



ENOB: dataNWG

Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

Weberplatz 1
01217Dresden
Germany

Tel: +49 (0)351 / 4679-254
Fax: +49 (0)351 / 4679-212

g.meinel@ioer.de
www.ioer.de



E.1.4.4

Teilbericht Erhebungsbezirke

Gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

im Förderbereich

Energieoptimierte Gebäude und Quartiere

der Fördermaßnahme *Anwendungsorientierte nichtnukleare FuE* des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

Zur Energieanalyse von Gebäuden wird das Werkzeug VSA 2.0 verwendet. VSA 2.0 wird vom IWU mit Mitteln der KfW Bankengruppe erstellt.

22. April 2021

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Bank aus Verantwortung

Impressum

Projekt	Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Repräsentative Primärdatenerhebung zur statistisch validen Erfassung und Auswertung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland.
Kurztitel	ENOB:dataNWG
Teilprojekt	Erhebung von Gebäudemerkmalen und Gebäudeklassifikation durch Geodatenanalyse
Gefördert mit Mitteln von	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Förderschwerpunkt Energieoptimierte Gebäude und Quartiere des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung
Förderkennzeichen	03 ET1315 B
Fördermittelnehmer	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Projektpartner	<ul style="list-style-type: none">• Institut Wohnen und Umwelt (IWU)• Bergische Universität Wuppertal, Fachgebiet Ökonom Planens und Bauens (BUW-ÖPB)
Auftragnehmer	
Bericht	Teilbericht Erhebungsbezirke (E.1.4.4)
Verfasser	Steffen Schwarz, Martin Schorcht, André Hartmann; Dr. Gotthard Meinel; Dr. Martin Behnisch; Dr. Robert Hecht
Mitarbeit	
Datum	22. April 2021
ISBN	
IWU-Bestellnummer	
Dokument	

Inhalt

1	Erhebungsbezirksbildung – Problemstellung und Nutzen	2
2	Bedingungen und Anforderungen	2
2.1	Geometrische Bedingungen	2
2.2	Belegungsbedingungen	3
3	Vorbereitung des Erhebungsbildungsalgorithmus – Maschenbildung und Prozessierungsvarianten	4
3.1	Maschenbildung	4
3.2	Prozessierungsvarianten	4
3.2.1	Top-Down-Ansatz	5
3.2.2	Bottom-Up-Verfahren	6
3.2.3	Resümee der Prozessierungsvarianten	7
3.3	Schwellwertbildung	7
4	Automatisierter Erhebungsbezirksbildungsalgorithmus	8
5	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	12
Anhang A -	Literaturverzeichnis	15

1 Erhebungsbezirksbildung – Problemstellung und Nutzen

Zur Realisierung des mehrstufig geschichteten stichprobenmethodischen Ansatzes und zur Gewährleistung der Repräsentativität der Ziehung bedarf es einer räumlichen Gliederung der Erhebungseinheiten (Hausumringe). Die Gebietsfläche Deutschlands soll dabei in sogenannten Erhebungsbezirke untergliedert werden, aus deren Menge eine Stichprobe von 500 Bezirken gezogen wird. Die Bezirke werden unter der folgenden Randbedingung gebildet, dass diese bei einer zufälligen Stichprobe von 500 Erhebungsbezirken eine Anzahl von 100.000 Hausumringen (AdV 2019) enthalten und möglichst gleichmäßig auf die Bezirke (etwa 200 pro Bezirk) verteilt sind. Auch aus Erhebungspraktischer Sicht werden Anforderungen an die Bildung der Bezirke gestellt. Um die Wege und somit auch den Aufwand für die Screener (Erheber) aufgrund der begrenzten finanziellen Mittel möglichst gering zu halten, sollten die Bezirke möglichst kompakt in ihrer Form sein. Bestehende administrative Grenzen und auch Postleitzahlgebiete wurden als mögliche räumliche Unterteilungen geprüft, allerdings vom Projektteam als nicht praktikabel bewertet, da die oben eingeführten Randbedingungen nicht eingehalten werden können. Eine Literaturrecherche zeigt, dass es keine geeignete Methode zur Portionierung gibt, welche die gegebenen Bedingungen ausreichend beachtet (Bilal, Murry 2015; Cui et al. 2012; Jermann 2004; Wan et al. 2016). Das IÖR entwickelte darum einen speziell auf das Problem zugeschnittenen, neuartigen Algorithmus zur automatisierten Erhebungsbezirksbildung. Die zugrundeliegenden Anforderungen, Rahmenbedingungen und Methoden des Bildungsverfahrens werden im Folgenden dargestellt.

2 Bedingungen und Anforderungen

2.1 Geometrische Bedingungen

Folgende geometrische Bedingungen sind an die Bildung der Erhebungsbezirke zu stellen:

- deutschlandweite Abdeckung
- möglichst gleiche Besetzung mit Hausumringen
- überlagerungsfreie Bezirke (eindeutige Zuordnung)
- bundeslandweise Prozessierung
- keine Grenzen durch Baublöcke
- Beachtung von Barrieren (Flüsse, Gleise, Geländekanten, Autobahnen)
- möglichst kompakte Bezirke in der Formgestalt

Um die Abbildung und somit die Möglichkeit der späteren Ziehung jedes räumlichen Teils in Deutschland zu gewährleisten, müssen die Bezirke flächendeckend gebildet sein. Um die Repräsentativität der Ziehung zu garantieren, ist neben der Flächendeckung auch eine annähernd gleiche Anzahl an Hausumringen pro Erhebungsbezirk entscheidend. Die Bezirke dürfen sich nicht überlappen. Aus Erhe-

bungspraktischer Sicht ist es notwendig die administrativen Grenzen der Bundesländer zu beachten, da sich die Akquirierung der Screener (Erheber) und die Umsetzung des Stichprobenerhebung besser koordinieren lässt. Aber auch für die Beachtung der Belegungsbedingungen ist eine bundeslandspezifische Betrachtung von Vorteil, da aufgrund der unterschiedlichen Datenlage verschiedene Schwellenwerte zur Unterscheidung von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden angewendet werden können (siehe 3.3 Schwellwertbildung). Eine Zerschneidung von Wohnblöcken, oder einzelnen Hausumringen soll ebenfalls vermieden werden. Um zusammenhängende Erhebungsbezirke zu erhalten, sollen des Weiteren auch Raumschranken, die als Barrieren im Bezirk wirken können (z. B. Flüsse, Gleise, Autobahnen oder auch Geländekanten)nach Möglichkeit vermieden werden.. Ein weiteres Ziel ist es, die Erhebungsbezirke in einer kompakten Form zu zuschneiden, womit die bei der Erhebung zurückgelegten Wegstrecken geringgehalten werden sollen.

2.2 Belegungsbedingungen

Neben den geometrischen Bedingungen spielen die folgenden aufgelisteten Belegungsbedingungen bei der Erhebungsbezirksbildung eine entscheidende Rolle.

- mindestens in der Wahrscheinlichkeitssumme 140 Nichtwohngebäude ($\sum \text{Wahrscheinlichkeitssumme } NWG \geq 140$) (siehe weiter unten)
- mindestens 200 Hausumringe (HU)
- mindestens 100 Umringregionen

Die Hausumringe führen neben der Nutzungsinformation verschiedene geometrische Merkmale. Auf Basis der vom IÖR-bereitgestellten Daten, ermittelt das IWU über eine Binär-logistische Regressionsgleichung für jeden einzelnen Hausumring einen Wahrscheinlichkeitswert, nachdem dieser zu einem relevanten Nichtwohngebäude gehört (Beziehung HU-Gebäude siehe Kapitel Gebäudemerkmale). Diese Wahrscheinlichkeit $p(i)$ variiert je Objekt zwischen 0 und 1. Als Bildungsvorschrift für die Erhebungsbezirke gilt, die Summe der Wahrscheinlichkeiten $p(i)$ im Erhebungsbezirk muss mindestens 140 betragen. Außerdem muss jeder Bezirk mindestens 200 Hausumringe (HU) und mindestens 100 Umringregionen (zusammenhängende Hausumringe)enthalten. Für die Unterscheidung, ob es sich um ein Wohn- oder nicht-Wohngebäude handelt, ist ein Schwellenwert nötig (siehe 3.3 Schwellwertbildung). Die Schwellwertfindung resultierte aus einem engen Abstimmungsprozess zwischen dem IÖR und IWU, wobei darauf geachtet wurde, dass für die Screener eine Mindestanzahl an Nicht-Wohngebäuden in einem Erhebungsbezirk auffindbar sein soll.

3 Vorbereitung des Erhebungsalgorithmus – Maschenbildung und Prozessierungsvarianten

3.1 Maschenbildung

Als Grundlage für die Bildung der Erhebungsbezirke dienen Maschen, welche unter Nutzung des Straßennetzes sowie weiterer linearer Barrieren aus dem digitalen Landschaftsmodell (ATKIS Basis-DLM) gebildet wurden. Hierzu wurden die folgenden ATKIS-Objekte verwendet:

- Straßen
- Hauptwirtschaftswege
- Eisenbahnlinien
- Fließgewässer

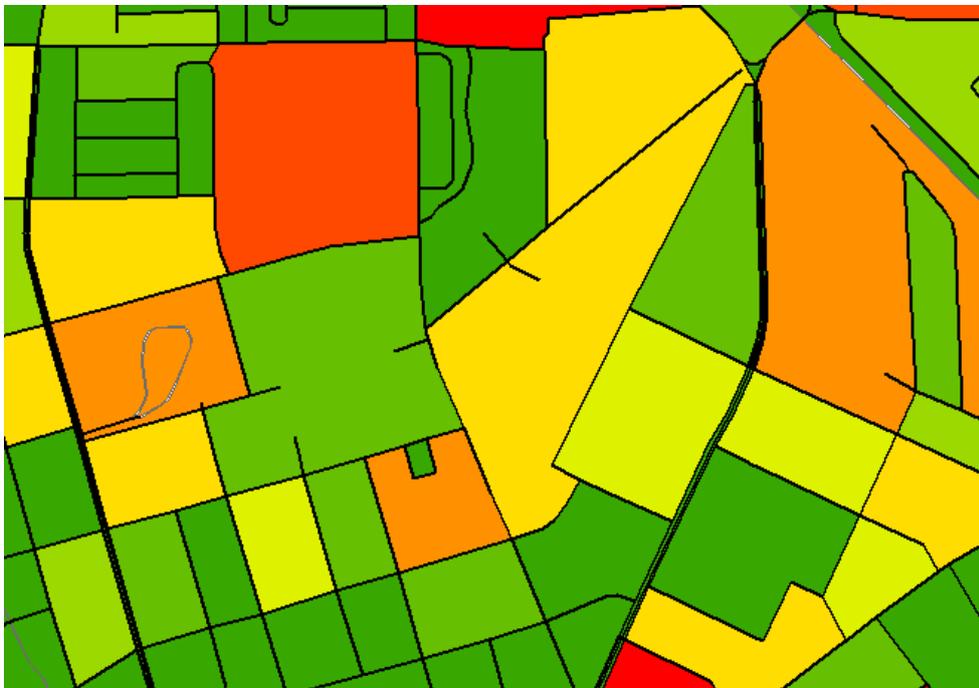


Abbildung 1 Beispiel Maschenbildung

Die entstehenden Maschen (Abbildung 1) sind grundlegende Ausgangsbasis für den Erhebungsbezirksalgorithmus und stellen die kleinste mögliche Erhebungseinheit dar. Mit dieser Maschenbildung wird sichergestellt, dass keine zusammenhängenden Wohnblöcke zerschnitten werden. Anschließend werden pro Masche die Wahrscheinlichkeiten ($p(i)$) der Erhebungseinheiten aufsummiert.

3.2 Prozessierungsvarianten

Für die Bildung der Erhebungsbezirke wurden zwei verschiedene Ansätze erprobt und sich am Ende für einen Ansatz entschieden. Ein Top-Down sowie ein Bottom-up-Ansatz.

3.2.1 Top-Down-Ansatz

Der entwickelte Top-Down-Ansatz ist rasterbasiert. Dabei werden Raster verschiedener Auflösungsstufen erzeugt. Beginnend mit einem groben Raster wird für jede Zelle jeweils die nächst feinere Ebene geprüft, ob die definierten Randbedingungen zur Belegung erfüllt sind (siehe Abbildung 2). Diese Prüfung wird solange auf die nächst detaillierter Ebene angewandt, bis die Bedingungen nicht mehr eingehalten wird.

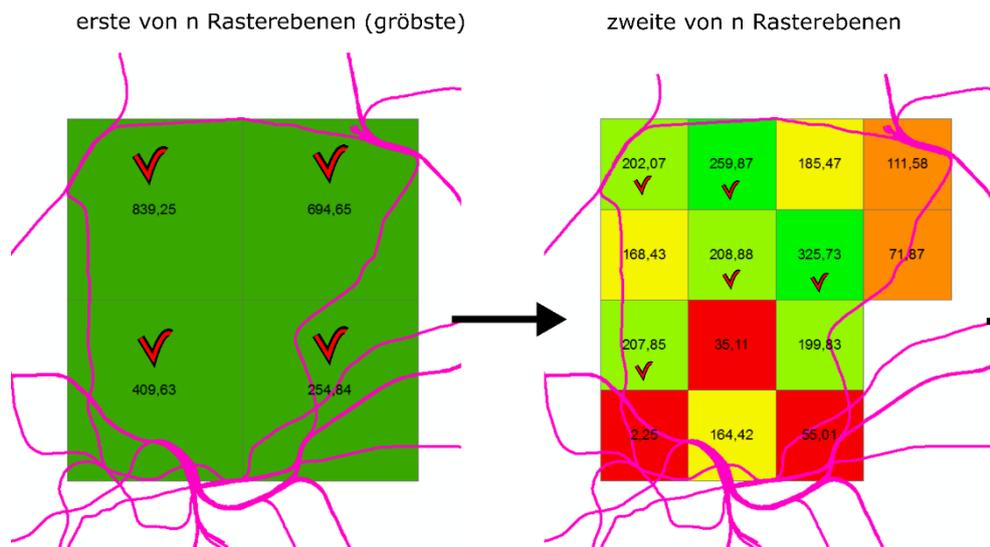


Abbildung 2 Top-Down-Ansatz erste Rasterebene
Pink: Barrieren)

(Linien in

übertrage 'Rasterbezirke' an Maschen

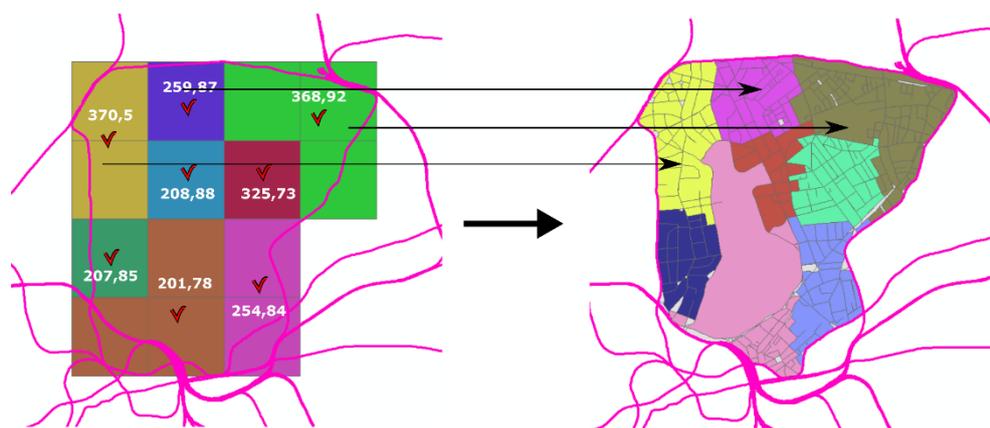


Abbildung 3 Übertragung der Raster auf Maschen

Im Anschluss wird geprüft, ob Rasterzellen, welche die Bedingungen nicht einhalten, durch Zusammenführen untereinander die Bedingung wiederum erfüllen können, wodurch eckige Subpixel gebildet werden (siehe Abbildung 3, links). Im letzten Schritt werden Die Informationen der Raster räumlich anhand eines in der

Fläche befindlichen Punktes auf die Maschen übertragen und jene wiederum zu einem Erhebungsbezirk zusammengefasst.

Die Resultate des Top-Down-Ansatzes zeichnen sich wie folgt aus:

Pro

- sehr performant in der Prozessierung

Contra

- Ergebnis führt zu einer ungenaueren Abgrenzung (größere Erhebungsbezirke), besonders in ländlichen Räumen

3.2.2 Bottom-Up-Verfahren

Bei dem entwickelten Bottom-Up-Verfahren wird von den Maschen selbst ausgegangen und unter Anwendung eines Wachstumsalgorithmus Erhebungsbezirke gebildet. Dabei erfolgt ausgehend von gesetzten „seed points“ ein stetiges Anwachsen der Masche durch sukzessive Zusammenführung mit benachbarten Maschen zu einem Erhebungsbezirk. Das Anwachsen erfolgt solange, bis die Mindestanforderungen erfüllt sind (siehe Abbildung 4).

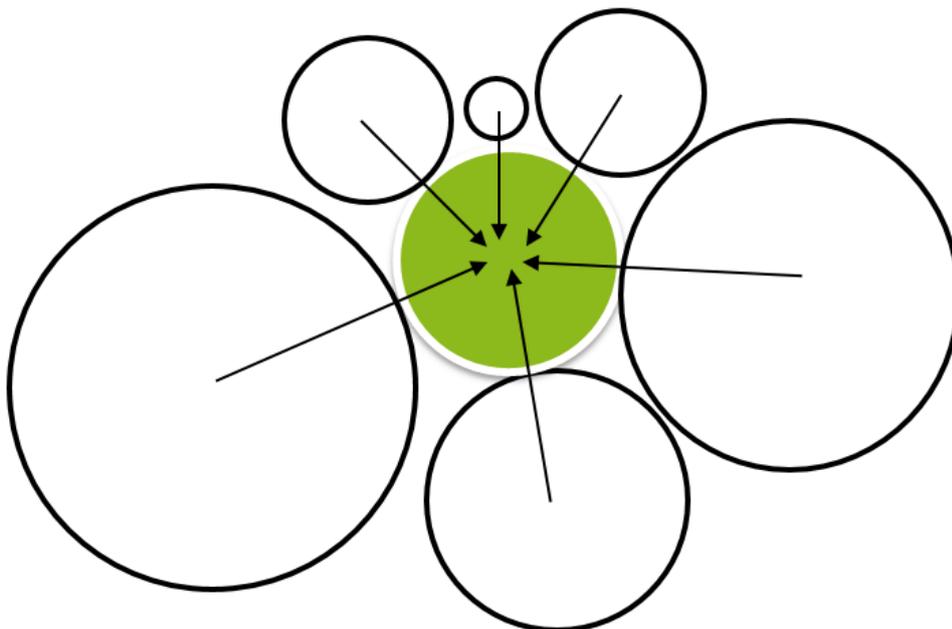


Abbildung 4 Bottom-Up-Algorithmus

Die Zusammenfassung erfolgt dabei ausgehend von der betrachteten Masche im Urzeigersinn mit dem ersten im Datensatz befindlichen Nachbarn. Ebenfalls werden das Kompaktheitsmaß und Barrieren wie Autobahnen, Flüsse, Gleise und Geländekanten berücksichtigt.

Die Resultate des Bottom-Up-Ansatzes sind:

Pro

ENOB:dataNWG

- liefert sehr kleine Erhebungsbezirke
- wesentlich bessere Abgrenzung in weniger dicht besiedelten Räumen
- Beachtung von Barrieren

Contra

- Aufwändige Implementierung
- Sehr rechenintensiv

3.2.3 Resümee der Prozessierungsvarianten

Der Top-Down-Ansatz ist in der Laufzeit zwar sehr effizient, liefert jedoch besonders in den ländlichen Räumen zu groß abgegrenzte Erhebungsbezirke. Der wesentlich rechenintensivere Bottom-Up-Ansatz liefert hingegen in weniger dicht besiedelten Räumen eine ausreichend genaue Abgrenzung. Im Rahmen des Projektes wurde sich daher für den rechenintensivere Bottom-Up-Ansatz entschieden, da dieser kleinere, kompakte Erhebungsbezirke generiert. Dies garantiert möglichst kurze Wege innerhalb eines Bezirkes und damit geringere Kosten für das Screening.

3.3 Schwellwertbildung

Die Belegungsbedingungen (siehe 2.2 Belegungsbedingungen) wurden über Schwellwerte definiert, die im Forschungskonsortium diskutiert und abgestimmt wurden, um den theoretischen Anforderungen für die Stichprobenziehung (IWU), den erhebungspraktischen Anforderungen (BUW) und den Anforderungen einer computerbasierten Umsetzung (IÖR) gerecht zu werden. Anhand einer Vorabschätzung zum Wohngebäudebestand und bundeslandspezifischer Schwellenwerte wurden die Erhebungsbezirke gebildet. Dabei ist das oberste Ziel gewesen, dass bei der Erhebung von insgesamt 100.000 Erhebungseinheiten (Annahmen von Nicht-Wohngebäuden) mindestens 50.000 Untersuchungseinheiten (tatsächlich vorhandene Nicht-Wohngebäude) sind, was eine wesentliche Bedingung für die Repräsentativität dieser Studie ist (Abbruchkriterium).

Die Feinabstimmung erfolgte vor allem zwischen dem IÖR und dem IWU. Über iterative Prozesse wurden bundeslandspezifische Schwellenwerte ermittelt, um Erhebungsbezirke zu bilden, in denen eine ausreichend hohe Anzahl an Erhebungseinheiten (Hausumringe) vorhanden ist.

Nach der 1. geschichteten Ziehung der HU und Erhebungsbezirke prüfte das IÖR die Daten auf ihre Eignung. Die Verteilung der HU in den Wahrscheinlichkeitsklassen ließ erwarten, dass das Hauptziel mindestens 50% der Grundgesamtheit Nichtwohngebäude zu untersuchen, aufgrund der insgesamt zu niedrigen Wahrscheinlichkeiten, wohlmöglich nicht erreicht werden würde. Das IWU führte daraufhin Worst-Case-Szenarien mit Monte-Carlo-Simulationen durch, woraufhin die Ziehungshäufigkeit in den Klassen angepasst wurde.

Im Zuge der weiteren Abstimmungen fiel ebenfalls auf, dass sich die Daten in ihrer Güte, speziell was die Attributierung des Merkmals der Nutzungsinformation der ENOB:dataNWG

HU, nach den Bundesländern teils stark unterscheiden. Daher werden für jedes Bundesland spezifische Schwellwerte festgesetzt, welche die Rahmenbedingungen für die Erhebungsbezirksbildung setzen.

Nach der Pilotphase wurde überprüft, ob die bisher festgesetzten Werte die vorgegebenen Bedingungen erfüllen.

4 Automatisierter Erhebungsbezirksbildungsalgorithmus

Für den Erhebungsbezirksbildungsalgorithmus im Bottom-Up-Verfahren dienen die Hausumringe mit den jeweils zugewiesenen Wahrscheinlichkeiten ($p(i)$) als Datengrundlage. Anhand dieser Wahrscheinlichkeiten wird abgeschätzt, ob es sich dabei um ein Nichtwohngebäude handeln könnte, womit sichergestellt werden soll, dass auch genügend Erhebungsobjekte in einem Bezirk vorhanden sind (siehe 2.2 Belegungsbedingungen). Die Wahrscheinlichkeiten wurden durch das IWU mittels eines binär-logistischen Regressionsmodells ermittelt, welche die Informationen des IÖR zur Nutzung der HU und der berechneten geometrischen Merkmale als unabhängige Variablen nutzt. Für die weitere Prozessierung werden die Maschen entsprechend Kapitel 3.1 unter Nutzung des ATKIS-Straßennetzes und der administrativen Grenzen der Bundesländer generiert. Damit wird garantiert, dass keine Zerschneidung von Wohnblöcken und einzelnen Erhebungseinheiten erfolgt (siehe Abbildung 5). Die Maschen stellen die kleinstmöglichen Erhebungseinheiten im Sinne der Erhebungsbezirke dar. Für jede Masche werden die Wahrscheinlichkeiten der HU aufsummiert.

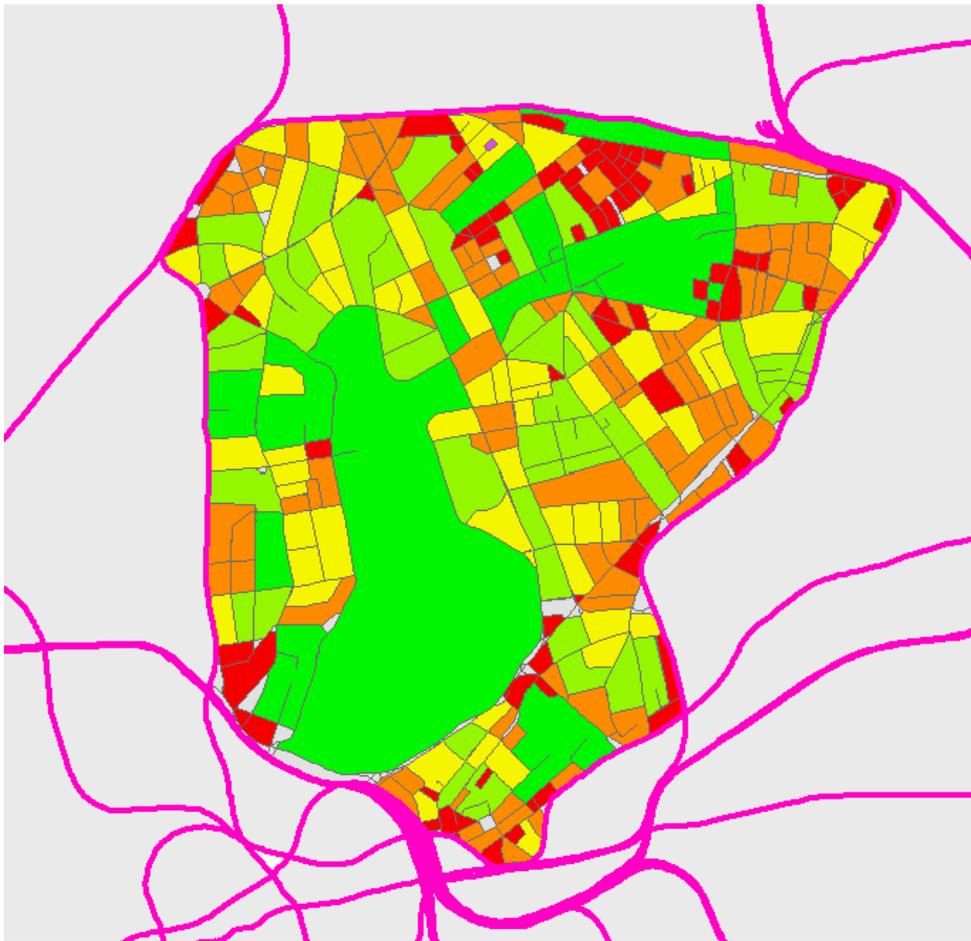


Abbildung 5 Maschenbildung

Im nächsten Schritt werden unüberwindbare Barrieren, wie Autobahnen, Flüsse, Gleise und Geländekanten hinzugezogen. Diese werden flächenhaft modelliert und aus dem Maschennetz durch räumliche Verschneidung herausgelöst, sodass Maschen, zwischen denen eine Barriere liegt, nicht mehr direkt benachbart sind. (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6 Berücksichtigung von Barrieren und Brücken

Brücken bleiben als Verbindung erhalten, da in Realität eine Überwindung der Barriere an dieser Stelle möglich ist. Durch eine zusätzliche Segmentierung der Barrieren überbrückenden Elemente kann gesteuert werden, wie schnell ein Bezirk darüber hinweg anwachsen kann (siehe Abbildung 6, rechts). Auch bei Autobahnen oder bei einem Tunnel wird diesbezüglich analog verfahren. Im nächsten Schritt wird der Wachstumsalgorithmus gestartet und Seed-Points auf einzelne Maschen gesetzt (siehe Abbildung 7).

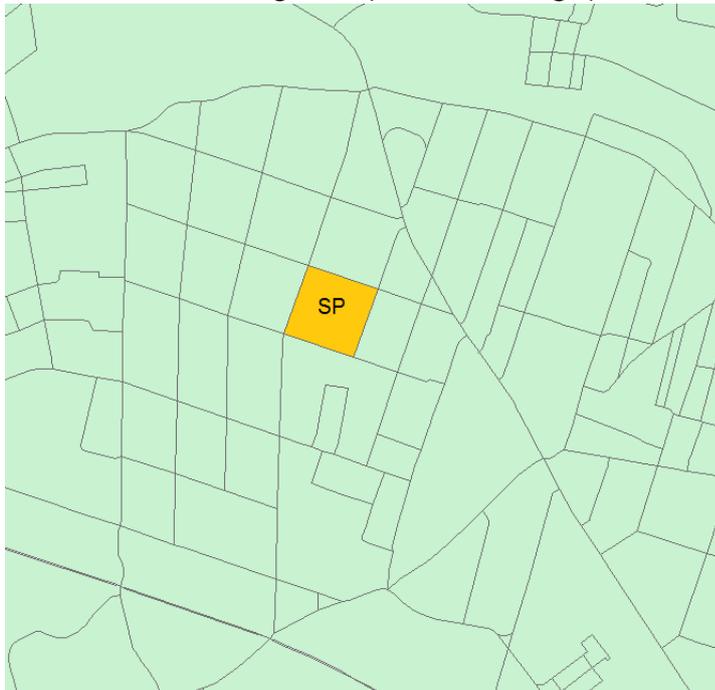


Abbildung 7 Seed-Point Setzung

Um ein gleichmäßiges Wachstum der Erhebungsbezirke zu gewährleisten, erfolgt die Maschenbildung bevorzugt mit den ATKIS-Ortslagen. Der Algorithmus startet im jeweiligen Bundesland in der südwestlichen Ecke und endet in der nord-östlichen Ecke, wobei die Seed-Points aufsteigend nach zuerst X- und anschließend Y-Koordinate geordnet werden und eine gleichmäßige Verteilung über die Landesfläche sichergestellt wird.

Das Wachstum verläuft schalenweise im Urzeigersinn.



... n^{te} Schale

Abbildung 8 Wachstumsalgorithmus

Die benachbarten Maschen werden solange akkumuliert, bis die definierten Bedingungen erfüllt sind (Abbildung 8). Ist eine „Schale“ um den Seed-Point gefüllt, so springt der Algorithmus auf die nächste Schale (benachbarte Maschen der ersten Schale). Anschließend wird hinterlegt, welche Masche bereits Teil eines Erhebungsbezirks ist. Nach diesem Prozessschritt kann es zu dem Fall kommen, dass Maschen keine Zuordnung zu einem Erhebungsbezirk aufweisen.

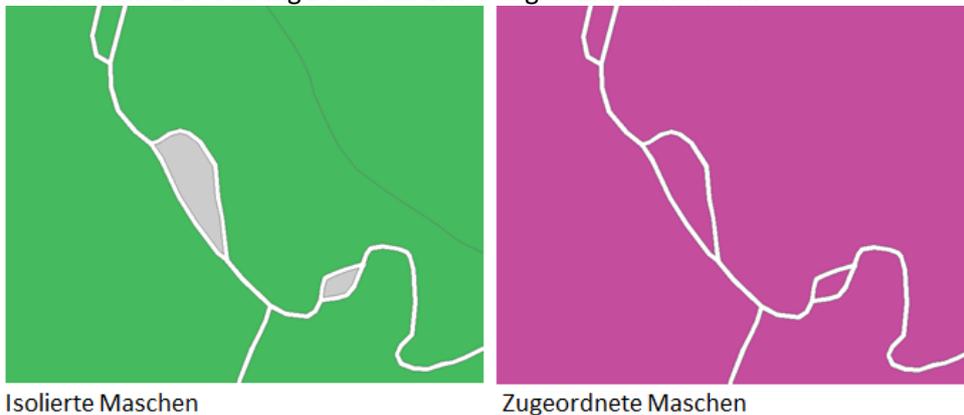


Abbildung 9 Zuordnung übriger Maschen

Nicht zugeordnete Maschen werden iterativ dem angrenzenden Erhebungsbezirk mit der jeweils längsten gemeinsamen Kante zugeordnet. Liegen isolierte Maschen vor, so werden diese stets dem nächstgelegenen Erhebungsbezirk zugeordnet (Abbildung 9).

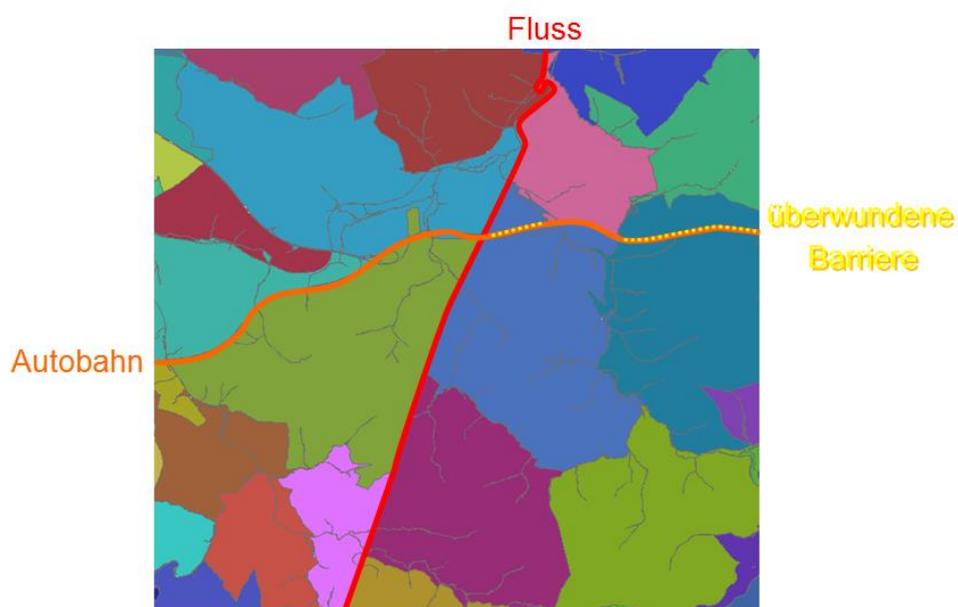


Abbildung 10 Überwindung von Barrieren

Nach Abschluss des Wachstumsalgorithmus sind alle Maschen eines Bundeslandes einem Erhebungsbezirk zugehörig, wodurch eine flächendeckende Zuordnung gewährleistet ist. In Nordrhein-Westfalen ergibt sich das Muster gemäß Abbildung 11.



Abbildung 11 Erhebungsbezirke in NRW

Gut zu erkennen ist die unterschiedliche Größe der Erhebungsbezirke, die sich aus den Randbedingungen ergeben (siehe 2. Bedingungen und Anforderungen). In den Ballungsgebieten sind die Bezirke aufgrund der höheren Dichte an Hausumringen deutlich kleiner als im ländlichen Bereich.

5 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Der automatisierte Erhebungsbezirksbildungsalgorithmus ermöglicht eine vollautomatisierte Generierung von Erhebungsbezirken unter Beachtung der vorgegebenen Bedingungen. Ferner trägt dieser auch den erhebungspraktischen Anforderungen Rechenschaft, indem möglichst kleine und kompakte Einheiten erzeugt werden. Der iterative Anpassungsprozess des Algorithmus zeigte, dass eine bundeslandspezifische Prozessierung aufgrund der Länderspezifika der Geodaten sinnvoll ist. Die für Bundesländer angepasste Regressionsgleichungen zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeiten wurden anhand von spezifischen Schwellwerten bei der Generierung der Erhebungsbezirke beachtet. Der größte Arbeitsaufwand lag in der Implementierung und Prozessoptimierung.

Exemplarisch werden die Ergebnisse von NRW vorgestellt. Abbildung 12 zeigt alle Bezirke des Landes NRW sowie speziell hervorgehoben die vom IWU gezogenen Erhebungsbezirke (n=96).

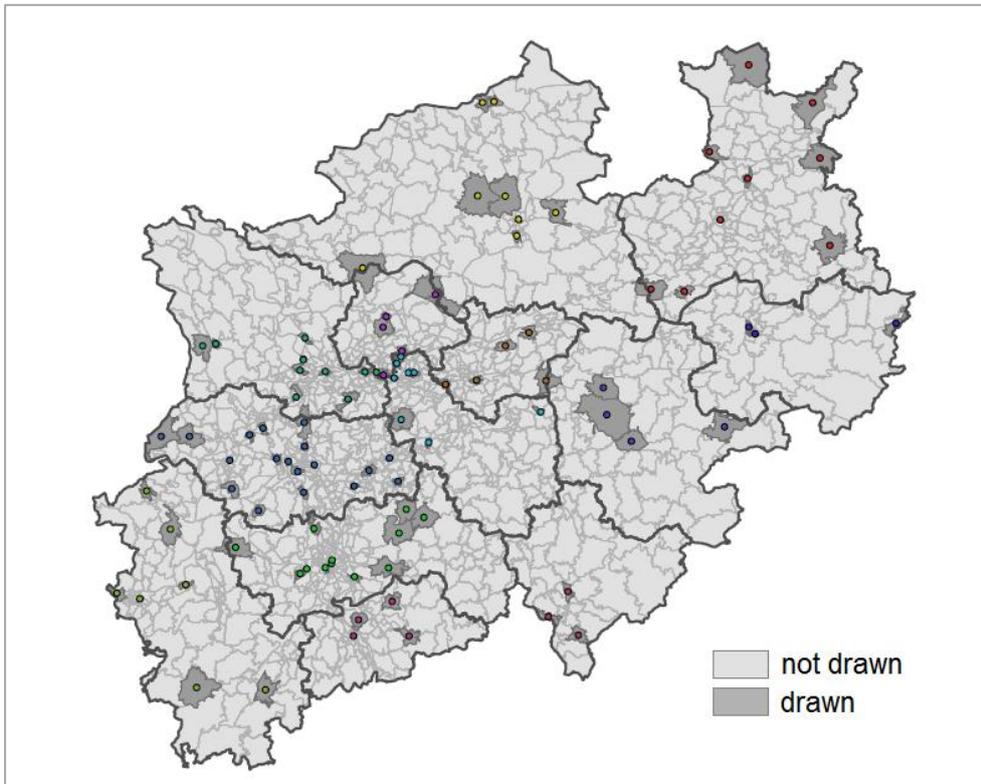


Abbildung 12 Generierung der Erhebungsbezirke in NRW

Insgesamt wurden 1484 Bezirke generiert (siehe Abbildung 13). In NRW werden erst HU mit einer Wahrscheinlichkeit ab einem Schwellwert von 0,4 beachtet. Minimal sind genau 200 und maximal 594 HU in den jeweiligen Bezirken enthalten. Der Mittelwert liegt bei ca. 234 HU pro Bezirk. Die Standardabweichung beträgt ca. 39. Selbst die maximale Objektanzahl unterschreitet den vom Forschungskonsortium als kritisch angesehenen Wert bei weitem.

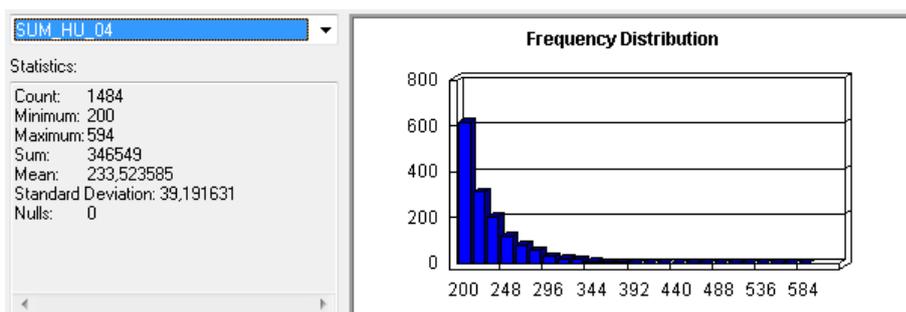


Abbildung 13 Summe der Hausumringe mit $p \geq 0,4$ pro Bezirk (NRW)

Hinsichtlich der Wahrscheinlichkeitsverteilung gibt Abbildung 14 Aufschluss.

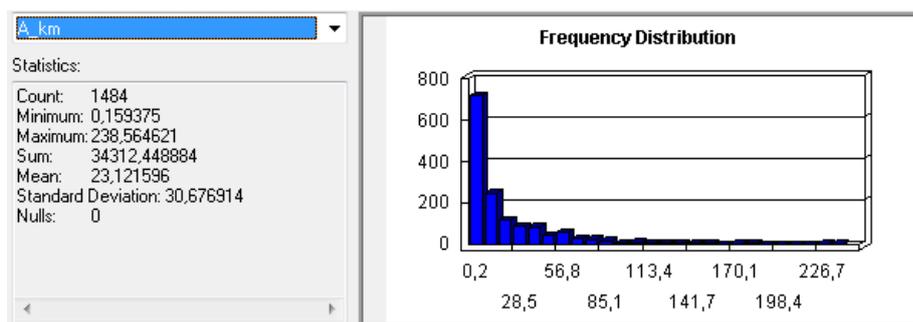


Abbildung 14 Flächenangaben [km²] pro Bezirk (NRW)

Die Spannweite der Flächengröße der Bezirke reicht von ca. 0,16 km² bis 239 km². Im Mittel sind die Bezirke ca. 23 km² groß. Die Mehrzahl der Bezirke ist kleiner als 60 km².

Es wurde eine Balance zwischen der Einhaltung der Bedingungen und den erhebungspraktischen Anforderungen angestrebt. Im Anschluss an die Pilotphase wird geprüft inwieweit die jetzigen Bedingungen praktikabel sind. Wenn nötig werden Anpassungen vorgenommen.

Anhang A - Literaturverzeichnis

- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2019): Datenformatbeschreibung Hauskoordinaten Deutschland (HK-DE). <http://www.adv-online.de/Adv-Produkte/Liegenschaftskataster/Amtliche-Hausumringe/binarywriterservlet?imgUid=cd7302a0-36fa-6b61-c2d2-1bf43b36c4c2&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111>, letzter Zugriff 22.04.2021
- Bilal, F., Murray, A. T. (2005): A GIS-Based Approach for Delineating Market Areas for Park and Ride Facilities. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2005.00208.x>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). (2011): 2. Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/nationaler-aktionsplan-energieeffizienz-neeap.html> , letzter Zugriff 22.04.2021
- Cui, C., Wang, J., Pu, J., Ma, J., Chen, G. (2012): GIS-based method of delimitating trade area for retail chains, International Journal of Geographical Information Science, 26:10, 1863-1879, DOI: 10.1080/13658816.2012.661058
- Jermann, J. (2004): GIS-basiertes Konzept zur Modellierung von Einzugsbereichenauf Bahn-Haltestellen. DOI: <https://doi.org/10.3929/ethz-a-004847390>
- Wang, Y.; Jiang, W.; Liu, S.; Ye, X.; Wang, T. (2016): Evaluating Trade Areas Using Social Media Data with a Calibrated Huff Model. <https://doi.org/10.3390/ijgi5070112>