

Automatisierte Clusterung von Siedlungsflächen zur Bildung von Typquartieren

Timo Mayregger^{1*}, Eva Gfesser², Maximilian Riedel³,
Nicole Barton¹, Steffen Schlinkert^{4*}, Markus Zdrallek¹

¹Bergische Universität Wuppertal

²A4I Leipzig GmbH

³Energieforen Leipzig GmbH

⁴Stadtwerke Herne AG

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

19. Symposium Energieinnovation, 11.-13.02.2026, Graz/Österreich



Agenda

- Motivation & Grundlagen
- Methode
 - Datengrundlage
 - Datenverarbeitung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung & Ausblick

Motivation & Grundlagen

AtEne – Automatisierte Energieleitplanung

Forschungsprojekt AtEne

Sektorenübergreifende Zielnetzplanung in Bestandsquartieren



- Niederspannung
- Gasverteilstrom
- Wärmenetz

Die vier übergeordneten Projektziele:

1. Schaffung einer systematischen Datengrundlage für die Energieleitplanung für Kommunen, Stadtwerke und Netzbetreiber
2. Aufbau eines softwarebasierten Proof-Of-Concept für eine automatisierte (sektorenübergreifende) Energieleitplanung
3. Durchführung und Validierung der Energieleitplanung anhand unterschiedlicher Versorgungsaufgaben
4. Erstellung von Planungsgrundsätzen für Energieleitplanungen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Motivation

- Dekarbonisierung des Wärmesektors ist zentral für das Erreichen der Klimaneutralität
- Zukünftige Energieversorgung erfordert integrierte Betrachtung von Strom-, Wärme-, Gas- und ggf. Wasserstoffnetzen auf Quartiersebene
- Clusterung von Stadtgebieten in **Typquartiere** vereinfacht Planung und ermöglicht strategische Transformationspfade
- Methode soll deutschlandweit anwendbar sein



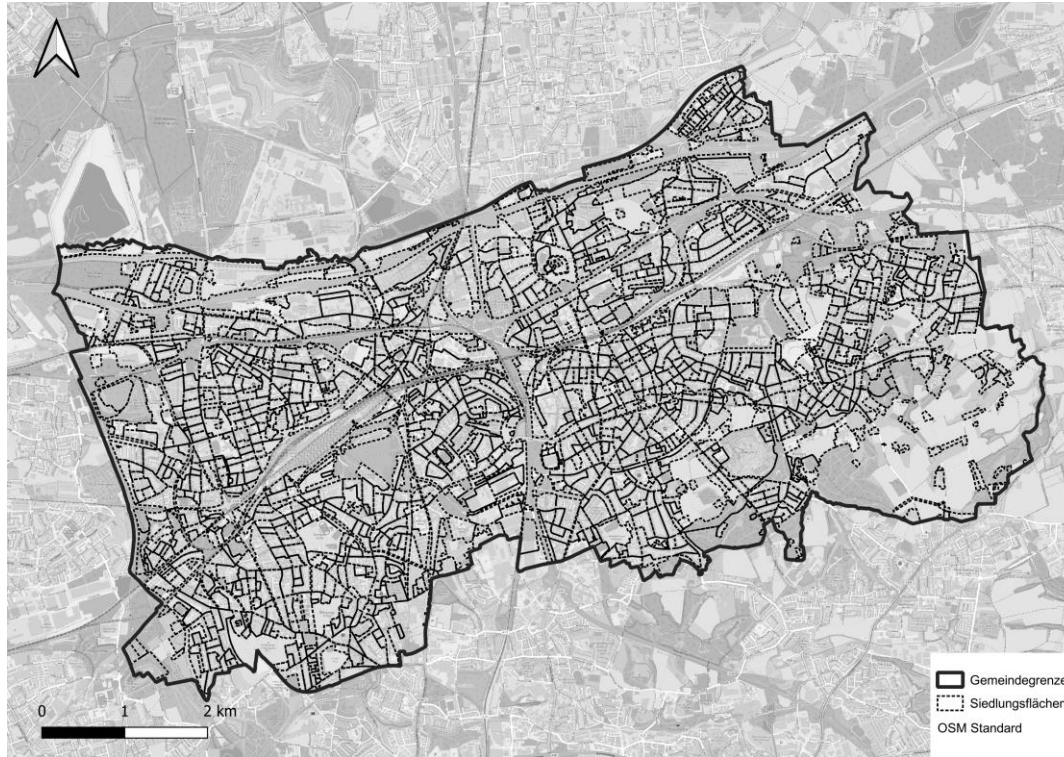
Definition „Quartier“

- Keine allgemeingültige Definition
- Unterschiedliche Disziplinen nutzen verschiedene Kriterien zur Abgrenzung z.B.:
 - Bauliche
 - Einwohnerstruktur
 - Umweltbezogene
 - Politische
- In der Energieforschung existieren bereits verschiedene und aufeinander aufbauende Konzepte zur Typisierung von Quartieren
- Jedoch existiert eine hohe **Diskrepanz** zwischen zur Typisierung erforderlichen und tatsächlich verfügbaren Daten

Datengrundlage

Amtliche Siedlungsflächendaten

Basierend auf dem „Digitalen Basis-Landschaftsmodell“



- Amtliche Siedlungsflächendaten vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Deutschlandweit verfügbar)
- Räumliche Abgrenzung urban geprägter Räume
- Definiert Ausdehnungsgebiete von Quartieren

Automatisierte Clusterung von Siedlungsflächen zur Bildung von Typquartieren

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik | T. Mayregger | S. 8

Gebäude und Haushalts-Einwohnerdaten



Bundesweit verfügbare Grundlage:

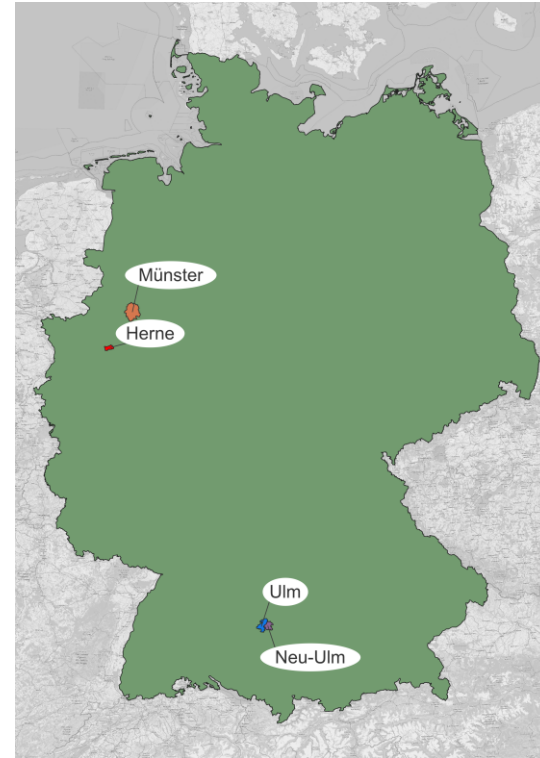
- Level-of-Detail-2 Daten
 - Georeferenzierte Hausumringe
 - Gebäudehöhe
 - Gebädefunktion
 - Dachform
- Haushalts-Einwohnerdaten
 - Anzahl Haushalte + Einwohner
 - Gebäudecharakteristik
 - Gebäudenutzung
 - Höhenkategorie
 - Baujahresklasse

Automatisierte Clusterung von Siedlungsflächen zur Bildung von Typquartieren

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik | T. Mayregger | S. 9

Datengrundlage liegt deutschlandweit vor

- I. Amtliche Siedlungsflächendaten
 - II. Level-of-Detail-2 Daten
 - III. Haushalts-Einwohnerdaten
- Anwendung auf vier deutsche Großstädte:
- Münster
 - Herne
 - Ulm + Neu-Ulm



Datenverarbeitung

Gebildete Merkmale je Siedlungsfläche zur Clusterung



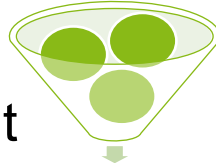
Gebäudecharakteristik - Relativer Anteil	Gebäudefunktion - Relativer Anteil	Gebäudespezifisch - Mediane und Interquartilsabstand	Flächenspezifisch
<ul style="list-style-type: none"> • Einfamilienhäuser • Reihenhäuser • Mehrfamilienhäuser • Wohnblöcke • Gewerbe- und Bürogebäude 	<ul style="list-style-type: none"> • Wohnen • Gemischtes Wohnen • Sonstiges – energetisch relevant • Garten • Energetisch irrelevant 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudegrundfläche [m²] • Gebäudehöhe [m] • Etagenanzahl • Einwohnerdichte [1/Adresse] 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudedichte [1/ha] • Bebauungsdichte [m³/m²] • Einwohnerdichte [1/ha] • Unternehmensdichte [1/ha]
HH-EW	LoD2	HH-EW + LoD2	HH-EW + LoD2



Zusammenführung zu einem multidimensionalen Merkmalsvektor **je Siedlungsfläche**

Filterung und Clusterung

Vorabfilterung:



- Siedlungsflächen mit unvollständiger Datengrundlage werden gefiltert und als „**Sonstige**“ ausgewiesen
- Siedlungsflächen mit weniger Datenpunkte als die definierte Mindestschwelle, werden als „**Einsiedler**“ definiert

Clusterung:

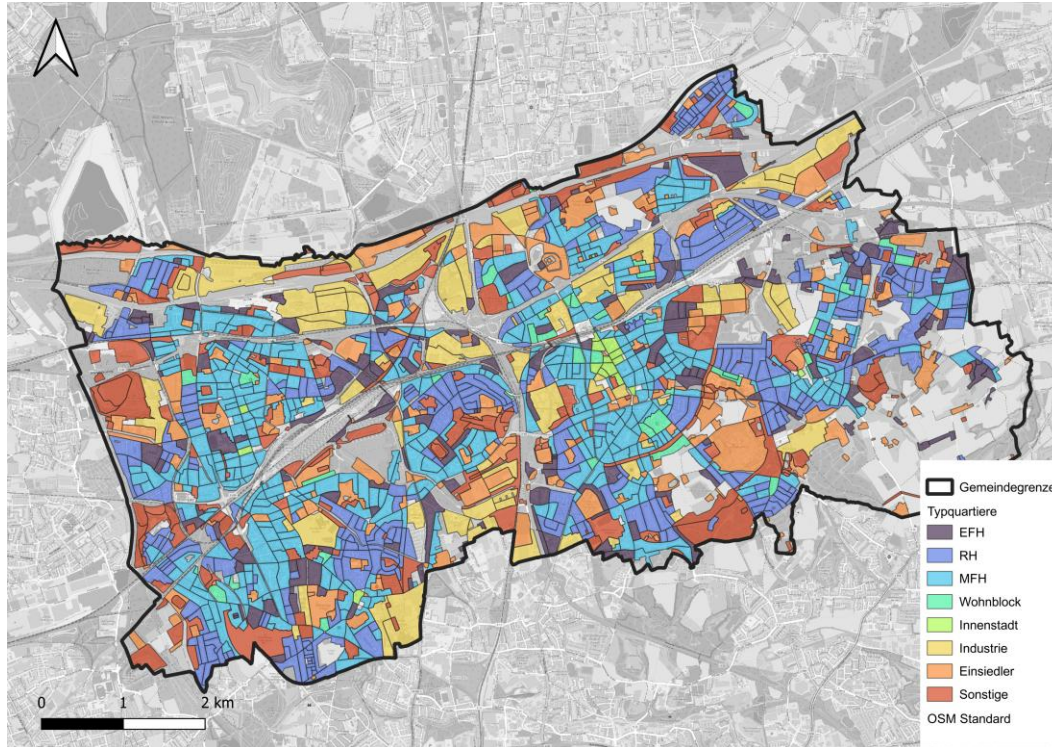


- k-Means-Verfahren zur Clusterung; $k = 6$
- Inhaltliche Plausibilisierung und Silhouettenanalyse + Elbow-Diagnostik wurden durchgeführt

Ergebnisse

Geclusterte Typquartiere

Darstellung am Beispiel der Stadt Herne



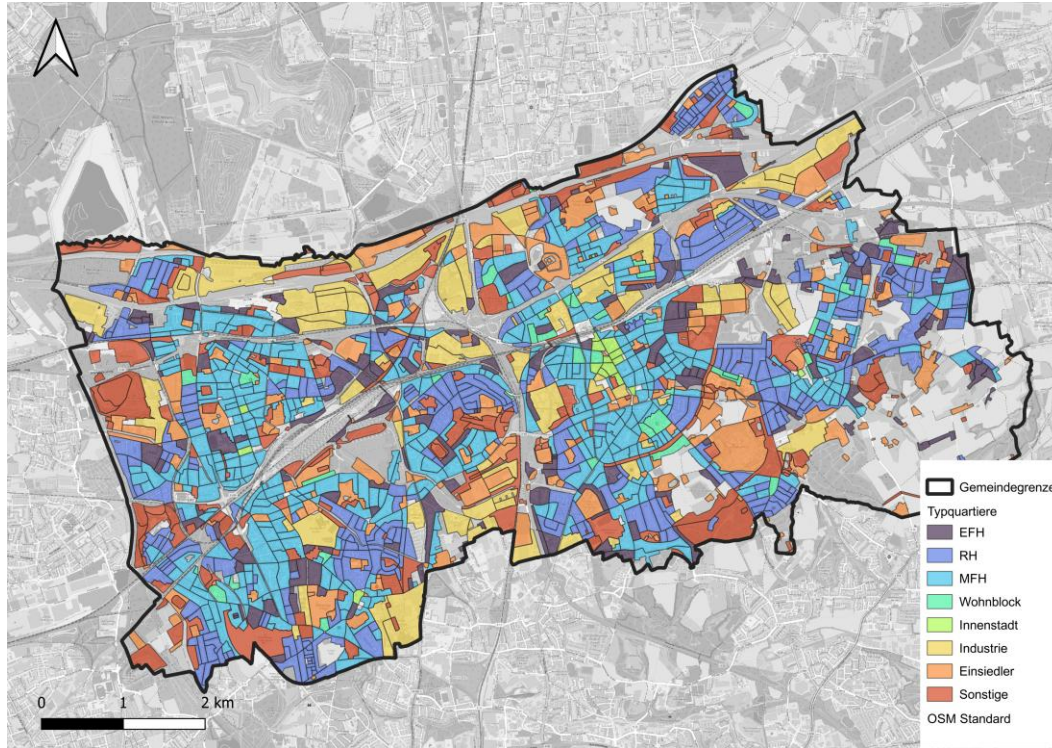
- Verdichtete Typen wie: Innenstand, Wohnblock, MFH konzentrieren sich auf zentrale Lagen
- EFH und RH sind überwiegend in periphereren Bereichen aufzufinden
- Industriequartiere folgen überwiegend bestehenden Infrastrukturachsen

Automatisierte Clusterung von Siedlungsflächen zur Bildung von Typquartieren

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik | T. Mayregger | S. 15

Geclusterte Typquartiere

Darstellung am Beispiel der Stadt Herne



- Räumliche Darstellung dient zur Validierung der Ergebnisse
- Ermöglicht die Identifikation von Übergangsbereichen
- Kann als Kommunikationsinstrument für praxisnahe Anwendungen verwendet werden

Automatisierte Clusterung von Siedlungsflächen zur Bildung von Typquartieren

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik | T. Mayregger | S. 16

Mittlere Kennwerte der Typquartiere

Basierend auf vier deutschen Großstädten



	Cluster	EFH	RH	MFH	Wohnblock	Innenstadt	Industrie	Einsiedler
	Anzahl identifizierter Cluster	1864	1553	1219	316	158	451	2280
Gebäudecharakteristik bezogen auf die Siedlungsfläche (HH-EW-Daten)	Anteil EFH [%]	71	15	12	6	9	35	68
	Anteil RH [%]	16	73	13	7	8	11	8
	Anteil MFH [%]	12	10	66	22	54	14	14
	Anteil Wohnblock [%]	1	2	8	64	19	5	2
	Anteil Gewerbe/Büro [%]	1	0	1	1	11	35	9
Gebäudfunktion bezogen auf die Siedlungsfläche (LoD2-Daten)	Anteil Wohnen [%]	37	50	53	60	18	7	21
	Anteil gemischtes Wohnen [%]	1	0	4	4	47	2	2
	Anteil Sonstiges – energetisch relevant [%]	17	4	9	9	19	61	36
	Anteil Garten [%]	28	34	25	14	7	8	14
	Anteil energetisch irrelevant [%]	17	11	9	13	10	22	28
Gebäude- spezifische Angaben (HH-EW + LoD2-Daten)	Gebäudegrundfläche [m ²]	136,1	90,3	169,9	288,8	224,6	668	416,3
	Gebäudehöhe [m]	8,8	9,2	13,5	14,3	16,3	11,1	9
	Etagenanzahl	2,7	2,9	4,2	4,7	4,6	3,1	2,8
	Einwohnerdichte [Einwohner/Adresse]	2,7	2,4	7,5	13,6	5,7	2	4
Flächenspezifische Angaben (HH-EW + LoD2-Daten)	Gebäudedichte [Gebäude/ha]	12	19	15	11	23	3	5
	Bebauungsdichte [m ³ /m ²]	1,3	1,7	3,3	3,7	7,6	3	1,3
	Einwohnerdichte [Einwohner/ha]	32	62	120	152	138	8	13
	Unternehmensdichte [Unternehmen/ha]	1	1	4	4	33	3	1

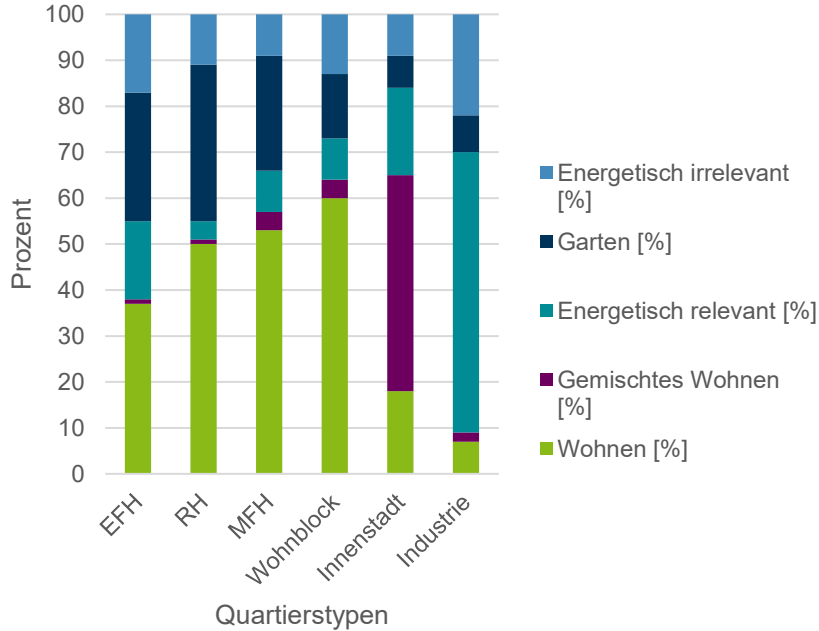
Automatisierte Clusterung von Siedlungsflächen zur Bildung von Typquartieren

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik | T. Mayregger | S. 17

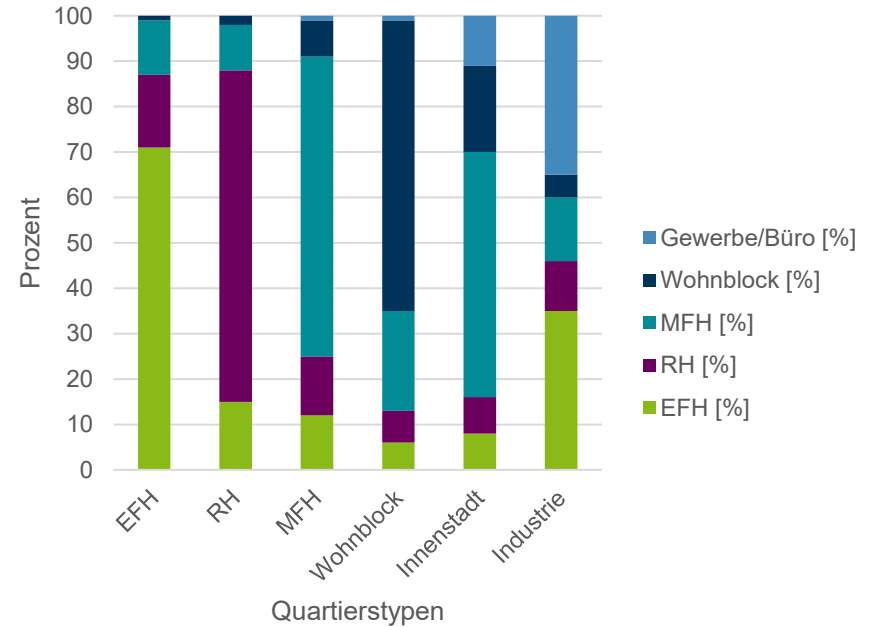
Mittlere Kennwerte der Typquartiere

Basierend auf vier deutschen Großstädten

Gebäudefunktionen



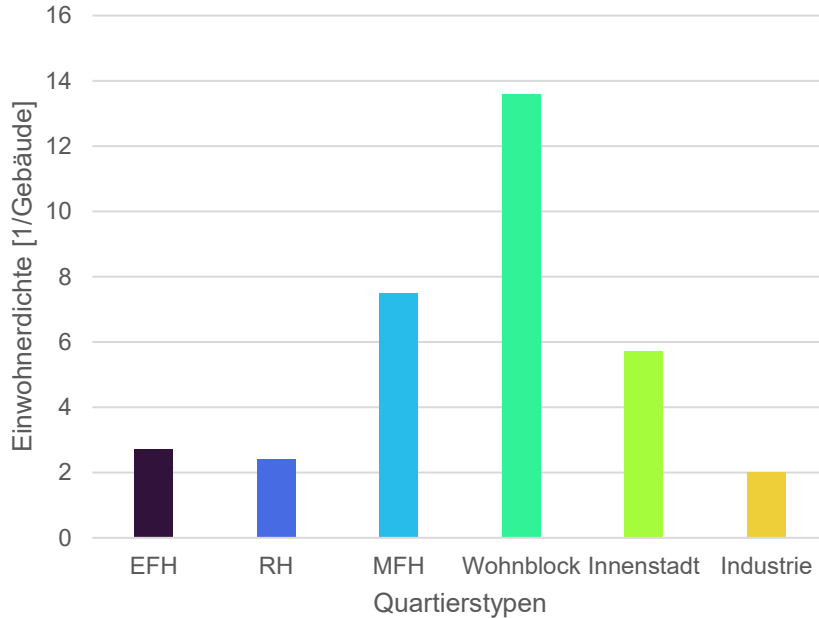
Gebäudecharakteristiken



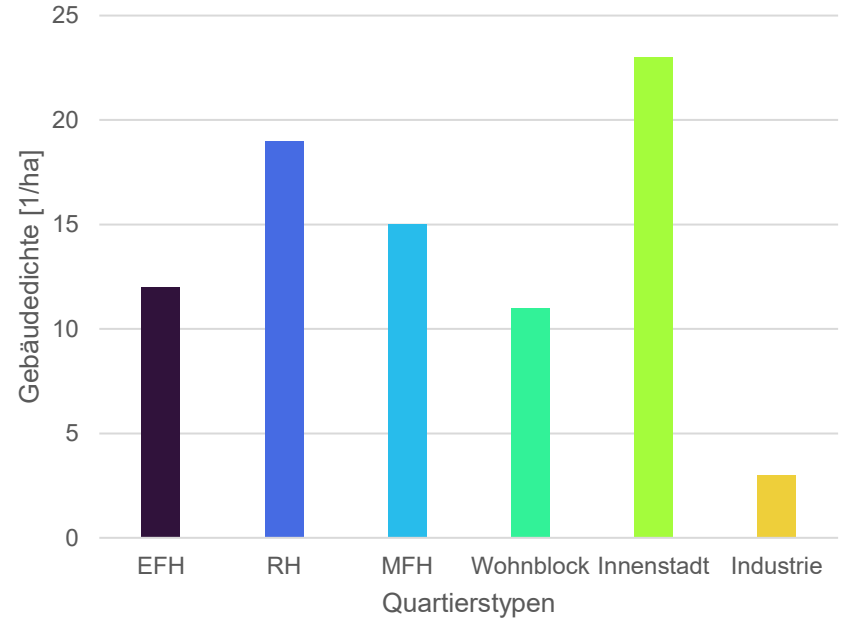
Mittlere Kennwerte der Typquartiere

Basierend auf vier deutschen Großstädten

Einwohnerdichte



Gebäudedichte



Zusammenfassung & Ausblick

Zusammenfassung & Ausblick

- Methode erlaubt eine deutschlandweite Clusterung von Siedlungsflächen mit LoD2 und Haushalts-Einwohnerdaten zur Bildung von Quartierstypen
 - Die Kennwerte der sechs Quartierstypen bilden eine belastbare Grundlage um z.B. energetische Transformationsplanungen durchzuführen
 - Die kartographische Darstellung erleichtert außerdem die Kommunikation, Ergebnisvalidierung und die Identifizierung von Übergangsbereichen
-
- Analyse von allen deutschen Städten, sodass die Repräsentativität erhöht werden kann
 - Ausweitung auf andere europäische Länder, z.B. durch hochauflösende Luftbilder in Kombination mit LoD2- und HH-EW-Daten als Trainingsdatensatz
 - Einbeziehung von weiteren verfügbaren (Gebäudealter) bzw. zu erhebenden/modellierenden Merkmalen (Aktuelle Heizungstechnologie, Sanierungszustand)

