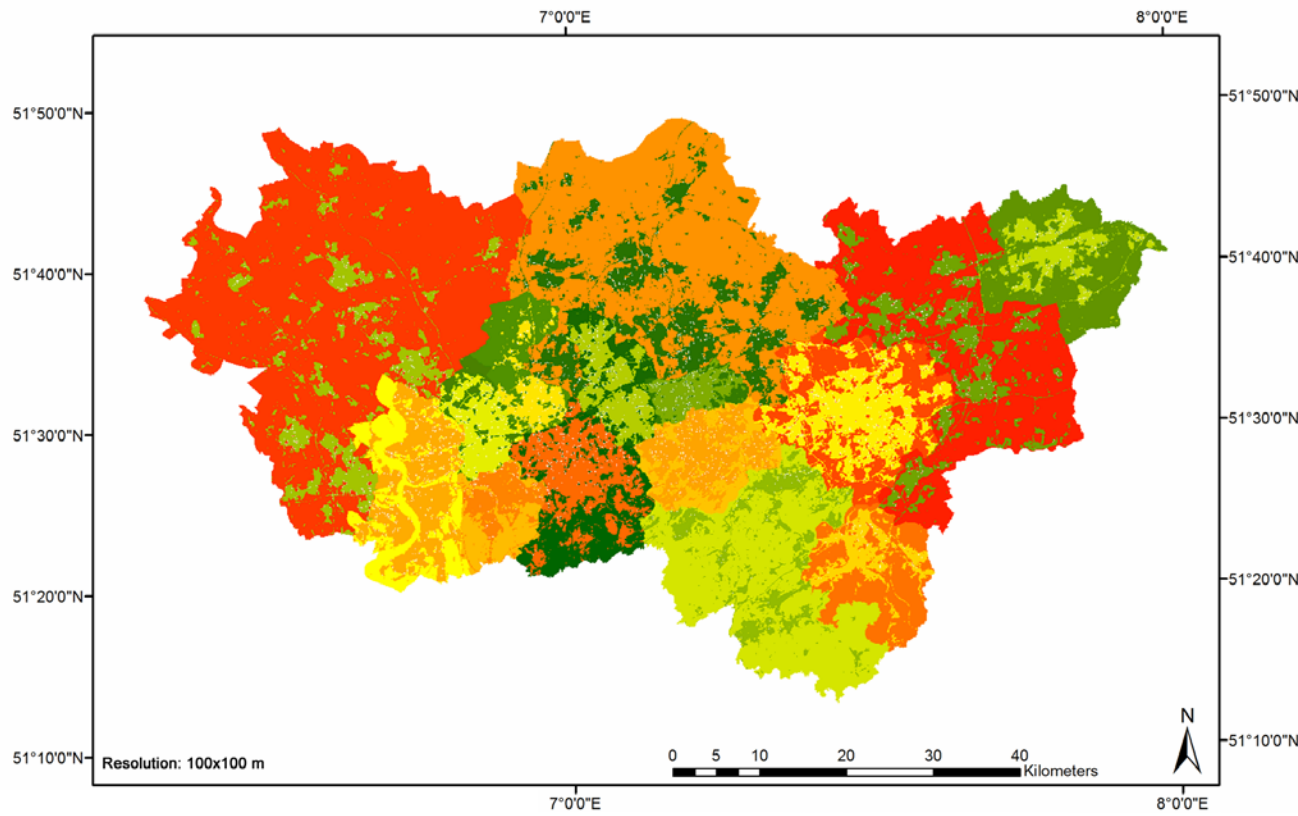


Rienow & Stenger (accepted)

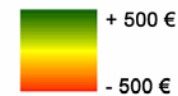


Preisentwicklung 2005-2025

ergebnisse



Preisentwicklung von Immobilien
und Freiraumflächen 2005-2025



Rienow & Stenger (accepted)



Modellkomplex I

Vorteile

- Einfache Handhabung, wenig Dateninput, geringer Kalibrationsaufwand
- Erweiterungsmöglichkeiten (bspw. mit SVM)
- Lose Kopplung mit ReHoSh visualisiert zukünftige Trends von urban decline und urban sprawl

Nachteile

- Keine dynamische Kopplung mit ReHoSh
- Unterscheidung von lediglich zwei LUC-Klassen



| Modellkomplex II

Vorteile

- Volle GIS-Funktionalität (Datenmanagement, Visualisierung, Modellierung, etc.)
- Multiskaligkeit (z.B. Nachfrage auf unterschiedlichen administrativen Ebenen, Allokation auf Rasterebene)
- Ökonomische Orientierung (z.B. bei Vorhandensein von Grundstückswerten kann Modell daraufhin kalibriert werden)

Nachteile

- Keine dynamische Kopplung mit Nachfrage-/Bevölkerungs-Modell
- Hoher Konfigurationsbedarf



Grenzen und Potenziale

ausblick

Integration!



ende

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



|... Urban Sprawl !

the challenge

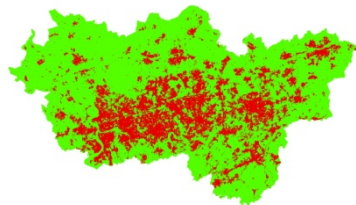
- ~ 35,000 ha of new (sealed) urban areas (*NRW Pro*), 1/3 of the total area
- Slight decrease, but 30 ha directive for 2020 won't either be reached 2030
- Demographic trend towards smaller households
- Fiscal competition between communities
- Planning routines (greenfield instead of brown field development)
- Preference for low density housing



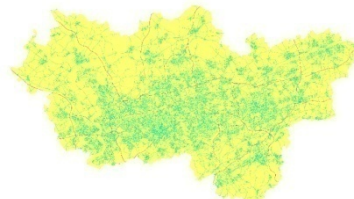
SLEUTH Urban Growth Model

zellen

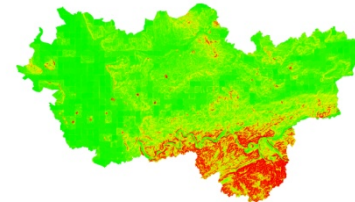
- Zellulärer Automat zur Modellierung von städt. Wachstum (Clarke et al. 1997)
- Vier Eingangsvariablen und fünf Wachstumskoeffizienten (brute-force Kalibrierung mittels Multi-Resolution Validation nach Goetzke 2011)



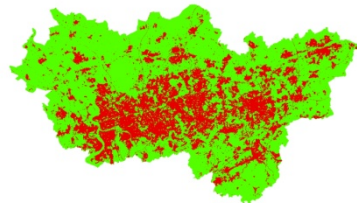
urban area t_0



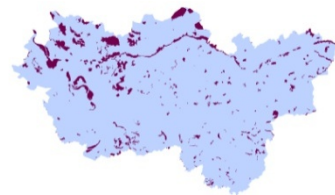
transport



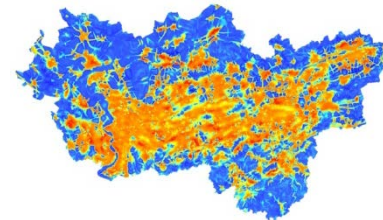
slope



urban area t_1



exclusion



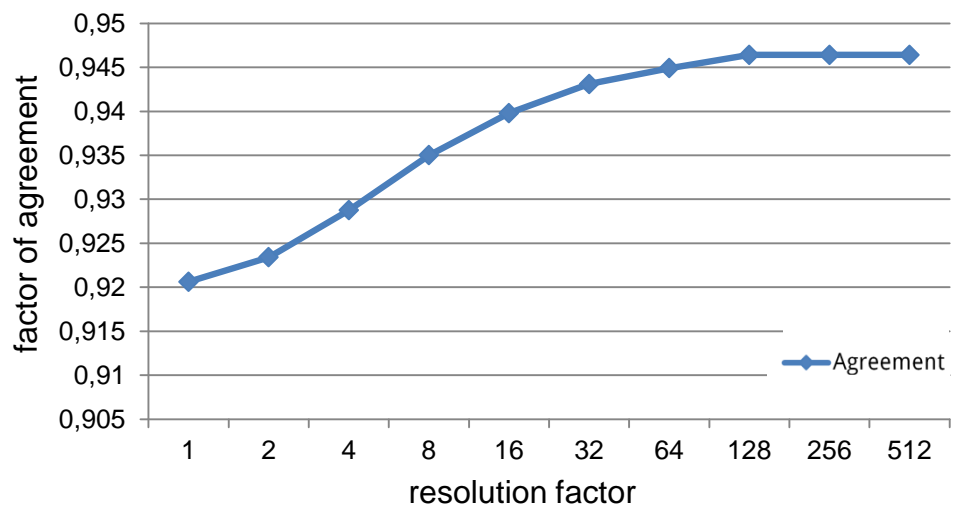
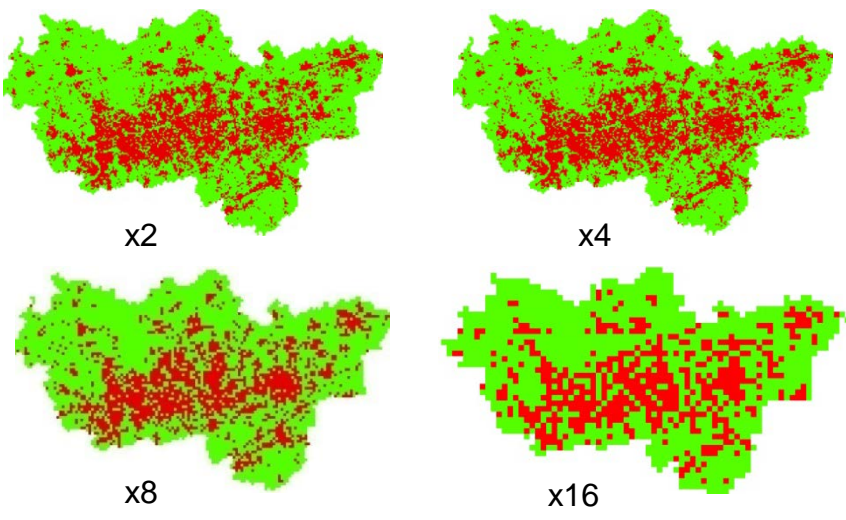
probability map

Input Factors



SLEUTH Multi Resolution Validation

- Cellular automaton for spatially explicit predicting land-use change (Clarke 1997)
- SLEUTH urban growth model (modified by Goetzke 2011): urban change modeling by using four input variables and five growth coefficients (MRV, brute force)

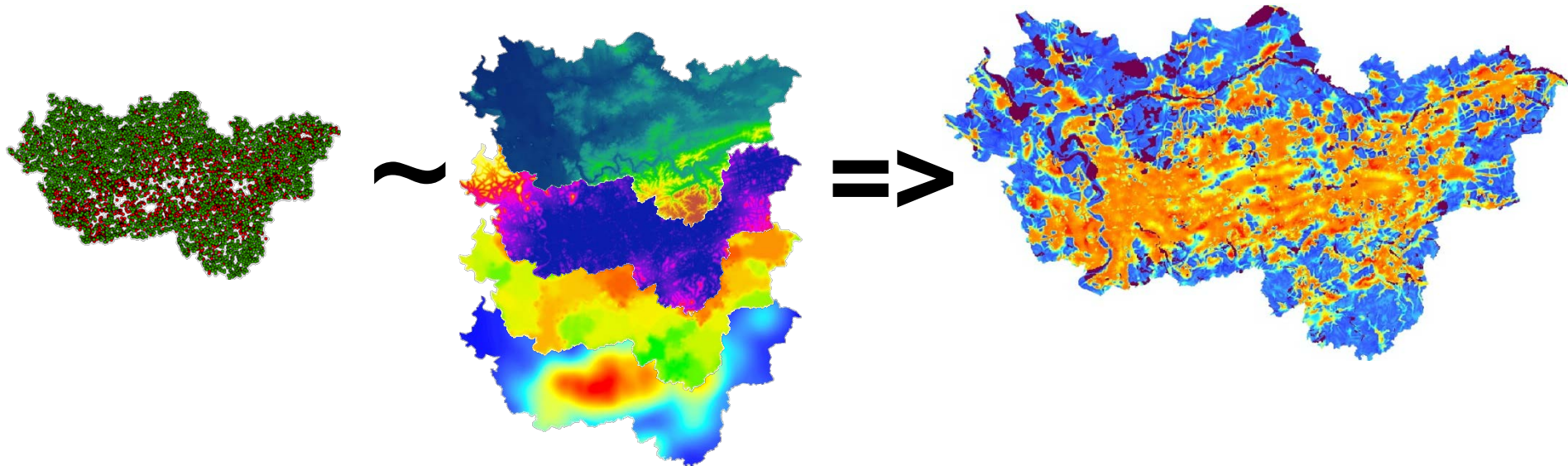




Supporting SLEUTH by Using SVM

the cells

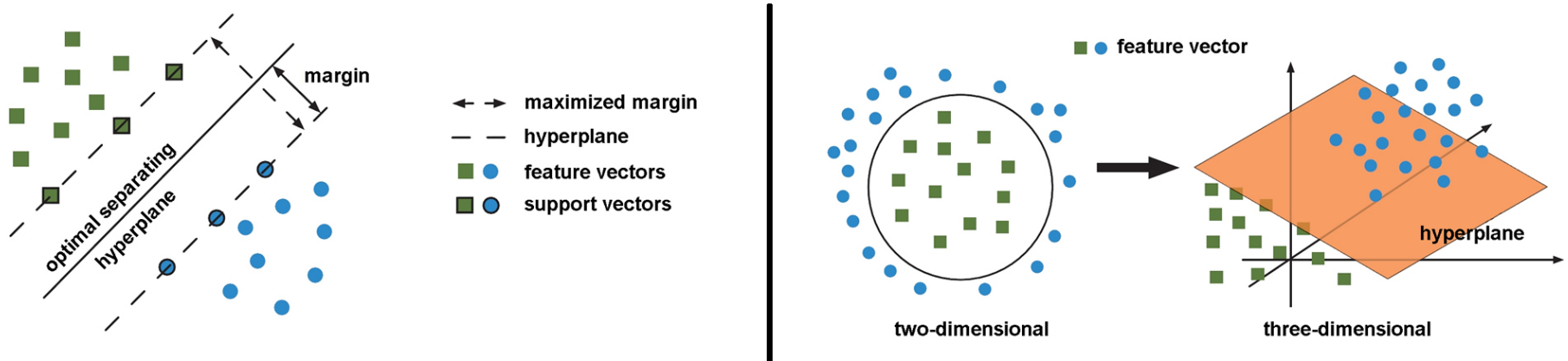
- Set of training data: topographic data; cost weighted distance variables (river, city 20,000, highway, airport...); density variables (population, unemployed, income, cars...)
- Producing a SVM-based probability map of urban growth with EnMap[®] Toolbox





Supporting SLEUTH by Using SVM

- Part of a new generation of machine learning algorithms finding their way into land system science (well known from many RS applications)
- (non-linear) (binary) classifier that labels a sample of empirical data through constructing an optimal separating hyperplane



Decision for an optimal separating hyperplane and non-linear transformation

Vogel 2012



| ReHoSh Assumptions

the agents

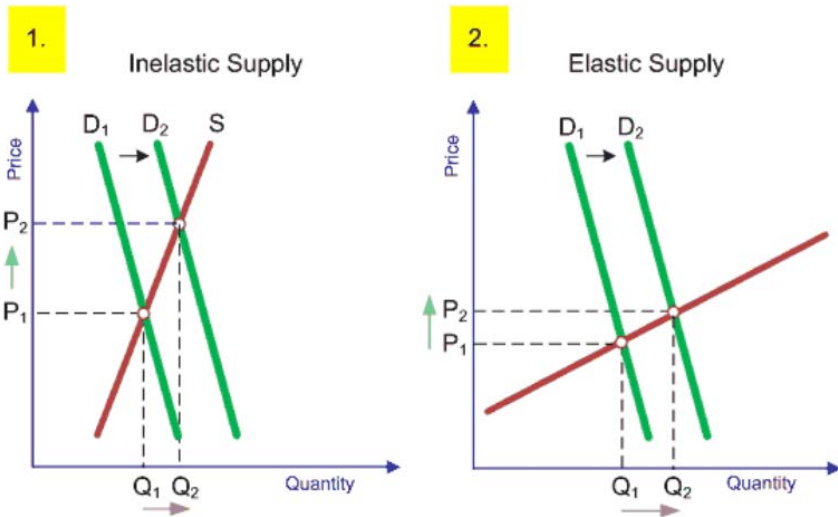
1. Limitation to housing related factors
2. All households have unlimited knowledge of all possible dwelling places
3. Prices for housing rise and fall linearly
4. Inelastic price behavior
5. Demographic change is simulated with a constant decrease in the whole region



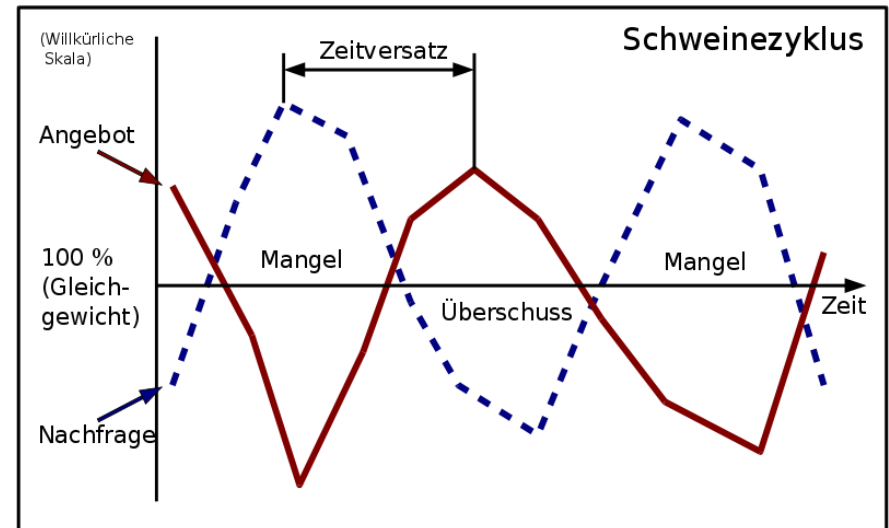
the agents

ReHoSh Price Development

- Housing prices change faster than the supply of dwellings (inelastic supply)
- Time lag between change of supply, demand, and price development (hog cycle)



$$\text{Price Elasticity of Supply} = \frac{\text{Quantity Change Percentage}}{\text{Price Change Percentage}}$$



<http://thismatter.com/economics/supply-elasticity.htm>



the agents

ReHoSh Migration Process

Intention to move

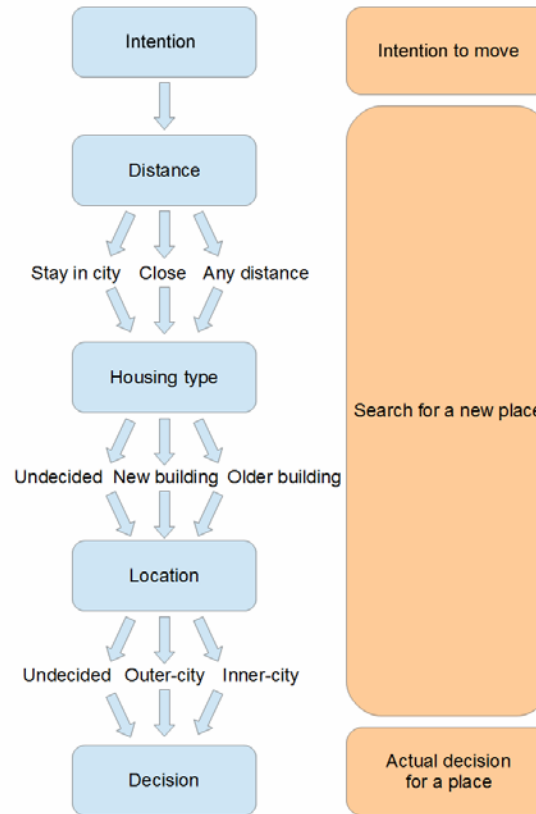
Transition probability per year

Search for a new dwelling place

Distance, housing type, location

Actual decision for a place

Price, supply, quality (age, vacancy rate)




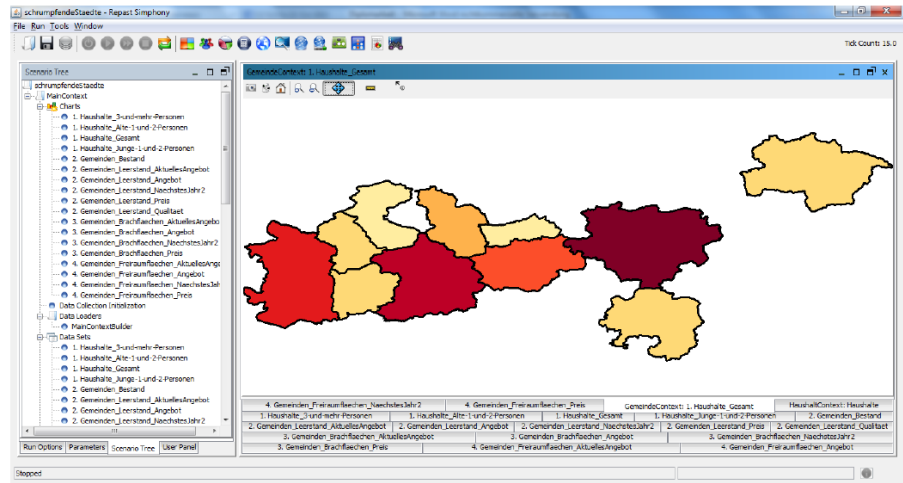
Rienow & Stenger (submitted)



ReHoSh Modelling Environment Repast

the agents

- Java-based open source toolkit for MAS 
- OOP: characterized by encapsulation and polymorphism
- The model is implemented as a hierarchy of separate classes (5) and contexts, each with its own collections of objects and schedule of their actions



ReHoSh in Repast

Stenger (2012)



ReHoSh Initialisation 2010

the agents

City/ District	Number of households (*100)			Number of dwellings	Prices (€)		Potential dwelling area (ha)
	1-2 pers, < 45 yrs.	1-2 pers, > 45 yrs.	> 3 pers.		ground value	real estate	
Duisburg	483	1,158	574	259,457	1,880	1,155	158
Essen	740	1,541	613	318,927	2,460	1,244	97
Mülheim a. R.	188	419	222	92,447	1,950	1,232	42
Oberhausen	229	494	255	106,812	1,981	1,106	66
Wesel	339	1,019	496	206,152	1,871	1,190	331
Bottrop	105	267	138	56,120	2,050	1,215	69
Gelsenkirchen	272	663	313	142,506	1,900	879	86
Recklinghausen	562	1,416	758	304,212	1,960	1,191	369
Bochum	506	893	385	192,754	2,030	1,245	98
Dortmund	840	1,420	586	310,814	1,995	1,183	388
Hagen	225	463	237	105,524	1,900	1,093	62
Hamm	149	389	258	85,077	1,876	986	157
Herne	156	422	176	85,373	1,900	1,082	36
Ennepe-Ruhr	330	822	377	170,102	2,321	1,150	211
Unna	291	910	523	191,807	1,999	1,137	375

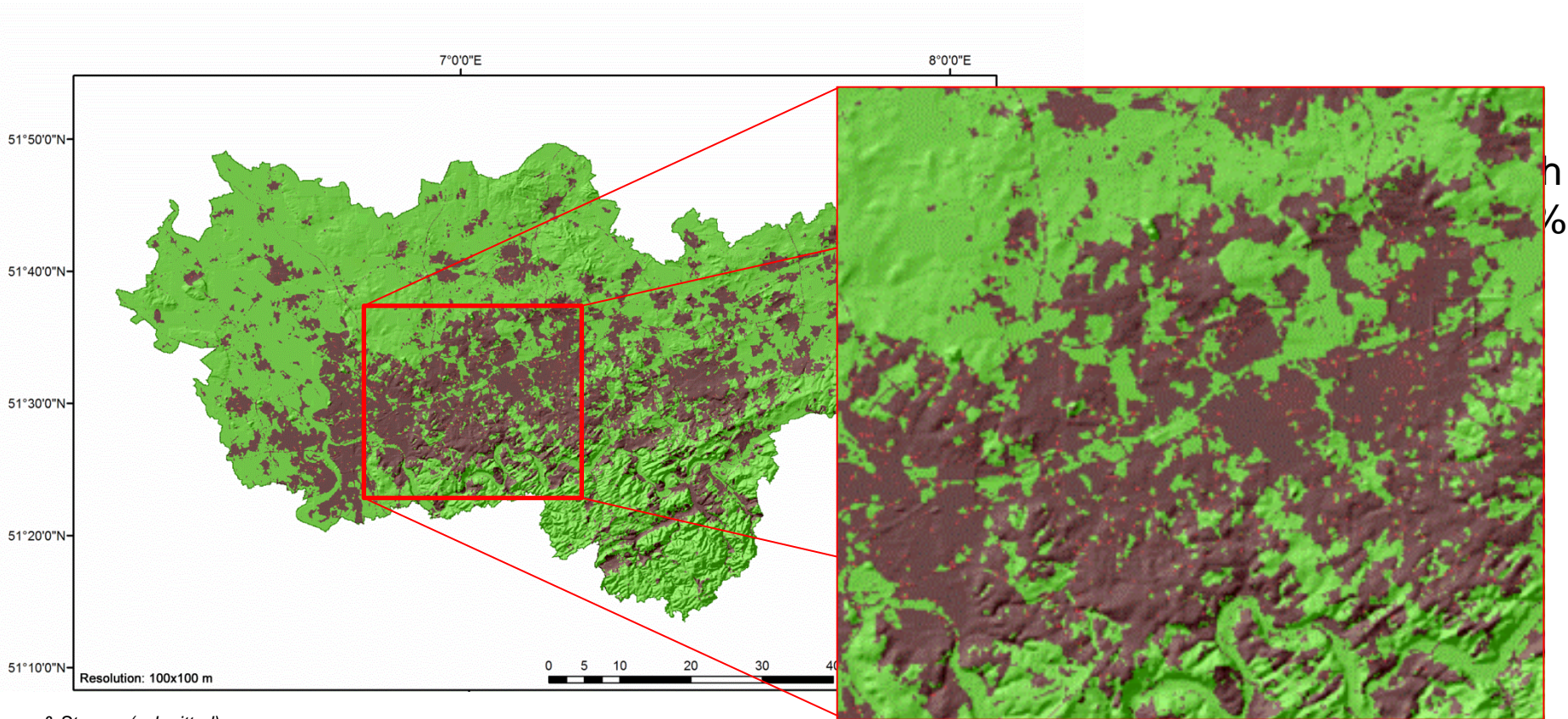
RuhrFIS (2012)
Boris (2012)
destatis





Urban Growth of the Ruhr 2025

the results

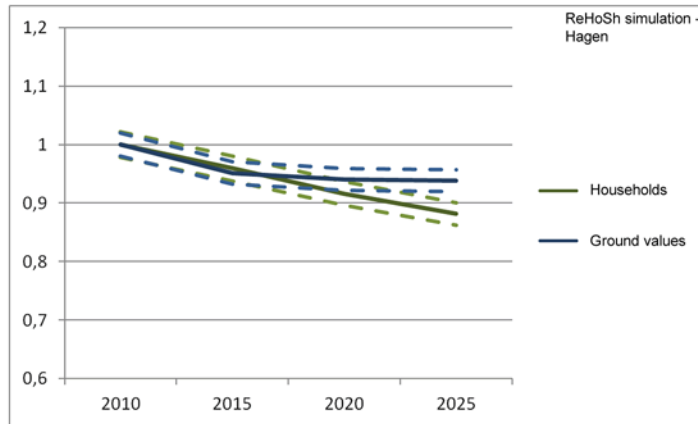
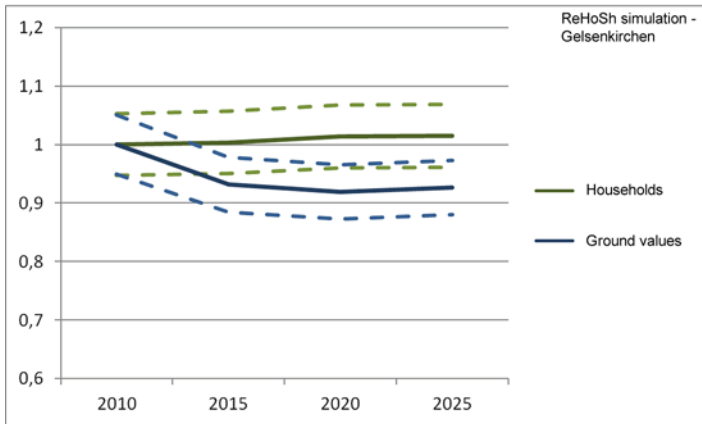
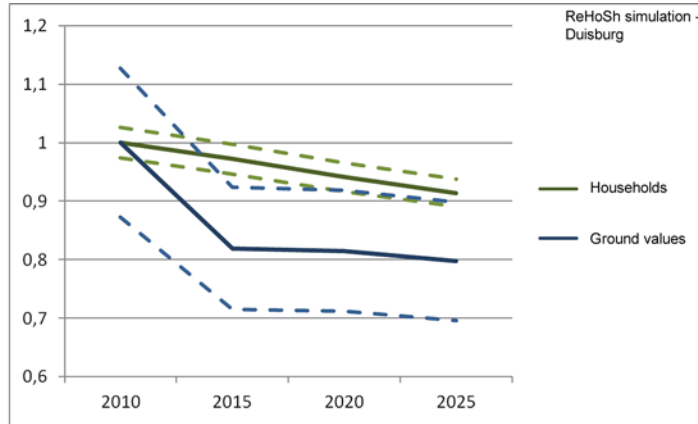
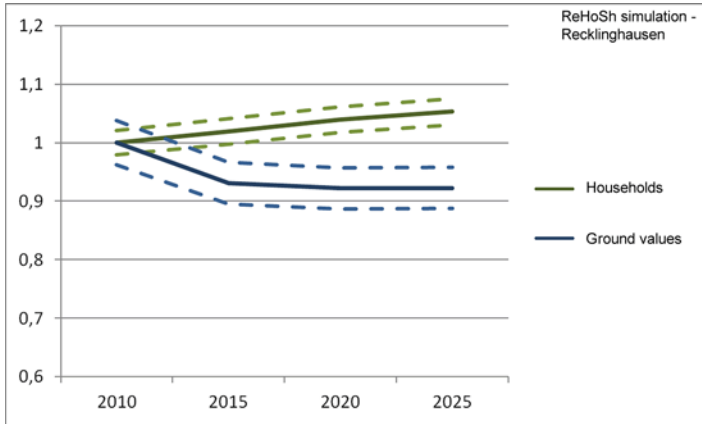


Rienow & Stenger (submitted)



Urban Decline of the Ruhr 2025

the results



Rienow & Stenger (submitted)